



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de  
MAGISTER EN GERENCIA DE PROYECTOS BIM**

**Título del Trabajo de Titulación:  
Gestión BIM del proyecto Almacén Industrial  
Rol Líder MEP**

Oscar Santiago Olmedo Salazar.

Quito, octubre de 2023



## DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Oscar Santiago Olmedo Salazar con cédula de identidad # 170944042-2, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual que correspondan relacionados a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

D. M. Quito, Octubre de 2023

---

Oscar Santiago Olmedo Salazar

Correo electrónico: oscar.olmedo@uisek.edu.ec



## **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“GESTIÓN BIM DEL PROYECTO ALMACEN INDUSTRIAL. ROL  
LIDER MEP”**

Realizado por:

**OSCAR SANTIAGO OLMEDO SALAZAR**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**MAGISTER EN GERENCIA DE PROYECTOS BIM**

ha sido dirigido por el profesor

**PABLO VÁSQUEZ**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

**FIRMA**



GESTIÓN BIM DEL PROYECTO ALMACEN INDUSTRIAL, ROL LIDER MEP

Por

Oscar Santiago Olmedo Salazar

Octubre 2023

Aprobado:

Pablo, P, Vásquez, V, Tutor

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Presidente del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Aceptado y Firmado: \_\_\_\_\_ día, mes, año

Pablo, P, Vásquez, V

Aceptado y Firmado: \_\_\_\_\_ día, mes, año

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Aceptado y Firmado: \_\_\_\_\_ día, mes, año

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

\_\_\_\_\_ día, mes, año

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Presidente(a) del Tribunal

Universidad Internacional SEK



## **Dedicatoria**

A mis hijos Sofía y Santiago, a mi esposa Sonia y a mis padres Martha y José.



## **Agradecimiento**

A mi familia por su apoyo.

## Resumen

BIM, o Building Information Modeling (Modelado de Información de la Construcción), es una metodología que integra la creación y gestión de datos y modelos digitales en proyectos de diseño y construcción. El objetivo principal es mejorar la eficiencia y la colaboración en todas las etapas del ciclo de vida de una edificación, inicio, planificación, diseño, ejecución, operación y mantenimiento.

En el contexto del proyecto de tesis, se desarrollará la “Gestión BIM del Proyecto Almacén Industrial”, destinado al comercio de artículos de construcción. Este almacén se compone de varias zonas funcionales, zona administrativa, una zona de almacenamiento, una zona de carga y descarga, así como una zona de estacionamiento. Mediante el uso de la metodología BIM, el proyecto contendrá información detallada sobre los componentes de cada disciplina, creando un modelo digital inteligente capaz de interactuar y actualizarse.

La ventaja de esta metodología radica en su capacidad para facilitar la detección de conflictos y errores de diseño antes de que se inicie la construcción. Esto, a su vez, permite reducir costos y minimizar la necesidad de retrabajos posteriores. Al contar con atributos y propiedades específicas, los elementos del modelo se vuelven interactivos, lo que contribuye a una mejor toma de decisiones y a la optimización de los recursos durante todo el proceso constructivo. En resumen, la aplicación de la metodología BIM en este proyecto de tesis garantizará una mayor eficiencia en la gestión de la información, una mejor colaboración entre los diferentes actores involucrados y la reducción de errores y costos innecesarios durante la construcción del Almacén Industrial.



*Palabras clave:*  
Diseño  
Planificación  
Metodología BIM  
Temporalidad



## **Abstract**

BIM, or Building Information Modeling is a methodology that integrates the management of data and digital modeling in the design and construction of projects. The main objective is to improve the efficiency and collaboration in all the stages of the project life cycle from planning, design, execution, operation and maintenance.

In the context of this project, the “BIM Management of the Industrial Warehouse Project” will be developed, this Industrial Warehouse aims for the sale of construction items. The Warehouse is composed of functional areas, such as administrative area, storage area, loading and unloading area, and a parking area.

By applying the BIM methodology, the project will have detail information of each discipline involved, creating a digital model which is capable of interacting and updating.

The advantage of this methodology lies in its ability to identify conflicts and design errors before the construction execution. In addition, it allows the reducing of costs and minimize the need of subsequent rework. By having specific features and properties, the elements of the model become interactive which contributes to better decision making and the optimization of resources throughout the construction process. To sum up, the application of the BIM methodology in this project will guarantee greater efficiency in information management, better collaboration between the stakeholders, and unnecessary costs during the construction of the Industrial Warehouse.



*Keywords:*

*Design*

*BIM methodology*

*Temporality*

## Tabla de Contenidos

<b>Lista de Tablas.....</b>	<b>16</b>
<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>18</b>
<b>Lista de Ilustraciones .....</b>	<b>21</b>
<b>Lista de Gráficos.....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla de Abreviaturas .....</b>	<b>22</b>
<b>Capítulo 1: Objetivos académicos .....</b>	<b>24</b>
1.1 Objetivos generales .....	24
1.2 Objetivos específicos.....	24
<b>Capítulo 2: Descripción del proyecto.....</b>	<b>25</b>
2.1 Introducción general.....	25
2.2 Descripción del proyecto.....	26
<b>Capítulo 3: Metodología BIM.....</b>	<b>27</b>
3.1 Ciclo de vida de un proyecto de construcción.....	27
3.2 Ciclo de vida BIM .....	28
3.3 Involucrados .....	30
3.4 Dimensiones BIM.....	31
3.5 Norma ISO 19650.....	35
3.5.1 Resultados de la aplicación de la norma ISO 19650 .....	36
3.5.2 Requisitos de la Información.....	36
3.5.3 Niveles de Información Necesaria.....	37
3.5.4 Entorno Común de Datos .....	37
<b>Capítulo 4: EIR.....</b>	<b>39</b>
<b>Capítulo 5: PLAN DE EJECUCION BIM (BEP) ALMACEN INDUSTRIAL.....</b>	<b>40</b>

5.1 Información general.....	40
5.2 Historial de revisiones .....	41
5.3 Estrategia y Gestión.....	41
5.3 Información general.....	42
5.4 Fases del proyecto .....	42
5.5 Datos de contacto .....	42
5.6 Objetivos BIM.....	44
5.7 Usos BIM.....	47
5.8 Roles.....	48
5.8.1 Promotor/ Cliente.....	49
5.8.2 Gerente de Proyecto BIM/ BIM Manager .....	49
5.8.3 Coordinador BIM/ BIM Coordinator.....	51
5.8.4 Líder de Arquitectura/ Estructuras/ Mecánica/ Eléctrica/ Plomería .....	52
5.9 Diseño del proceso .....	54
5.10 Formatos de intercambio .....	56
5.11 Seguridad de la información.....	57
5.12 Control de calidad y revisión BEP .....	58
5.13 Estructura de informacion .....	60
5.13.1 Level Of Development (LOD).....	60
5.13.2 Información asociada al modelo.....	61
5.13.3 Hitos y entregables .....	61
5.13.4 Estructura de archivos.....	62
5.13.5 Nomenclatura de archivos .....	62
5.14 Requisitos técnicos .....	63
5.14.1 Software.....	63

5.14.2 Modelo nativo .....	63
5.14.3 Entorno Común de Datos (CDE) .....	67
5.14.4 Modelo Federado .....	68
5.14.4 Trabajo colaborativo .....	68
5.14.5 Coordinación de disciplinas .....	68
5.14.6 Control de cambios .....	69
5.14.7 Proceso de revisión .....	70
5.14.8 Pautas de modelado de Arquitectura .....	70
5.14.9 Pautas de modelado Estructuras .....	71
5.14.10 Pautas de modelado MEP .....	71
5.15 Entregables .....	71
5.16 Análisis de Gestión de Proyecto .....	72
<b>Capítulo 6: Rol Líder MEP .....</b>	<b>73</b>
6.1 Introducción (descripción del rol) .....	73
6.2 Objetivos.....	73
6.3 Funciones del Rol .....	74
6.4 Responsabilidades y entregables .....	75
6.5 Actividades del Rol .....	76
6.6 Entorno común de datos CDE .....	77
6.7 Flujo de trabajo Modelado MEP .....	78
6.8 Modelado Almacén Industrial BIM 3D.....	79
6.8.1 Estrategias de modelado de instalaciones.....	79
6.8.2 Auditoria de modelos.....	80
6.8.3 Resolución de colisiones.....	81
6.8.4 Documentación: .....	92

6.9 BIM 4D.....	93
6.9.1 Flujo de trabajo .....	94
6.10 BIM 5D.....	94
6.11 Análisis Energético BIM 6D .....	98
6.11.1 Marco Conceptual.....	98
6.11.2 Flujo de trabajo para análisis energético. ....	99
6.12 BIM 6D Sostenibilidad.....	102
6.12.1 Introducción.....	102
6.12.2 Sistema Fotovoltaico aislado área Administrativa .....	103
6.12.2.1 Objetivos generales.....	103
6.12.2.2 Objetivos específicos .....	104
6.12.2.3 Planos referenciales de Iluminación Área Administrativa .....	104
6.12.3 Demanda energética-carga instalada representativa de iluminación. ....	105
6.12.4 Potencia instalada y demanda.....	106
6.12.5 Sistema aislado (independiente)-Justificación de aplicación .....	106
6.12.6 Beneficios de un sistema fotovoltaico aislado.....	107
6.12.7 Criterios de diseño y memoria de cálculo.....	108
6.12.8 Planos de ubicación de paneles-cubierta Almacén Industrial: .....	113
6.12.9 Especificaciones técnicas referenciales de los equipos a usar.....	113
6.12.10 Presupuesto referencial del sistema fotovoltaico Almacén Industrial	115
6.12.11 Análisis Costo Beneficio .....	116
<b>Capítulo 7. Gestión de Proyecto .....</b>	<b>117</b>
7.1 Análisis de riesgos .....	117
7.1.1 Riesgos en la etapa de Gestión y Diseños .....	121
7.1.2 Riesgos en la etapa de ejecución (construcción del proyecto) .....	122

7.2 Análisis de Montecarlo.....	123
7.2.1 Análisis de Montecarlo, Diseños y Gestión BIM .....	125
7.2.2 Análisis de Montecarlo, Alternativa Columnas con hormigón y pavimento de adoquín. ....	129
7.2.3 Análisis de Montecarlo, Alternativa Columnas metálicas y pavimento asfáltico.....	133
<b>Capítulo 8: Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>137</b>
8.1 Conclusiones.....	137
8.1.1 Conclusiones generales.....	137
8.1.2 Conclusiones Rol .....	139
<b>Capítulo 9: Referencias .....</b>	<b>141</b>
<b>Capítulo 10: Anexos .....</b>	<b>142</b>
<b>Anexo A: Modelo MEP 3D .....</b>	<b>142</b>

## Lista de Tablas

Tabla 1 Descripción del proyecto.....	26
Tabla 2 Gestión de la Integración del Proyecto.....	27
Tabla 3 Ciclo de vida y relación dimensiones BIM, (Muñoz, E. 2022, Octubre 20).....	32
Tabla 4 Historial de revisiones BEP.....	41
Tabla 5 Información general del Proyecto .....	42
Tabla 6 Fases del Proyecto .....	42
Tabla 7 Equipo consultor.....	43
Tabla 8 Objetivos BIM.....	45
Tabla 9 Usos BIM .....	47
Tabla 10 Roles asignados del Equipo Consultor.....	48
Tabla 11 Seguridad de información .....	57
Tabla 12 Proceso de control de calidad.....	59
Tabla 13 Reuniones planificadas.....	61
Tabla 14 Nomenclatura de archivos .....	62
Tabla 15 Softwares a utilizar.....	63
Tabla 16 Coordenadas de proyecto .....	65
Tabla 17 Unidades de medida .....	66
Tabla 18 Navegador de proyecto.....	66
Tabla 19 Matriz de colisiones.....	69
Tabla 20 Interrogantes a la Gestión de Cambio .....	69
Tabla 21 Resumen de aparatos .....	105
Tabla 22 Resumen de carga instalada .....	105
Tabla 23 Resumen Análisis Financiero .....	116





## Lista de Figuras

Figura 1 Almacén Industrial.....	25
Figura 2 Ciclo de vida de un proyecto.....	30
Figura 3 Ejemplo de Involucrados del proyecto.....	31
Figura 4 Dimensiones BIM .....	32
Figura 5 Portada de libro introducción a la norma ISO 19650.....	35
Figura 6 Guía Introducción a la ISO 19650- .....	36
Figura 7 Niveles de Información.....	37
Figura 8 Entorno Común de Datos .....	37
Figura 9 Modelo Estructural.....	60
Figura 10 Modelo Estructural.....	60
Figura 11 Entorno común de datos CDE.....	77
Figura 12 Flujo de trabajo MEP .....	78
Figura 13 Modelo HVAC Tienda Industrial .....	79
Figura 14 Preparación inicial en Revit .....	80
Figura 15 Configuración de reglas .....	80
Figura 16 Model Checker Revit .....	81
Figura 17 Incidencias publicadas en el ACC .....	82
Figura 18 Informe de colisiones en formato HTML .....	82
Figura 19 Informe de colisiones. Elaboración propia .....	83
Figura 20 Informe de colisiones. Elaboración propia .....	83
Figura 21 Informe de colisiones. Elaboración propia .....	83
Figura 22 Detección del elemento a analizar .....	84
Figura 23 Revisión de la colisión .....	84
Figura 24 Resolución de la interferencia.....	85

Figura 25 Informe de colisiones .....	85
Figura 26 Detección de la colisión .....	86
Figura 27 Detección de la colisión 3D .....	86
Figura 28 Detección de la colisión en corte o sección. Elaboración propia.....	87
Figura 29 Modificación de la posición del bajante. Elaboración propia .....	87
Figura 30 Resolución. Elaboración propia. ....	88
Figura 31 Informe de colisiones. Elaboración propia. ....	88
Figura 32 Detección de colisión. ....	89
Figura 33 Análisis de la colisión. Elaboración propia.....	89
Figura 34 Resolución de la colisión. Elaboración propia. ....	90
Figura 35 Publicación del modelo. Elaboración propia .....	90
Figura 36 Informe de transmisión. Elaboración propia.....	91
Figura 37 Modelos Integrados. Elaboración propia .....	91
Figura 38 Ejemplo plano Sistema HVAC. Elaboración propia.....	92
Figura 39 Ejemplo plano Sistema Hidrosanitario. Elaboración propia .....	92
Figura 40 Ejemplo plano sistema eléctrico. Elaboración propia.....	93
Figura 41 Flujo de trabajo análisis energético.....	99
Figura 42 Comparación de escenarios en Insight.....	100
Figura 43 Ubicación óptima de paneles solares .....	101
Figura 44 Área Administrativa. Iluminación.....	104
Figura 45 Sistema aislado con batería .....	107
Figura 46 Ubicación del proyecto .....	109
Figura 47 Mapa Solar .....	110
Figura 48 Planos de ubicación de paneles .....	113
Figura 49 Matriz análisis cualitativo de riesgos .....	120

Figura 51 Matriz de riesgos etapa de Gestión y Diseño BIM .....	121
Figura 52 Matriz de riesgos Etapa de Construcción.....	122
Figura 53 Tabla de cálculo Montecarlo - Duraciones .....	125
Figura 54 Matriz de resultados probabilísticos .....	125
Figura 55 Análisis probabilístico Montecarlo .....	126
Figura 56 Análisis probabilístico Montecarlo .....	126
Figura 57 Tabla de cálculo Montecarlo – Costos .....	127
Figura 58 Matriz de resultados probabilísticos .....	127
Figura 59 Probabilidad Costos .....	128
Figura 60 Probabilidad Acumulada Costos.....	128
Figura 61 Tabla de cálculo Montecarlo-Duraciones .....	129
Figura 62 Matriz de resultados probabilísticos- Duraciones.....	129
Figura 63 Probabilidad Duraciones .....	130
Figura 64 Probabilidad Acumulada Duraciones.....	130
Figura 65 Tabla de cálculo Montecarlo- Costos.....	131
Figura 66 Matriz de resultados probabilísticos- Costos .....	131
Figura 67 Probabilidad Costos .....	132
Figura 68 Probabilidad Acumulada – Costos .....	132
Figura 69 Tabla de cálculo Montecarlo- Duraciones .....	133
Figura 70 Matriz de resultados probabilísticos- Duraciones .....	133
Figura 71 Probabilidad - Duraciones.....	134
Figura 72 Probabilidad Acumulada – Duraciones.....	134
Figura 73 Tabla de cálculo Montecarlo- Costos.....	135
Figura 74 Matriz de resultados probabilísticos- Costos .....	135
Figura 75 Probabilidad - Costos .....	136

Figura 76 Probabilidad Acumulada- Costos.....	136
---	-----

### **Lista de Ilustraciones**

Ilustración 1 Organigrama del Equipo Consultor.....	43
Ilustración 2 Organigrama MEP.....	73

### **Lista de Gráficos**

Gráfico 1 Agentes BIM .....	48
Gráfico 2 Diseño del proceso BIM.....	54
Gráfico 3 Proceso de ejecución del proyecto .....	55
Gráfico 4 Organización de carpetas .....	56
Gráfico 5 Niveles de modelo Arquitectónico .....	64
Gráfico 6 Rejillas del proyecto.....	64
Gráfico 7 Punto de reconocimiento del proyecto .....	65
Gráfico 8 Autodesk Construction Cloud ( <a href="https://construction.autodesk.com/">https://construction.autodesk.com/</a> ) .....	77

Tabla de Abreviaturas

<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>	<b>Abreviatura</b>
Definiciones Generales	Building Information Modeling	BIM
	International Organization for Standardization	ISO
	Entorno Común de Datos	CDE
Disciplina	Arquitectura	ARQ
	Estructura	EST
	Mecánica	MEP
	Eléctrica	MEP
	Plomería	MEP
Nombre empresa/Creador	Industrial BIM	INDBIM
Volumen ó Sistema	Zonas de proyecto	Z1, Z2, Z3, Z4.
Proyecto	Almacén Industrial	AI
Localización	Guayaquil	GYE
Tipo	Modelos 3D	M3D
Arquitectura	Altura	H
	Muro	WALL
	Muro cortina	MCURT
	Puertas	PUERT
	Metal	MTAL
	Acero	STEEL
	Estantería	ESTANT
	Silla	SILL
	Silla con brazo	SILLBR
	Sofá	SOF
	Madera	MAD
	Cerezo	CRZ
	Escritorio	ESCRIT
	Rectangular	RECT
	Mesa comedor	MCMR
Estructura	Metálica	STEEL
	Hormigón armado	H.A
	Columna	C
	Hormigón	H
	Columna de hormigón	CH
	Espesor	E
	Viga	V
	Tipo t	T

	Viga tipo t	VT
	Ala ancha soldada	WWF
	Losa	L
	Losa de hormigón	LH
	Viga de hormigón	VH
	Sección hueca rectangular	SHS
	Tipo g	G
	Correa tipo g	CG
	Zapata	Z
	Zapata de hormigón	ZH
	Placa colaborante	PC
	Canal cercha	MCC
	Contrapiso	CP
	Asfalto	ASF
	Adoquín	ADQ
MEP	Agua fría	AF
	Sistema sanitario	SA
	Subdisciplina eléctrica	ELEC
	Subdisciplina mecánica	HVAC
	Ducto	DUCT
	Tubería	TUB
	Lampara	LAMP
	Policloruro de vinilo	PVC
	Accesorio codo	CODO
	Accesorio tee	T
	Accesorio transición	TRANS
	Accesorio reducción	REDC
Sostenibilidad	Sostenibilidad	SOS

## Capítulo 1: Objetivos académicos

### 1.1 Objetivos generales

- Implementar la metodología BIM a través del desarrollo del proyecto Almacén Industrial, para la obtención del título de magister en Gerencia de Proyectos BIM
- Gestionar la fase de planificación y diseño utilizando la metodología BIM, y obtener resultados que nos permita la toma de decisiones constructivas además de cumplir el objeto del contrato a satisfacción del cliente.

### 1.2 Objetivos específicos

- Desarrollar los modelos de las disciplinas involucradas en el proyecto Almacén Industrial, para la creación de la simulación constructiva (4d).
- Ejecutar la coordinación y detección de conflictos entre los modelos Arquitectónicos, Estructurales y MEP (Hidrosanitario, Mecánico, Plomería) para la resolución de interferencias.
- Utilizar la metodología BIM para demostrar que el trabajo multidisciplinar coordinado ahorra costos en la construcción, a través de la prevención de posibles conflictos en obra, se valorizará el conflicto.
- Planificar el cronograma y el presupuesto de la fase de construcción del proyecto, a través de los programas MS Project/ Presto.
- Comparar el cronograma y el presupuesto de las columnas de hormigón armado versus columna de perfil metálico, ver su implicación en el costo y tiempo de ejecución de obra de cada uno de los sistemas.
- Analizar la factibilidad de implementación de uso de energía renovable mediante paneles fotovoltaicos colocados en la cubierta, que generarán energía sostenible, para la iluminación de la zona administrativa.



## Capítulo 2: Descripción del proyecto

### 2.1 Introducción general

En la ciudad de Guayaquil se inicia una licitación para la construcción de un almacén industrial a través de la implementación de la metodología BIM. El proyecto se implantará en la Urbanización Mucho Lote Etapa 6, Avenida Francisco de Orellana, Manzana 2576, parroquia Pascuales, ciudad de Guayaquil - Ecuador y está conformado por 3 lotes de terreno.

Se implementa la metodología BIM para proyecto del almacén industrial para obtener el análisis de comparativas de materiales constructivos y su implicación de las decisiones de los distintos métodos constructivos para la reducción de tiempos y costos de construcción.

El estudio se centra en la aplicación de la metodología BIM, proponiendo su aplicación para garantizar una mayor eficiencia en la gestión de la información, colaboración bilateral entre los involucrados y la reducción de errores, costos y tiempos innecesarios durante la planificación y construcción del Almacén Industrial.



*Figura 1 Almacén Industrial*

*Fuente: Industrial BIM*

## 2.2 Descripción del proyecto

Tabla 1 Descripción del proyecto

<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	
Promotor	Universidad Internacional SEK
Nombre del proyecto	Almacén Industrial
Breve descripción del proyecto	Almacén Industrial, destinado para la comercialización de artículos domésticos, de construcción y demás mercadería de mejora del hogar.
Dirección del proyecto	Urbanización Mucho Lote Etapa 6, Avenida Francisco de Orellana, Manzana 2576, Solar 2, ciudad de Guayaquil, Ecuador.
Nº predio/ clave catastral	059-2576-002-5-0-0-1
Zona Metropolitana	Distrito Metropolitano de Guayaquil
Área de predio según escrituras	16 518.11 m <sup>2</sup>
Área aproximada de construcción	9,421.51 m <sup>2</sup>
Área de parqueaderos	6115 m <sup>2</sup>
Área por zona <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sala de ventas (almacén) 6360.14m<sup>2</sup></li> <li>• Oficinas (administrativo)               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ planta baja 234.37 m<sup>2</sup></li> <li>▪ planta alta 234.37 m<sup>2</sup></li> </ul> </li> <li>• Bodega 490.69 m<sup>2</sup></li> <li>• Grupo electrógeno (mantenimiento) 62.50 m<sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ planta baja 62.50 m<sup>2</sup></li> <li>▪ planta alta</li> </ul> </li> <li>• Patio de materiales 1669.50 m<sup>2</sup></li> <li>• Patio de maniobras 770.67 m<sup>2</sup></li> </ul>	

### Capítulo 3: Metodología BIM

BIM es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. (Building Smart. n.d.)

#### 3.1 Ciclo de vida de un proyecto de construcción

Según el Project Managment Institute (2017), el ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión. Un proyecto típico puede desarrollarse de la siguiente manera:

*Tabla 2 Gestión de la Integración del Proyecto*

AREA DEL CONOCIMIENTO	INICIO	PLANIFICACION	EJECUCION	CONTROL	CIERRE
Integración	Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	Desarrollar del Plan del Proyecto	Dirigir y Gestionar la ejecución del Proyecto  Gestionar el conocimiento del Proyectos	Monitorear y control del trabajo del proyecto  Controlar integrado de Cambios	Cerrar el Proyecto

#### **Inicio**

En la fase de “Inicio” del proyecto, se establecen las pautas iniciales a través del Acta de Constitución del proyecto.

#### **Planificación**

En esta fase el objetivo fundamental es establecer y concretar el ámbito, cronograma, presupuesto, recursos del proyecto hasta el nivel que permita al responsable del proyecto gestionar eficazmente y articular las actividades que conducen al éxito del proyecto.

### **Ejecución**

En la fase de ejecución, posterior a la definición y asignación de roles y responsabilidades, se desarrollan los entregables del proyecto, deberá estar relacionada con el alcance y la calidad.

### **Monitoreo y Control**

Comprende la gestión del cambio, seguimiento y control del proyecto, el análisis y reportes. Se realiza el seguimiento de la planificación asegurando el cumplimiento de todos los hitos y gestionando los cambios mediante la actualización de la planificación de proyectos y la comunicación a todos los involucrados.

### **Cierre de proyecto**

El objetivo fundamental es formalizar la aceptación final del proyecto y asegurarse de una correcta transmisión del conocimiento a los usuarios recopilando la documentación final, así como la organización de la salida del equipo de trabajo de una manera ordenada y secuencial. (Metodología Básica de Gestión de Proyectos - PCManagement. (n.d.).[https://www.pcmangement.es/editorial/Managem\\_powpoin/MetodologiaddeGesti ondeProyectos.pdf](https://www.pcmangement.es/editorial/Managem_powpoin/MetodologiaddeGesti ondeProyectos.pdf))

## **3.2 Ciclo de vida BIM**

El ciclo de vida de un proyecto BIM comprende todas las fases que componen un proyecto, las cuales incluyen:

**Diseñar:**

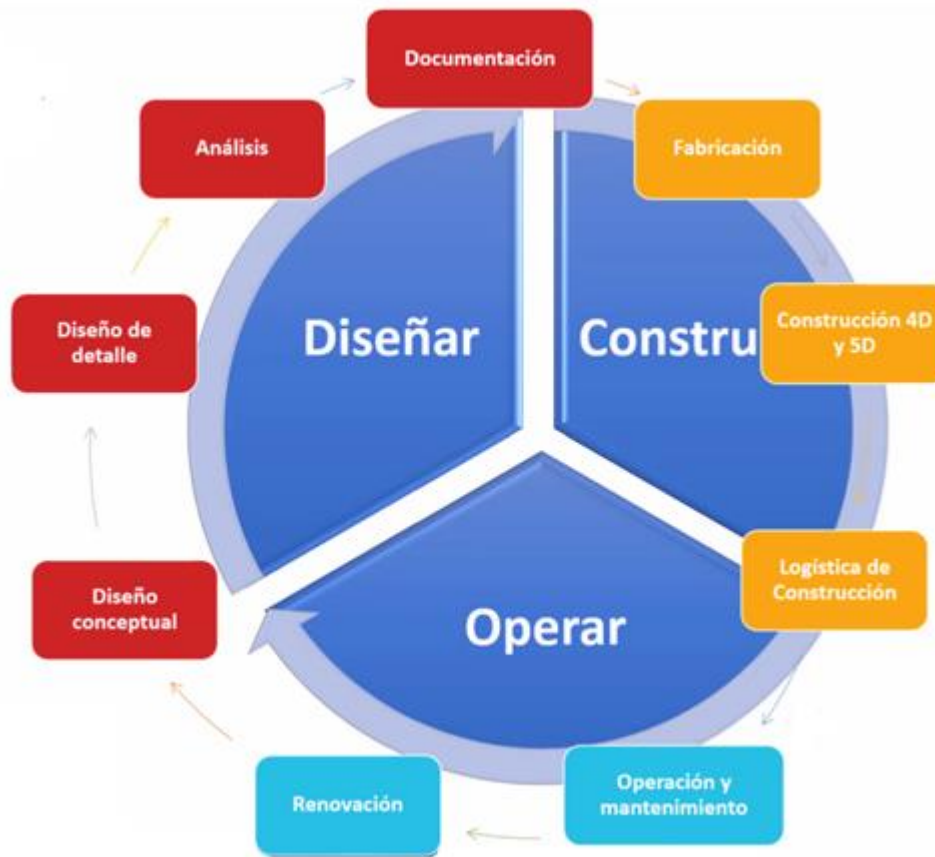
1. Diseño conceptual
2. Diseño de detalles
3. Análisis
4. Documentación

**Construir:**

1. Fabricación
2. Construcción 4D y 5D
3. Logística de construcción

**Operar:**

1. Operación y mantenimiento
2. Renovación



3.3

Figura 2 Ciclo de vida de un proyecto

Fuente: BIM (Muñoz, E. 2022, Octubre 13)

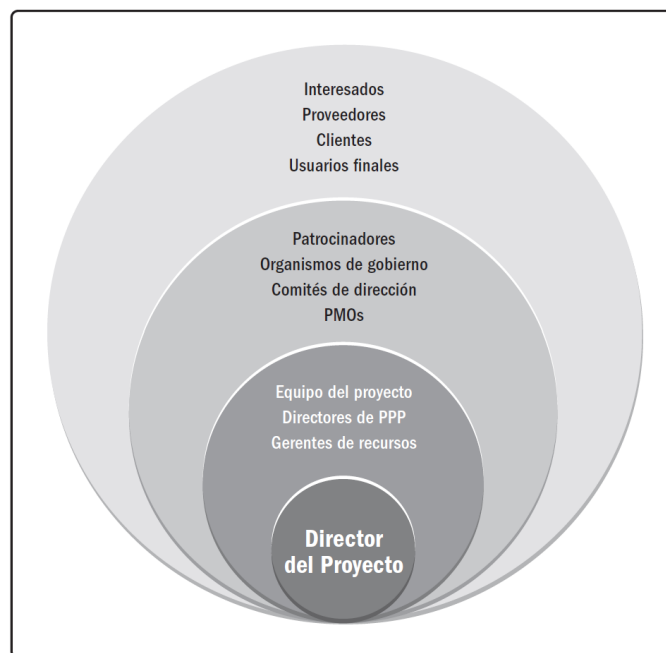
## Involucrados

Los “involucrados” del proyecto son los individuos, grupos y organizaciones que están activamente involucradas en el proyecto, o cuyos intereses pueden verse afectados como resultado de la ejecución del proyecto o de la terminación del proyecto. (Project Managment Institute, 2017)

Los “involucrados” claves en todo proyecto incluyen:

- Miembros del equipo del proyecto: el grupo que lleva a cabo el trabajo del proyecto.

- **Sponsor:** la persona o grupo que provee los recursos financieros, en cash o en especies, para el proyecto.
- **Influenciadores:** las personas o grupos que no están directamente relacionadas con la adquisición o el uso del producto del proyecto, pero que debido a su posición en la organización del cliente pueden influenciar positiva o negativamente, el curso del proyecto.
- **PMO:** Si esta existe en la organización, y si esta tiene una responsabilidad directa en el resultado del proyecto.



*Figura 3 Ejemplo de Involucrados del proyecto*

*Fuente: (Project Management Institute,2017)*

### **3.4 Dimensiones BIM**

Las dimensiones BIM consiste en sectorizar cada fase del ciclo de vida de un proyecto en diferentes niveles, las dimensiones más relevantes se pueden observar en la siguiente figura.



Figura 4 Dimensiones BIM

Fuente: (Muñoz, E. 2022, Octubre 2023)

Tabla 3 Ciclo de vida y relación dimensiones BIM, (Muñoz, E. 2022, Octubre 20)

CICLO DE VIDA		FASE	ASUNTO	BENEFICIOS
DISEÑO	DISEÑO CONCEPTUAL	3D	Estudio Preliminar	Condiciones existentes
				Sistema de información geográfica (SIG)
				Análisis de la radiación solar



	DISEÑO ESQUEMÁTICO		Diseño conceptual	Estudio de sombras	
				Diseño paramétrico	
				Diagramas de programa	
	DESARROLLO DE DISEÑO			Coordinación	Coordinación/Detección de choques
					Comunicación
	DOCUMENTACIÓN DE CONSTRUCCIÓN			Documentación	Documentación más rápida
					Mejor calidad de resultados
	CONSTRUCCIÓN		4D	Programación	Fases de simulaciones de proyectos
					Programación LEAN
Reducción de tiempos					
5D		Estimación	Cuantificación de materiales BOQ		
			Ingeniería de valor		
			Soluciones prefabricadas		

			Estimación de costes reales
OPERACIÓN	6D	Sostenibilidad	Análisis de energía
			Certificación LEED
	7D	Mantenimiento	BIM as-built (según lo construido)
			Sistema BMS
			Remodelación
			Manual de operación y mantenimiento
			Supervisión

### 3.5 Norma ISO 19650

Según The British Standards Institution (2023): La norma ISO 19650 es una norma internacional de gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido utilizando el modelado de información para la edificación *Building Information Modeling* (BIM). Contiene todos los mismos principios y requisitos de alto nivel que Ciclo de vida de Activos BIM y está estrechamente alineado con los estándares británicos actuales 1192.

Según bsi-BIM-iso-19650-brochure-final-es.pdf (2019): ISO 19650 es la serie de normas internacionales para el Modelado de Información de Construcción (BIM). Define los procesos colaborativos para la gestión eficaz de información a lo largo de la fase operativa y de entrega de activos cuando se utiliza BIM.



Figura 5 Portada de libro introducción a la norma ISO 19650

Fuente: British Standards

### 3.5.1 Resultados de la aplicación de la norma ISO 19650

- Definición clara de la información que necesita el cliente del proyecto o el propietario del activo, así como de los métodos, procesos, plazos y protocolos de desarrollo y verificación de esta información;
- La cantidad y calidad de la información desarrollada es la suficiente para satisfacer las necesidades definidas;
- Transferencias eficientes y efectivas de información.

### 3.5.2 Requisitos de la Información

Los requisitos de información son un conjunto de especificaciones sobre la información que debe producirse, cuando, los métodos y su destinatario.

Se definen inicialmente por el adjudicador (cliente) y puede ser ampliado por los adjudicatarios (coordinador, líderes y modeladores) y son:

- Organización
- Proyecto
- Activo
- Intercambio



Figura 6 Guía Introducción a la ISO 19650-

Fuente: BuildingSMART- España.

### 3.5.3 Niveles de Información Necesaria

Dentro de los niveles de información se detalla el siguiente esquema a desarrollar en el proyecto:

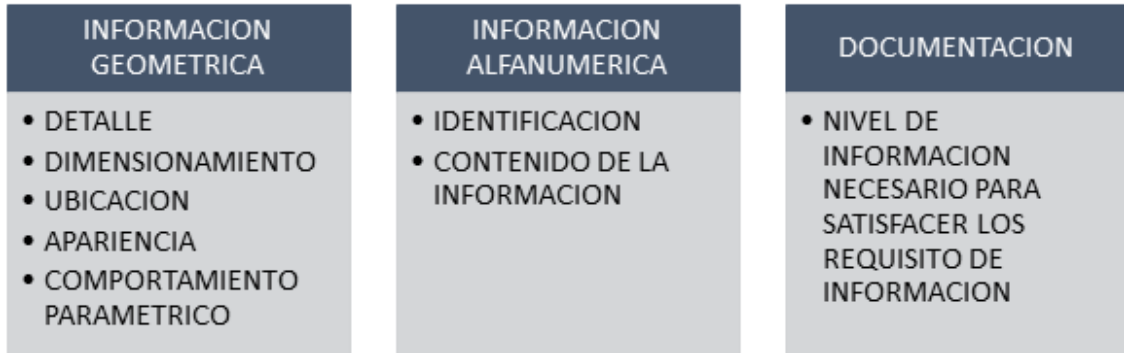


Figura 7 Niveles de Información

### 3.5.4 Entorno Común de Datos

La ISO 19650 indica que: El trabajo colaborativo está basado en un entorno común de datos (CDE), donde la información puede tener diferentes estados de acuerdo a la siguiente figura.



Figura 8 Entorno Común de Datos

Fuente: Industrial BIM

El entorno común de datos se basa en una solución tecnológica que permite lo siguiente:

- Gestión del estado de la información.
- Gestión y clasificación de los contenedores de información.
- Control de versiones.
- Control del acceso a la información.

Y a través del entorno común de datos también se realiza:

- Asignación de tareas y responsabilidades.
- Comunicación entre agentes.
- Visualización de los modelos de información

Se realiza el uso de una estructura fija de codificación y de metadatos para identificar los diferentes contenedores de información:

- Identificador único que aporta información.
- Búsquedas más eficientes.
- Mejora el intercambio de información

En el proyecto Industrial BIM, la nomenclatura usada corresponde al acuerdo entre los integrantes del equipo.

#### **Capítulo 4: EIR**

El Exchange Information Requirements “EIR” es un documento contractual que detalla los requisitos de información establecidos por el cliente y acordados por la parte contratada.

El documento EIR desarrollado y aprobado para el presente proyecto se encuentra en el “Capítulo 10 - Anexo A: EIR”.

## **Capítulo 5: PLAN DE EJECUCION BIM (BEP) ALMACEN INDUSTRIAL**

### **5.1 Información general**

Este documento ha sido desarrollado para dar respuesta y establecer criterios y parámetros claros a cada uno de los requerimientos establecidos en el Requerimiento de Información del Cliente (EIR). De tal forma que se registran los objetivos planteados de prioridad alta, media y baja, las responsabilidades por cada uno de los roles que conforman al equipo consultor, la estructura, las estrategias comunicacionales y de intercambio de información, los procedimientos y procesos establecidos para poder cumplir con el alcance fijado dentro de la metodología BIM.

El BEP se ha establecido con los parámetros de la norma “ISO-19650”, en base al estándar británico “PASS 1192-2:2023”, en referencia a la organización y digitalización de la información que se va a utilizar en el proyecto Almacén Industrial.

Muestra una estrategia para detallar el **PLAN DE EJECUCION BIM**, para el proyecto **ALMACEN INDUSTRIAL**, en la Urbanización Mucho Lote, Etapa 6, Avenida Francisco de Orellana, Manzana 2576, Solar 2, ciudad de Guayaquil, Ecuador.

El documento está estructurado de tal manera que permita el cumplimiento de los acuerdos en el EIR, en la implementación de la metodología BIM en el proyecto Almacén Industrial, contemplando los siguientes parámetros:

1. Definición de Objetivos Generales y Específicos para la implementación BIM.
2. Estrategia del Plan de implementación BIM.
3. Contratación del equipo técnico.
4. Definición del Organigrama de trabajo.
5. Asignación de roles conforme a la necesidad de entregables.
6. Diagramas de Flujo para cada proceso.
7. Establecimiento de protocolos de comunicación.



8. Implementación de un entorno común de datos.
9. Establecimiento de protocolos de modelado.
10. Establecimiento de protocolos de intercambio de información.
11. Diseño de carpetas, accesibilidad controlada.
12. Identificación de los usos del modelo, durante las fases del proyecto.
13. Definición de equipo de trabajo y entregables.
14. Definición de parámetros y procedimientos de comunicación, tecnología, y control de calidad.
15. Estrategias de solución para las indefiniciones.
16. Cronograma de entrega de productos.
17. Estudio del contexto inmediato del proyecto.
18. Georeferenciación del proyecto.
19. Modelo LOD 300 de Arquitectura, Estructuras y MEP.
20. Contexto inmediato mediante levantamiento Topográfico.
21. Ejecución de fases de modelado y planificación.

## 5.2 Historial de revisiones

*Tabla 4 Historial de revisiones BEP*

VERSION	FECHA	RESPONSABLE	MODIFICACION
1	30-07-2023	Andrés López	Primera versión
2	09-09-2023	Andrés López	Segunda versión

## 5.3 Estrategia y Gestión

El desarrollo del BEP en el capítulo de Estrategia y Gestión, se determina en los objetivos que tiene el cliente para poder establecer la medida adecuada del planteamiento BIM en el proyecto, además de informar sobre los principales agentes involucrados o asociados al proyecto, conforme las fases determinadas.

### 5.3 Información general

*Tabla 5 Información general del Proyecto*

Cliente	Lcdo. Elmer Muñoz- Universidad Internacional SEK
BIM Manager/ Gerente Proyecto	Arq. Andrés Lopez
Nombre de Proyecto	Gestión BIM del Proyecto Almacén Industrial
Dirección	Urbanización Mucho Lote, Etapa 6-Gye Ecuador
Fecha de inicio de contrato	04 de Mayo 2023

### 5.4 Fases del proyecto

*Tabla 6 Fases del Proyecto*

FASE DEL PROYECTO		FECHA DE ENTREGA	DE	OBSERVACIONES
F1	Inicio	04-05-2023		
F2	Contratación EIR-BEP	09-05-2023		
F3	DISEÑOS Ejecución de Proyecto	18-09-2023		
F4	Gestión BIM	18-09-2023		
F5	Cierre	25-09-2023		

### 5.5 Datos de contacto

Para el desarrollo de las fases de modelado y planificación del Almacén Industrial, se procede a contratar al equipo Consultor, estructurado de la siguiente manera.

Tabla 7 Equipo consultor

<b>GRUPO NUMERO 5</b>			
<b>NOMBRE DEL PROYECTO: ALMACEN INDUSTRIAL</b>			
<b>NOMBRE DEL EQUIPO CONSULTOR: INDUSTRIAL BIM</b>			
<b>CLIENTE: ELMER MUÑOZ</b>			
<b>N°</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>TELEFONO</b>	<b>CORREO</b>
1	Franklin Andres Lopez Berzosa	0994418789	franklin.lopez@uisek.edu.ec
2	Paulina Priscila Orejuela Chango	0989294255	paulina.orejuela@uisek.edu.ec
3	Javier André Apunte Castillo	0958652852	javier.apunte@uisek.edu.ec
4	Maria Natali Siza Caiza	0999075873	maria.siza@uisek.edu.ec
5	Oscar Santiago Olmedo Salazar	0996457748	oscar.olmedo@uisek.edu.ec

El organigrama del equipo es el siguiente:

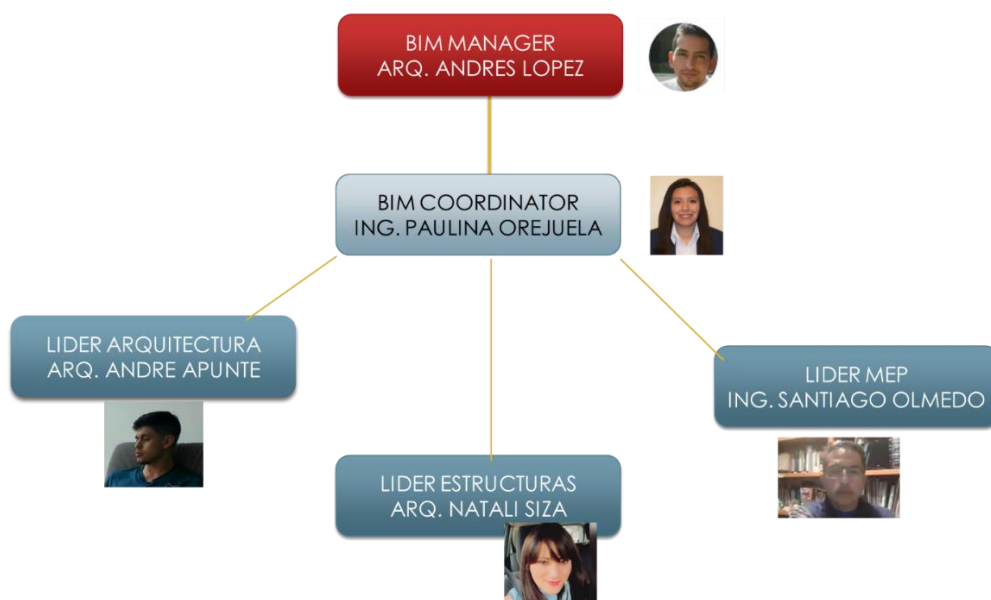


Ilustración 1 Organigrama del Equipo Consultor

## 5.6 Objetivos BIM

Implementar la metodología BIM en la Gestión del Proyecto Almacén Industrial para obtener resultados a través del análisis de las comparativas de materiales y sistemas constructivos y que determinen su implicación en la toma de decisiones de los distintos métodos constructivos para la reducción de tiempos y costos de construcción.

**Prioridad Alta:** Gestionar la fase de planificación y diseño (modelado) utilizando la metodología BIM, y obtener resultados tangibles que nos permita la toma de decisiones y cumplimiento del contrato con el cliente.

**Prioridad Alta:** Modelar arquitectura, estructura y mep (mecánico, hidrosanitario), para el desarrollo de una simulación constructiva 4D.

**Prioridad Alta:** Utilizar la metodología BIM para demostrar que el trabajo multidisciplinar coordinado ahorra costos en la construcción, a través de la prevención de posibles conflictos en obra, se valorizará el conflicto.

**Prioridad Media:** Ejecutar la coordinación y detección de conflictos entre los modelos arquitectónicos, estructurales y MEP (hidrosanitario y mecánico) para la resolución de interferencias.

**Prioridad Media:** Planificar mediante el programa MS Project/ Presto la fase de construcción, en base a los resultados de las comparativas estructurales, considerando 4d y 5d.

**Prioridad Alta:** Comparar el elemento estructural columnas en material de hormigón armado versus perfiles metálicos, ver su implicación en el costo y tiempo de ejecución de obra de cada uno de los sistemas.

**Prioridad Alta:** Comparar la estructura y tipo de pavimento en el área de estacionamientos con pavimento semirígido (adoquín) versus pavimento flexible

(asfalto) ver su implicación en el costo y tiempo de ejecución de obra de cada uno de los sistemas.

**Prioridad Media:** Demostrar que la resolución de interferencia en el modelo analítico representa un porcentaje importante en la reducción de costo a la obra.

**Prioridad Baja:** Utilizar el software Presto para la obtención del presupuesto en las disciplinas de Arquitectura y Estructura.

**Prioridad Baja:** Analizar la posible instalación de paneles fotovoltaicos en la cubierta, que generarán energía sostenible, para la iluminación de la zona administrativa.

*Tabla 8 Objetivos BIM*

<b>PRIORIDAD (1,2,3)</b>	<b>DESCRIPCION DE OBJETIVOS</b>	<b>MEDIOS</b>
<b>1. Comunicación</b>		
1	Establecer un medio comunicativo como fuente de información principal del proyecto	Trello
1	Determinar un entorno de trabajo colaborativo en la nube, que permita facilitar la comunicación entre los involucrados del proyecto conforme la norma ISO 19650	Autodesk Construction Cloud Google Drive
1	Determinar los accesos correspondientes conforme a la necesidad de cada rol	Autodesk Construction Cloud Google Drive
<b>2. Gestión de la Información</b>		
1	Establecer los entregables conforme el EIR	Excel
1	Estructurar el proceso de flujos de información.	
1	Diagramar los procesos para cada uno de los roles en base a sus responsabilidades	
1	Establecer los flujos por cada rol	Excel, Word
1	Establecer la información que se obtiene del modelo	Revit, Presto, Cad, Navisworks

1	Generar la información que no se obtiene del modelo	WBS, Ms Project, Presto, Excel
1	Generar la documentación grafica	Revit, Cad
<b>3. Diseño 3D</b>		
1	Determinar la base de datos del proyecto 2d (planos de todas las especialidades)	Cad
1	Establecer parámetros de modelado (ejes, estilos, protocolos, codificaciones)	Revit
1	Determinar las coordenadas georeferenciadas del modelo (ubicar punto de reconocimiento y punto base)	Revit
1	Realizar las auditorias de modelos	Revit
1	Elaborar el modelo LOD 300 (Arquitectura, Estructura, Mecánica, Eléctrica, Plomería)	Revit
1	Elaborar el modelo comparativo LOD 300 (Arquitectura y Estructura)	Revit
1	Elaborar los planos profesionales de cada especialidad	Revit, Cad
<b>4. Coordinación</b>		
1	Realizar la matriz de colisiones	Excel
1	Generar el informe de colisiones entre modelos (Arq vs Est, Arq vs MEP, Est vs MEP)	Navisworks, Excel
1	Solucionar en cada uno de los modelos las colisiones en base al informe	Revit, Excel
1	Generar el Modelo Federado y/o Coordinado	Navisworks/ Revit
1	Realizar la simulación Constructiva con el modelo Federado y el Cronograma General	Navisworks/ Ms Project
<b>5. Planificación y Gestión de la Ejecución</b>		
1	Establecer las mejores condiciones de ejecución del proyecto en base a las comparativas realizadas	Word
1	Utilizar el modelo federado para seguimiento constructivo	Navisworks, Revit

1	Determinar la incidencia de las colisiones en el proyecto y las soluciones respectivas	Navisworks, Revit
1	Determinar los riesgos en la etapa de Gestión y Constructiva	Excel
<b>6. Medición y Costos</b>		
1	Generar el costo total del proyecto, etapa de Gestión y Construcción	Excel, Presto
1	Elaborar el modelo con interoperabilidad para poder extraer volúmenes y generar presupuesto	Revit, Presto
<b>7. Análisis y optimización de sistemas</b>		
2	Realizar el análisis de costos para la implementación de paneles fotovoltaicos en la cubierta	Revit, Insight
<b>8. Cierre</b>		
1	Entregar los productos acordados en el EIR	
1	Análisis de Gestión del Proyecto	

## 5.7 Usos BIM

*Tabla 9 Usos BIM*

<b>USOS</b>	<b>RESPONSABLES</b>
Modelo Arquitectónico LOD 300 (3d)	Líder Arquitectura
Modelo Comparativo Arquitectura LOD 300 (3d)	Líder Arquitectura
Modelo Estructural LOD 300 (3d)	Líder Estructuras
Modelo Comparativo Estructural LOD 300 (3d)	Líder Estructuras
Modelo Mecánico LOD 300 (3d)	Líder MEP
Modelo Eléctrico LOD 300 (3d)	Líder MEP
Modelo Plomería LOD 300 (3d)	Líder MEP
Análisis y resolución de interferencias	Coordinador BIM
Modelo Coordinado/ Federado	Coordinador BIM
Simulación Constructiva (4d)	Coordinador BIM
Cronograma General (4d)	Líderes/ BIM Manager
Presupuesto General (5d)	Líderes/ BIM Manager
Análisis financiero implementación de paneles fotovoltaicos (6d)	Líder MEP

## 5.8 Roles

El equipo consultor conformado por 5 integrantes, se detalla los datos de contacto y el rol asignado para el proyecto

Tabla 10 Roles asignados del Equipo Consultor

<b>GRUPO NUMERO 5</b>					
<b>NOMBRE DEL PROYECTO: ALMACEN INDUSTRIAL</b>					
<b>NOMBRE DEL EQUIPO CONSULTOR: INDUSTRIAL BIM</b>					
<b>CLIENTE: ELMER MUÑOZ</b>					
<b>N°</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>ESPECIALIDAD</b>	<b>SIGLAS</b>	<b>TELEFONO</b>	<b>CORREO</b>
1	Franklin Andres Lopez Berzosa	BIM MANAGER	BM	0994418789	franklin.lopez@uisek.edu.ec
2	Paulina Priscila Orejuela Chango	BIM COORDINATOR	BC	0989294255	paulina.orejuela@uisek.edu.ec
3	Javier André Apunte Castillo	LIDER DE ARQUITECTURA	BA	0958652852	javier.apunte@uisek.edu.ec
4	Maria Natali Siza Caiza	LIDER DE ESTRUCTURA	BE	0999075873	maria.siza@uisek.edu.ec
5	Oscar Santiago Olmedo Salazar	LIDER MEP	BMP	0996457748	oscar.olmedo@uisek.edu.ec

Se determina los agentes BIM involucrados en el proyecto

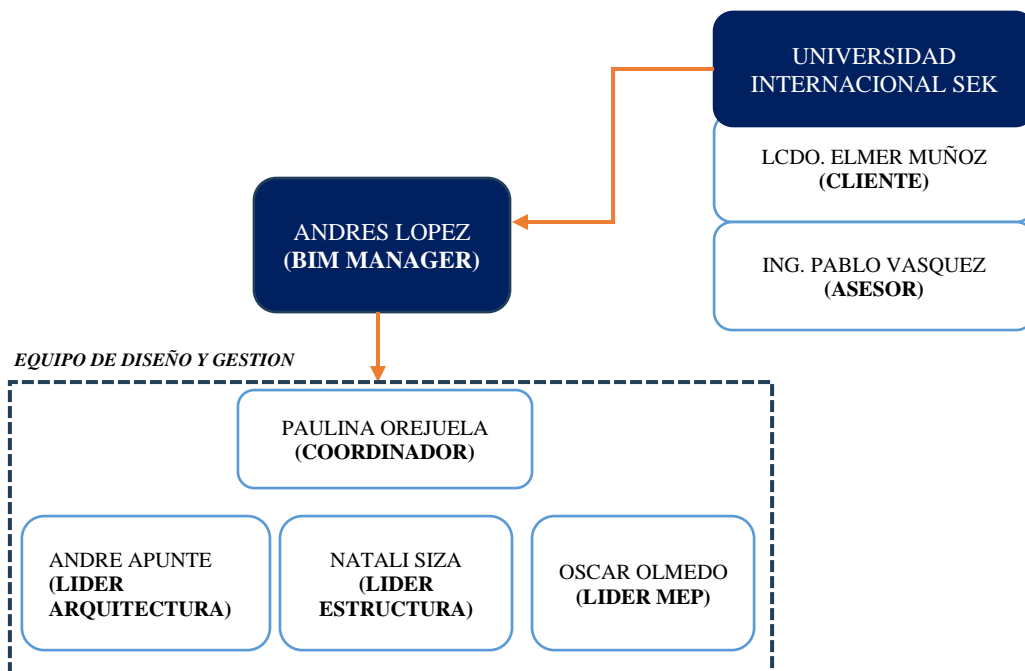


Gráfico 1 Agentes BIM



### **5.8.1 Promotor/ Cliente**

Es la persona u organización que decide poner en marcha y financiar el Proyecto BIM, y para ello contrató los servicios del Equipo de Gestión de Proyecto llamado Almacén Industrial.

Mediante el contrato firmado “EIR”, el cliente y el equipo consultor acordaron los alcances y los entregables, a fin de dar cumplimiento a cabalidad de lo acordado. Elmer Muñoz figura como cliente en el contrato, y el Cliente asignado, finalmente quien evaluará el rendimiento y cumplimiento de los entregables a plena satisfacción.

### **5.8.2 Gerente de Proyecto BIM/ BIM Manager**

El **BIM MANAGER** es la persona nombrada por el cliente para liderar al equipo de proyecto BIM, gestionar el proyecto , y alcanzar los objetivos para que se cumplan las expectativas del cliente acordadas en el contrato.

Dentro de las responsabilidades que maneja el BIM MANAGER o Gerente, se deberán considerar que el único responsable de la comunicación directa entre Cliente y equipo consultor será de exclusividad, los alcances acordados en el contrato serán de total cumplimiento.

El BIM MANAGER, será la persona quien se encargue de la parte operativa a nivel estratégico y táctico. De tal manera que el funcionamiento del equipo consultor tenga la debida fluidez para conseguir los objetivos planteados en el tiempo planificado.

Dentro de las funciones y responsabilidades que tiene el BIM Manager están las siguientes:

- Elabora el BEP del proyecto
- Entrega Al BIM Coordinador los diseños en 2d para el desarrollo del modelado y obtención del 3D.

- Determinar un cronograma de desarrollo de proyecto.
- Definir la necesidad de utilizar el Entorno común de datos.
- Determinar los procesos necesarios para cumplir con los objetivos planteados.
- Definir los flujos de interoperabilidad con el equipo.
- Desarrollar los protocolos BIM de acuerdo al EIR (Requisitos de Información del Cliente).
- Definir los objetivos y usos BIM del Cliente.
- Desarrollar el plan de proyecto. (BEP)
- Definir el alcance del proyecto. (BEP)
- Desarrollar el acta de constitución del proyecto. (BEP)
- Seleccionar, conformar y liderar el proyecto.
- Identificar y evaluar a los agentes intervinientes en el proyecto.
- Generar el plan de gestión del proyecto, incluyendo: alcance, presupuesto y cronograma.
- Gestionar y controlar los riesgos.
- Gestionar los cambios en el proyecto.
- Gestionar la calidad.
- Mantener el proyecto en coste y plazo.
- Hacer el seguimiento e informar del progreso y estado del proyecto.
- Determinará los hitos de entrega para cumplimiento del equipo consultor.
- Informar al cliente el proceso evolutivo del proyecto, en porcentaje de cumplimiento.
- Mediante el check list de recepción al equipo consultor, el BM procederá a la entrega de los productos finales al cliente, con el acta de entrega recepción definitiva, el acta tendrá el detalle de todos los entregables acordados.

### 5.8.3 Coordinador BIM/ BIM Coordinator

El Coordinador BIM es el agente responsable de coordinar el trabajo dentro de una misma disciplina, con la finalidad de que se cumplan los requerimientos del BIM Manager.

Realiza los procesos de chequeo de la calidad del modelo BIM (auditoria de modelo), y que éste sea compatible con el resto de las disciplinas del proyecto.

Las funciones y responsabilidades asignadas:

- Reportar al BM, el avance de la ejecución del proyecto.
- Convocar a las reuniones con el equipo y el BM.
- Coordinar con el BM los procesos que se van a desarrollar para cumplir con los objetivos propuestos.
- Evaluar los flujos de cada proceso, y mejorar de ser necesario.
- Asignar las tareas ajenas a las actividades del rol, como por ejemplo Actas de reunión, manejo de informes, entrega de informes, etc.
- Implementación de Entorno Común de datos (ACC), diseño de carpetas para el proyecto, asignación de carpetas según las responsabilidades del Rol, creación de flujo de trabajo.
- Enviar informes de entrega de proyecto al BM, conforme a los requerimientos de entrega acordados en el contrato.
- Gestión de la comunicación a través del proceso correspondiente y mediante el flujo asignado a la transferencia, recepción, envío de archivos.
- Coordinar el trabajo de los líderes de Arquitectura, Estructuras y MEP.
- Realizar los procesos de chequeo de la calidad del modelo BIM (Auditorias de modelo).
- Asegurar la compatibilidad del modelo BIM con el resto de las disciplinas.

- Elaborar el informe de colisiones de cada especialidad, y sugerir alternativas de solución a la interferencia encontrada.
- Realizar la lista de entregables por cada rol.
- Elaborar el check list de recepción de productos conforme el requerimiento y la contratación.
- En la recepción provisional, elaborar las observaciones encontradas por el cliente, y la solución de los puntos que no están a satisfacción para su entrega definitiva.
- Elaborar el Acta entrega definitiva de proyecto.

#### **5.8.4 Líder de Arquitectura/ Estructuras/ Mecánica/ Eléctrica/ Plomería**

Es quien administra el diseño Arquitectónico/Estructural/MEP, incluyendo la aprobación y desarrollo de la información.

Es quien confirma los resultados de diseño del equipo Industrial BIM.

Firma y aprueba la documentación para la coordinación del diseño de detalle antes de ser compartida.

Sus funciones y responsabilidades:

- Recibe los planos en 2d, a través del Coordinador BIM, y desarrolla el modelado del proyecto.
- Realiza el modelado con la premisa “se modela como se construye”.
- Administrar el diseño Arquitectónico.
- Aprueba y desarrolla la información correspondiente a la Arquitectura.
- Aprueba los resultados del Equipo de Diseño del Proyecto
- Es la persona que proporciona, junto con el BIM Coordinador un enlace de comunicaciones entre los diferentes Equipos de Modelado del Proyecto.

- Genera el modelo local de su especialidad.
- Proporciona información fundamental para todas las disciplinas involucradas utilizando herramientas de software BIM.
- Creación de visualizaciones 3D, añadir elementos de construcción para los objetos de la biblioteca y enlace de datos del objeto.
- Utiliza los protocolos de diseño.
- Coordina constantemente y con cuidado su trabajo con las partes externas tales como arquitectos, ingenieros.
- Mantener su enfoque en la calidad y llevar a cabo sus tareas de una manera estructurada y disciplinada.

5.9 Diseño del proceso

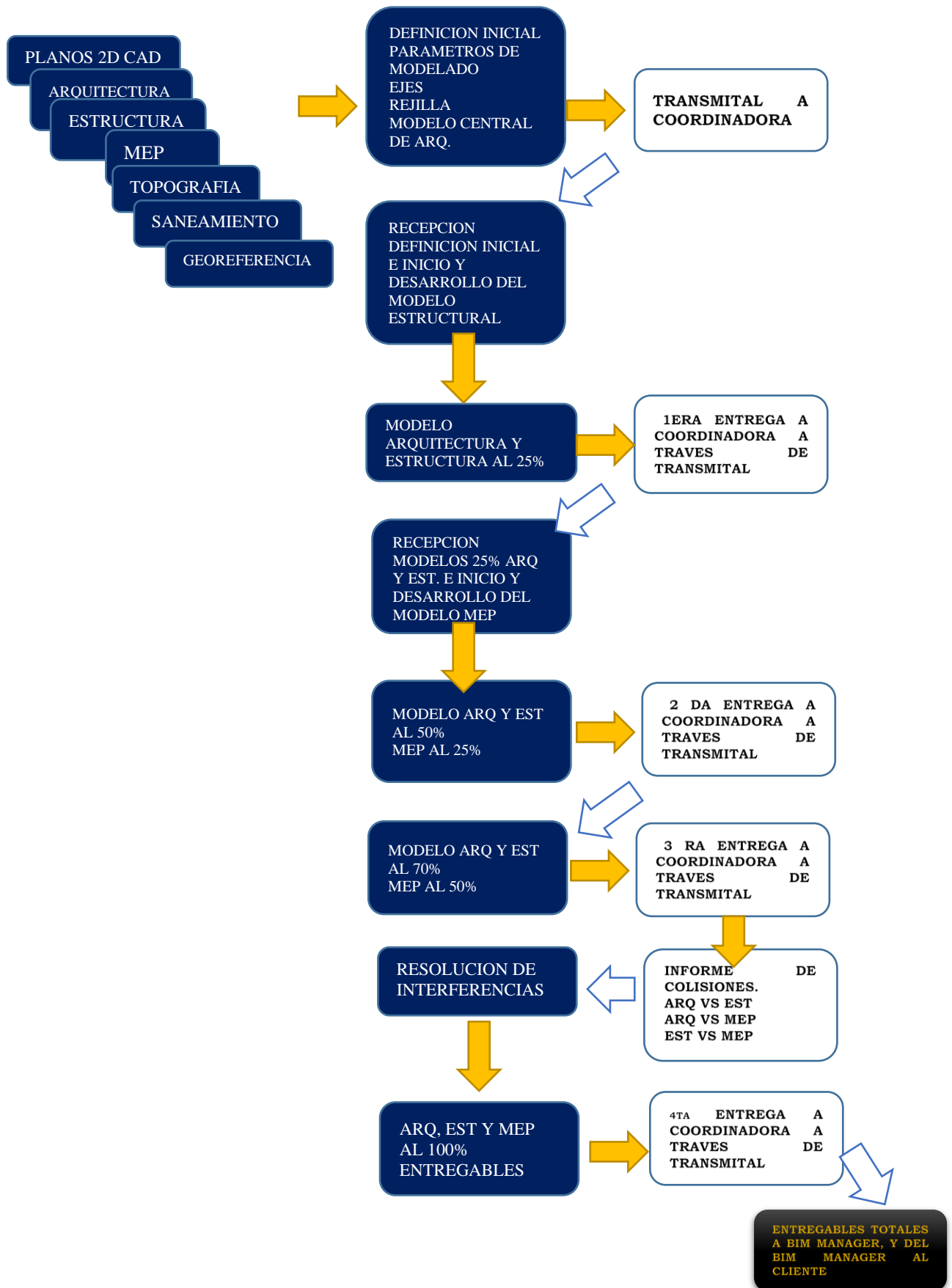


Gráfico 2 Diseño del proceso BIM

El proceso de diseño BIM consiste en la firma inicial del requerimiento o necesidad a través del EIR, en donde se llegan acuerdos comunes con el Cliente.

El BIM MANAGER, posterior a la firma del contrato, establece un cronograma de desarrollo del proyecto, y ejecuta un BEP (plan de ejecución BIM), en el BEP estará incluido todos los procesos necesarios para el cumplimiento del contrato.

La contratación de la Coordinadora estará dentro de las obligaciones del BM, en cuyo caso, mediante el BEP, se analizará el perfil que mejor se ajuste a la necesidad del proyecto. La Coordinadora a su vez, y mediante el BEP, contratará al equipo de líderes, quienes responderán por el proceso y cumplimiento de los entregables.

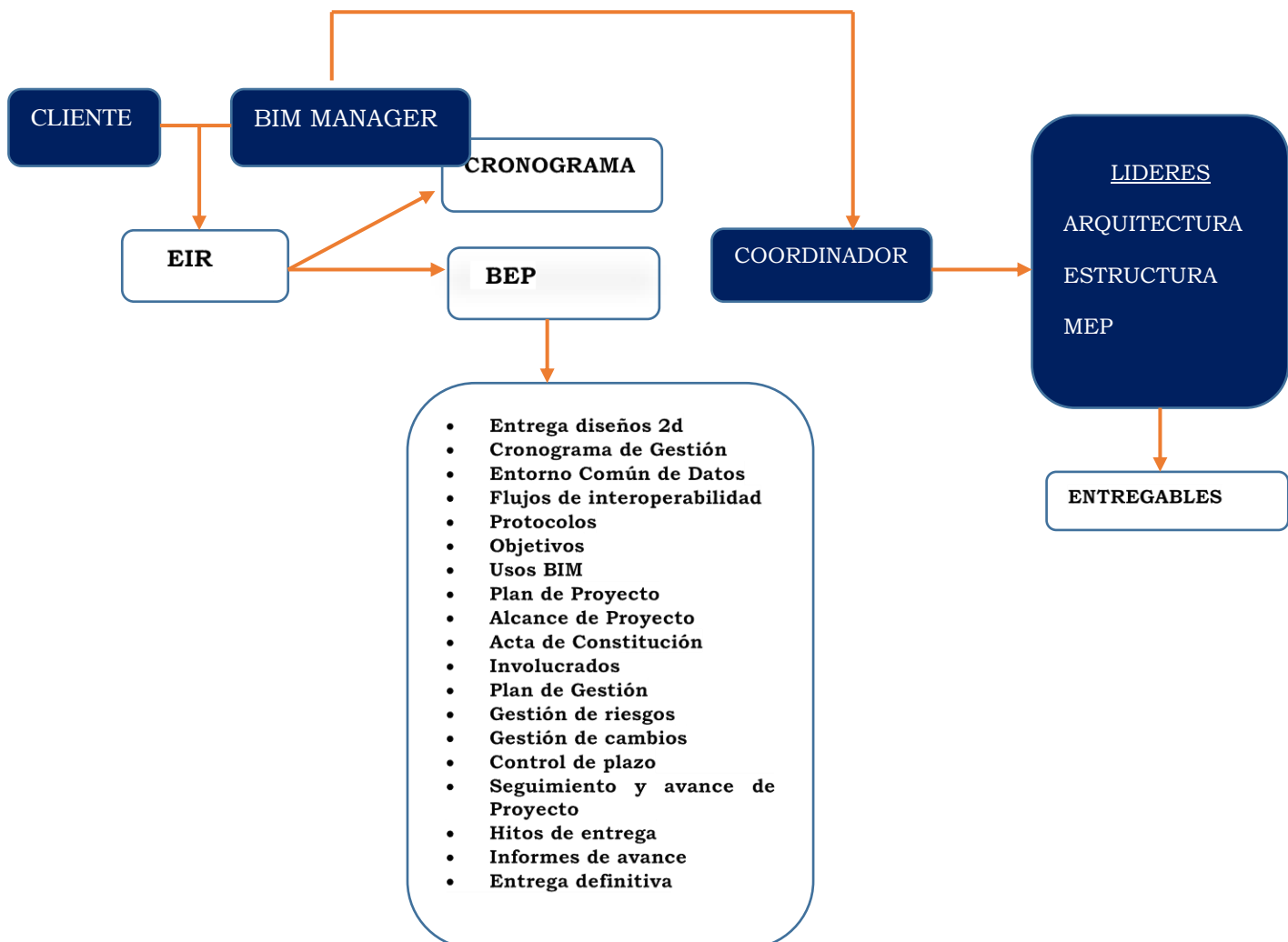


Gráfico 3 Proceso de ejecución del proyecto

## 5.10 Formatos de intercambio

Los formatos de intercambio de información entre softwares y que datos deben intercambiar.

El entorno de colaboración es el espacio donde se desarrolla el proyecto y debe tener la facultad de permitir el acceso a la información a los agentes que conforman el equipo del proyecto con diferentes roles de lectura, escritura y aprobación. La estrategia de colaboración se define según dos factores:

Técnica: la estrategia de colaboración resulta en el repositorio de información único para el proyecto durante el ciclo de vida del proyecto: diseño + construcción + uso y mantenimiento + derrocamiento

Procesos: definición de los flujos de intercambio de información y colaboración en el modelado, donde se indique los agentes responsables, el rol que desempeñan y las responsabilidades.



Gráfico 4 Organización de carpetas

Fuente: Norma ISO 19650



### 5.11 Seguridad de la información

El modelo central permite que el trabajo colaborativo BIM obtenga el control y la seguridad para que no existan cambios no aprobados o reportados en los modelos, por lo tanto, la información generada posee bajo grado de incertidumbre.

El proceso aplicado en este proyecto se basa en las entregas parciales de los modelos, de la siguiente manera:

*Tabla 11 Seguridad de información*

Especialidad	Avance	Fecha de entrega	Aprobación de Coordinación (SI/NO)
Arquitectura	25%	Mayo 2023	SI
	60%	Junio 2023	SI
	90%	Julio 2023	SI
	100%	Agosto 2023	SI
Estructura	25%	Mayo 2023	SI
	60%	Junio 2023	SI
	90%	Julio 2023	SI
	100%	Agosto 2023	SI
Mecánica	50%	Junio 2023	SI
	75%	Julio 2023	SI
	100%	Agosto 2023	SI
Eléctrica	50%	Junio 2023	SI
	75%	Julio 2023	SI
	100%	Agosto 2023	SI
Plomería	50%	Junio 2023	SI
	75%	Julio 2023	SI
	100%	Agosto 2023	SI
Informe de Colisiones	100%	Agosto 2023	SI
Modelo Coordinado	100%	Agosto 2023	SI

Cada entrega parcial recibe una aprobación del Coordinador del proyecto, para lo cual en el avance de los modelos al 90% se realiza la resolución de colisiones, cada Líder realiza la corrección de modelos y entrega finalmente al 100%.

La aprobación de Coordinación del modelo al 100% de todas las especialidades y la comprobación en Navisworks conforma el modelo Federado.

No existirá duplicidad de archivos, y el control de los modelos será responsabilidad de la Coordinación, en caso de tener aprobados los modelos en el esquema de carpetas compartidas, se envía a “Compartido”, y es ahí donde el BIM Manager revisa el entregable final para presentación del cliente

Los archivos centrales se trabajan en el Autodesk Construction Cloud (ACC), y los modelos locales en el ordenador de cada Líder o Coordinador

El control total del ACC la tendrá el BIM Manager, y delegará la accesibilidad al Coordinador, de manera que tenga la opción de asignar carpetas o subcarpetas que estime necesario a cada uno de los líderes e involucrados en el proyecto.

### **5.12 Control de calidad y revisión BEP**

La estrategia para el control de la calidad es la revisión continua de los modelos, establecida cada semana a partir del inicio de la ejecución de los trabajos.

Las reuniones de comprobación de estándares y seguimiento de protocolos permiten que se establezca una línea de revisión asociada al control de cambios y de estándares fijados en el BEP.

#### **Revisión Semanal**

- Reunión semanal cada lunes, revisión de modelos, auditoria, compatibilidad
- Revisión y resolución de avisos, alertas, y advertencias en los modelos
- Eliminar vistas redundantes
- Comprobación de georeferenciación
- Purgar los modelos, guardar el avance y desarrollo semanal

#### **Revisión Quincenal**

- Comprobación de georeferenciación
- Purgar los modelos

- Revisión y coordinación de los modelos
- Resolución de interferencias en los modelos conforme a la matriz

### **Revisión Mensual**

- Comprobación de georeferenciación
- Verificación de estándares de calidad
- Revisión de elementos codificados conforme los protocolos de diseño

En base a la revisión constante que se da a los modelos, el BEP puede tener variaciones o modificaciones, en el caso de que existan se deberá comunicar al equipo consultor, para ser tomado en cuenta durante el desarrollo del proyecto.

El BEP deberá ser revisado al final de cada mes, asociado a los cambios que han determinado por el proceso de ejecución BIM, se deberá tener el registro de control de cambios.

El proceso de auditorías y control de ejecución de la calidad se va a desarrollar mediante el control interno de cada uno de las entregas a satisfacción del cliente.

*Tabla 12 Proceso de control de calidad*

<b>Revisión</b>	<b>Definición</b>	<b>Responsable</b>	<b>Frecuencia</b>
Visual	Visualizar elementos no deseados	Coordinador BIM	2 días frecuentes a la semana
Detección de cruces	Detectar problemas de modelo	Coordinador BIM	2 días frecuentes a la semana
Integridad de modelo	El modelo debe alinearse con BIM	Coordinador BIM	2 días frecuentes a la semana
Revisión del modelado	El desarrollo continuo del modelo debe estar alineado con los objetivos	Coordinador BIM	2 días frecuentes a la semana
Flujos de trabajo	Designación de roles, flujos, administración de proyecto	BIM Manager	2 días frecuentes a la semana

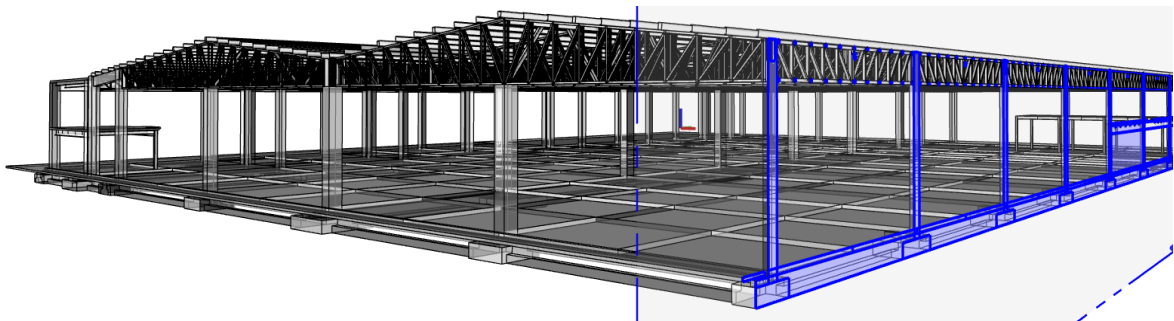
## 5.13 Estructura de informacion

### 5.13.1 Level Of Development (LOD)

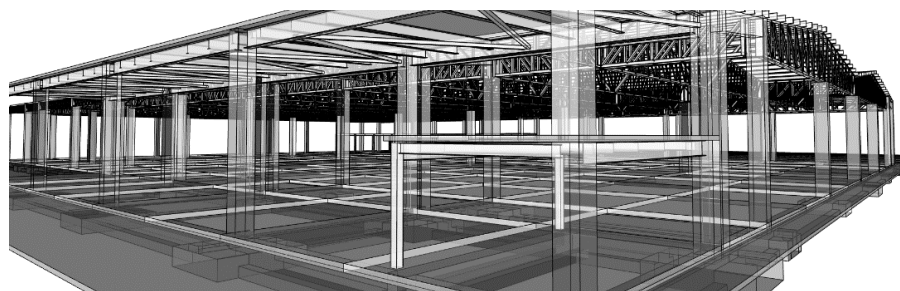
El nivel de detalle de los modelos Arquitectura, Estructura, Mecánica, Eléctrica, Plomería, en este proyecto se ha acordado en un LOD 300, el nivel de desarrollo de información que tiene cada uno de los elementos que componen el modelo BIM.

Según el estándar BIMFORUM de la AGC (The Associated General Contractors of America, Inc.) define:

“**LOD 300:** El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema u objeto específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. La información de los elementos del modelo se puede medir directamente desde el modelo. Además, la información no gráfica se puede adjuntar al elemento modelo. En este nivel de desarrollo, se define el origen del proyecto, por lo que los elementos se ubican con precisión respecto a éste.”



*Figura 9 Modelo Estructural  
Fuente: Industrial BIM*



*Figura 10 Modelo Estructural  
Fuente: Industrial BIM*

### 5.13.2 Información asociada al modelo

La información del modelo será determinada por el nivel de desarrollo, LOD 300, y deberá ser corroborada,

### 5.13.3 Hitos y entregables

Para establecer una metodología exitosa, se programa las reuniones interdisciplinarias, con el objetivo de la consecución de objetivos marcados en el EIR, las reuniones de coordinación se fijarán como meta, la resolución de conflictos detectados, o solventar las inconsistencias que se hayan presentado y que retrasen el proceso normal del avance de proyecto.

En la siguiente tabla se establecen las reuniones periódicas fijadas de acuerdo a las fases del proyecto.

*Tabla 13 Reuniones planificadas*

<b>REUNION</b>	<b>PERIODICIDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>ENTREGABLES</b>
Plantillas Protocolos Estilos	Semanalmente (cada lunes)	Reunión todo el equipo para definiciones iniciales de modelado	
Modelos	Semanalmente (cada lunes)	Reunión todo el equipo para supervisión de modelos	Modelos (Arquitectura, Estructura, MEP)
Coordinación	Semanalmente (cada lunes)	Reunión todo el equipo para revisión de interferencias	Modelo Coordinado o Federado Simulación Constructiva
Gestión	Semanalmente (cada lunes)	Reunión todo el equipo para revisión de planificación de proyecto	Presupuesto General Cronograma General Modelos comparativos Análisis sostenibilidad

#### 5.13.4 Estructura de archivos

Se determina la clasificación de archivos, en función de la importancia de los mismos. Con el fin de que no exista duplicidad se establecen los siguientes:

Archivos editables de modelado: Archivos realizados en Revit, los de entrega parcial

Archivos auxiliares editables de modelo: Archivos base que sirven de apoyo al modelo central (ejes, rejillas)

Archivos de modelo federado: Los modelos de cada especialidad terminados al 100% en formato NWC, para vincular en Navisworks

Archivos de información: Entregables

Archivos auxiliares de información: Archivos que aportan información extra a los entregables.

Los archivos se organizan en función de la disciplina y subdisciplina,

#### 5.13.5 Nomenclatura de archivos

Se establecen los criterios en los cuales se concibe la nomenclatura de archivos

*Tabla 14 Nomenclatura de archivos*

ABREVIATURA	DETALLE	DESCRIPCION
AI	Nombre de Proyecto	Almacén Industrial
INDBIM	Equipo Consultor	Industrial BIM
ARQ, EST, MEC, ELE, PLO	Especialidad	Arquitectura, Estructura, Mecánica, Eléctrica, Plomería
ZZZ	Ubicación	No Corresponde
001	Versión	Versión 1
Ejemplo: AI-INDBIM-ARQ-ZZZ-001		

## 5.14 Requisitos técnicos

### 5.14.1 Software

Los principales softwares que se utilizan para la ejecución del proyecto Almacén Industrial con metodología BIM, en el modelado y en la coordinación son los siguientes:

*Tabla 15 Softwares a utilizar*

<b>SOFTWARE</b>	<b>USO BIM</b>	<b>VERSION</b>	<b>FORMATO ENTREGA</b>
Revit	Modelos (Arquitectura, Estructura, MEP)	2023	RVT/IFC
Navisworks	Modelo Federado	2023	NWC, NWD, NWF
Navisworks- Project	Simulación Constructiva	2023	NWC, NWD, NWF
Presto	Presupuesto	2022	PZH
Ms Project	Cronograma	2018	Msp
Adobe PDF	Análisis sostenible, paneles fotovoltaicos	2023	PDF

### 5.14.2 Modelo nativo

Los modelos nativos son los modelos en el software original que se modeló.

En el proyecto Almacén Industrial, los modelos nativos se han realizado en Revit.

Los niveles que se ha considerado en Arquitectura son los siguientes:

<b>IDENTIFICADOR</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>NIVEL</b>
-0.25 NNT	Nivel Natural de Terreno	-0.25
0.00 Nivel 1	Nivel de Contrapiso	+0.00
4.20 Nivel 2	Nivel de Entrepiso	+4.20
6.40 Nivel 3	Nivel auxiliar	+6.40
7.00 Nivel 4	Nivel auxiliar	+7.00
7.90 Nivel REF	Nivel auxiliar	+7.90
8.40 Nivel 5	Nivel de faldón de cubierta	+8.40
10.60 Nivel 6	Nivel de cumbrero	+10.60

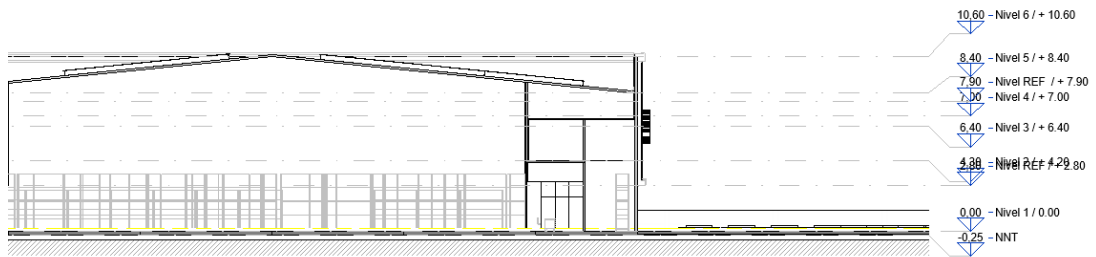


Gráfico 5 Niveles de modelo Arquitectónico

Rejillas: El sistema de rejillas será en el eje x con números, y en el eje y con letras, y tendrán una relación de  $90^\circ$ , el modelo estará orientado con respecto el norte real del norte de proyecto en  $24.58^\circ$

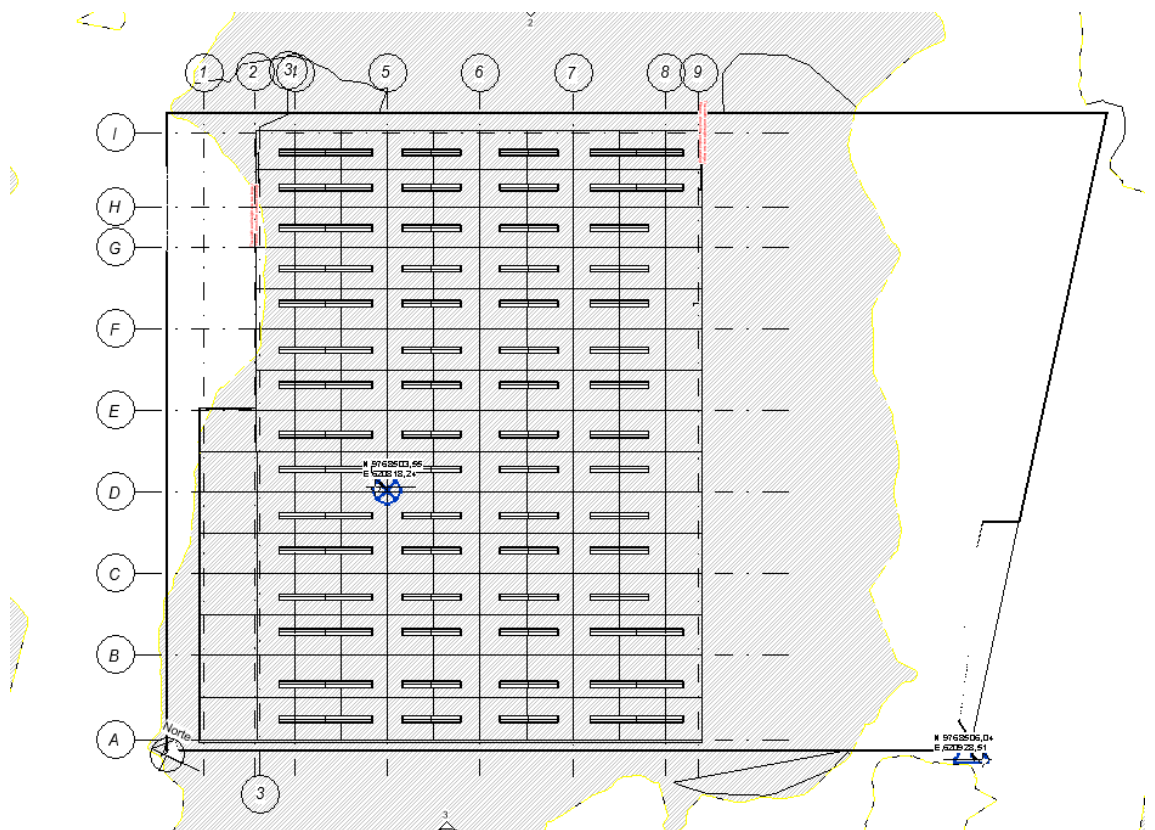


Gráfico 6 Rejillas del proyecto  
Fuente: Industrial BIM



Coordenadas: Las coordenadas de georeferenciación son las siguientes:

Tabla 16 Coordenadas de proyecto

COORDENADAS	
Norte/Sur	P1: 9768615.489 P2: 9768506.037 P3: 9768446.040 P4: 9768545.48
Este/Oeste	P1: 620902.444 P2: 620928.512 P3: 620803.670 P4: 620756.107
Elevación	+7.58
Angulo a norte real	115.38°

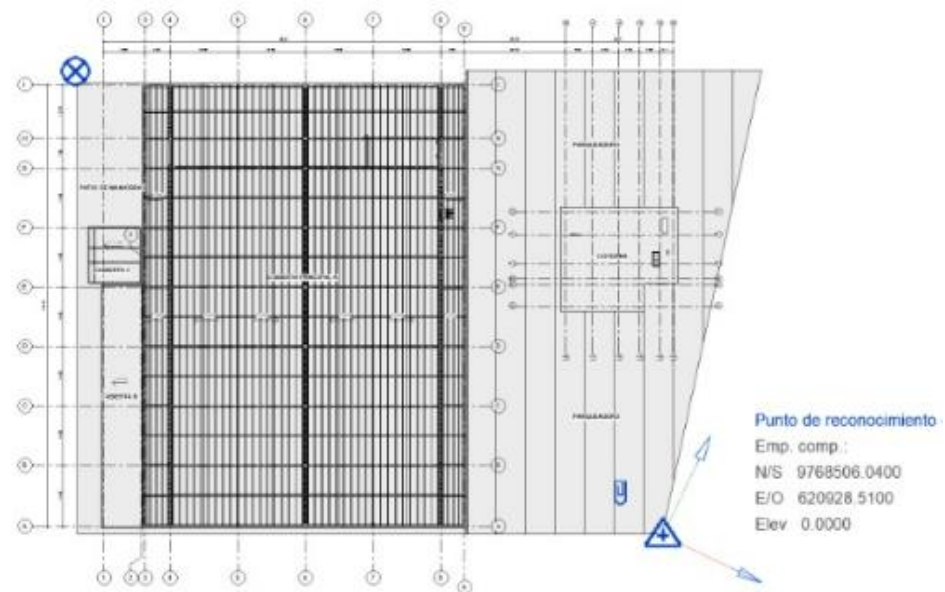


Gráfico 7 Punto de reconocimiento del proyecto  
Fuente: Industrial BIM

Vinculación de archivos: el modelo de Arquitectura se generará a partir del archivo CAD que se tiene como autoría, se vincularán las coordenadas, se generará un

modelo central de Arquitectura, se definen los niveles, rejillas, plantilla, navegador, y parámetros de dibujo. Posterior a ese procedimiento Estructuras vincula el modelo Arquitectónico, y desarrolla el modelado de la especialidad. La especialidad MEP empieza a desarrollar el trabajo a partir de que Arquitectura como Estructuras entregan el avance al 50%, y tras la indicación y aprobación del Coordinador.

Con la finalidad de tener el mismo punto de reconocimiento, todos los modelos se han colocado en el mismo punto, sin embargo, el punto base se ha colocado conforme a la necesidad de modelado de cada especialista.

Con los archivos vinculados el procedimiento siempre será el de copiar y supervisar tanto niveles como rejillas.

Siempre se verificará las coordenadas al inicio de cada reunión colaborativa

Unidades de medida:

*Tabla 17 Unidades de medida*

<b>DIMENSION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>DECIMALES</b>
Longitud	Metros	2
Área	Metros cuadrados	2
Volumen	Metros cúbicos	2
Ángulo	Grados	2
Peso	Kilogramos	2
Pendiente	Porcentaje	2

El navegador de proyecto se clasificará conforme a la siguiente denominación

*Tabla 18 Navegador de proyecto*

<b>SUBDISCIPLINA</b>	<b>VISTA</b>
00-IMPLANTACION	Implantación Planimetría general
01-ARQUITECTURA	Alzado Este Alzado Norte Alzado Oeste Alzado Sur Alzado Este

	Plano de planta Nivel 1/0.00 Plano de planta Nivel 2/ +4.20 Plano de planta Nivel 3/ +6.40 Plano de planta Nivel 4/ +7.00 Plano de planta Nivel 5/ +8.40 Plano de planta Nivel 6 / +10.60 Plano de planta Nivel REF/ +7.90 Plano de planta Nivel REF/ +2.80 Plano de planta NNT Sección 1 Sección 2 Sección 3 Sección 4
02- TECHO -CIELO RASO	Plano de techo reflejado Nivel 1/ 0.00 Plano de techo reflejado Nivel 2/ +4.20 Plano de techo reflejado Nivel 3/ +6.40 Plano de techo reflejado Nivel 4/ +7.00 Plano de techo reflejado Nivel 5/ +8.40 Plano de techo reflejado Nivel 6 / +10.60 Plano de techo reflejado Nivel REF/ +7.90 Plano de techo reflejado Nivel REF/ +2.80
04- VISTAS	Vista 3d 1 Vista 3d 2
05-3D	Vista 3d

Se desarrollará el trabajo en todas las vistas, por ende, se clasificará a medida que se requiera.

Los modelos de la Estructura y de MEP tendrán el mismo subsistema en conformidad a la necesidad del modelador.

### **5.14.3 Entorno Común de Datos (CDE)**

El Entorno Común de Datos, se implementará inmediatamente posterior a la firma del EIR, y se trata de un complemento informático para gestionar la documentación del modelo, estableciendo un canal informativo entre los integrantes del equipo consultor, y con la gran ventaja de que evita duplicidad en la información, de tal forma que garantiza el trabajo sobre una base de datos actualizada

#### **5.14.4 Modelo Federado**

Compuesto por la unión de varios modelos de varias disciplinas, se trabaja independientemente, y se adiciona en uno solo.

#### **5.14.4 Trabajo colaborativo**

Es un entorno común de datos, una nube que permite realizar la gestión del proyecto a través de la metodología BIM.

Se utilizará el Autodesk Construction Cloud.

#### **5.14.5 Coordinación de disciplinas**

Para la coordinación de disciplinas se deberá tener los modelos al 75% (Arq-Est) y 50% (MEP), se realizará la primera corrida de coordinación disciplinar.

Posterior a las resoluciones y en la entrega al 90% de los modelos, se realiza la segunda corrida entre todas las disciplinas, se emite el informe de interferencias en formato HTML, posterior a lo cual, los líderes de cada disciplina deberá solucionar las interferencias reportadas, si existiese algunas que de cierta manera no afectan a la ejecución de obra, en el informe se deberá colocar como “solución en obra”, lo que significará que es una colisión menor que no incide en la construcción del proyecto.

Las colisiones se determinarán en el programa Navisworks las pruebas se realizarán conforme a las siguientes disciplinas

Arquitectura vs Estructuras

Arquitectura vs Instalaciones (MEP)

Estructura vs Instalaciones (MEP)

En base a la matriz de colisiones se resolverán en primera instancia aquellas que tengan el nivel jerárquico de mayor incidencia en ejecución de obra.

Tabla 19 Matriz de colisiones

Matriz de detección de interferencias	Arquitectura					Estructura					HVAC			Electricidad			Fontanería y desagües														
	A	C	A	B	C	A	B	A	A	A	A	C	B	B	A	C	B	B	A	B	O	B									
	Muros de almacén (bloque)	Muros de cerramiento	Gradas	Drywall / Gypsum	Falsos techos	Cubierta almacén	Acabado piso de suelo	Acabado de piso de losa	Carpinterías	Zapatas	Viga de cimentación (cadenas)	Muros	Pilares (hormigón)	Pilares (perfiles)	Vigas (hormigón)	Vigas (perfiles)	Losas (hormigón)	Losas (pavimento)	Estructura metálica (cerchas)	Equipos	Conductos	Rejillas	Tuberías (drenajes)	Bandejas	Cableado/tubos	Luminarias	Cuadros (gabinetes)	Equipos	Tuberías	Valvulería	Equipos
<b>Arquitectura</b>																															
Muros de almacén (bloque)	3	1	2	3	4	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	3	2	2	na	3	2	1	2	na	1	2	
Muros de cerramiento	3	3	4	5	3	5	5	5	3	4	3	3	3	3	3	4	3	4	5	4	4	3	na	5	4	3	4	na	3	4	
Gradas	1	3	2	3	1	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	3	2	2	1	3	2	1	3	na	1	2	
Drywall / Gypsum	2	3	2	4	2	4	4	4	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	4	3	2	2	4	4	3	2	4	na	2	4	
Falsos techos	3	5	3	4	3	5	5	5	3	4	3	3	3	3	3	4	3	4	5	4	4	3	na	5	4	3	4	na	3	na	
Cubierta almacén	1	3	1	2	3	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	3	2	2	1	na	na	2	1	2	na	1	na	
Acabado piso de suelos	3	5	3	4	5	3	5	5	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	4	5	4	4	3	5	4	3	4	na	3	4	
Acabado de piso de losa	3	5	3	4	5	3	5	5	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	4	5	4	4	3	5	4	3	4	na	3	4	
Carpinterías (puertas, ventanas, barandillas)	3	5	3	4	5	3	5	5	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	4	5	4	4	3	na	4	3	4	na	3	4	
<b>Estructuras</b>																															
Zapatas	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Viga de cimentación (cadenas)	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Muros	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Pilares (hormigón)	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Pilares (perfiles)	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Vigas (hormigón)	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Vigas (perfiles)	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Losas (hormigón)	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Losas (pavimento)	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Estructura metálica (cerchas)	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
<b>HVAC</b>																															
Equipos	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Conductos	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Rejillas	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Tuberías (drenajes)	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
<b>Electricidad</b>																															
Bandejas	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Cableado/tubos	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Luminarias	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Cuadros (gabinetes)	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Equipos	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
<b>Fontanería y desagües</b>																															
Tuberías	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Valvulería	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Equipos	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								
Sanitarios	idem					idem					idem			idem			idem			idem			idem								

### 5.14.6 Control de cambios

Consiste en supervisar las solicitudes de cambio, y determinar la viabilidad del cambio propuesto, se deberá analizar la afectación del cambio en el ciclo de vida del proyecto, considerando las siguientes interrogantes:

Tabla 20 Interrogantes a la Gestión de Cambio

¿Quién y porque se elabora la propuesta?	¿Quién y cómo analiza la propuesta?	¿Respuesta positiva o negativa?
¿Quién y cuando ejecuta la modificación sobre el modelo?	¿Qué afectación en tiempo implica el cambio?	¿Qué tan viable es la propuesta de cambio?

#### **5.14.7 Proceso de revisión**

Se debe verificar en cada reunión de los días lunes, con el equipo consultor la información contenida en los modelos BIM, cada revisión llevará un control de auditoría, y control de georeferenciación.

Se deberá comprobar la calidad del modelo en el cual se va trabajando, para que no se tenga retrabajos y reprocesos al momento de vincular en el modelo federado los distintos modelos de las disciplinas.

La periodicidad de las auditorías será semanal, a medida que se vaya aumentando el tamaño del proyecto se realizará verificaciones mas cortas, de manera que sea productivo el desarrollo BIM en los modelos

#### **5.14.8 Pautas de modelado de Arquitectura**

No modelar en exceso, modelar acorde a LOD 300

No se subdividirá el modelo

Se creará un archivo central a partir de Arquitectura

Definición inicial de niveles y rejillas por parte de esta disciplina

Los niveles de Arquitectura son de suelo acabado

Se compactará el modelo central

Se sincronizarán los archivos con el modelo central

Se purgará el modelo

Se solucionará avisos y alertas del modelo

Solo se mantendrán las opciones de diseño en uso

Los muros multicapas se modelarán como se construye

Se utilizarán planos de referencia CAD para modelar

Se parametriza las familias

#### **5.14.9 Pautas de modelado Estructuras**

Evitar modelar en exceso

Pilares de nivel a nivel

Se limita la unión entre elementos

La restricción de unión entre elementos será de 5cm

Se modela como se construye

Vigas se modelan a eje de pilares

Se evitará modelar elementos de conexiones metálicas

Se empleará planos de referencia CAD, para el modelado

Se utilizará familias propias, en correspondencia con la categoría

#### **5.14.10 Pautas de modelado MEP**

Evitar modelar en exceso

Se limita la unión entre elementos

Crear sistemas lógicos de redes de conexión

Uso de familias sin anfitrión

Uso de tablas de planificación

No se modelan elementos auxiliares como soportes de equipos, cableados, etc

Uso de filtros de visualización según la disciplina

Se utilizará familias propias, en correspondencia con la categoría

#### **5.15 Entregables**

Los entregables son:

- Planos profesionales
- Arquitectura
- Estructura
- MEP

- Comparativas de sistemas constructivos (materialidad)
- Arquitectura
- Estructura
- Análisis de tiempos de ejecución en dependencia de las comparativas (4d)
- Análisis de costos de ejecución en dependencia a las comparativas (5d)
- Cronograma General de ejecución de obra.
- Presupuesto General de obra.
- Análisis de interferencias.
- Auditoria de modelo.
- Modelo federado.
- Simulación constructiva
- Análisis e implementación de sistema de sostenibilidad energética.

### **5.16 Análisis de Gestión de Proyecto**

Para complementar el proyecto se realiza la simulación Montecarlo de los 3 procesos planteados para definición del proyecto.

- Montecarlo de Proceso de Diseño y Gestión del Proyecto
- Montecarlo de Proceso de diseño estructural definición de columnas de hormigón
- Montecarlo de Proceso de diseño estructural definición de columnas metálicas



## Capítulo 6: Rol Líder MEP

### 6.1 Introducción (descripción del rol)

El líder MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) es el profesional especializado en las disciplinas de mecánica, eléctrica y plomería y desempeña varias funciones clave en el desarrollo y ejecución del proyecto Almacén Industrial.

En este proyecto no se realizaron cálculos de ingeniería ni diseño conceptual, pero si se adoptaron como validos los diseños CAD en 2D que nos facilitaron como punto de partida.



Ilustración 2 Organigrama MEP

### 6.2 Objetivos

1. Evaluar los beneficios y ventajas de la integración del trabajo del líder MEP con la metodología de trabajo BIM

2. Investigar si el uso de la tecnología BIM en los sistemas MEP mejora la eficiencia del diseño, la coordinación con otras disciplinas, la detección temprana de conflictos o errores, la reducción de costos y tiempo de construcción y la mejora de la comunicación y colaboración entre actores del proyecto.

3. Identificar desafíos y obstáculos en la implementación BIM incluyendo las dificultades técnicas y organizativas, así como también los problemas de interoperabilidad entre diferentes software y herramientas utilizadas.

### **6.3 Funciones del Rol**

El líder MEP es la persona encargada de apoyar la ejecución y desarrollo de modelos en las especialidades de Ingeniería Mecánica, Electricidad e Instalaciones Sanitarias de acuerdo con los criterios estipulados en el BEP (BIM Execution Plan).

Son funciones principales son:

- Tener amplios conocimientos de todos los flujos de trabajo.
- La coordinación y colaboración efectiva, planificación, diseño, gestión de equipos, control de calidad, comunicación, etc
- Creación de familias e incorporación en las respectivas bibliotecas en coordinación con el BIM Manager.
- Trabajo colaborativo y multidisciplinar con los líderes de otras especialidades, así como con los proveedores, contratistas, consultores y asesores.
- Participa activamente en la resolución de interferencias con las disciplinas Arquitectura y Estructura.
- Mantiene la documentación de sus modelos debidamente sincronizada para asegurar la gestión integral de todos los demás procesos operativos dentro de la empresa BIM Industrial.

#### **6.4 Responsabilidades y entregables**

El líder MEP (Mecánica, Electricidad y Fontanería) en el proyecto Almacén Industrial tiene varias responsabilidades clave. A continuación, se mencionan las más importantes:

1. Coordinación MEP: El líder MEP es responsable de coordinar todos los aspectos relacionados con los sistemas mecánicos, eléctricos y de fontanería del proyecto. Esto implica asegurarse de que los diseños MEP estén integrados adecuadamente con otros aspectos del proyecto, como la arquitectura y la estructura.

2. Diseño y especificaciones: El líder MEP participa en el desarrollo del diseño MEP del proyecto. Esto incluye la creación de planos, diagramas y modelos BIM de los sistemas MEP, así como la selección y especificación de los equipos y componentes necesarios.

3. Gestión del equipo: El líder MEP supervisa y gestiona al equipo de profesionales MEP, que puede incluir ingenieros, diseñadores y técnicos. Se encarga de asignar tareas, supervisar el progreso del trabajo y asegurarse de que se cumplan los plazos y los estándares de calidad.

4. Coordinación con otros equipos: El líder MEP colabora estrechamente con otros líderes de disciplinas, como arquitectos, ingenieros civiles y contratistas generales, para garantizar una coordinación efectiva y una integración adecuada de los sistemas MEP en el proyecto general.

5. Cumplimiento normativo y estándares: El líder MEP se asegura de que todos los sistemas MEP cumplan con los códigos y regulaciones locales, así como con los estándares y especificaciones del cliente. Esto implica mantenerse actualizado sobre las normativas y asegurar que el diseño y la instalación cumplan con los requisitos.

6. Resolución de problemas: Durante el proceso de construcción, pueden surgir problemas o conflictos relacionados con los sistemas MEP. El líder MEP es responsable de identificar y resolver estos problemas de manera oportuna y eficiente, trabajando en estrecha colaboración con otros miembros del equipo de construcción.

7. Control de calidad: El líder MEP supervisa y realiza inspecciones para garantizar la calidad de la instalación de los sistemas MEP. Se asegura de que se realicen las pruebas necesarias y que los sistemas funcionen correctamente antes de la entrega final del proyecto.

### **6.5 Actividades del Rol**

El líder de instalaciones apoya la realización del modelo MEP coordinando con todos los demás agentes de las disciplinas de arquitectura y estructura. Periódicamente notifica el avance al coordinador BIM por medio de informes de transmisión e incidencias en el CDE.

## 6.6 Entorno común de datos CDE

La herramienta informática que permite la centralización de la información, la colaboración de agentes, el control del versionado de documentos y la seguridad de datos es la plataforma colaborativa Autodesk Construction Cloud.

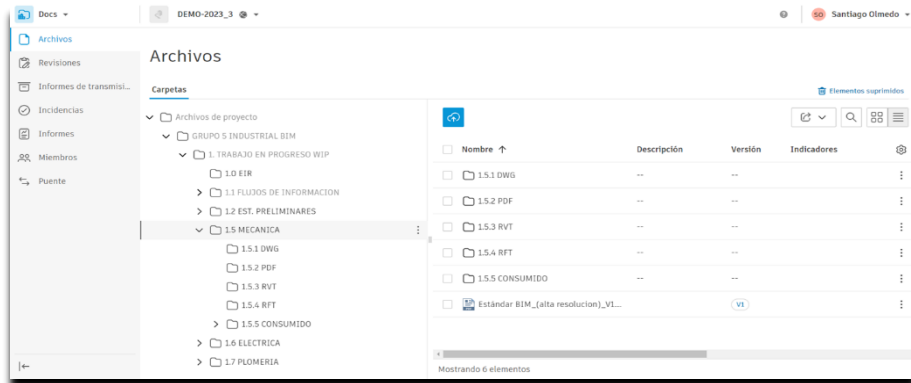


Gráfico 8 Autodesk Construction Cloud (<https://construction.autodesk.com/>)  
Elaboración propia

La estructura de carpetas en el CDE para el proyecto Almacén Industrial permite organizar, compartir y gestionar los modelos y documentos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. A continuación, se presenta un resumen de carpetas disponibles para el líder MEP:



Figura 11 Entorno común de datos CDE  
Elaboración propia

## 6.7 Flujo de trabajo Modelado MEP

El líder MEP recibe los documentos referenciales del proyecto Almacén Industrial, planos CAD referenciales, manual de estilos y BEP para realizar el proceso de modelado (Fig. 15) junto con los permisos en el gestor documental por parte del coordinador BIM. De esta manera fue posible sincronizar y trabajar en forma colaborativa en los modelos de instalaciones.

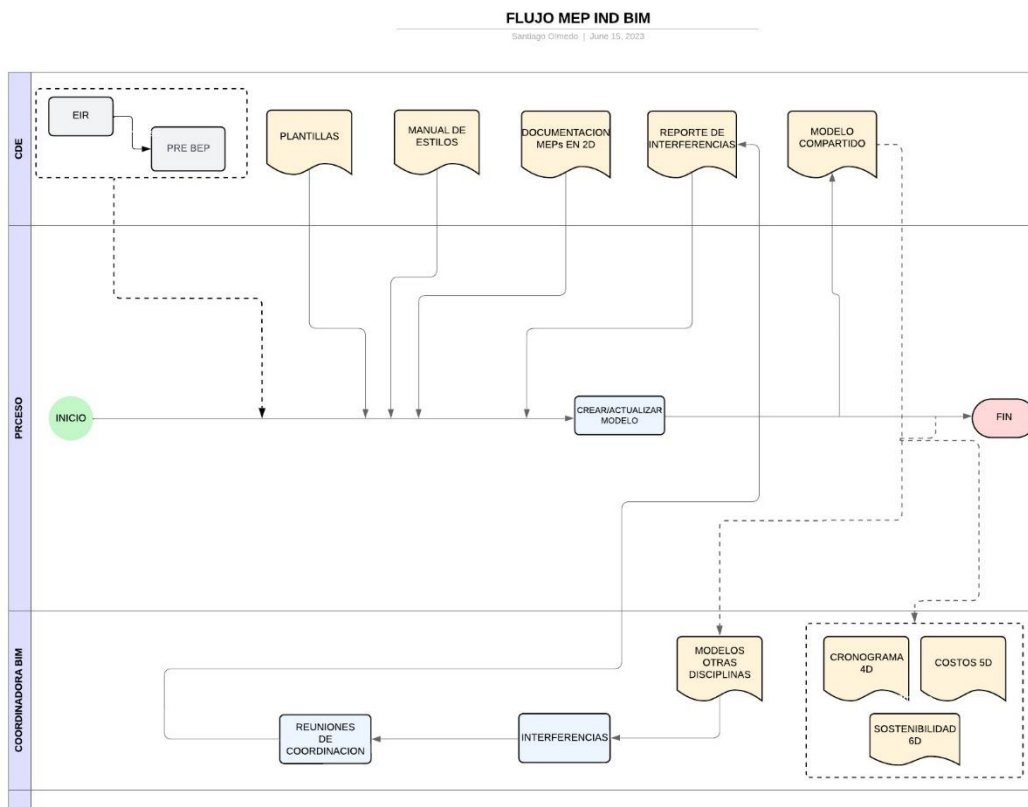


Figura 12 Flujo de trabajo MEP  
Elaboración propia

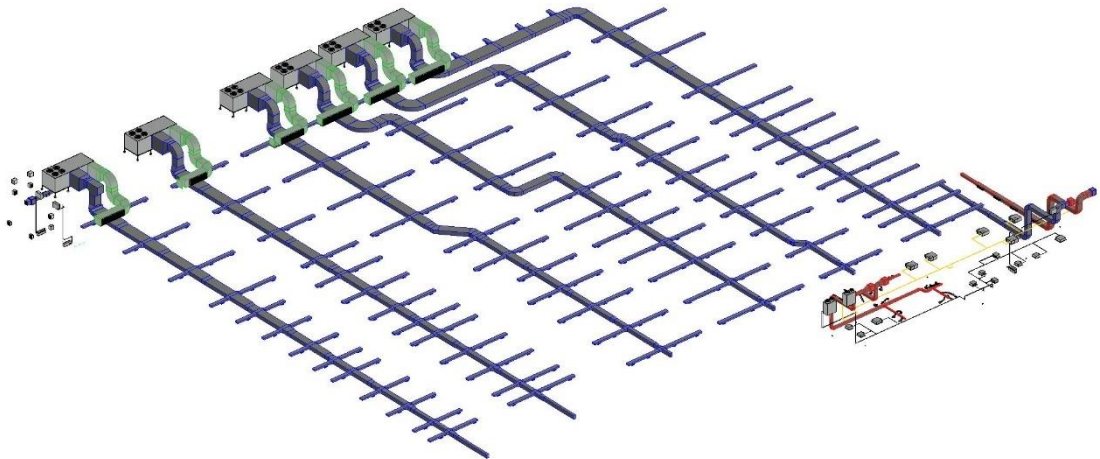
## 6.8 Modelado Almacén Industrial BIM 3D

### 6.8.1 Estrategias de modelado de instalaciones

El líder MEP en este caso tiene como responsabilidad tanto la ejecución del modelo según los lineamientos BEP, como la de liderar a un grupo de modeladores de las subdisciplinas:

- mecánica, relacionadas con sistemas de refrigeración, aire acondicionado, climatización, ventilación.
- Fontanería o hidrosanitaria, relacionadas con tuberías de agua fría, agua caliente, drenajes, gases industriales o medicinales y protección contra incendios.
- eléctrica: que incluye electricidad, potencia, iluminación, telecomunicaciones (datos, TV, radio), seguridad, alarmas, video vigilancia y red de puesta a tierra.

El software más popular sigue siendo REVIT con todas las herramientas disponibles que ayudan a obtener un modelo preciso y sin conflictos para su utilización posterior en rutinas de detección de interferencias (Ver Anexo A).



*Figura 13 Modelo HVAC Tienda Industrial*

*Elaboración propia*

## 6.8.2 Auditoria de modelos

Son rutinas de auditoría a modelos 3D de Revit que se los realiza con complementos o plugins de Revit como Model Checker. La finalidad de este proceso es garantizar la calidad de los modelos digitales.

El flujo de trabajo para realizar una auditoría consiste en realizar:

- Realizar una limpieza del modelo:

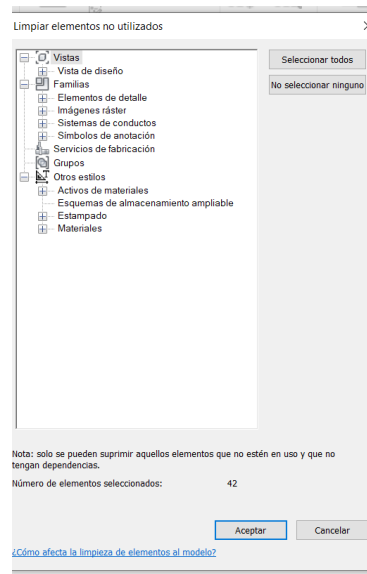


Figura 14 Preparación inicial en Revit  
Elaboración propia

- Personalización de reglas según necesidades y objetivos del proyecto.

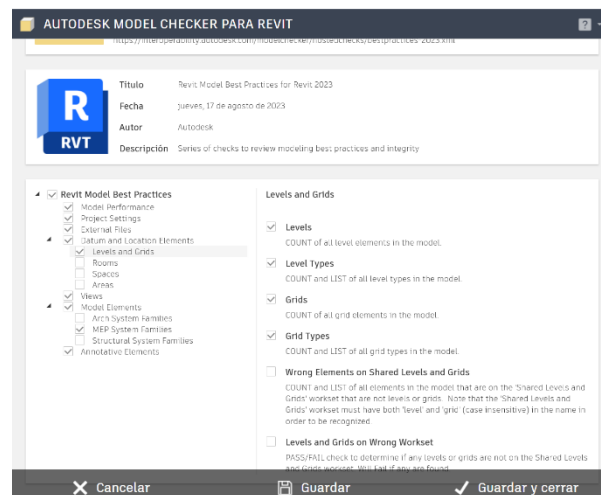


Figura 15 Configuración de reglas  
Elaboración propia



- Ejecución de auditoría. El software analizará los modelos en busca de incumplimientos de las reglas y transgresiones a los estándares configurados. Se revisa los informes y se procede a la resolución de problemas. Este paso puede necesitar ajustes en los modelos.

- Luego de realizar las correcciones se vuelve a ejecutar el Model Checker para verificar la resolución de los problemas detectados inicialmente y registrar el informe final que documenta el estado del modelo.

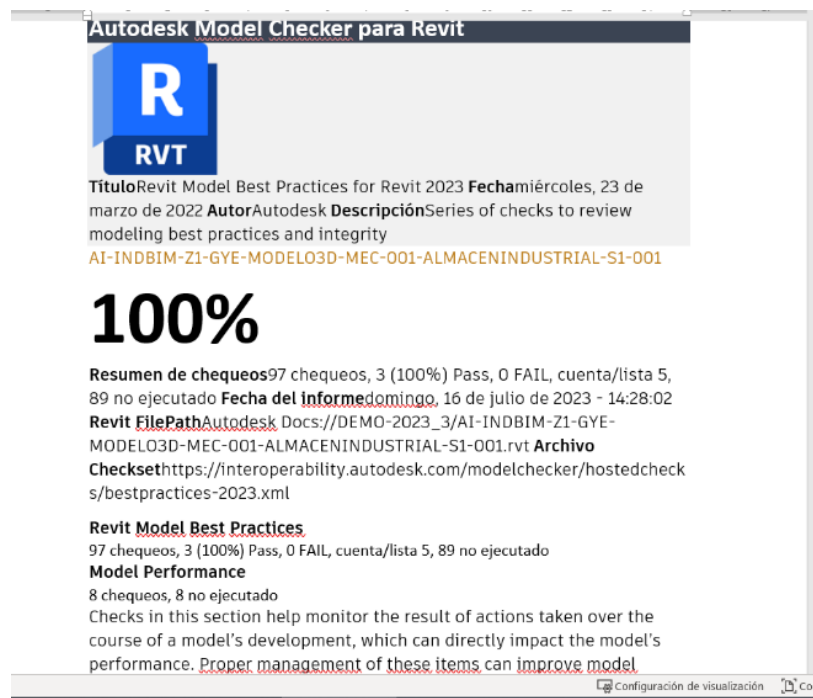


Figura 16 Model Checker Revit  
Elaboración propia

### 6.8.3 Resolución de colisiones

La detección y resolución de colisiones se basa en la utilización de software BIM como Navisworks el cual realiza la comparación de dos o más modelos para encontrar

choques de elementos. Esta tarea es responsabilidad del Coordinador BIM que luego de ejecutar el análisis, informa al líder MEP por medio de incidencias.

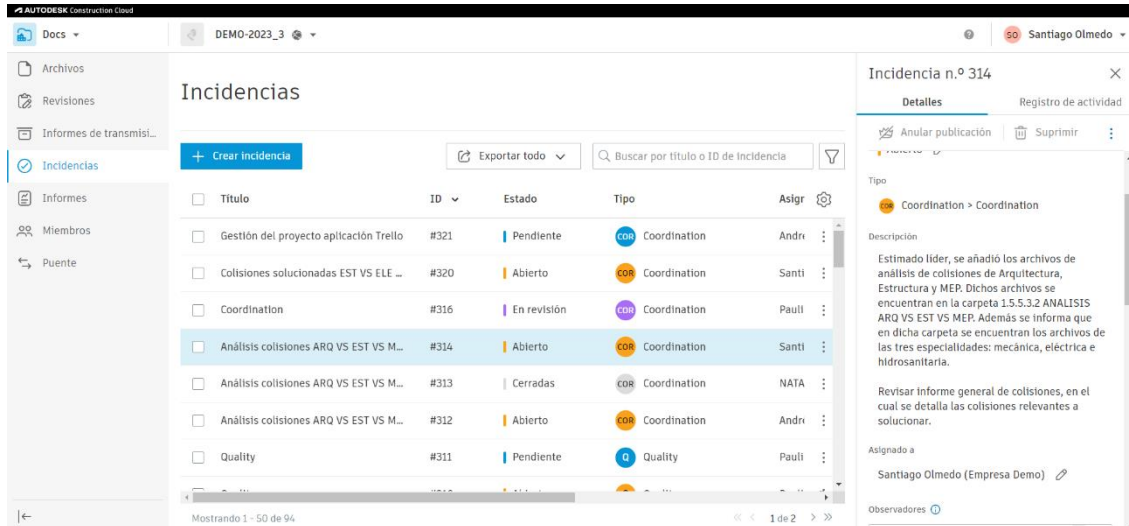


Figura 17 Incidencias publicadas en el ACC  
Elaboración propia

Para el registro y documentación de colisiones se encuentra disponible el archivo de colisiones, en el ACC. Con la matriz de colisiones se priorizan las colisiones en función del nivel de importancia y del impacto potencial en el presupuesto.

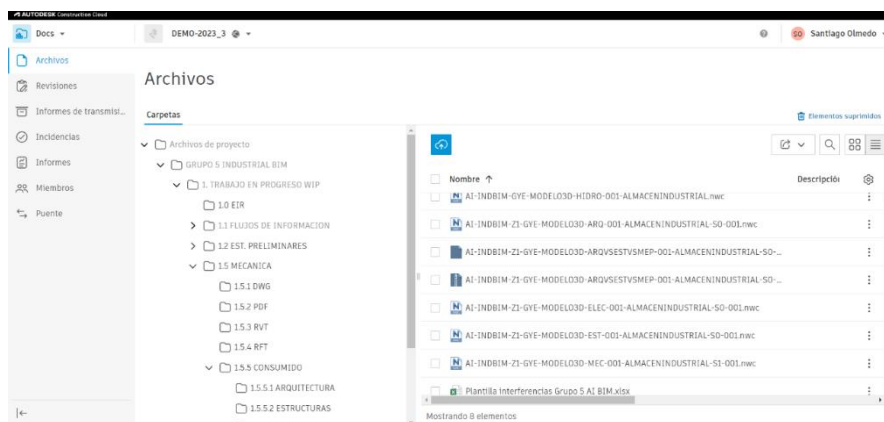


Figura 18 Informe de colisiones en formato HTML  
Elaboración propia

El archivo nos muestra imágenes en donde se observan elementos atravesados. Estas interferencias deben resolverse e implica remodelar un conjunto de elementos. Para evidenciar el proceso de resolución de interferencias se documentará tres ejemplos de las disciplinas de instalaciones en el proyecto Tienda Industrial.

- Disciplina HVAC, ID:805891

Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Assigned To	Clash Point	Item 1 ID	Item 1 Name	Item 1 Type	Item 2 ID	Item 2 Name	Item 2 Type	Comments
	Clash#78	Reviewed	0.509	A:3	Hard (Conservative) 0.56	2023/6/24	Santiago Olmedo	x:620815.335, y:9768459.846, z:2.093	620815.335	ID de Metal: Solido elemento: Plancha de Espuma Rigida PIR	618161 (c3)plata	609642	Solido elemento: Plancha de Espuma Rigida PIR	Solido	#78 - Colis de cc Obra Libria
	Clash#91	Reviewed	0.420	E:8	Hard (Conservative) 0.56	2023/6/24	Santiago Olmedo	x:620850.833, y:9768536.771, z:2.833	620850.833	ID de Hormigon: Solido elemento: T'c 300kg/cm2	612503	602790	ID de Solido elemento: Tool Galvanizado	Solido	#91 - Colis de cc Obra Libria

Figura 19 Informe de colisiones. Elaboración propia

Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Assigned To	Clash Point	Item 1 ID	Item 1 Name	Item 1 Type	Item 2 ID	Item 2 Name	Item 2 Type	Comments
	Clash#95	Reviewed	0.360	H:8	Hard (Conservative) 0.56	2023/6/24	Santiago Olmedo	x:620841.806, y:9768565.805, z:7.050	620841.806	ID de Acces: 45	548578	345	ID de Solido elemento: Tool Galvanizado	Solido	#95 - Colis de cc Obra Libria
	Clash#96	Reviewed	0.288	B:3	Hard (Conservative) 0.56	2023/6/24	Santiago Olmedo	x:620814.837, y:9768462.074, z:8.034	620814.837	ID de 2:	6080084mm	728689	ID de Solido elemento: MEP_COSE_Metal_O5_Sectangular_ElbowCongradual_Ranged	Solido	#96 - Colis de cc Obra Libria

Figura 20 Informe de colisiones. Elaboración propia

Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Assigned To	Clash Point	Item 1 ID	Item 1 Name	Item 1 Type	Item 2 ID	Item 2 Name	Item 2 Type	Comments
	Clash#185	Reviewed	-0.077	H:8	Hard (Conservative) 0.56	2023/5/24	Santiago Olmedo	x:620855.505, y:9768504.085, z:4.085	620855.505	ID de elemento: Calibre delgado	493647	779268	ID de elemento: Tool Galvanizado	Solido	#185 - Colis Nivel metal
	Clash#188	Reviewed	-0.076	E:9	Hard (Conservative) 0.56	2023/5/24	Santiago Olmedo	x:620858.836, y:9768537.799, z:7.461	620858.836	ID de Hormigon: Solido elemento: T'c 300kg/cm2	566011	805891	ID de elemento: Tool Galvanizado	Solido	#188 - Colis Revh Procl cond

Figura 21 Informe de colisiones. Elaboración propia

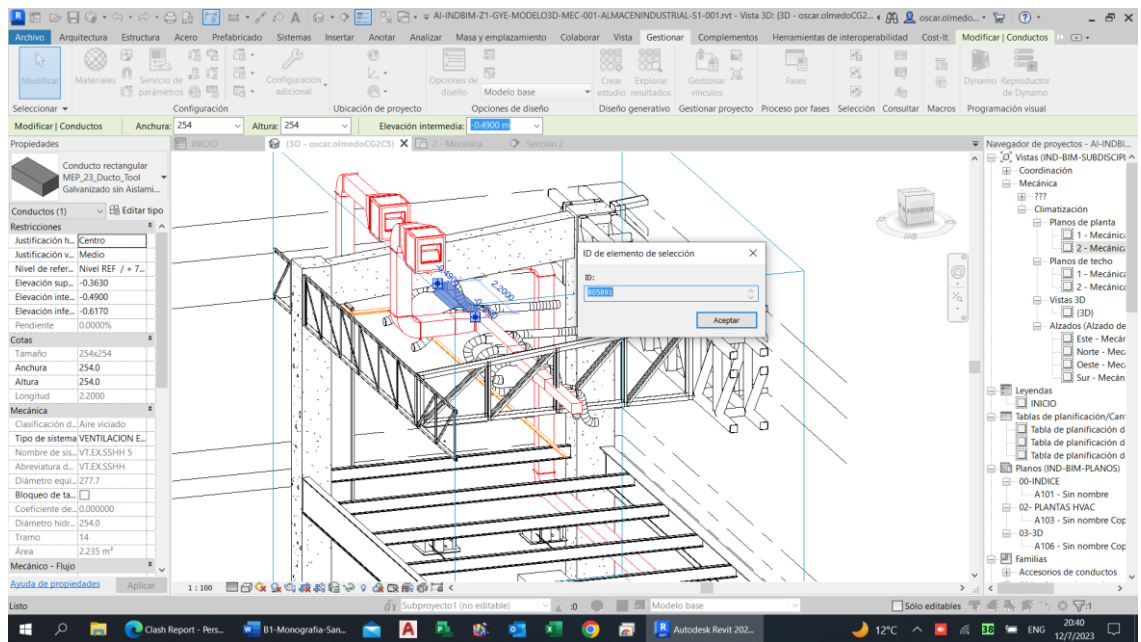


Figura 22 Detección del elemento a analizar  
Elaboración propia

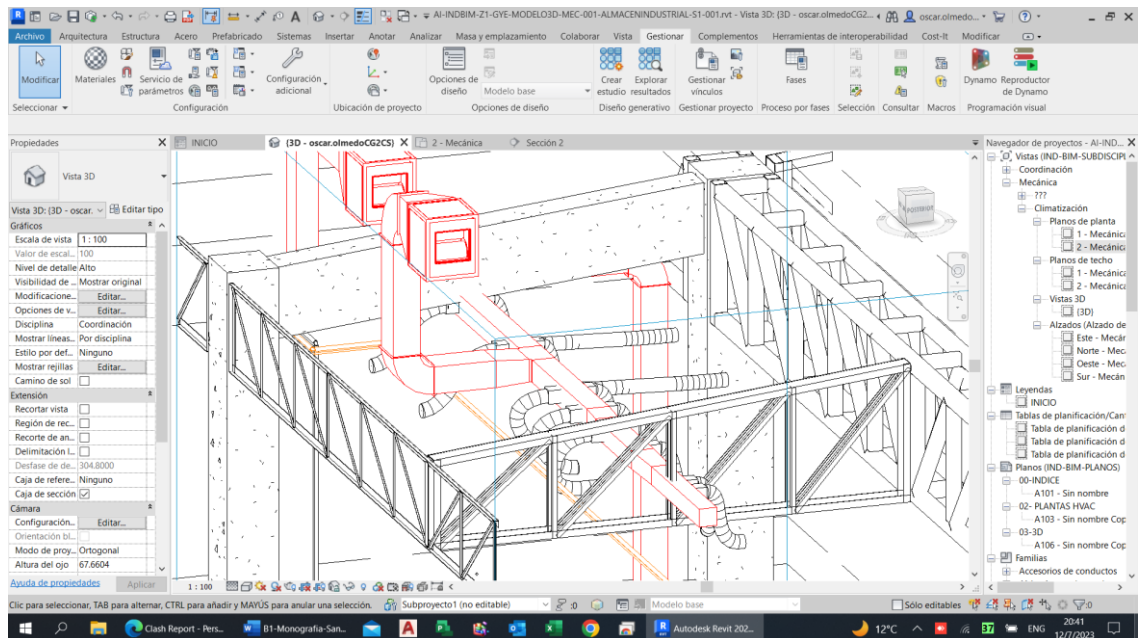


Figura 23 Revisión de la colisión  
Elaboración propia

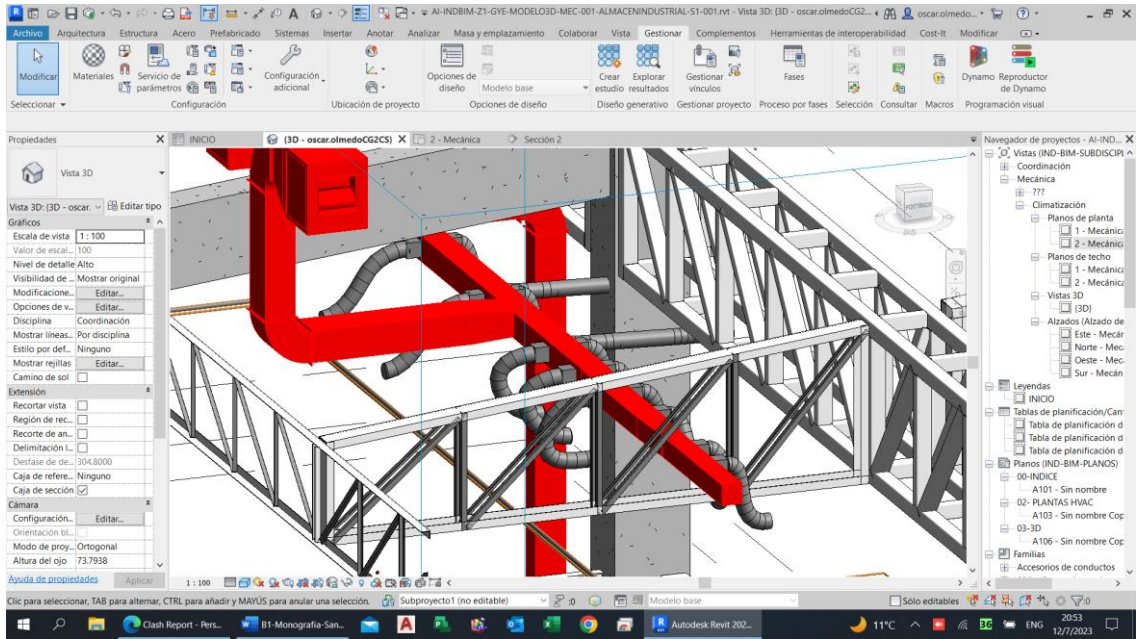


Figura 24 Resolución de la interferencia  
Elaboración propia

- Disciplina sistema hidrosanitario, ID:978380

ID	Clash	Reviewed	Value	Disciplina	Hard/Soft	Fecha	Usuario	X	Y	Z	ID de elemento	Material	Clase	ID de elemento	Material	Clase	Descripción	
Clash96	Reviewed	-0.229	E-2 : NNT	Hard (Conservative)	2023/6/24	Santiago Olmedo	x:620791.698, y:9768505.435, z:-0.379	484410	Hormigón - Hormigón prefabricado - 35 MPa	Sólido	1002173	Plastigama Sanitaria Tubería	Sólido	#70 - Pauly - 2023/6/27 17:10 Nivel de prioridad de colisiones: 2 (tubería mep vs armazon estructural zapata)	#0 - Pauly - 2023/6/27 21:07 Assigned to Santiago Olmedo			
Clash187	Reviewed	-0.113	G-ZZZZ : NNT	Hard (Conservative)	2023/6/24	Santiago Olmedo	x:620814.821, y:9768548.664, z:8.544	548641	Acero, 45-345	Sólido	978380	Plastigama Sanitaria Tubería	Sólido	#38 - Pauly - 2023/6/27 03:34 Colisión entre viga estructural y tubería. Revisar líder MEP Santiago Olmedo. Posible solución reestablecer ubicación de tubería.	#39 - Pauly - 2023/6/27 03:35 Nivel de prioridad de colisiones: 2 (viga estructural vs tubería mep)	#0 - Pauly - 2023/6/27 17:11 Assigned to Santiago Olmedo		
Clash228	Reviewed	-0.065	F-8 : NNT	Hard (Conservative)	2023/6/24	Santiago Olmedo	x:620849.691, y:9768550.583, z:7.063	548639	Metal - Acero 345 MPa	Sólido	1013618	Plastigama Ventilación	Sólido	#71 - Pauly - 2023/6/27 17:15 Nivel de prioridad de colisiones: 2 (viga perfiles estructural vs tubería mep)	#0 - Pauly - 2023/6/27 17:15 Assigned to Santiago Olmedo			
														#72 - Pauly - 2023/6/27 18:38 Colisión entre perfil estructural y tubería. Revisar				

Figura 25 Informe de colisiones  
Elaboración propia

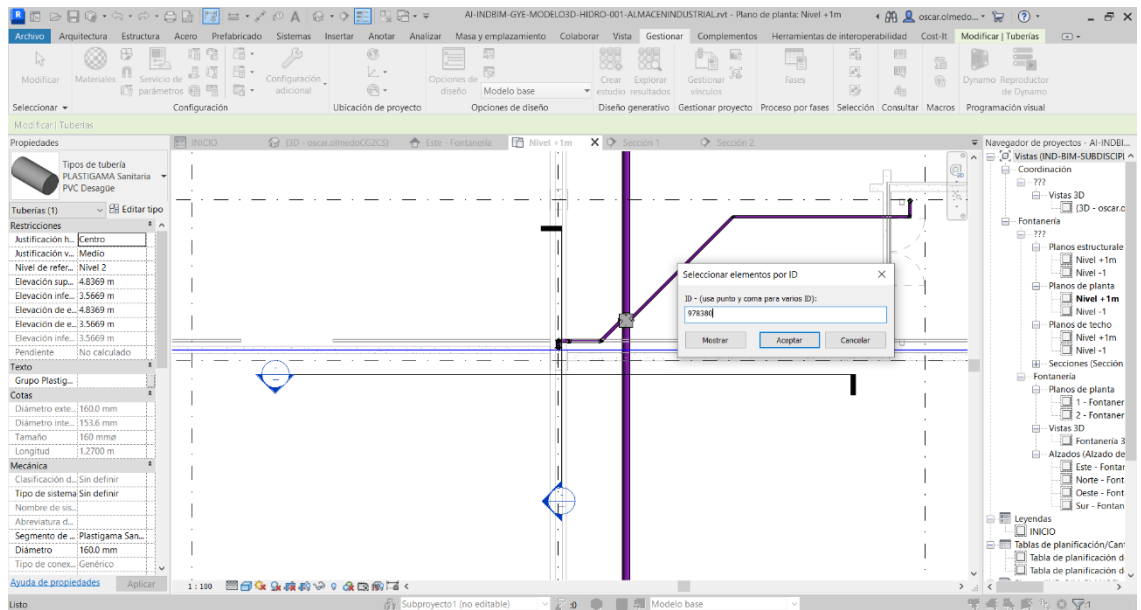


Figura 26 Detección de la colisión  
Elaboración propia

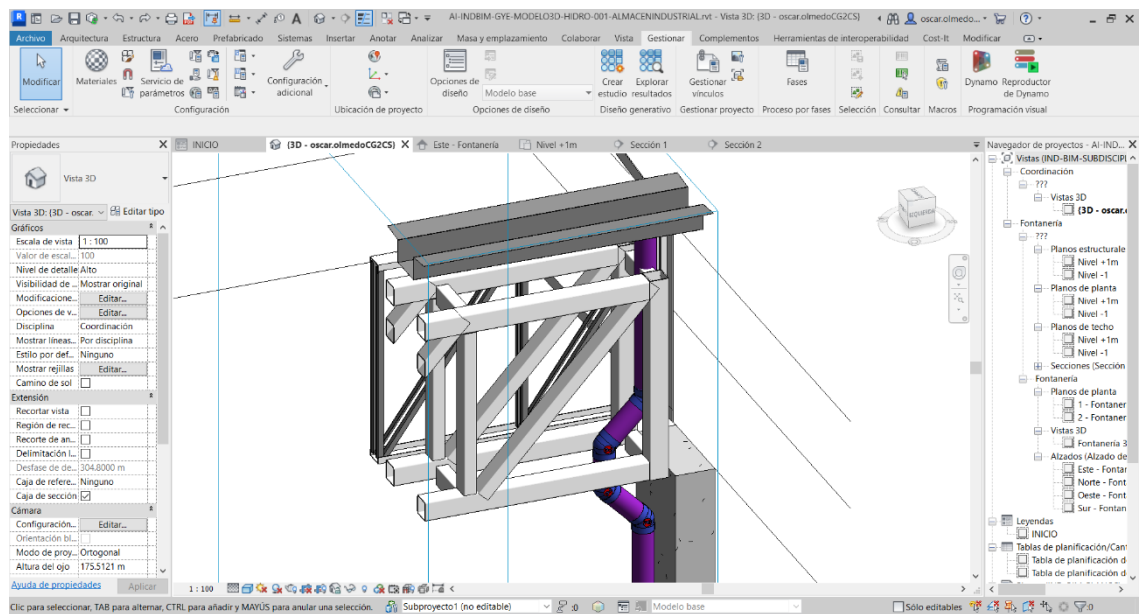


Figura 27 Detección de la colisión 3D  
Elaboración propia

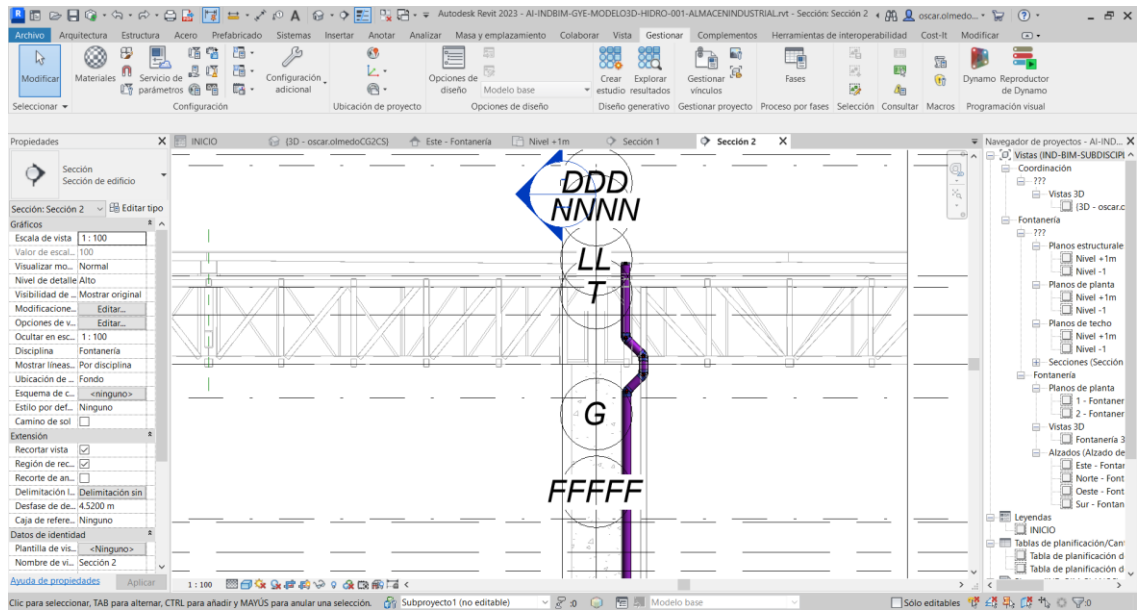


Figura 28 Detección de la colisión en corte o sección. Elaboración propia

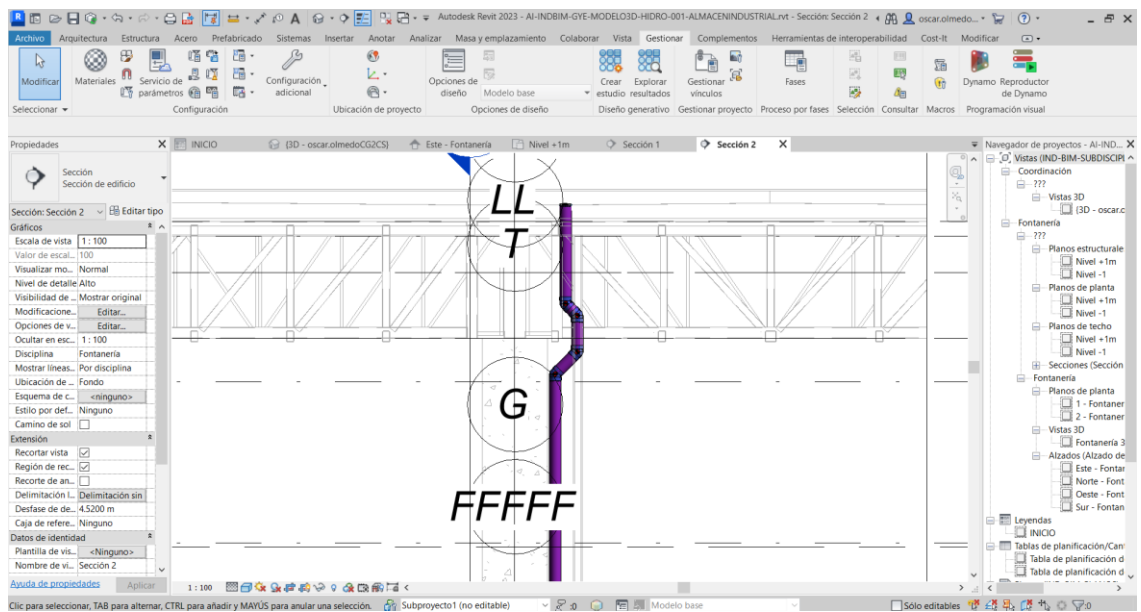


Figura 29 Modificación de la posición del bajante. Elaboración propia

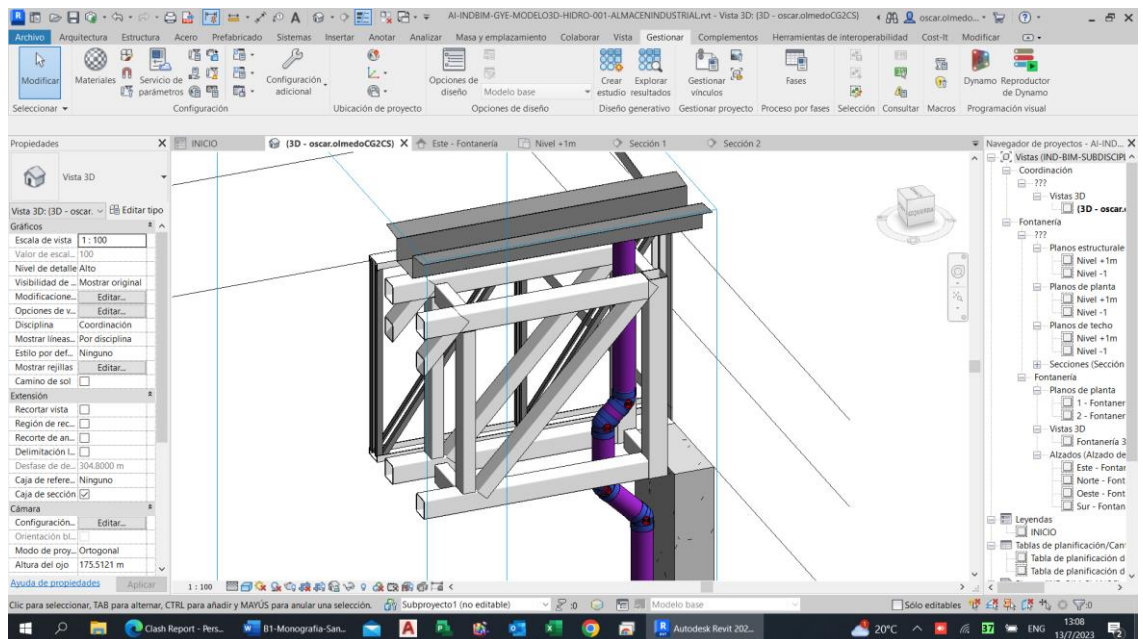


Figura 30 Resolución. Elaboración propia.

- Disciplina Eléctrica: ID: 647835

ID	Gravedad	Disciplina	Fecha	Ubicación	Descripción
#43	Hard (Conservative)	Eléctrica	2023/6/27	Santiago Olmedo	Colisión entre cercha estructural y bandeja de cables. Revisar líder MEP Santiago Olmedo. Posible solución reestablecer ubicación de bandeja de cables.
#44	Hard (Conservative)	Eléctrica	2023/6/27	Santiago Olmedo	Nivel de prioridad de colisiones: 1 (estructural metálica cerchas vs bandejas mep)
#53	Hard (Conservative)	Eléctrica	2023/6/27	Santiago Olmedo	Colisión entre cercha estructural y bandeja de cables. Revisar líder MEP Santiago Olmedo. Posible solución reestablecer ubicación de bandeja de cables.
#54	Hard (Conservative)	Eléctrica	2023/6/27	Santiago Olmedo	Nivel de prioridad de colisiones: 1 (estructural metálica cerchas vs bandejas mep)

Figura 31 Informe de colisiones. Elaboración propia.



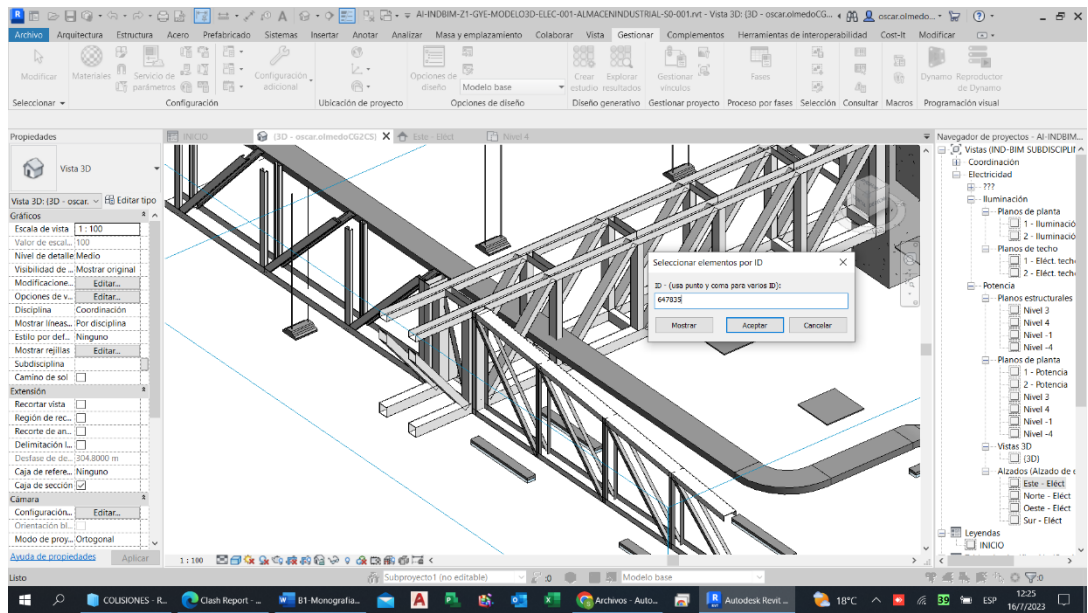


Figura 32 Detección de colisión.

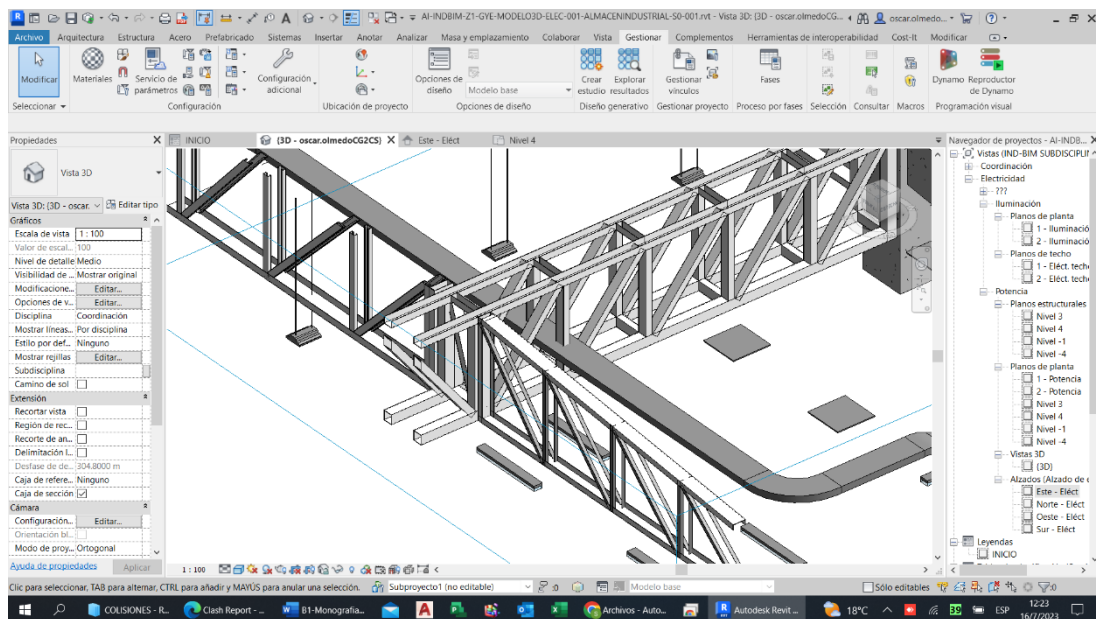


Figura 33 Análisis de la colisión. Elaboración propia.

Se modifica la posición de la bandeja portacables para evitar la interferencia con la estructura.

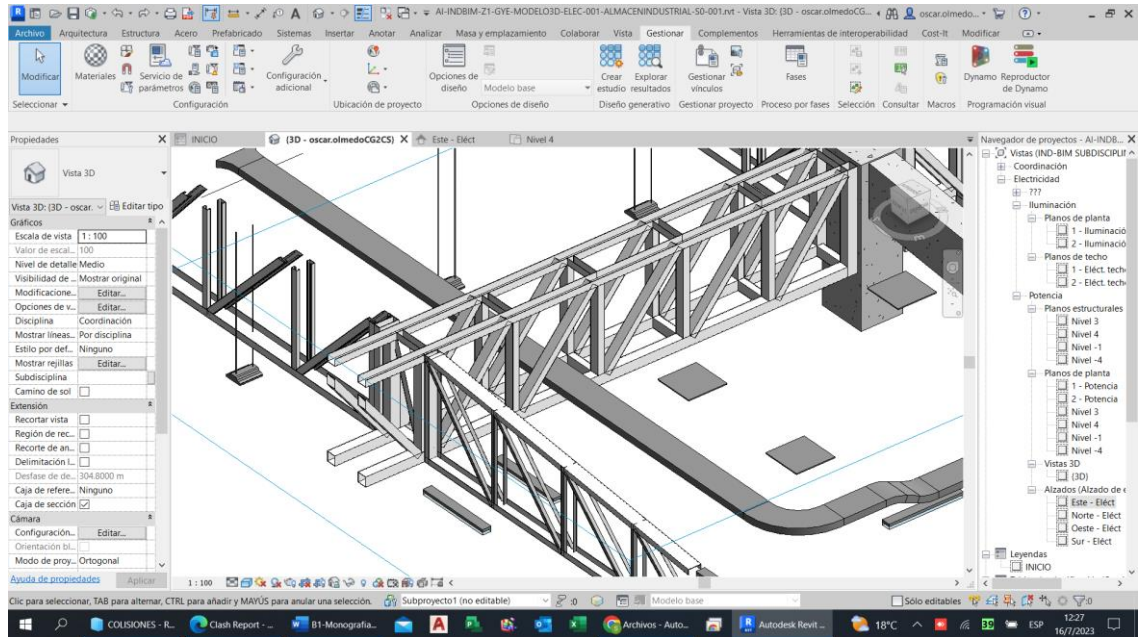


Figura 34 Resolución de la colisión. Elaboración propia.

Una vez realizado el proceso con todas las interferencias seleccionadas se publica el modelo en el ACC:

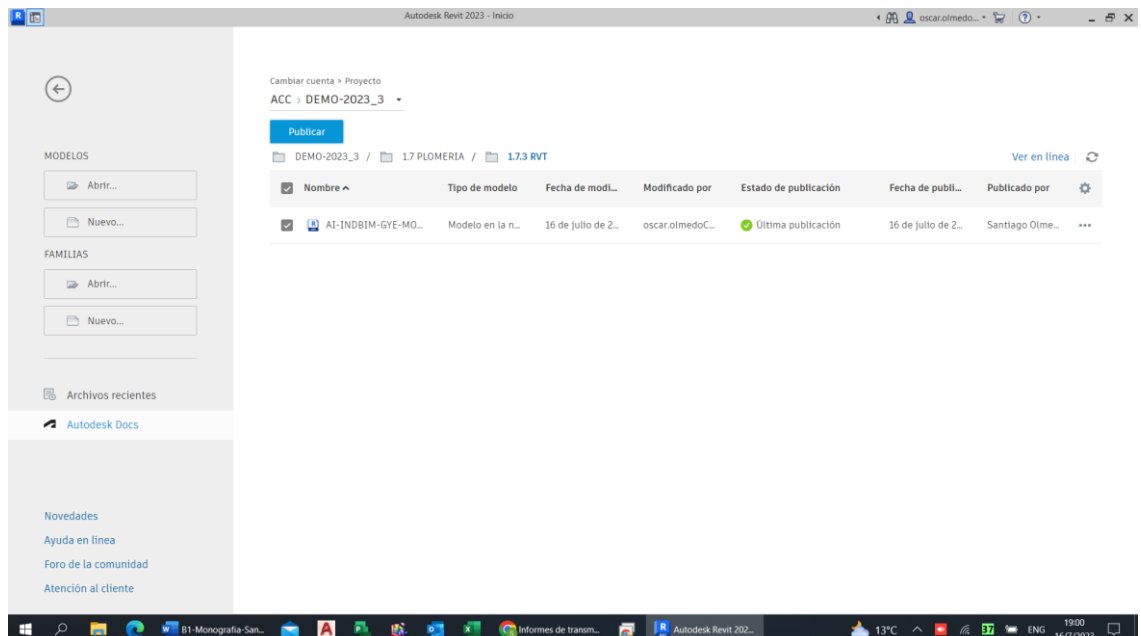


Figura 35 Publicación del modelo. Elaboración propia

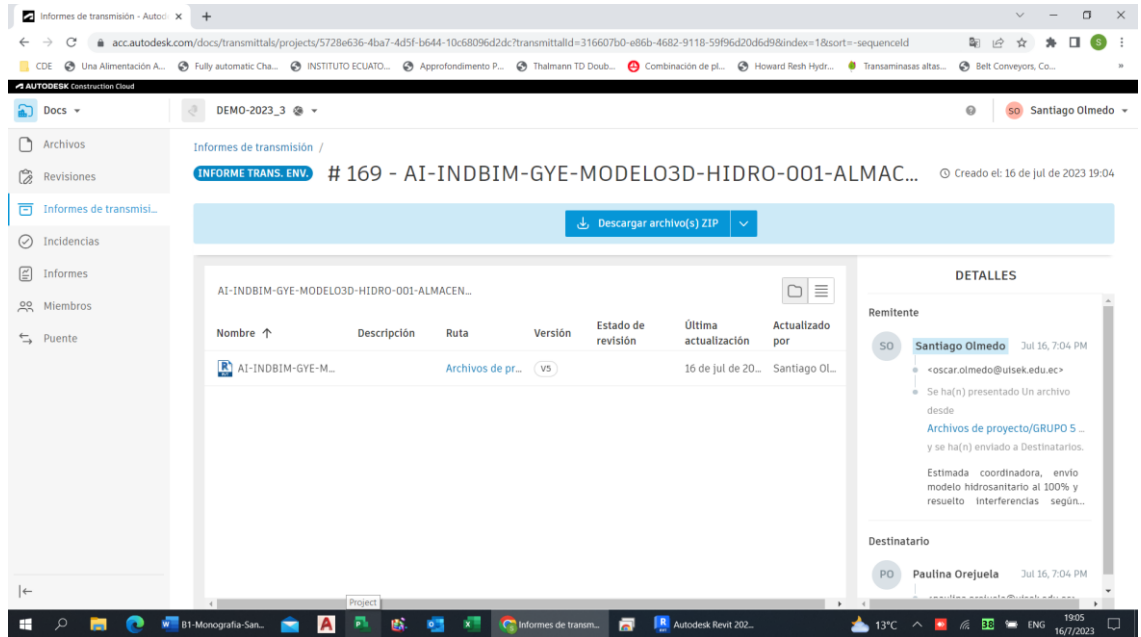


Figura 36 Informe de transmisión. Elaboración propia.

Antes de que el modelo salga a revisión por parte del cliente, el Coordinador BIM integra nuevamente todas las disciplinas y se repite el proceso de control de calidad en el modelado.

En muchas ocasiones, es el propio cliente quien realiza esta labor con auditores de modelos.

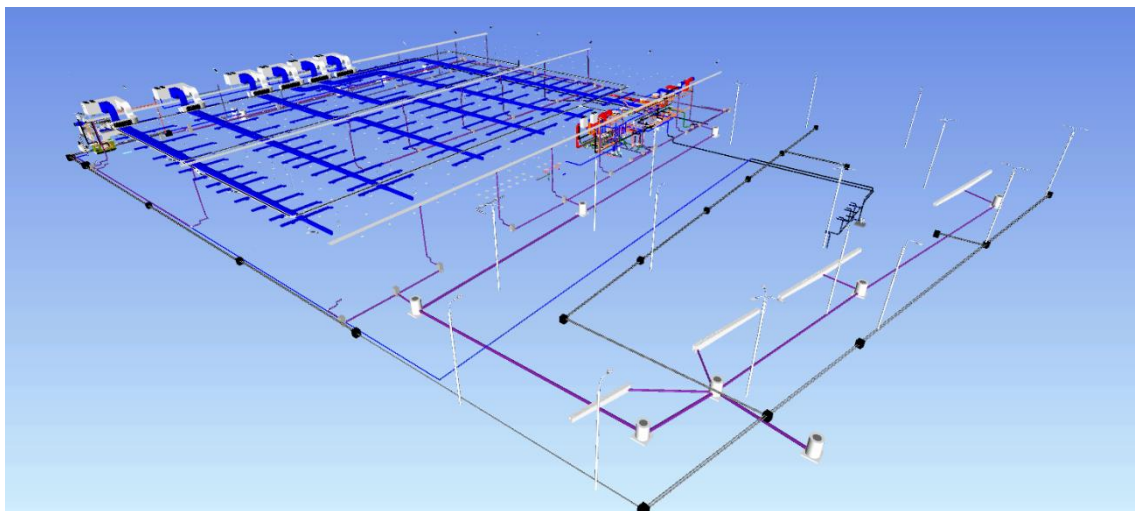


Figura 37 Modelos Integrados. Elaboración propia





- Conocer al instante la repercusión de los cambios en el alcance de los trabajos
- Comunicar de forma clara y transparente y facilitar la colaboración.

### **6.9.1 Flujo de trabajo**

- Planificar directamente en el software o importar la planificación realizada con otro programa de planificación estándar como Primavera o MS Project.
- Añadir los modelos BIM 3D mediante plugins específicos o a través del formato estándar IFC.
- Vinculación de elementos 3D a tareas mediante la opción enlazar.
- Elaborar conjuntos de tareas para subdividir la planificación y ajustar el diseño con la planificación.
- Mostrar simulaciones de la planificación de la obra para todas las fases del proyecto para reproducir en tiempo real el desarrollo del proyecto.
- Detectar con rapidez problemas espaciales antes de que comience la obra y también durante la ejecución.
- Seguimiento, avance y control de ejecución.

### **6.10 BIM 5D**

La quinta dimensión de la metodología BIM consiste en incorporar dos variables importantes al modelo BIM 3D. Por un lado, se añade la variable tiempo para desarrollar un calendario de construcción, y por otro, se incorporan las estimaciones de costos para determinar el presupuesto del proyecto. El uso de software especializado, como Presto, desempeña un papel muy importante en el flujo de trabajo, ya que nos permite prevenir retrasos o sobrecostos durante la fase pre constructiva, evitando que durante la ejecución



## Sistema Hidrosanitario:

<b>INSTALACIONES HIDRAULICO SANITARIAS</b>				
<b>Obras complementarias</b>				
Excavacion zanjas a mano	m3	98.00	12.50	1225.00
Excavacion zanjas a maquina	m3	848.90	3.10	2631.59
Cama de arena para tuberias	m3	77.60	29.00	2250.40
Relleno compactado	m3	845.80	8.90	7527.62
<b>Instalaciones Sanitarias</b>				
Desague PVC 110 mm	pto	14.00	38.00	532.00
Desague PVC 50 mm	pto	18.00	25.00	450.00
Punto Ventilacion 110 mm	pto	3.00	18.00	54.00
Tuberia PVC 110 mm desague	m	38.00	15.00	570.00
Tuberia PVC 110 mm ventilacion	m	8.80	12.00	105.60
Puntos codos reventilados 110	u	2.00	9.90	19.80
Tuberia PVC 160 mm	m	36.10	24.00	866.40
Tuberia PVC 50 mm	m	38.00	7.00	266.00
Tuberia PVC 200 mm canalizacion	m	195.04	28.00	5461.12
Bjantes aguas lluvias 50 mm	m	12.00	14.00	168.00
Cajas de revision aguas residuales	u	11.00	450.00	4950.00
Pozos canalizacion h 1.8 - 2.17	u	5.00	890.50	4452.50
<b>Sistema Roof TOP</b>				
Puntos 50 mm	pto	9.00	25.00	225.00
Tuberia PVC 2 pulgadas	m	40.20	7.00	281.40
Canal aguas lluvias tol a 40cm desarrollo 80-85 cm	m	318.20	28.00	8909.60
Tuberia ventilacion 50 mm	m	25.20	6.00	151.20
<b>Sistema VRF</b>				
Puntos PVC 50 mm	pto	25.00	25.00	625.00
Tuberia PVC 50 mm	m	98.65	7.00	690.55
Puntos PVC 160 mm	pto	8.00	38.00	304.00
Tuberia PVC 160 mm	m	12.00	24.00	288.00
Tuberia ventilacion PVC 160 mm	m	6.00	22.00	132.00
<b>Sistema AGUAS LLUVIAS</b>				
Puntos PVC 160 mm	pto	28.00	38.00	1064.00
Tuberia PVC 160 mm	m	228.90	25.00	5722.50
Puntos PVC 110 mm	pto	4.00	35.00	140.00
Puntos PVC 200 mm	pto	2.00	84.00	168.00
Cajas de revision aguas pluviales	u	32.00	220.00	7040.00
Pozos aguas pluviales	u	7.00	325.00	2275.00
Tuberia 200 mm	m	178.00	19.20	3417.60
Tuberia 330 mm	m	297.95	34.15	10174.99
Tuberia 280 mm	m	115.00	26.00	2990.00
Tuberia 110 mm	m	58.00	13.30	771.40
Tuberia 250 mm	m	116.00	26.00	3016.00
<b>Instalaciones Agua Potable</b>				
Punto PPR 25mm	pto	14.00	42.00	588.00
Punto PPR 20mm agua fria	pto	38.00	31.50	1197.00
Punto PPR 20mm agua caliente	pto	6.00	33.25	199.50
Valvulas de compuertas 2 1/2 - 2 - 1 1/4	u	18.00	189.00	3402.00
Tuberia PPR 32 mm distribucion	m	157.97	9.90	1563.90
Tuberia PPR 50 mm	m	139.90	19.00	2658.10
Tuberia PPR 40 mm	m	16.60	14.98	248.67
Tuberia PVC u/E 63 mm	m	331.20	9.90	3278.88
Medidor 2 pulgadas	u	1.00	95.00	95.00
Contador 63 mm	u	1.00	87.00	87.00
Tuberia PPR 20 mm	m	122.60	5.50	674.30
Tuberia PPR 25 mm	m	14.00	41.15	576.10
Sistema hidroneumatico 4 HP completo y pruebas	u	1.00	9350.00	9350.00
<b>TOTAL</b>				<b>103834.72</b>

## Sistema Eléctrico:



ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>					
<b>TABLEROS GENERALES Y CENTROS DE CARGA</b>					
1	Suministro e instalacion de tablero de alumbrado general (tag), 120x100, incluye protecciones	u	2	7386.00	14772.00
2	Suministro e instalacion de tablero de distribucion acentuacion sala de ventas (tae-sv), 80x80, incluye protecciones	u	1	1630.00	1630.00
3	Suministro e instalacion de tablero de distribucion normal 01 - oficinas (tdn-01), 40x50, incluye protecciones	u	1	420.00	420.00
4	Suministro e instalacion de tablero de distribucion normal 02 - oficinas (tdn-02), 40x50, incluye protecciones	u	1	385.00	385.00
5	Suministro e instalacion de tablero de distribucion normal 03 - mezzanine (tdn-03), 40x50, incluye protecciones	u	1	485.00	485.00
6	Suministro e instalacion de tablero de distribucion normal 04 - mezzanine (tdn-04), 40x50, incluye protecciones	u	1	432.00	432.00
7	Suministro e instalacion de tablero de distribucion normal 05 - sala de ventas (tdn-05), 80x80, incluye protecciones	u	1	2365.00	2365.00
8	Suministro e instalacion de tablero general estabilizado (tg-es), 60x80, incluye protecciones	u	1	1985.00	1985.00
9	Suministro e instalacion de tablero estabilizado oficinas (tde-of), 40x50, incluye protecciones	u	1	536.00	536.00
10	Suministro e instalacion de tablero estabilizado rack (tde-rc), 40x50, incluye protecciones	u	1	489.00	489.00
11	Suministro e instalacion de tablero estabilizado isla de pintura (tde-ip), 40x50, incluye protecciones	u	1	476.00	476.00
12	Suministro e instalacion de tablero general de emergencia hvac (thge), 80x80, incluye protecciones	u	1	2985.00	2985.00
13	Suministro e instalacion de tablero general de emergencia hvac - oficinas (thge-of), 80x80 incluye protecciones	u	1	3300.00	3300.00
14	Suministro e instalacion de tablero de distribucion de emergencia (tde-1), 60x80, incluye protecciones	u	1	1680.00	1680.00
15	Suministro e instalacion de tablero de distribucion de dimensionado (tdi), 60x100, incluye protecciones	u	1	1920.00	1920.00
16	Suministro e instalacion de tablero de distribucion principal (tdp), 100x120, incluye protecciones	u	1	12639.00	12639.00
17	Suministro e instalacion de tablero de distribucion bombas sistema contra incendio (tbsci), 60x100, incluye protecciones	u	1	3800.00	3800.00
18	Suministro e instalacion de tablero de filtro activo para compensación, ip54 reactiva, t-f 400v, 3f+n+t, irms=120a, incluye	u	1	8636.00	8636.00
<b>Fuerza normal y especial</b>					
19	Suministro e instalacion de tomacorriente doble monofasico empotrado en piso	u	55	15.30	841.50
20	Suministro e instalacion de tomacorriente simple monofasico respaldado	u	103	5.60	576.80
21	Suministro e instalacion de tomacorriente simple monofasico normal	u	98	4.60	450.80
22	Suministro e instalacion de tomacorriente doble monofasico empotrado	u	125	5.60	700.00
23	Suministro e instalacion de punto de energia para alimentacion de equipos, altura definida en plano	u	26	28.60	743.60
24	Suministro e instalacion de tomacorriente bifasico para equipos especiales	u	3	15.90	47.70
25	Suministro e instalacion de tomacorriente trifasicos para equipos especiales	u	7	33.20	232.40
26	Suministro e instalacion de control para cortinas enrollables	u	4	28.56	114.24
27	Punto de tomacorriente 110-127 v, en emt 1/2"-3/4", 2x#12+1x#1 thhn	PTO	417	27.30	11384.10
28	Punto de tomacorriente 110-127 v, en pvc 1/2"-3/4", 2x#12+1x#1 thhn	PTO	4	17.76	71.04
29	Punto de tomacorriente 220v, en emt 3/4"-1", 3x#10+1x#10 thhn	PTO	3	58.00	174.00
<b>Iluminación y control lumínico</b>					
30	Suministro e instalacion de interruptor simple	u	20	5.30	106.00
31	Suministro e instalacion de interruptor doble	u	5	6.50	32.50
32	Suministro e instalacion de interruptor triple	u	2	6.72	13.44
33	Suministro e instalacion luminaria luminaria 160w 6000k	u	412	31.16	12837.92
34	Suministro e instalacion luminaria 160w 6000k + kit emergencia	u	35	54.00	1890.00
35	Suministro e instalacion luminaria 36w 6000k - cuadrada 60x60	u	85	25.50	2167.50
36	Suministro e instalacion luminaria hermetica 2x18w 6000k	u	86	26.59	2286.74
37	Suministro e instalacion luminaria 2x18w 6000k + kit emergencia	u	13	55.30	718.90
38	Suministro e instalacion luminaria para adosar l120cm , 1x20w, 4000k	u	467	22.20	10367.40
39	Suministro e instalacion luminaria para adosar l120cm , 1x20w, 3000k	u	63	22.20	1398.60
40	Suministro e instalacion luminaria para adosar l90cm , 1x11w, 4000k	u	40	16.50	660.00
41	Suministro e instalacion luminaria para adosar l120cm , 1x11w, 4000k	u	36	15.60	561.60
42	Suministro e instalacion luminaria para adosar l150cm , 1x14w, 4000k	u	421	18.20	7662.20
43	Suministro e instalacion luminaria para empotrar 1x15w 4000k	u	25	21.20	530.00
44	Suministro e instalacion luminaria para empotrar 1x15w 3000k	u	9	21.20	190.80
45	Suministro e instalacion de riel para malla de iluminacion	u	10	22.20	222.00
46	Punto de iluminacion en emt 1/2"-3/4", 2x#12+1x#1 thhn	PTO	1668	28.65	47788.20
47	Punto de iluminacion en pvc 1/2"-3/4", 2x#12+1x#1 thhn	PTO	34	18.36	624.24
<b>Alimentadores</b>					
48	Suministro e instalacion de alimentador 2x8+1x8+1x8 thnn flex	m	985	13.90	13690.17
49	Suministro e instalacion de alimentador 3x8+1x8+1x8 thnn flex	m	220	16.65	3662.70
50	Suministro e instalacion de alimentador 2x4+1x4+1x6 thnn flex	m	365	17.30	6312.91
51	Suministro e instalacion de alimentador 2x6+1x6+1x8 thnn flex	m	420	21.92	9206.41
52	Suministro e instalacion de alimentador 2x2+1x2+1x6 thnn flex	m	359	21.92	7869.29
53	Suministro e instalacion de alimentador 2x1/0+1x1/0+1x4 thnn flex	m	185	45.83	8479.01
54	Suministro e instalacion de alimentador 3x4/0+1x4/0+1x1/0 superflex	m	85	100.03	8502.84
55	Suministro e instalacion de alimentador 3(3x500 mcm superflex (f)+1x 500 mcm superflex(n))	m	25	426.36	10659.00
<b>Protección a tierra y pararrayos</b>					
56	Malla de tierra general para transformador y generador	u	1	1200.27	1200.27
57	Barra de cobre equipotencial gb	u	1	80.41	80.41
58	Conductor de cobre desnudo #1/0 awg	m	38	10.45	397.16
59	Tapa de pozo de registro para tierras 25cm	u	2	55.00	110.00
60	Suelda exotermica 90	u	6	12.72	76.32
61	Talon de compresion 2/0	LOTE	1	54.57	54.57
62	Suministro e instalacion de pararrayos ionizante con punta de cebado, clase 1, rango 75m, incluye accesorios y montaje	u	1	1890.00	1890.00
63	Suministro e instalacion de malla tipo pata de gallo para pararrayos- 3m. entre puntas	u	1	340.00	340.00
<b>Iluminación exterior</b>					
64	Suministro e instalacion poste de hormigón armado circular de 12 m x 500 kg, izado y retacado	u	16	1064.74	17035.89
65	Suministro e instalacion de luminaria tipo cobra 100w exterior en poste	u	30	169.00	5070.00
66	Suministro e instalacion de cable concentrico 3x#12	m	60	4.59	275.40
67	Suministro e instalacion de pozo de registro 60x60 con tapa cerco metalico	u	23	112.00	2576.00
68	Suministro e instalacion de alimentador ttu 2x#8	m	828.3	4.59	3801.90
69	Suministro e instalacion de canalizacion 2x1 12" pvc incluye zanja y resane	m	450	2.83	1273.50

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
	<b>Bandejas y tuberías</b>				
70	Suministro e instalacion de bandeja porta cables 400x100x2400 incluye accesorio de fijacion	m	432	53.83	23255.64
71	Suministro e instalacion de codo curva exterior 90° 400x100	u	4	47.59	190.34
72	Suministro e instalacion de codo curva plana 90° 400x100	u	9	47.71	429.39
73	Suministro e instalacion de tee 400x100	u	8	54.21	433.68
74	Suministro y montaje de tubería emt 2"	m	55	10.81	594.69
75	Suministro y montaje de tubería emt 3/4"	m	560	4.50	2518.86
76	Suministro y montaje de tubería emt 1"	m	152	6.16	935.79
77	Suministro y montaje de tubería emt 1/2"	m	450	3.05	1370.58
78	Suministro y montaje de funda sellada 1/2 "	m	120	3.54	425.23
79	Suministro y montaje de funda sellada 3/4 "	m	46	4.98	228.97
80	Suministro y montaje de funda sellada 1"	m	12	6.25	75.05
81	Suministro e instalacion de caja de paso metalica 25x25x15	u	509	18.13	9228.17
	<b>Medio voltaje</b>				
82	Transformador trifasico 600 kva, 13.8kv-220/127v,	u	1	58192.00	58192.00
83	Suministro e instalacion poste de hormigón armado circular de 12 m x 500 kg, izado y retacado	u	1	1064.74	1064.74
84	Suministro e instalacion seccionador portafusible, con dispositivo rompearcos, 15 kv, 100 a. con tirafusible tipo 10k, 25k	u	3	360.75	1082.25
85	Suministro e instalacion de celda de remonte aislada en vacio -eaton, incluye accesorios	u	1	5600.00	5600.00
86	Suministro e instalacion de celda de medicion aislada en vacio -eaton, incluye accesorios	u	1	5300.69	5300.69
87	Suministro e instalacion de celda de salida con interruptor de potencia aislada - eaton, incluye accesorios	u	1	19820.00	19820.00
88	Suministro e instalacion de pararrayo oxidado metálico para 18 kv, polímero con desconectador.	u	3	155.52	466.57
89	Suministro e instalacion de conductor desnudo cobre desnudo #1/0awg, 19 hilos.	m	25	23.77	594.26
90	Suministro e instalacion de conductor desnudo cobre desnudo #2awg, 19 hilos.	m	55	21.25	1168.50
91	Suministro e instalacion de estructura retenida	u	1	558.65	558.65
92	Suministro e instalacion de estructura pasante	u	1	297.92	297.92
93	Suministro e instalacion de puntas terminales exteriores calibre #2 de 18kv	u	3	226.91	680.72
94	Suministro e instalacion de puntas terminales interiores calibre #2 de 18kv	u	9	365.27	3287.42
95	Suministro e instalacion de conductor aislado para 18 kv. tipo xlpe no.2 awg	m	126	35.79	4509.47
96	Terminales de mango largo cable 500 mcm	u	24	14.89	357.28
97	Terminales de mango largo cable 4/0	u	9	12.97	116.77
98	Aterrizaje a tierra camara de transformacion	u	1	797.00	797.00
99	Transición aerea soterrada	u	1	2761.63	2761.63
100	Desmontaje de cable asc #2 e instalacion de cable 1/0 desconexion de lazos	u	1	6064.24	6064.24
101	Retiro de estructuras cadena de retencion	u	1	240.02	240.02
102	Sumnistro de tapas de hierro fundido redondas para pozos.	u	1	501.53	501.53
103	Direccion tecnica	u	1	1885.63	1885.63
104	Suministro e instalacion de pozo de registro 90x90 con tapa cerco metalico	u	3	132.00	396.00
105	Suministro e instalacion de canalizacion 2x4"pvc reforzada, incluye zanja y resane	m	30	28.20	846.00
	<b>Grupo electrógeno</b>				
106	Suministro e instalacion de grupo electrógeno insonorizado, 600 kw (stand by) - 220v - 60hz.	u	1	77598.95	77598.95
107	Suministro e instalacion poste tablero de transferencia automatica-4x1500a	u	1	4523.00	4523.00
	<b>TOTAL</b>				<b>505290.61</b>

## 6.11 Análisis Energético BIM 6D

### 6.11.1 Marco Conceptual

El análisis energético es el proceso mediante el cual se evalúa el consumo y uso de la energía en una edificación o infraestructura. El objetivo fundamental es identificar oportunidades de mejora en el diseño haciendo comparaciones entre diferentes escenarios para ahorro de energía y la optimización de los costos asociados.

### 6.11.2 Flujo de trabajo para análisis energético.

Flujo de trabajo general para crear un modelo analítico de energía y optimizarlo en Insight:

1. Modelo conceptual o detallado.
2. Definir ubicación del proyecto.
3. Configuración de energía.
4. Aislar solo elementos necesarios (Muros, masas, suelos, techos, cubiertas, pilares y pilares estructurales, paneles de muro cortina, sistemas y montantes de muro cortina, puertas, ventanas, aberturas de agujero, plataformas).
5. Creación de modelo analítico de energía.
6. Revisión del modelo analítico de energía: Espacios analíticos, superficies analíticas, sombras, huecos muy grandes, elementos innecesarios o faltantes.
7. En caso de haber hecho alguna modificación en el paso anterior, eliminar y volver a generar modelo analítico de energía hasta que sea correcto, sino omitir este paso.
8. Generación de opciones de diseño y resultados potenciales en Insight.
9. Optimizar factores de rendimiento energético en Insight.
10. Creación y comparación de escenarios a partir de modificación de factores de diseño en Insight.

*Figura 41 Flujo de trabajo análisis energético*

El flujo de trabajo a seguir es:

1. Modelado en Revit a nivel conceptual o detallado que incluya la arquitectura y los sistemas MEP.
2. Configuración energética definiendo ubicación, clima y propiedades de los materiales.
3. Creación del modelo analítico de energía
4. Simulación en Autodesk Insight.
5. Optimización factores de rendimiento energético
6. Creación y comparación de escenarios a partir de modificación de factores de diseño. para que el proyecto sea eficiente y de bajo consumo energético.

En Revit es posible hacer el análisis energético de dos maneras: En una etapa previa o conceptual utilizando la herramienta masas o cuando el modelo está totalmente definido. Para realizar el análisis de eficiencia energética en el proyecto Almacén Industrial se utilizará el modelo detallado.

Resultados:

En Insight, es posible comparar opciones de diseño, decidir en relación al cumplimiento de objetivos de ahorro energético y modificar el modelo en Revit (Metodología BIM).



Figura 42 Comparación de escenarios en Insight

Tabla 6 Resumen de escenarios

Tabla: Resumen de escenarios					
VARIABLE CONTROL	UNIDADES	TIPO DE ESCENARIO			NORMA
		ORIGINAL	BIM	IDEAL	ASHRAE 90.1
Costo	USD/m2/año	16.8	17.5	4.68	16.3
Consumo	kwt/m2/año	280	348	48.7	325
Factores de diseño:					
1. Uso de paredes con aislamiento térmico					
2. mejoras en la eficiencia lumínica					
3. Mejoras en la eficiencia en los circuitos de potencia					
4. Utilización de equipos de aire acondicionado de alta eficiencia					

Nota: Las opciones de Arquitectura 2030 (Edificios verdes y sustentables) solo están disponibles para EEUU y Canadá.

Para Latinoamérica se utiliza la norma ASHRAE 90.1. El propósito principal de ASHRAE 90.1 es promover la eficiencia energética y la sostenibilidad en los edificios, reduciendo el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la calefacción, la refrigeración, la iluminación y otros sistemas mecánicos y eléctricos presentes en los edificios

Mejor ubicación para paneles fotovoltaicos:

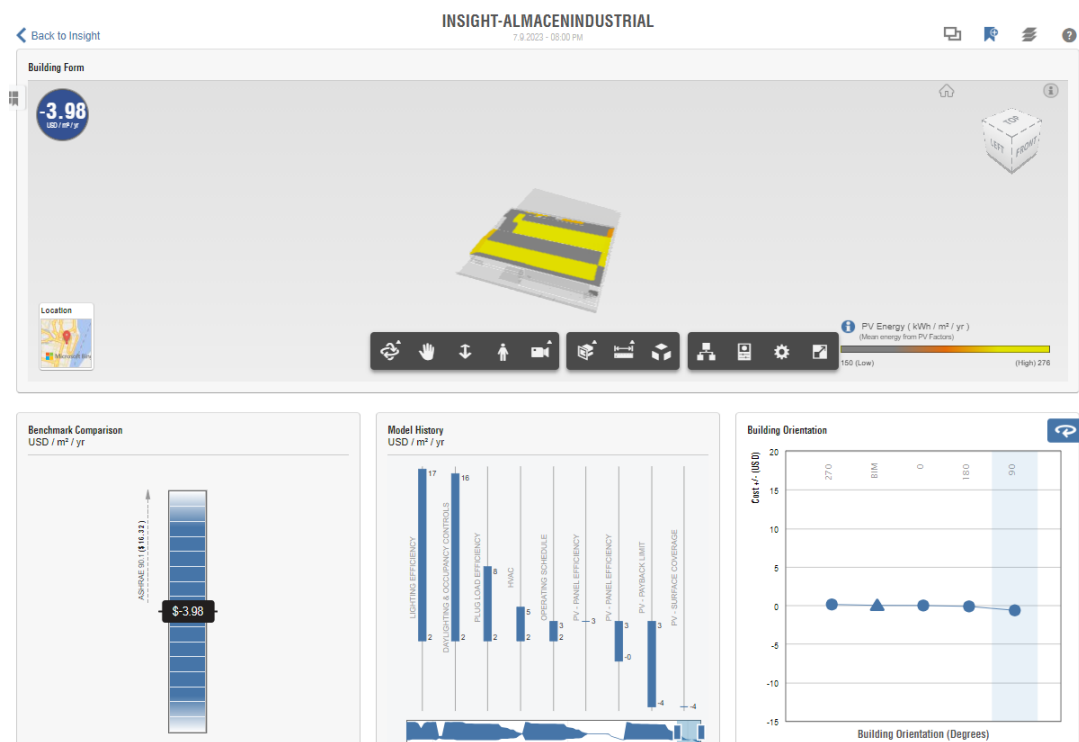


Figura 43 Ubicación óptima de paneles solares

## **6.12 BIM 6D Sostenibilidad**

### **6.12.1 Introducción**

La integración de la sostenibilidad en el proceso de diseño y construcción se beneficia enormemente del uso de la metodología BIM. Algunas formas en las que el BIM puede contribuir a la sostenibilidad son:

- Gestión de residuos para seguimiento y control de materiales utilizados en la construcción para reducir desperdicios y fomentar prácticas amigables con el medio ambiente como la reutilización y el reciclaje.

- Diseño bioclimático que gracias a la ayuda de la simulación en 3D los edificios pueden aprovechar al máximo la luz natural, viento y otras condiciones favorables de tal manera que disminuya la necesidad de generar energía.

- La metodología BIM puede ayudar a tomar decisiones sobre el diseño de infraestructura, transporte, servicios públicos optimizando el uso de recursos.

- El modelo BIM puede utilizarse en la fase de operación del edificio para operaciones de gestión y mantenimiento. Esto incluye seguimiento de consumos energéticos, mantenimiento preventivo, gestión de activos, manejo eficiente en la planificación de ampliaciones y renovaciones con el objetivo de prolongar la vida útil de los edificios y reducir los desperdicios.

- Con la metodología BIM también es posible realizar simulaciones energéticas para identificar oportunidades de ahorro de energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En el proyecto “Almacén Industrial” se propone realizar un análisis de factibilidad para instalar células fotovoltaicas en el techo para aprovechar la energía solar

y promover la sostenibilidad en la generación de electricidad. Las principales ventajas que se obtendrían son:

1. Los paneles solares producen energía renovable. Las células fotovoltaicas capturan la radiación solar y la convierten en electricidad sin emitir contaminantes ni generar emisiones de gases de efecto invernadero.

2. Reducir la dependencia de la red eléctrica lo cual impacta en la facturación generando ahorros económicos.

3. Se contribuye a la lucha contra el cambio climático y se reduce el impacto ambiental.

4. Existe la posibilidad de autogeneración y almacenamiento de energía si se instala un sistema de almacenamiento como baterías que puedan almacenar el exceso de energía generada durante el día y utilizarla en la noche o en periodos de baja producción solar.

5. El diseño de los paneles se integra con lo estético y arquitectónico sin comprometer la funcionalidad.

## **6.12.2 Sistema Fotovoltaico aislado área Administrativa**

### **6.12.2.1 Objetivos generales**

Diseñar un Sistema Solar Fotovoltaico tipo aislado (Independiente) para cubrir la demanda de Iluminación Interior del Área Administrativa del proyecto ALMACÉN INDUSTRIAL, y así suplir aproximadamente el 5% de la demanda total de energía eléctrica de todo el sistema de iluminación proyectado, además se analiza la viabilidad técnico - económica de la implantación de los sistemas fotovoltaicos en términos de ahorro energético.

### 6.12.2.2 Objetivos específicos

- Elaborar la memoria de cálculo y diseño del equipamiento principal de los Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica

- Elaborar el presupuesto del montaje e instalación del Sistema Solar Fotovoltaico.

- Elaborar el análisis económico y financiero del sistema Solar Fotovoltaico (costo beneficio).

### 6.12.2.3 Planos referenciales de Iluminación Área Administrativa

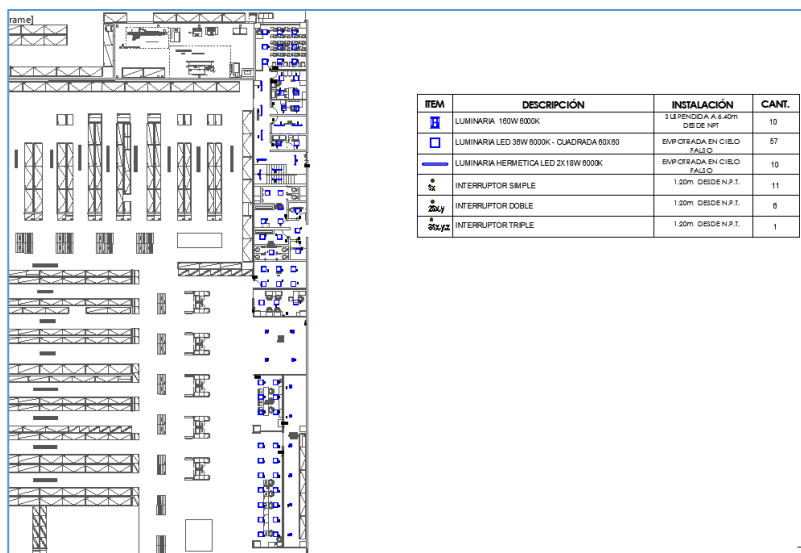








Figura 44 Área Administrativa. Iluminación  
Elaboración propia



Tabla 21 Resumen de aparatos

ITEM	DESCRIPCIÓN	INSTALACIÓN	CANT.
	LUMINARIA 160W 6000K	SUSPENDIDA A 6.40m DESDE NPT	10
	LUMINARIA LED 36W 6000K - CUADRADA 60X60	EMPOTRADA EN CIELO FALSO	57
	LUMINARIA HERMETICA LED 2X18W 6000K	EMPOTRADA EN CIELO FALSO	10
	INTERRUPTOR SIMPLE	1.20m DESDE N.P.T.	11
	INTERRUPTOR DOBLE	1.20m DESDE N.P.T.	6
	INTERRUPTOR TRIPLE	1.20m DESDE N.P.T.	1

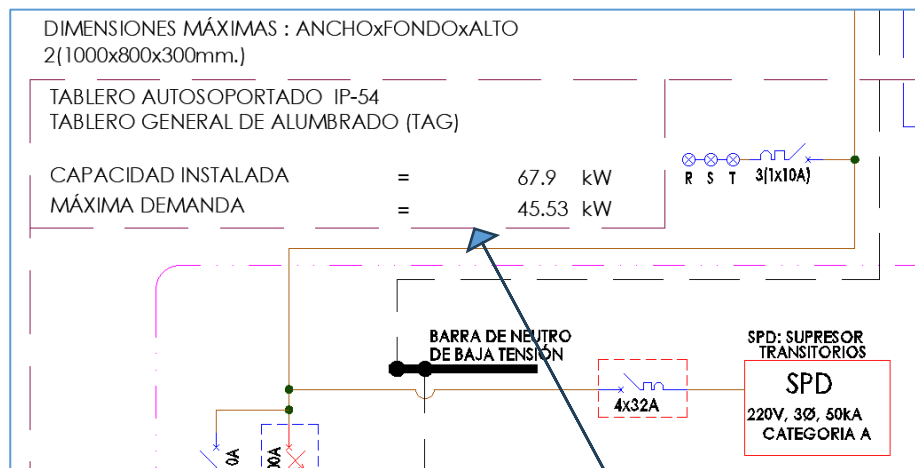
### 6.12.3 Demanda energética-carga instalada representativa de iluminación.

A continuación, se presenta el cálculo de la demanda energética considerando que el dimensionado de la instalación fotovoltaica aislada para el suministro eléctrico del sistema de iluminación del área administrativa y posterior gestión de la planta fotovoltaica contará con los siguientes consumos:

Tabla 22 Resumen de carga instalada

CARGA INTALADA DE ILUMINACION- AREA ADMINISTRATIVA					
LUMINARIA	POTENCIA (W)	VOLTAJE (V)	CANTIDAD	I NOMINAL TOTAL (A)	POTENCIA TOTAL (W)
LUMINARIA 160W 6000K	160	120	10	13.33	1600.00
LUMINARIA LED 36W 6000K - CUADRADA 60X60	36	120	57	17.10	2052.00
LUMINARIA HERMETICA LED 2X18W 6000K	36	120	10	3.00	360.00
				<b>TOTAL</b>	<b>4012.00</b>
					W
<b>FACTOR DE FRECUENCIA DE USO Y SIMULTANEIDAD</b>		<b>0.65</b>			
	<b>POTENCIA DEMANDA</b>	<b>2607.8</b>			W

### 6.12.4 Potencia instalada y demanda.



Potencia de demanda total del proyecto	600KW
Potencia de demanda de iluminación total del proyecto	45.53KW
Potencia de demanda área administrativa-iluminación	2.6KW

Porcentaje total de demanda de iluminación área administrativa respecto a la demanda de iluminación total del proyecto	<b>0.057</b>	<b>5,7%</b>
--	--------------	-------------

### 6.12.5 Sistema aislado (independiente)-Justificación de aplicación

Un sistema solar aislado es un sistema de generación de corriente eléctrica que proporciona al usuario suficiente energía proveniente del sol para que este pueda realizar sus actividades cotidianas sin interrupción durante todo el día. Este sistema tiene la característica de no estar conectado a la red eléctrica, por lo que solamente proporciona energía proveniente del sol.



*Figura 45 Sistema aislado con batería  
Auto solar Energy Solutions*

El inversor off grid es empleado en los sistemas fotovoltaicos independientes que no están conectados a la red de energía pública. Es el componente que transforma la corriente continua generada por las placas solares de la que está almacenada en las baterías en corriente alterna, posibilitando el aprovechamiento de la energía eléctrica en equipos hechos para operar conectados a esta.

#### **6.12.6 Beneficios de un sistema fotovoltaico aislado.**

La tecnología fotovoltaica aislada genera electricidad directamente de la luz solar. Particularmente interesante para aquellos países con fuerte irradiación como el Ecuador, cuya red eléctrica en las zonas rurales no es adecuadamente desarrollada o en donde desean cuidar el medio ambiente para no usar energías que generan daños en el entorno.

El sistema fotovoltaico aislado todavía se puede utilizar eficazmente en casi todas las partes del mundo para suministrar electricidad a poblaciones relativamente dispersas, pero también a grupos de casas y pueblos. Su demanda ha aumentado en los últimos años por esa razón y además es capaz de proporcionar electricidad para:

- Viviendas individuales
- Edificios públicos como hospitales, escuelas, clínicas, servicios veterinarios, etc.
- Bombeo de agua
- Aplicaciones en agricultura

- Desalación y depuración de agua
- Zonas turísticas
- Las reservas naturales
- Alumbrado público
- Estaciones de comunicación
- Usos comerciales

Por tal motivo, en el proyecto, se puede aplicar para uso comercial, específicamente para suplir de energía al área administrativa para los sistemas de iluminación general, que no tiene una carga representativa a comparación de la demanda general del proyecto Almacén Industrial.

Los paneles fotovoltaicos una vez modelado el sistema, se proyectan colocar sobre las cubiertas de las naves del proyecto.

#### **6.12.7 Criterios de diseño y memoria de cálculo.**

##### ***Hora Solar Pico (HSP):***

La Hora Solar Pico, es frecuentemente utilizada para realizar cálculos fotovoltaicos.

De forma sencilla decimos que la Hora Solar Pico (HSP) es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie. Por ejemplo, si en un lugar existen 5 HSP, tenemos 5 horas de sol que está transmitiendo 1000W/m<sup>2</sup>. Con lo cual esa superficie habrá recibido ese día 5000 Wh/m<sup>2</sup>, que es lo mismo que recibir 5 kWh/m<sup>2</sup>.

La Hora Solar Pico (HSP) es la energía que recibimos en horas por m<sup>2</sup>, y esta energía no es la misma dependiendo de la localización (cuanto más cerca del ecuador mayor será) y por su época del año. No hay el mismo sol en un día de invierno que de verano.

La HSP va directamente relacionado con la capacidad que nos va a generar un panel solar al día.

Para nuestro proyecto Almacén Industrial, ubicado en la Urbanización Mucho Lote Etapa 6, Av. Francisco De Orellana, Manzana 2576, Solar 2 (5), Parroquia Pascuales (antes Tarqui) – Guayaquil, Ecuador:

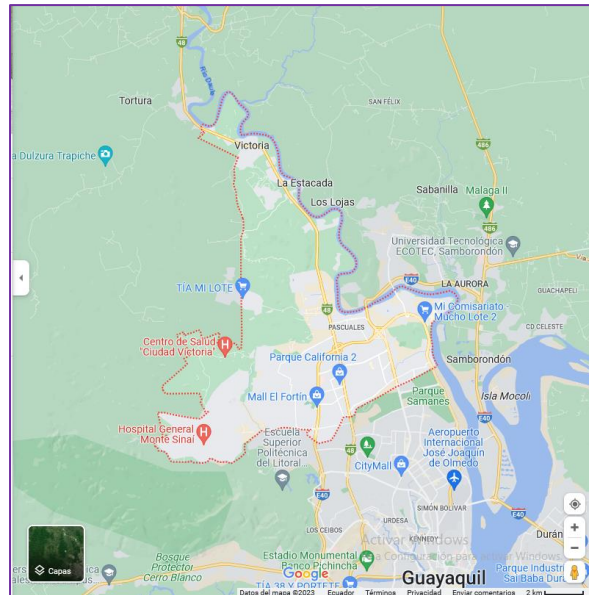


Figura 46 Ubicación del proyecto

<https://www.google.com/maps>

Según el ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACION ELECTRICA, (<https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>), el HSP es el siguiente:

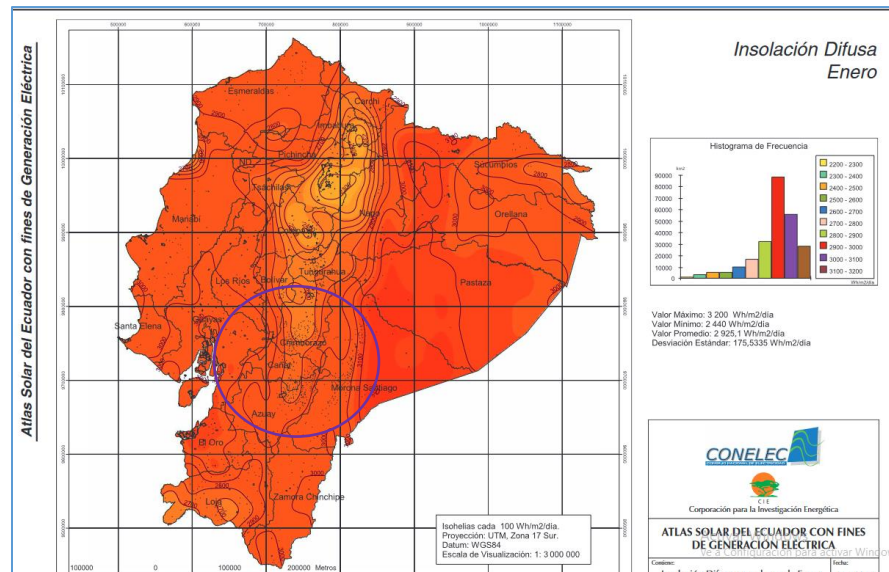


Figura 47 Mapa Solar

<https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>

Para la ubicación del proyecto el **HSP=3000 Wh/m<sup>2</sup>/día**

**Requerimiento del Sistema:**

$$RSIST = Em \text{ dia} HSP$$

Donde:

Em día = consumo energético medio diario;

HPS = Horas pico sol

**Número de Módulos (PANELES SOLARES):**

$$Nro. \text{ de Módulos} = Em \text{ dia} 0,90 * Pp * HSP$$

Donde:

Em día = consumo energético medio diario;

HPS = Horas pico solar;

Pp = Potencia pico del módulo

**Número de Paneles en serie:**

$$Nserie = Vbat / Vmod, mpp = 1$$

Donde:

$V_{bat}$ = tensión de la batería (24 V);

$V_{mod, mpp}$ = tensión del módulo en mpp (V)

***Número de Paneles en paralelo:***

$$N_{paralelo} = N_t N_{serie} = 36$$

Donde:

$N_t$ = número total de módulos;

$N_{serie}$ = número de paneles en serie

***Número de Baterías:***

$$C_{bb} = E_{m \text{ día}} * AutoProf = 72216 \text{ Wh}$$

Donde:

$E_{m \text{ día}}$  = Consumo energético medio diario;

Auto = Autonomía del sistema sin recibir radiación solar;

Prof = Profundidad de descarga de la batería

Profundidad de descarga de la batería LITIO: 0.8

***Capacidad del Banco de Batería***

$$C_{ba} = C_{bb} V_b = 3009 \text{ Ah}$$

Donde:

$C_{bb}$  = Capacidad de bando de baterías;

$V_b$  = Voltaje de batería

***Capacidad de la batería***

$$C_b = C_{ba} N_b = 84 \text{ Ah}$$

VALOR COMERCIAL = 24V/100 Ah

Donde:

$C_{ba}$  = Capacidad de banco de baterías;

$N_b$  = Numero de baterías

***Dimensionado del regulador. Corriente de entrada y corriente de salida***

$$I_e = 1,25 * N_{ro. Modulos} * I_{sc} = 476.55 A$$

$$I_s = 1,25 * P_{dc} + P_{ac} / N_{inv} V_b = 208.95 A$$

Se dividirá en 6 arreglos de 6 paneles, por tal motivo la corriente se distribuye en  
( $476.55/6=79.42A= 80A$ ) 6 MPPT DE 80A

Donde:

$I_e$  = Corriente de entrada

1,25 = factor de seguridad

$I_{sc}$  = Corriente de corto circuito (Dato de placa de modulo FV)

$P_{dc}$  = Potencia de las cargas en continua de los equipos existentes (w)

$P_{ac}$  = Potencia de las cargas en alterna de los equipos existentes (w)

$N_{inv}$  = Rendimiento del inversor 95%

$V_{bat}$  = Tensión de la batería (v)

***Dimensionado del inversor***

No aplica porque todo el sistema es netamente de iluminación, optando por luminarias led en DC- para evitar pérdidas y mejorar la eficiencia del sistema.



### 6.12.8 Planos de ubicación de paneles-cubierta Almacén Industrial:

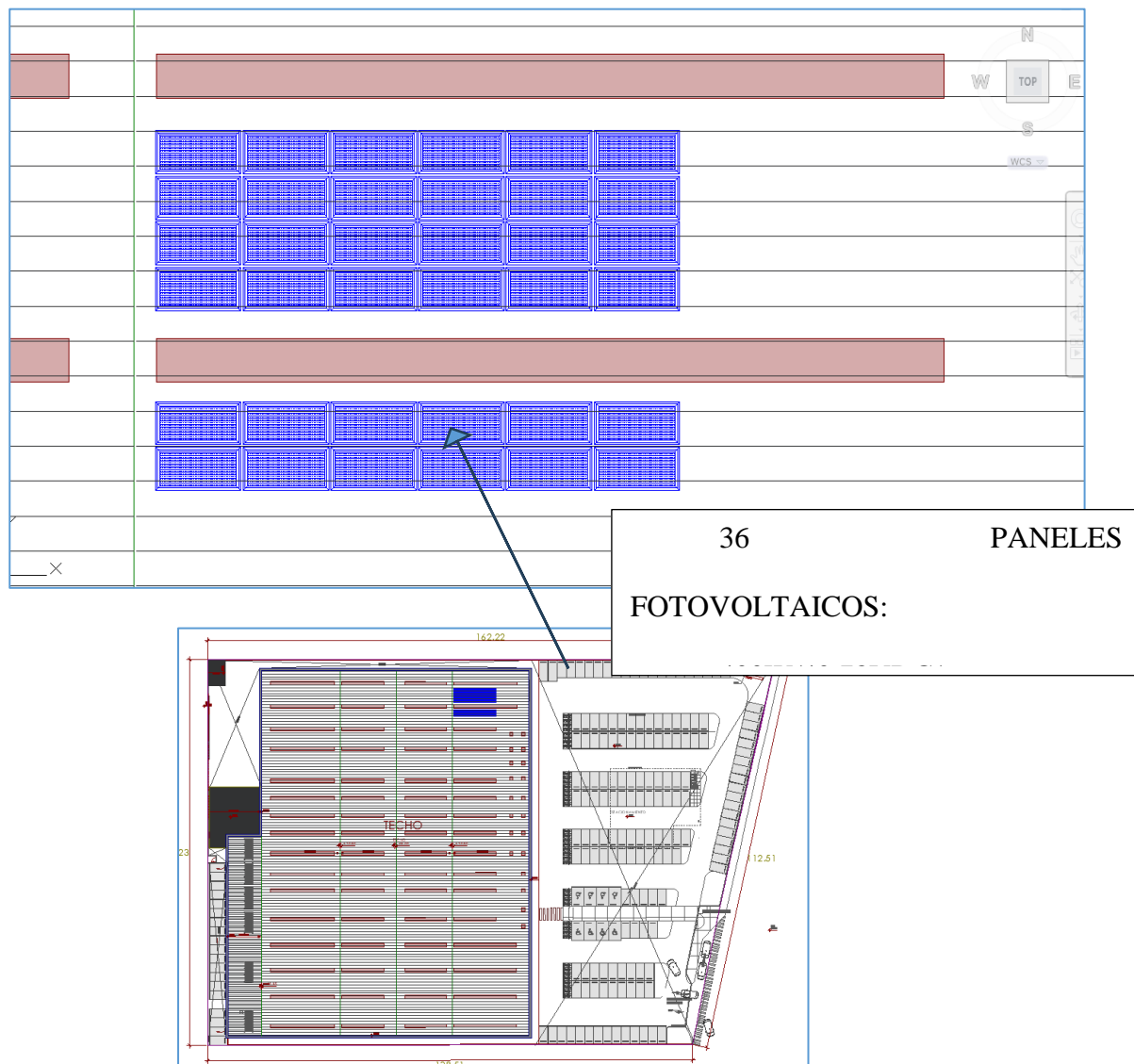



Figura 48 Planos de ubicación de paneles

### 6.12.9 Especificaciones técnicas referenciales de los equipos a usar.

#### Panel fotovoltaico-sistema aislado:


Datasheet Panel Blue Sun BCM400M-72B:

No. de Modelo	BSM370M-72B	BSM380M-72B	BSM385M-72B	BSM390M-72B	BSM400M-72B
<b>Garantía</b>					
Garantía de Producto	10 Años				
Garantía de energía	25 años de 80% potencia de salida				
<b>Características Eléctricas en STC</b>					
Potencia Máxima (Pmax)	370 Wp	380 Wp	385 Wp	390 Wp	400 Wp
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (Vmax)	39,51 V	39,95 V	40,11 V	40,39 V	40,78 V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	9,37 A	9,52 A	9,58 A	9,67 A	9,82 A
Tensión en Circuito Abierto (Voc)	48,23 V	48,67 V	48,74 V	49,11 V	49,55 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	10,03 A	10,22 A	10,27 A	10,41 A	10,59 A
Eficiencia	19,06 %	19,58 %	19,84 %	20,09 %	20,61 %
Tolerancia de Potencia (+)	+ 3 %	+ 3 %	+ 3 %	+ 3 %	+ 3 %

Características Mecánicas	
Dimensiones (A/A/R) 	1956x991x45 mm
Tipo de Células	Monocristalino
Numero de Células	72
Tipo de Vidrio	Capa Antirreflejo
Caja de Protección de Uniones	IP 67

(tomado de Página web del fabricante Blue Sun)

### **REGULADOR DE CARGA FOTOVOLTAICO MPPT:**



#### MPPT Solar Charge Controller

**PC1800A Series 60/80A (MPPT)**

MPPT (Maximum Power Point Tracking) Solar Charge Controller offer an efficient, safe, multi-stage recharging process that prolongs battery life and assures peak performance from a solar array. Each Charge Controller allows customized battery recharging.

**Features:**


- ✓ LCD display , easy to operate on LCD screen
- ✓ Multi stage charging (3-stage charging , parallel charging and equalized charging function)
- ✓ BTS - Battery remote temperature sensor terminal
- ✓ Enable to charge Li-thium, Gel , lead-acid battery
- ✓ With RS485 & USB communication port
- ✓ Protection: PV array short circuit, PV reverse polarity, Battery reverse polarity, Over charging, Output short circuit

### **BATERIA DE LITIO-24V-100AH:**

**REDWAY BATTERY** Home Career Factory Tour Contact Products Solutions OEM Services Blog

## 24V 100Ah

**Lithium Iron Phosphate Battery (LiFePO4)**



Home > Lithium Iron Phosphate Battery Series > 24V 100Ah Lithium Battery

Warranty	5 Years
MOQ	50
Delivery time	20 Days
OEM/ODM	Acceptable
White Label	Acceptable
Factory Address	Dongguan, China
Product Delivery Port	Shenzhen Yantian, China / Shenzhen Shekou, China
Battery Certificate	CE, UL 1642(Cell), IEC 62133, UN38.3, MSDS
Factory Certificate	ISO 9001 2015
Delivery terms	FOB, EXW, CIF

### 6.12.10 Presupuesto referencial del sistema fotovoltaico Almacén Industrial

Tabla 9 Presupuesto Referencial

SISTEMA FOTOVOLTAICO CON PANELES SOLARES-HOME CENTER					
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Equipamiento Principal					
	Panel Fotovoltaico Marca: Panel Blue Sun BCM400M-72B	36	unidad	\$199.00	\$7,164.00
	Estructuras de soporte acero galvanizado en caliente para apernar a cubierta tipo fija Marca: Cymelectro	36	unidad	\$120.00	\$4,320.00
	REGULADOR DE CARGA FOTOVOLTAICO MPPT-60/80 A	6	unidad	\$230.00	\$1,380.00
	Tablero de protección y medida Nema 12. Incluye: Equipos de seccionamiento, disyuntores de protección y medición de energía en DC DH96 CPM	1	unidad	\$600.00	\$600.00
	BATERIA DE LITIO-24V-100AH	31	unidad	\$178.50	\$5,533.50
Equipamiento complementario para montaje: Provisión de cables y Material Menudo (Bulk material)					
	Low Voltage Solar cable 4mm2, black, double insulation pre- crimped. Marca Hikra plus. 2x25mt Roll	8	unidad	\$92.00	\$736.00
	Low Voltage cable 600/1000V, XLPE, black, 3wires (2x10AWG+1x10AWG-GND).	50	mt	\$2.25	\$112.50
	Tubería EMT eléctrica 3mts	50	unidad	\$3.75	\$187.50
	Pernería y material menudo de instalación todos en acero inoxidable y cadmiados (Pernos, tuercas, arandelas, tornillos, codos, abrazaderas, uniones)para tubería eléctrica y canal estructural	1	pkg.	\$50.00	\$50.00
Trabajos Civiles					
	Instalación de soporterías fijas sobre cubierta para anclaje de paneles	36	unidad	\$25.00	\$900.00
	Instalación y anclaje de equipamiento complementario: reguladores, tableros, string boxes dentro del Cuarto de Equipos Eléctricos	1	glb	\$350.00	\$350.00
Estudios Eléctricos y Mano de obra (Se estima 7 días)					
	Estudio de Sistema Fotovoltaico	24	Horas/hombre	\$20.00	\$480.00
	Técnico líder supervisor de obra	1	obra	\$450.00	\$450.00
	Ayudantes eléctricos/mecánicos/civiles	5	obra	\$350.00	\$1,750.00
SUBTOTAL (SIN IVA)					<b>\$24,013.50</b>
				IVA	\$2,881.62
<b>TOTAL</b>					<b>\$26,895.12</b>

### 6.12.11 Análisis Costo Beneficio

Según análisis económico – costo beneficio se tiene un Payback de retorno de la inversión en 18 años.

Como se puede ver en los datos adjuntos:

Tabla 230 Resumen Análisis Financiero

<b>FLUJO CAJA ECONÓMICO</b>		
	<b>PAYBACK (años)</b>	
	<b>18 AÑOS</b>	
Incremento KWh del 1,5%	1.50%	0.092
Decremento anual del Sistema	0.50%	14058.05
Ahorro de energía		1293.34

## Capítulo 7. Gestión de Proyecto

### 7.1 Análisis de riesgos

Los riesgos en los proyectos se definen como “un evento que, si ocurre, causa impactos positivos o negativos”, los atributos clave de un riesgo son los siguientes:

- Incertidumbre
- Positivo o negativo
- Causas y consecuencias
- Riesgos conocidos y desconocidos
- Análisis de reserva de riesgos

La planificación de los riesgos debe ser muy apropiada y ajustada a la realidad de cada proyecto, dentro de las características y aspectos más importantes a desarrollar son:

- Determinar el nivel de riesgo que tiene el proyecto
- Definir si el equipo de trabajo está actualizado en las competencias para abordar el proyecto
- Estudiar y analizar proyectos anteriores con la similitud de la problemática actual
- Definir correctamente el alcance, el tamaño, y la importancia del proyecto

Para determinar un Plan de Gerencia de Riesgos, se deberá incluir dentro de la documentación los siguientes aspectos:

- Manera de identificar los riesgos, cuantificación, y calificación
- Métodos y herramientas para medir y cuantificar los riesgos
- Responsables, frecuencias de revisión, calendario de riesgos, monitoreo, seguimiento, documentación generada, estrategias, conclusiones, y finalmente decisiones gerenciales.

Por la importancia y el impacto de los riesgos en el proyecto, no se debe identificar una sola vez o de manera aislada, se deberá considerar de manera permanente durante toda la vida del proyecto

En el proyecto Almacén Industrial hemos identificado los riesgos a través de las siguientes fuentes:

- WBS
- Acta de constitución del proyecto
- Cronograma y asignación de recursos
- Estimación de tiempos y costos
- Las restricciones
- Las suposiciones

Para la identificación de los riesgos, el equipo Industrial BIM, ha desplegado una serie de ideas y realizado los diagramas de influencia, los cuales nos han determinado los siguientes riesgos identificados

- Riesgos técnicos
- Riesgos de Gerencia
- Riesgos de organización
- Riesgos externos

En la categoría de Riesgos técnicos tenemos:

- Experiencia del equipo técnico en proyectos de similar envergadura
- Calidad de los productos entregables

En la categoría de Riesgos de Gerencia tenemos:

- Experiencia de Gerencia en los proyectos BIM
- Experiencia en la interpretación y toma de decisiones

En la categoría de Riesgos de organización tenemos:

- Restricciones de accesibilidad a licencias de programas utilitarios
- Equipo de computación con limitación de rendimiento

En la categoría de Riesgos externos tenemos:

- Factores climáticos
- Incidencia de factores sociales en el desarrollo del proyecto
- Estabilidad social
- Estabilidad política
- Condiciones de ejecución del proyecto

Los análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos se determinaron mediante las siguientes características, el impacto produce si es que ocurre el riesgo, la probabilidad que tiene para que ese riesgo se presente, y la precisión determinada por el grado de confianza de la información proporcionada para determinar el riesgo

Para la cuantificación del impacto se determinan 5 niveles:

1. Muy bajo
2. Bajo
3. Medio
4. Alto
5. Muy alto

Para los efectos del riesgo se mide en que factor impacta, es decir en los costos, en el cronograma, en el alcance o en la calidad, de cualquier manera y como premisa del equipo consultor, cualquier riesgo inminente no deberá afectar la calidad de los productos entregables.

La probabilidad de que ocurran los riesgos en el proyecto también tiene manera medible de valorar dentro del proyecto y se presenta en escala del 1 al 4 en donde:

1. Muy probable

2. Poco probable
3. Probable
4. Altamente probable
5. Casi cierto

Posterior a los datos ingresados y conforme a la matriz de riesgos del proyecto realizamos las siguientes variables, determinando el análisis cualitativo del riesgo

- **Matriz de Probabilidad / Impacto**       $\text{Severidad} = \text{Probabilidad} * \text{Impacto}$

	Muy Bajo 0,05	Bajo 0,1	Moderado 0,2	Alto 0,4	Muy Alto 0,8
Muy Alta 0,9	0,045	0,09	0,18	0,36	0,72
Alta 0,7	0,035	0,07	0,14	0,28	0,56
Moderada 0,5	0,025	0,05	0,10	0,20	0,40
Baja 0,3	0,015	0,03	0,06	0,12	0,24
Muy Baja 0,1	0,005	0,01	0,02	0,04	0,08

Impacto

*Figura 49 Matriz análisis cualitativo de riesgos*  
*Fuente: Msc. Pablo Vásquez, Feb 2023*

Para el análisis cuantitativo determinamos y medimos la probabilidad y las consecuencias de los riesgos dentro de los objetivos del proyecto, obtendremos un análisis de las probabilidades de alcanzar los objetivos en tiempo y costo

La respuesta a los riesgos es la conclusión de la matriz que realizamos, obtenemos un plan apropiado para enfrentar cada riesgo, determinamos el responsable, las fechas de medición, y el análisis posterior a la implementación del plan.



### 7.1.1 Riesgos en la etapa de Gestión y Diseños

En la etapa de “Diseños y Gestión BIM” del Almacén Industrial, identificamos los riesgos que afectan a los “entregables”, realizamos el proceso con la matriz de riesgos, y determinamos el tiempo de incidencia en el proyecto. (Ver Anexo Matriz de Riesgos Gestión y Diseños BIM)

PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS											
PRORIDAD	IDENTIFICACION			ANÁLISIS CUALITATIVO				TRATEGIAS DE RESPUES	IMPLEMENTACION RESPUESTA A RIESGOS		
	ESTATUS	FECHA IDENTIFICACION FASE DEL PROYECTO	ENTREGABLE AFECTADO	OBJETIVO AFECTADO	PROBABILIDAD	IMPACTO	MATRIZ DE CALOR	ESTRATEGIA	ACCIONES DE RESPUESTA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
(1)	(2)	(4)	(5)	(12)	(13)	(14)	(15)	(19)	(20)	(21)	(22)
1	Inactivo	09-may-23 Planificación	Exchange Information Requirements (EIR)	Cronograma Alcance	Alto	Alto		Mitigar	Realizar una revisión exhaustiva de los requisitos	Asegurar la entrega cumpliendo las expectativas del cliente.	
1	Inactivo	20-may-23 Planificación	BIM Execution Plan "BEP"	Cronograma Costo	Medio	Medio		Mitigar	Capacitar al equipo en planificación y ejecución BIM	Asegurar que el los productos entregables estén de acorde a la calidad requerida.	Demora de entrega productos finales
1	Inactivo	25-may-23 Planificación	Modelo de Arquitectura (Level of Development "LOD" 300)	Cronograma Costo	Bajo	Bajo		Mitigar	Establecer un proceso de revisión y validación del modelo	Diseños y modelos arquitectónicos más eficientes	
1	Inactivo	25-may-23 Planificación	Modelo de Estructura (Level of Development "LOD" 300)	Cronograma Costo	Medio	Medio		Mitigar	Establecer reuniones de coordinación periódicas	Diseños y modelos estructuras más eficientes	
1	Inactivo	01-jun-23 Planificación	Modelo de MEP (Mecánica) (Level of Development "LOD" 300)	Cronograma Costo	Alto	Alto		Mitigar	Implementar un proceso de detección temprana de interferencias	Diseños y modelos mecanicos más eficientes	
1	Inactivo	01-jun-23 Planificación	Modelo de MEP (Eléctrica) (Level of Development "LOD" 300)	Cronograma Costo	Alto	Alto		Mitigar	Implementar un proceso de detección temprana de interferencias	Diseños y modelos electricos más eficientes	
1	Inactivo	01-jun-23 Planificación	Modelo de MEP (Plomería) (Level of Development "LOD" 300)	Cronograma Costo	Alto	Alto		Mitigar	Implementar un proceso de detección temprana de interferencias	Diseños y modelos plomeria más eficientes	
1	Inactivo	10-jul-23 Planificación	Planos profesionales (Arquitectura, Estructura, MEP)	Cronograma Alcance	Bajo	Bajo		Mitigar	Establecer un seguimiento y reconditorario para la aprobación	Asegurar que los diseños cumplan con las expectativas del cliente.	
1	Inactivo	25-jun-23 Planificación	Informe de resolución de interferencias	Cronograma Alcance	Medio	Medio		Mitigar	Establecer reuniones periódicas para la resolución de interferencias	Asegurar que la resolución de colisiones sea efectiva evitando sobrecostos en la etapa de ejecución y retrasos en el.	
1	Inactivo	10-jul-23 Planificación	Modelo federado	Cronograma Calidad	Medio	Medio		Mitigar	Establecer un proceso de revisión y validación del modelo	Asegurar que los diseños cumplan con la certificación de modelado y su coordinación con el resto de disciplinas involucradas.	
1	Inactivo	25-jun-23 Planificación	Análisis de sostenibilidad (SD)	Cronograma Costo	Medio	Medio		Mitigar	Realizar una búsqueda exhaustiva de datos y fuentes confiables para la sostenibilidad energética de la implementación de paneles fotovoltaicos para sistema iluminación el are administrativa	Conocer el estado financiero del proyecto.	
1	Inactivo	10-jul-23 Planificación	Presupuesto general (SD)	Cronograma Calidad	Medio	Medio		Mitigar	Realizar revisiones y verificaciones exhaustivas de los costos estimados	Seguridad en el presupuesto de proyecto	Precios de materiales pueden bajar en relación al precio negociado.
1	Inactivo	10-jul-23 Planificación	Cronograma general (4D)	Cronograma Costo	Bajo	Alto		Mejorar	Obtener asesoramiento de expertos en planificación de proyectos	Obtener el cronograma real del proyecto con poca incertidumbre	
1	Inactivo	10-jul-23 Planificación	Simulación constructiva	Cronograma Costo	Bajo	Bajo		Mitigar	Obtener asesoramiento en tecnologías de simulación constructiva	Asegurar la buena ejecución de la simulación	

Figura 50 Matriz de riesgos etapa de Gestión y Diseño BIM  
Fuente: Industrial BIM

### 7.1.2 Riesgos en la etapa de ejecución (construcción del proyecto)

En la etapa constructiva determinamos como entregables los subelementos o subcapítulos de cada especialidad, y definimos los riesgos que involucran a cada uno de esos entregables. (Ver Anexo Matriz de Riesgos Construcción)

PLAN DE GESTION DE RIESGOS											
PRIORIDAD	IDENTIFICACION			ANALISIS CUALITATIVO				ANALISIS CUANTITATIVO	IMPLEMENTACION RESPUESTA A RIESGOS		
	ESTATUS	ENTREGABLE AFECTADO	DESCRIPCION DEL RIESGO	OBJETIVO AFECTADO	PROBABILIDAD	IMPACTO	MATRIZ DE CALOR	PROBABILIDAD (%)	ACCIONES DE RESPUESTA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
(1)	(2)	(5)	(7)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(20)	(21)	(22)
1	Inactivo	OBRAS PRELIMINARES	Interrupciones por clima adverso	Cronograma Alcance	Medio	Alto		70%	Colocar zanjas perimetrales, bombas de adique, o crear sistemas provisionales de bombeo	Se contrarresta la perdida de dias productivos	Mas inversion para mitigar el riesgo
	Inactivo	MOVIMIENTO DE TIERRAS	Retraso en la nivelación del terreno	Costo Cronograma	Medio	Medio		30%	Revisar diseño para anticipar posibles cambios en terreno, asignar recursos adicionales para nivelación, plan de contingencia	Tener el contingente necesario para el riesgo	Presupuesto mas elevado
	Inactivo	CIMENTACIONES	Asentamientos diferenciales	Cronograma Costo	Alto	Alto		50%	Contratar consultoria adicional para estudios geotécnicos más precisos, asegurarse de contar con seguro de construcción	Eliminar incertidumbres con respecto al suelo	Se extiende el tiempo de ejecución de los trabajos
	Inactivo	ESTRUCTURA	Falta de resistencia estructural	Cronograma Calidad	Alto	Alto		70%	Revisar diseño estructural, realizar pruebas adicionales, considerar opciones de refuerzo, informar al personal sobre riesgos	Prevenir accidentes laborales	Mas costo en los refuerzos adicionales
	Inactivo	CUBIERTA	Falta de resistencia estructural	Cronograma Calidad	Alto	Alto		70%	Revisar diseño estructural, realizar pruebas adicionales, considerar opciones de refuerzo, informar al personal sobre riesgos	Prevenir accidentes laborales	Mas costo en los refuerzos adicionales
1	Inactivo	PAREDES	Fisuras o debilidad en las paredes	Costo Calidad	Medio	Medio		50%	Inspeccionar materiales antes de su uso, contar con equipo de control de calidad, establecer estándares de resistencia y durabilidad	Certificar los materiales que sean de calidad	
1	Inactivo	PISOS DE HORMIGÓN	Grietas o desprendimientos en el piso de hormigón	Calidad Costo	Bajo	Alto		30%	Seguir rigurosamente las pautas de curado del hormigón, implementar controles de calidad en todo el proceso de vertido y curado	Certeza de la calidad del hormigón	
	Inactivo	ADOQUIN PAVIMENTACIONES	Asentamientos diferenciales	Cronograma Costo	Medio	Alto		30%	Contratar consultoria adicional para estudios geotécnicos más precisos, asegurarse de contar con seguro de construcción	Eliminar incertidumbres con respecto al suelo	Se extiende el tiempo de ejecución de los trabajos
	Inactivo	CISTERNA	Posibilidad de encontrar bolsas de agua y suelo malo en áreas puntuales	Cronograma Costo	Medio	Medio		50%	Realizar estudios de suelo precisos, asegurarse de contar con seguro de construcción	No detener el avance de la ejecución del proyecto	Sobrecoste en los estudios preliminares
	Inactivo	SISTEMA AGUA POTABLE	Baja presión o contaminación del agua potable	Cronograma	Medio	Alto		50%	Plan de contingencia para abastecimiento alternativo, monitoreo constante de la calidad del agua, mantenimiento de agua potable preventivo	Asegurar el abastecimiento de agua potable	
	Inactivo	SISTEMA MECÁNICO	Interrupciones en el funcionamiento de maquinaria	Cronograma	Medio	Medio		50%	Adquirir garantías extendidas para equipos, mantener inventario de repuestos críticos, establecer acuerdos de servicio con proveedores	Equipos en buen estado garantizan el desarrollo normal de los trabajos	El costo elevado de la garantía de los equipos
	Inactivo	SISTEMA ELÉCTRICO	Cortocircuitos o fallos en el sistema eléctrico	Costo Calidad	Bajo	Medio		30%	Verificar instalación por profesionales, realizar pruebas de funcionamiento, mantener protocolos de mantenimiento regulares	Asegurar la calidad de todo el sistema	
	Inactivo	SISTEMA SANITARIO	Ataxos o fugas en el sistema sanitario	Calidad	Bajo	Medio		30%	Revisar diseño de sistema sanitario, realizar pruebas de funcionamiento, implementar protocolos de limpieza y mantenimiento	Controlar la calidad del diseño	Se tomará mas tiempo en revision para aprobación de diseños
	Inactivo	SISTEMA FOTOVOLTAICO	Producción de energía por debajo de lo esperado	Calidad Costo	Bajo	Medio		30%	Establecer márgenes presupuestarios adicionales para costos eléctricos, monitorear rendimiento y ajustar consumo si es necesario	Tener el contingente necesario para el riesgo	
	Inactivo	ACABADOS	Demora en la finalización de los acabados	Cronograma	Medio	Medio		50%	Mantener una comunicación constante con proveedores, tener un plan de contingencia para retrasos en suministros, buscar fuentes alternativas de materiales si es necesario	Tener un plan de compras	

Figura 51 Matriz de riesgos Etapa de Construcción  
Fuente: Industrial BIM

## 7.2 Análisis de Montecarlo

El análisis de Montecarlo consiste en una técnica matemática que predice los posibles resultados de un evento incierto. Puede predecir una cantidad de resultados futuros, en función de los datos ingresados, para reducir la incertidumbre probabilística

Generalmente, podemos destacar los tres usos más comunes son los siguientes:

- Permite generar diferentes escenarios en función de plazos y costos de proyecto.
- Simular el comportamiento de opciones financieras o carteras de inversión.
- Se utiliza para gestionar el riesgo en las inversiones.

En base al concepto de la técnica Montecarlo, en nuestro proyecto hemos desarrollado para obtener diferentes escenarios en cuanto a coste y tiempo del proyecto, tanto en los diseños BIM, como en la construcción.

Posterior a definir el cronograma de diseños y gestión BIM, utilizando Ms Project, determinando la duración de la primera etapa de “Diseños y Gestión BIM”, en 76 días y considerando un costo de 99 327,36 USD

La etapa de ejecución de trabajos (construcción) se determinó en 140 días y considerando un costo de 8 804 669.70 USD

Para la determinación de la simulación en el proyecto Almacén Industrial se ha considerado varios escenarios de prueba

La primera simulación que se realizó en la etapa de “Diseños y Gestión BIM” del proyecto, considerando los factores de tiempo y el costo de cada entregable

La segunda simulación se realizó con respecto a la fase de diseño, elementos estructurales columnas de hormigón y pavimento de adoquín

La tercera simulación se realizó con respecto a las columnas de metal y pavimento asfáltico.

Las ventajas que tenemos al utilizar esta técnica son:

- Posibilidad de generar varias opciones o posibilidades de escenarios futuros, generando una estimación de rendimiento en la inversión
- Posibilidad de analizar el riesgo de la inversión del proyecto, obtención de probabilidades de ganancia o pérdida.

Las desventajas de utilizar esta técnica son:

- Si la simulación se realiza con datos no acercados a la realidad se puede tener conclusiones erradas
- La simulación con pocas muestras o datos, presentan resultados no confiables

### 7.2.1 Análisis de Montecarlo, Diseños y Gestión BIM

En la simulación se procedió a ingresar los datos en conformidad a la planificación que se realizó por el equipo consultor. (ver Anexo MONTECARLO ETAPA DE GESTION Y DISEÑOS BIM)

TABLA DE CALCULO MONTECARLO - DURACIONES

ENTREGABLES / PAQUETES DE TRABAJO / ACTIVIDADES	DURACION		
	OPTIMISTA	MAS DESEABLE	PESIMISTA
1 Exchange Information Requirements (EIR)	10	15	20
2 BIM Execution Plan "BEP"	10	15	20
3 Modelo de Arquitectura (Level of Development "LOD" 300)	50	61	70
4 Modelo de Estructuras (Level of Development "LOD" 300)	45	51	60
5 Modelo de MEP (Mecánica) (Level of Development "LOD" 300)	40	46	50
6 Planos profesionales (Arquitectura, Estructura, MEP)	20	25	30
7 Informe de resolución de interferencias	15	20	25
8 Modelo Federado	12	15	25
9 Análisis de sostenibilidad (5D)	7	9	12
10 Cronograma general (4D)	8	10	15
11 Presupuesto general (5D)	8	10	15
12 Simulación constructiva	10	15	20

Figura 52 Tabla de cálculo Montecarlo - Duraciones  
Fuente: Industrial BIM

bins	PDF(x)	CDF(x)
178	0.00	0.00
182	0.01	0.01
186	0.02	0.03
190	0.03	0.06
194	0.04	0.10
198	0.05	0.15
202	0.07	0.22
206	0.07	0.29
210	0.08	0.38
214	0.08	0.46
218	0.09	0.54
222	0.08	0.62
226	0.07	0.70
230	0.07	0.77
234	0.06	0.83
238	0.05	0.88
242	0.04	0.92
246	0.03	0.95
250	0.02	0.98
254	0.02	0.99
258	0.01	1.00

Figura 53 Matriz de resultados probabilísticos  
Fuente: Industrial BIM

En base a los datos de “Duración” de la simulación Montecarlo se concluye que de los 217 días planificados, al 55% se cumplirá, y con una certeza del 95% se realizará en un tiempo de 246 días, es decir 29 días de contingencia.

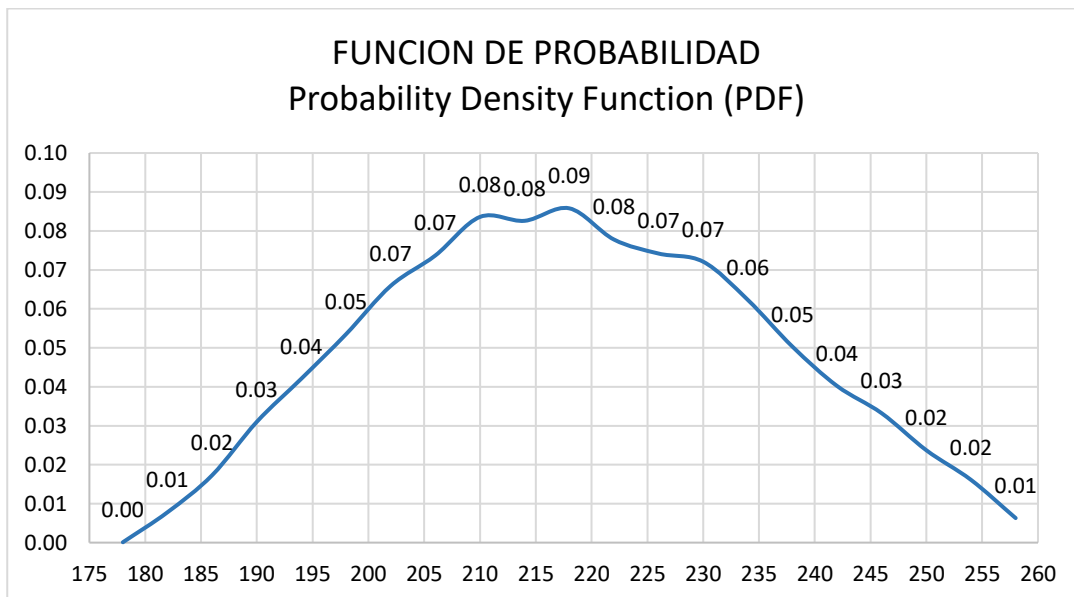


Figura 54 Análisis probabilístico Montecarlo  
Fuente: Industrial BIM

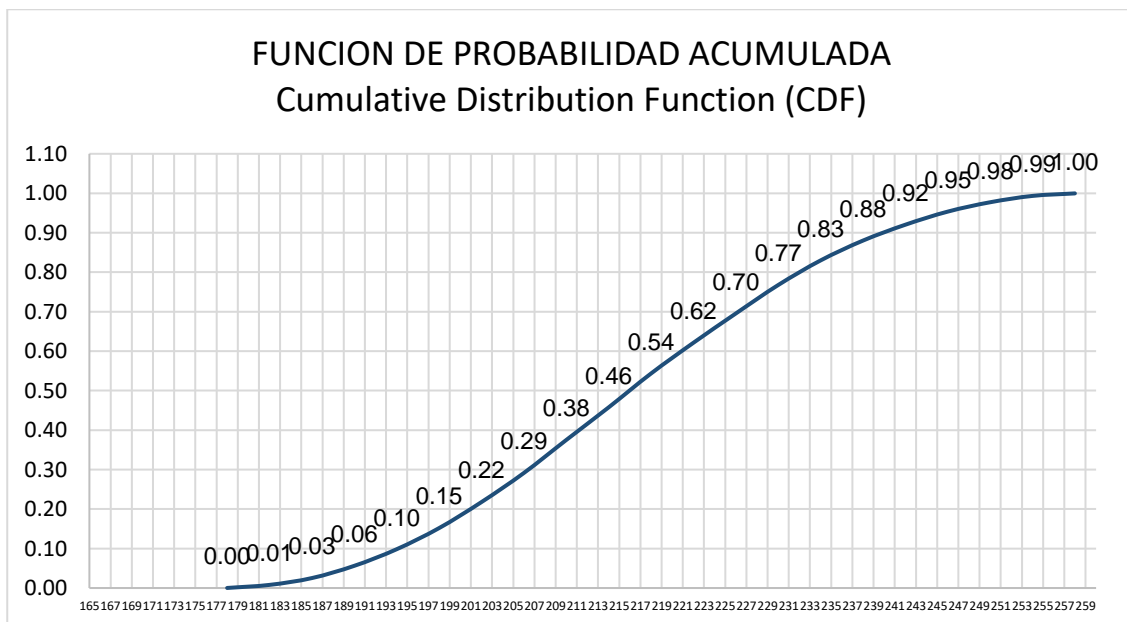


Figura 55 Análisis probabilístico Montecarlo  
Fuente: Industrial BIM

TABLA DE CALCULO MONTECARLO - COSTOS

	ENTREGABLES / PAQUETES DE TRABAJO / ACTIVIDADES	COSTOS			MODELO
		OPTIMISTA	MAS DESEABLE	PESIMISTA	
1	Exchange Information Requirements (EIR)	4,000	4,212	4,500	uniforme
2	BIM Execution Plan "BEP"	8,000	8,551	8,500	uniforme
3	Modelo de Arquitectura (Level of Development "LOD" 300)	16,500	17,212	18,000	triangular
4	Modelo de Estructuras (Level of Development "LOD" 300)	23,000	23,612	24,000	triangular
5	Modelo de MEP (Mecánica) (Level of Development "LOD" 300)	13,000	13,469	14,000	triangular
6	Planos profesionales (Arquitectura, Estructura, MEP)	10,000	10,670	11,000	uniforme
7	Informe de resolución de interferencias	4,000	4,400	5,000	triangular
8	Modelo Federado	4,000	4,608	5,000	triangular
9	Análisis de sostenibilidad (5D)	3,500	3,743	4,100	uniforme
10	Cronograma general (4D)	2,500	2,850	3,200	uniforme
11	Presupuesto general (5D)	2,500	2,850	3,200	uniforme
12	Simulación constructiva	2,800	3,150	3,500	uniforme

Figura 56 Tabla de cálculo Montecarlo – Costos  
Fuente: Industrial BIM

bins	PDF(x)	CDF(x)
65,536	0.00	0.00
65,861	0.01	0.01
66,186	0.02	0.03
66,511	0.03	0.06
66,836	0.04	0.09
67,161	0.05	0.14
67,486	0.05	0.20
67,811	0.06	0.25
68,136	0.06	0.31
68,461	0.07	0.38
68,786	0.07	0.46
69,111	0.07	0.53
69,436	0.08	0.61
69,761	0.07	0.68
70,086	0.06	0.74
70,411	0.06	0.80
70,736	0.05	0.85
71,061	0.05	0.90
71,386	0.04	0.94
71,711	0.03	0.97
72,036	0.02	0.99
72,361	0.00	0.99
72,686	0.00	0.99

Figura 57 Matriz de resultados probabilísticos  
Fuente: Industrial BIM

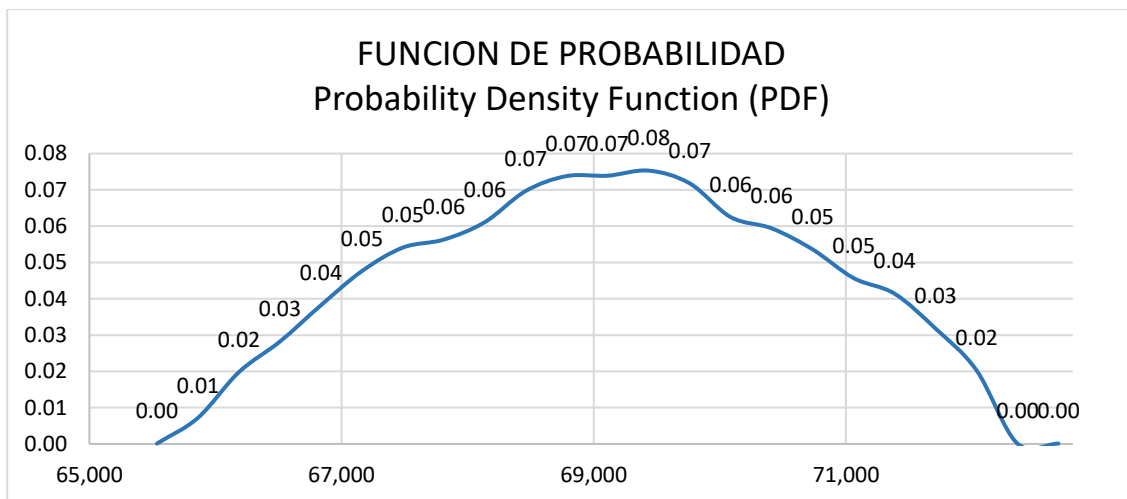


Figura 58 Probabilidad Costos  
Fuente: Industrial BIM

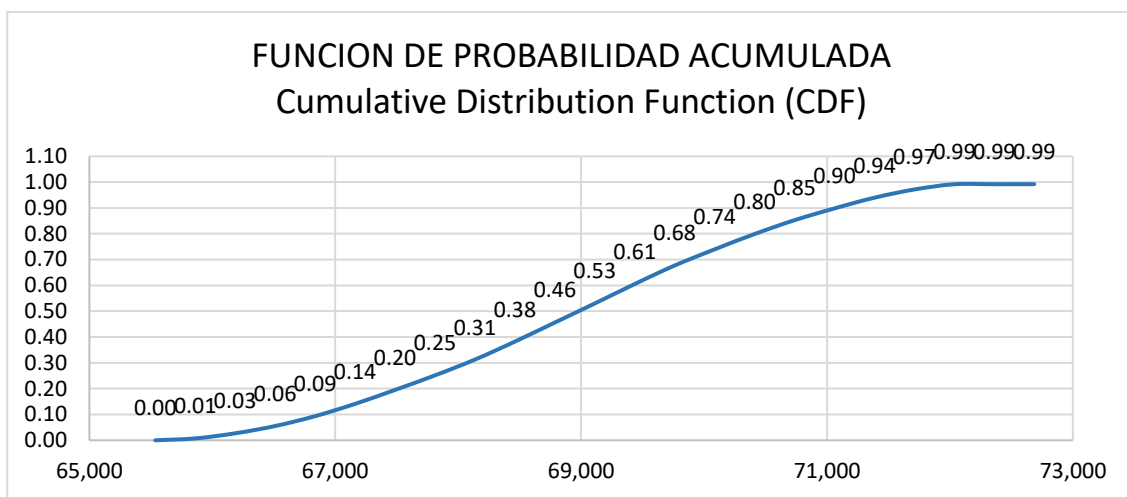


Figura 59 Probabilidad Acumulada Costos  
Fuente: Industrial BIM

En base a los datos de “Costos” de la simulación Montecarlo se concluye que del 55% se tiene comprometido un presupuesto de 69.111 USD, y con certeza del 95% el 71.711 USD del coste estimado.



## 7.2.2 Análisis de Montecarlo, Alternativa Columnas con hormigón y pavimento de adoquín.

Columnas de hormigon

**TABLA DE CALCULO MONTECARLO - DURACIONES**

ENTREGABLES / PAQUETES DE TRABAJO / ACTIVIDADES	DURACION			MODELO	CRITICA
	OPTIMISTA	MAS DESEABLE	PESIMISTA		
1 Obras preliminares	3	5	10	uniforme	
2 Movimiento de tierras	3	5	4	uniforme	
3 Cimentaciones	18	20	30	beta	1
4 Estructura	65	71	100	beta	1
5 Cubierta	8	10	30	triangular	1
6 Paredes	20	25	30	uniforme	
7 Pisos de hormigón	24	29	34	triangular	1
8 Adoquin parqueaderos	20	30	45	triangular	
9 Cisterna	12	16	25	triangular	
10 Sistema agua potable	20	26	30	uniforme	
11 Sistema mecánico	18	19	25	triangular	
12 Sistema eléctrico	20	25	28	uniforme	
13 Sistema sanitario	15	20	24	triangular	
14 Acabados	18	20	30	uniforme	

Figura 60 Tabla de cálculo Montecarlo-Duraciones  
Fuente: Industrial BIM

bins	PDF(x)	CDF(x)
115	0.00	0.00
119	0.04	0.04
123	0.07	0.11
127	0.09	0.20
131	0.10	0.31
135	0.11	0.41
139	0.10	0.51
143	0.09	0.60
147	0.08	0.68
151	0.08	0.76
155	0.06	0.82
159	0.05	0.87
163	0.04	0.91
167	0.03	0.94
171	0.02	0.96
175	0.02	0.98
179	0.01	0.99
183	0.01	1.00
187	0.00	1.00
191	0.00	1.00
195	0.00	1.00

Figura 61 Matriz de resultados probabilísticos- Duraciones  
Fuente: Industrial BIM

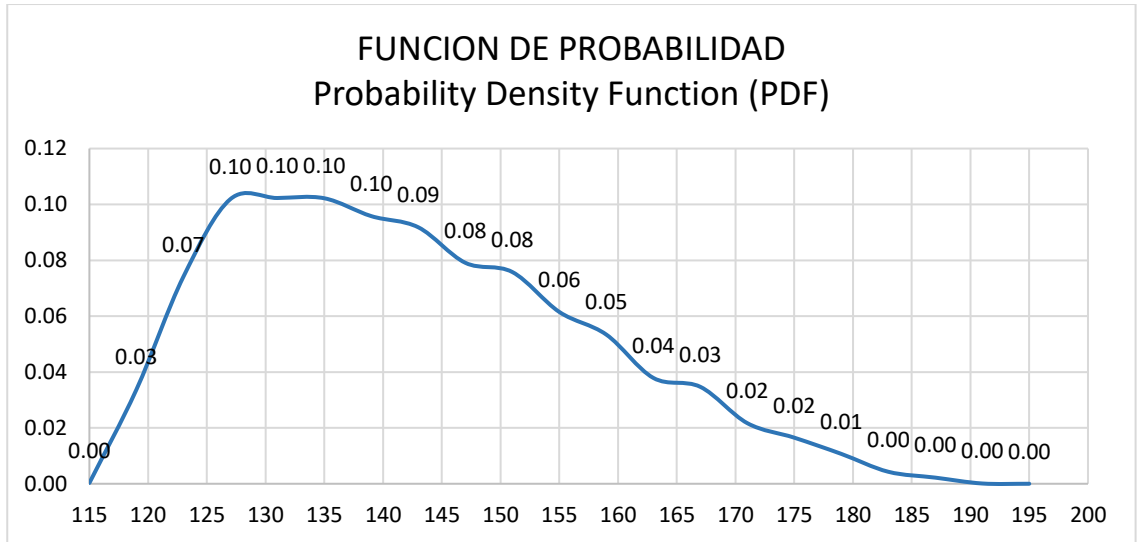


Figura 62 Probabilidad Duraciones  
Fuente: Industrial BIM

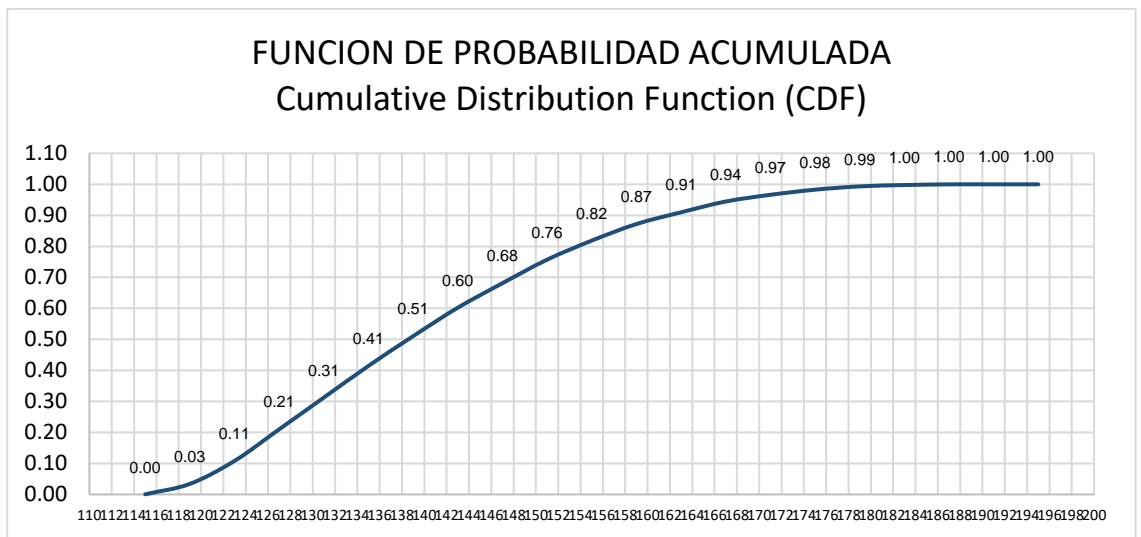


Figura 63 Probabilidad Acumulada Duraciones  
Fuente: Industrial BIM

El ensayo de Montecarlo con columnas de hormigón y adoquín en parqueaderos determina que se cumple en el 60% la duración deseada de 141 días, y con la certeza del 95% se realizará en 167 días, es decir una variación de 26 días

Columnas de hormigón

**TABLA DE CALCULO MONTECARLO - COSTOS**

	ENTREGABLES / PAQUETES DE TRABAJO / ACTIVIDADES	COSTOS			MODELO
		OPTIMISTA	MAS DESEABLE	PESIMISTA	
1	Obras preliminares	50,000	53,936	55,000	uniforme
2	Movimiento de tierras	30,000	31,348	35,000	uniforme
3	Cimentaciones	1,445,000	1,449,012	1,500,000	triangular
4	Estructura	2,790,000	2,793,569	3,000,000	beta
5	Cubierta	155,000	159,355	162,000	beta
6	Paredes	352,000	355,373	358,000	triangular
7	Pisos de hormigón	1,250,000	1,283,495	1,300,000	beta
8	Adoquín parqueaderos	260,000	266,795	275,000	triangular
9	Cisterna	580,000	585,121	590,000	triangular
10	Sistema agua potable	20,000	23,918	27,000	uniforme
11	Sistema mecánico	500,000	556,336	600,000	uniforme
12	Sistema eléctrico	500,000	505,291	550,000	uniforme
13	Sistema sanitario	75,000	79,916	82,000	triangular
14	Acabados	180,000	183,396	188,000	uniforme

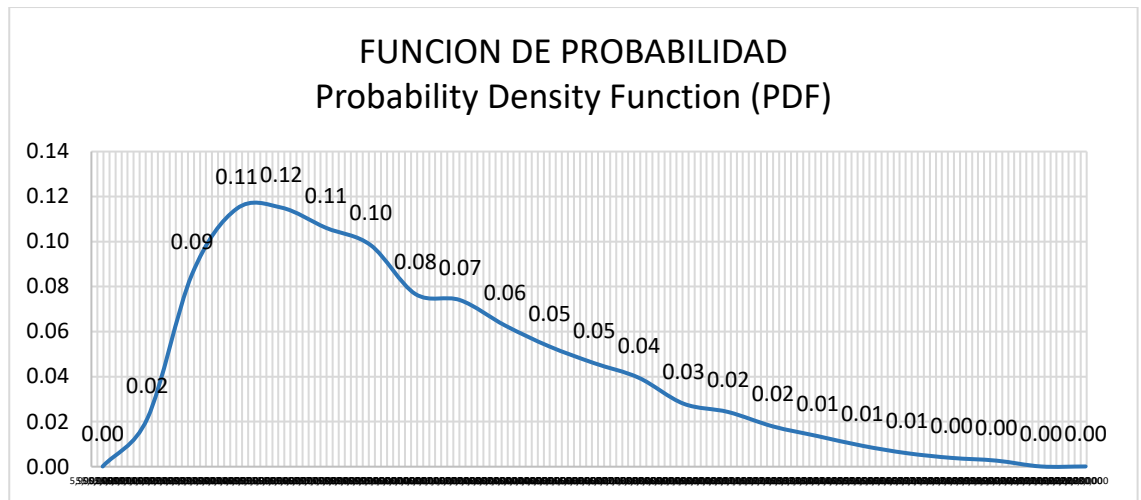
Figura 64 Tabla de cálculo Montecarlo- Costos

Fuente: Industrial BIM

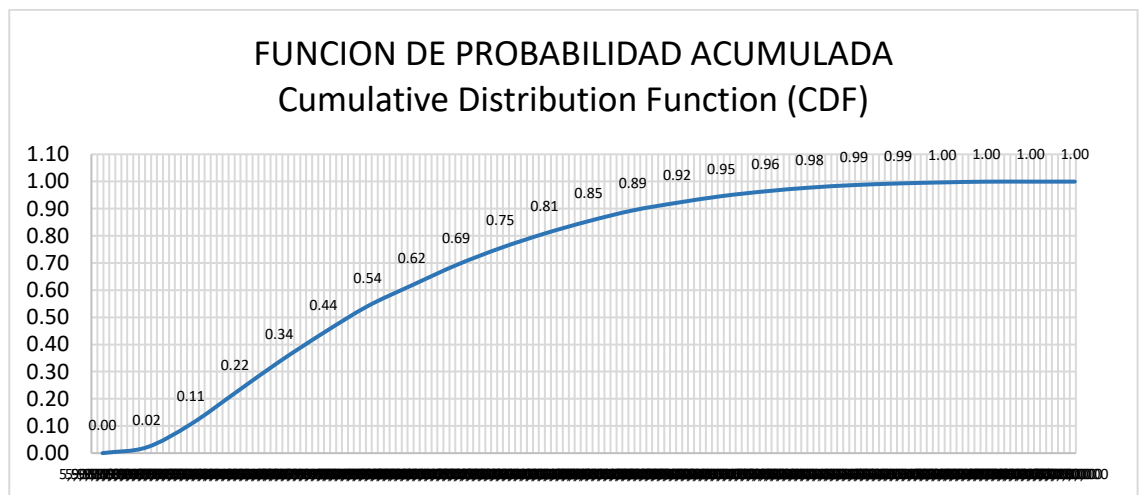
bins	PDF(x)	CDF(x)
5,903,741	0.00	0.00
5,918,555	0.02	0.02
5,933,369	0.09	0.11
5,948,183	0.11	0.22
5,962,997	0.12	0.34
5,977,811	0.11	0.44
5,992,625	0.10	0.54
6,007,439	0.08	0.62
6,022,253	0.07	0.69
6,037,067	0.06	0.75
6,051,881	0.05	0.81
6,066,695	0.05	0.85
6,081,509	0.04	0.89
6,096,323	0.03	0.92
6,111,137	0.02	0.95
6,125,951	0.02	0.96
6,140,765	0.01	0.98
6,155,579	0.01	0.99
6,170,393	0.01	0.99
6,185,207	0.00	1.00
6,200,021	0.00	1.00
6,214,835	0.00	1.00
6,229,649	0.00	1.00

Figura 65 Matriz de resultados probabilísticos- Costos

Fuente: Industrial BIM



*Figura 66 Probabilidad Costos*  
*Fuente: Industrial BIM*



*Figura 67 Probabilidad Acumulada – Costos*  
*Fuente: Industrial BIM*

En base a los datos de “Costos” de la simulación Montecarlo se concluye que del 96% se tiene comprometido un presupuesto de 6.125.951 USD, del coste estimado de 8.385.685 USD

### 7.2.3 Análisis de Montecarlo, Alternativa Columnas metálicas y pavimento asfáltico.

Columnas metalicas

**TABLA DE CALCULO MONTECARLO - DURACIONES**

	ENTREGABLES / PAQUETES DE TRABAJO / ACTIVIDADES	DURACION			MODELO	CRITICA
		OPTIMISTA	MAS DESEABLE	PESIMISTA		
1	Obras preliminares	3	5	10	uniforme	
2	Movimiento de tierras	3	5	4	uniforme	
3	Cimentaciones	18	20	30	beta	1
4	Estructura	35	37	50	beta	1
5	Cubierta	8	10	30	triangular	1
6	Paredes	20	25	30	uniforme	
7	Pisos de hormigón	24	29	34	triangular	1
8	Asfalto parqueaderos	20	28	45	triangular	
9	Cisterna	12	16	25	triangular	
10	Sistema agua potable	20	26	30	uniforme	
11	Sistema mecánico	18	19	25	triangular	
12	Sistema eléctrico	20	25	28	uniforme	
13	Sistema sanitario	15	20	24	triangular	
14	Acabados	18	20	30	uniforme	

Figura 68 Tabla de cálculo Montecarlo- Duraciones  
Fuente: Industrial BIM

bins	PDF(x)	CDF(x)
85	0.00	0.00
88	0.04	0.04
91	0.07	0.11
94	0.09	0.20
97	0.10	0.29
100	0.10	0.40
103	0.09	0.49
106	0.09	0.58
109	0.09	0.67
112	0.07	0.74
115	0.06	0.80
118	0.05	0.86
121	0.04	0.90
124	0.03	0.93
127	0.03	0.96
130	0.02	0.98
133	0.01	0.99
136	0.01	1.00
139	0.00	1.00
142	0.00	1.00
145	0.00	1.00

Figura 69 Matriz de resultados probabilísticos- Duraciones  
Fuente: Industrial BIM

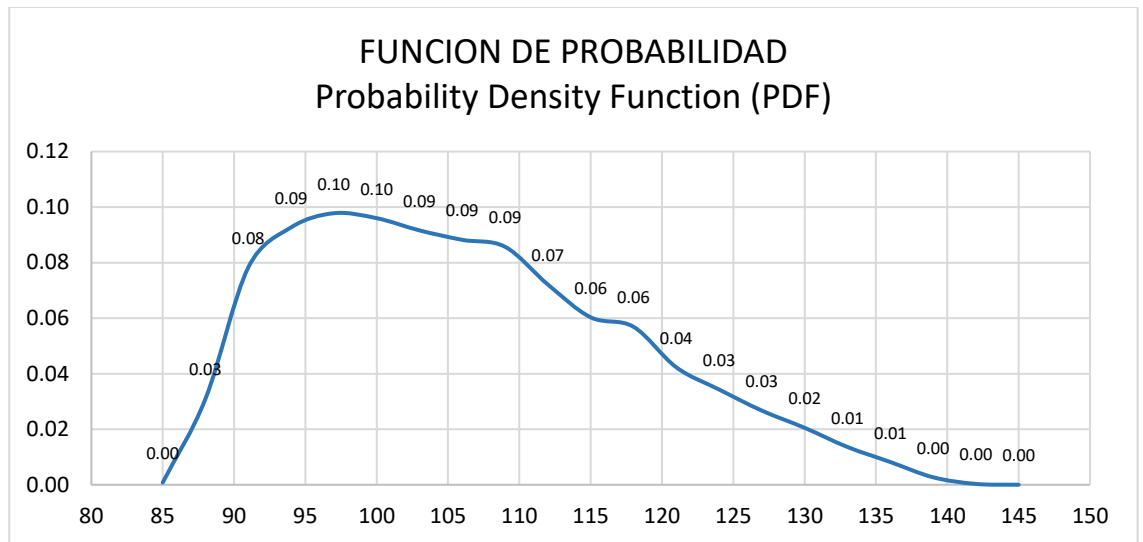


Figura 70 Probabilidad - Duraciones  
Fuente: Industrial BIM

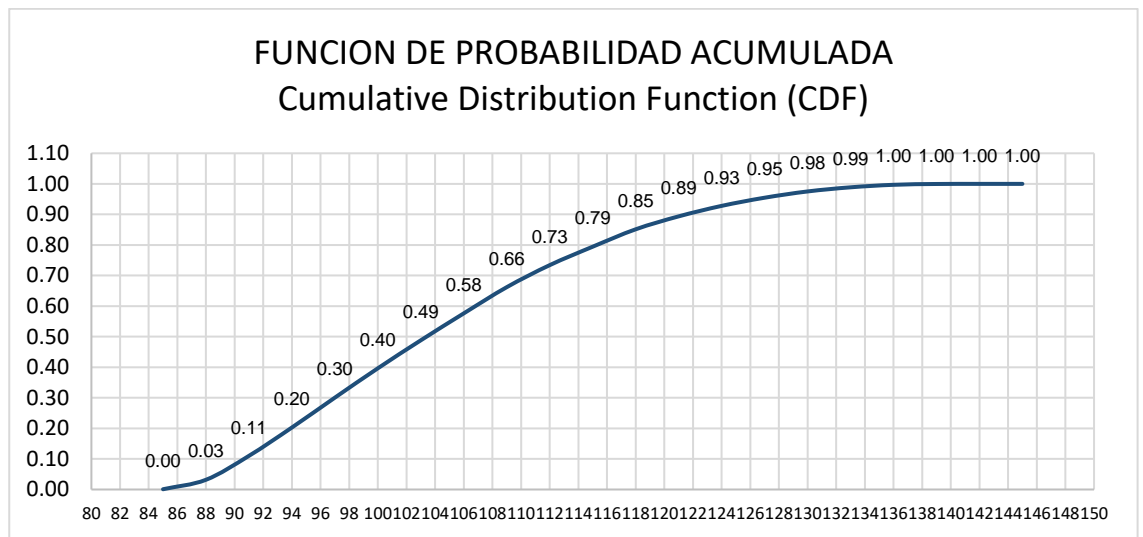


Figura 71 Probabilidad Acumulada – Duraciones  
Fuente: Industrial BIM

El ensayo de Montecarlo con columnas metálicas y pavimento asfáltico en parqueaderos determina que se cumple en el 58% la duración deseada de 105 días, y con la certeza del 96% se realizará en 127 días, es decir una variación de 22 días

Columnas metálicas

**TABLA DE CALCULO MONTECARLO - COSTOS**

	COSTOS			MODELO
	OPTIMISTA	MAS DESEABLE	PESIMISTA	
1 Obras preliminares	50,000	53,936	55,000	uniforme
2 Movimiento de tierras	30,000	31,348	35,000	uniforme
3 Cimentaciones	1,445,000	1,449,012	1,500,000	triangular
4 Estructura	2,790,000	3,019,583	3,000,000	beta
5 Cubierta	155,000	159,355	162,000	beta
6 Paredes	352,000	355,373	358,000	triangular
7 Pisos de hormigón	1,250,000	1,283,495	1,300,000	beta
8 Asfalto parqueaderos	260,000	274,408	275,000	triangular
9 Cisterna	580,000	585,121	590,000	triangular
10 Sistema agua potable	20,000	23,918	27,000	uniforme
11 Sistema mecánico	500,000	556,336	600,000	uniforme
12 Sistema eléctrico	500,000	505,291	550,000	uniforme
13 Sistema sanitario	75,000	79,916	82,000	triangular
14 Acabados	180,000	183,396	188,000	uniforme

Figura 72 Tabla de cálculo Montecarlo- Costos  
Fuente: Industrial BIM

bins	PDF(x)	CDF(x)
5,909,728	0.00	0.00
5,925,269	0.00	0.00
5,940,810	0.00	0.00
5,956,351	0.00	0.01
5,971,892	0.00	0.01
5,987,433	0.01	0.02
6,002,974	0.01	0.03
6,018,515	0.01	0.04
6,034,056	0.02	0.05
6,049,597	0.02	0.07
<b>6,065,138</b>	<b>0.02</b>	<b>0.10</b>
6,080,679	0.03	0.12
6,096,220	0.04	0.16
6,111,761	0.04	0.20
6,127,302	0.05	0.25
<b>6,142,843</b>	<b>0.07</b>	<b>0.33</b>
6,158,384	0.09	0.42
6,173,925	0.13	0.55
6,189,466	0.16	0.71
6,205,007	0.16	0.87
6,220,548	0.10	0.97
6,236,089	0.00	0.97
6,251,630	0.00	0.97

Figura 73 Matriz de resultados probabilísticos- Costos  
Fuente: Industrial BIM

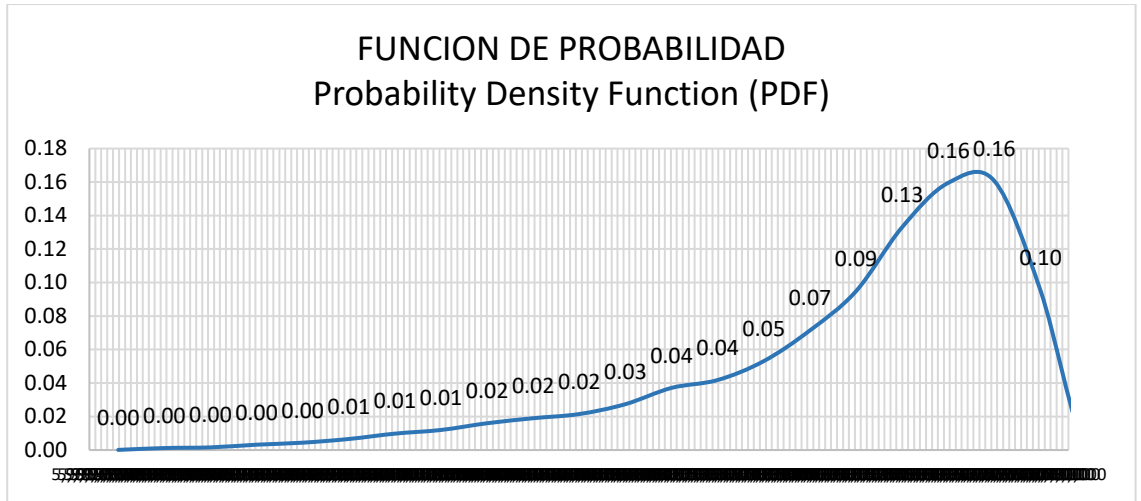


Figura 74 Probabilidad - Costos  
Fuente: Industrial BIM

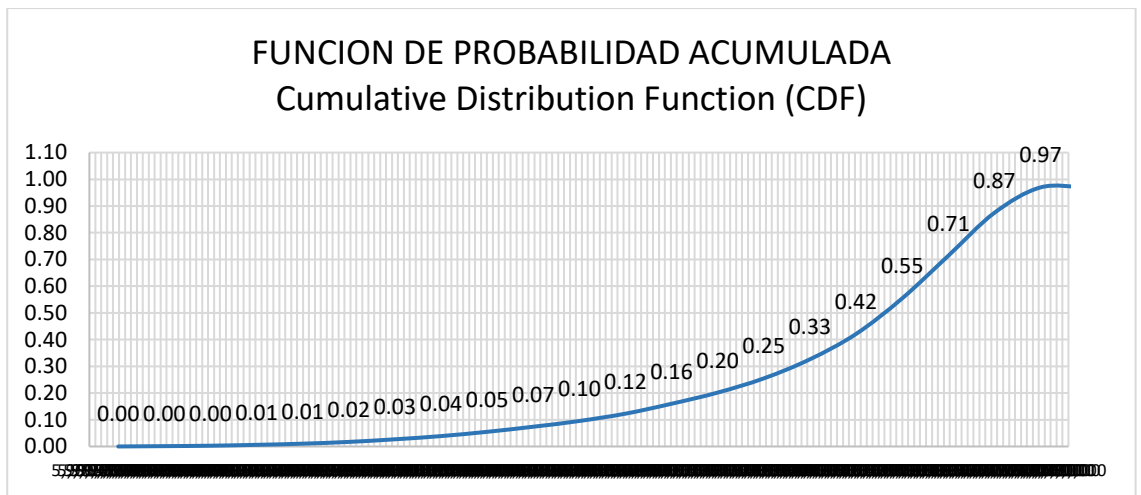


Figura 75 Probabilidad Acumulada- Costos  
Fuente: Industrial BIM

En base a los datos de “Costos” de la simulación Montecarlo se concluye que del 96% se tiene comprometido un presupuesto de 6.142.843 USD, del coste estimado de 8.538.899 USD



## Capítulo 8: Conclusiones y Recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

#### 8.1.1 Conclusiones generales

A través de la metodología BIM, se obtuvo resultados de comparativas de sistemas, se analizó la implicación de la toma de las distintas soluciones o métodos constructivos y como esto afecta en el tiempo y costo del proyecto, por lo que se concluye que es una herramienta muy acertada para reducir el factor de riesgo con respecto a las técnicas tradicionales de planificación.

Es de gran utilidad la metodología BIM, ya que en base a un sistema organizado de procesos permite tener grandes resultados, y permite realizar en cualquier región del país y del mundo el análisis completo del ciclo de vida del proyecto, genera diversas soluciones con distintos resultados en base a varios planteamientos, lo que implica ganancia en el desarrollo de la planificación y ajuste del proyecto.

#### - Modelo Coordinado

Las colisiones detectadas entre las disciplinas involucradas reflejaron los posibles problemas a presentarse durante la etapa de ejecución del ciclo de vida de un proyecto, lo que representa la afectación en el cronograma y costos implicados para su resolución.

A través del modelo federado se detectó potenciales interferencias entre las disciplinas de arquitectura, estructuras y MEP, las cuales fueron analizadas y resueltas durante la etapa de modelado, esto evitó el sobre costo y retraso en el cronograma planificado del proyecto.

La coordinación entre disciplinas permite una mejor gestión de información y minimizar los errores en la planificación de cronograma y costos del proyecto, resultando en una planificación más precisa y veraz.

#### - Simulación constructiva 4D

La simulación de la fase constructiva en el software Navisworks facilita la detección de colisiones y definición de las etapas críticas que conllevan a conflictos de interferencias.

#### - Costos o presupuestos de Arquitectura y estructura 5D

Con la implementación BIM en el proyecto ALMACÉN INDUSTRIAL se logra obtener el presupuesto general de la construcción con una certeza del 99% a lo realmente a ejecutarse en obra. Este avance se realiza con el uso del software BIM como Presto, que además de entregarnos un presupuesto nos ayuda con los: flujos de caja, asignación de recursos e informes detallados por fases constructivas del proyecto en las disciplinas de Arquitectura y Estructura.

obteniéndose adicional del costo de la construcción la optimización de recursos que está vinculado de forma directa con el tiempo y metodologías de ejecución.

#### -Comparativas y resultados justificados

La metodología BIM permite una vez determinado los presupuestos del Almacén Industrial comparar los sistemas constructivos con diferentes propuestas estructurales como son:

Modelo estructural: construcción del almacén industrial con columnas en hormigón con cerchas y columnas metálicas con cerchas. Esta comparativa se la realiza una vez concluido el 1er modelo al 100% en un tiempo de ejecución 2 días incluido planos, presupuesto y cronograma. siendo desarrollado en un tiempo

mínimo a comparación de la metodología tradicional NO BIM gracias a la versatilidad, parámetros y nivel de información establecida en el primer modelo.

Esto nos refleja un sustancial ahorro en la etapa de diseño y planificación de tiempo, costos y recursos.

Modelo Arquitectura: Se realiza la comparativa de mampostería envolvente del Almacén industrial que, a más de brindar alternativas de elección por costos, tiempo y recursos, genera propuesta de valor como el aporte al medio ambiente y beneficios a largo plazo.

La utilización de paneles fotovoltaicos como fuente de energía renovable ofrece numerosos beneficios y oportunidades. Estos dispositivos convierten la luz solar en electricidad de manera eficiente y limpia, lo que contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y al ahorro de energía

### **8.1.2 Conclusiones Rol**

- El uso de la metodología BIM permite una colaboración más eficiente y una mejor integración de los sistemas MEP en el proceso de diseño y construcción del proyecto Almacén Industrial.
- El enfoque de BIM en la creación y gestión de modelos digitales tridimensionales permite al líder MEP trabajar en un entorno virtual compartido, lo que facilita la coordinación y la detección temprana de conflictos entre los sistemas MEP y otras disciplinas.

- El uso de BIM en el rol MEP también permite el análisis y la simulación de los sistemas MEP, lo que ayuda a optimizar el rendimiento energético, la eficiencia y la sostenibilidad del edificio.
- La detección de interferencias oportuna ayuda a mejorar la eficiencia y la calidad del proyecto. Al identificar y resolver problemas antes de que se conviertan en obstáculos importantes, se evitan cambios de último minuto y retrabajos costosos.
- Las edificaciones consumen la mayor cantidad de energía de cualquier sector, son la principal fuente de incremento de CO<sub>2</sub>, responsable del cambio climático y el sector de la construcción está ligado a la economía de un país.
- Los nuevos desafíos para los actuales profesionales son construir edificaciones de Energía cero, que no consuman combustibles fósiles y que tengan cero emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente.
- Mediante el uso de herramientas tecnológicas como el software Revit y sus opciones para análisis de iluminación natural y modelación del funcionamiento energético con Insight es posible realizar modelos de edificaciones que proveen de resultados para implementar técnicas pasivas como flujo de aire, ventilación natural, mejor aprovechamiento de la luz solar y tomar mejores decisiones en cuanto a diseño y materiales.

## Capítulo 9: Referencias

BuildingSMART (2021). Guía Introducción a la ISO 19650 - España.

<https://www.buildingsmart.es/recursos/en-iso-19650>

Metodología Básica de Gestión de Proyectos - PCManagement. (n.d.).

[https://www.pcmangement.es/editorial/Managem\\_powpoin/MetodologiadeGestiondeProyectos.pdf](https://www.pcmangement.es/editorial/Managem_powpoin/MetodologiadeGestiondeProyectos.pdf)

Muñoz, E. (2022, October 13). Flujos de trabajo para la gerencia de proyectos BIM, Ciclo de vida BIM

Muñoz, E. (2022, October 13). Flujos de trabajo para la gerencia de proyectos BIM, Organización, procesos y etapas

Project Management Institute. (2017). *A guide to the Project Management Body of Knowledge: (PMBOK Guide)* (Sixth Edition). Project Management Institute.

The British Standards Institution (2023). *ISO 19650 BIM Building Information Modelling*. Madrid, España.

[https://www.bsigroup.com/es-ES/iso-](https://www.bsigroup.com/es-ES/iso-19650/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20norma%20ISO,BIM%20o%20Building%20Information%20Modelling)

[19650/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20norma%20ISO,BIM%20o%20Building%20Information%20Modelling](https://www.bsigroup.com/es-ES/iso-19650/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20norma%20ISO,BIM%20o%20Building%20Information%20Modelling)).

## **Capítulo 10: Anexos**

### **Anexo A: Modelo MEP 3D**

Ver carpeta compartida de Google drive. GRUPO 5, 4-ANEXOS, 1-MODELOS 3D - AI-INDBIM-Z1-GYE-MODELO3D-MEC-001-ALMACENINDUSTRIAL-S1-001.rvt; AI-INDBIM-GYE-MODELO3D-HIDRO-001-ALMACENINDUSTRIAL.rvt; AI-INDBIM-Z1-GYE-MODELO3D-ELEC-001-ALMACENINDUSTRIAL-S0-001.rvt