

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



“IMPLEMENTACIÓN Y MODELADO DE UN GEMELO DIGITAL DE LA INFRAESTRUCTURA DEL  
INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS”

Proyecto de grado para optar al título de licenciatura en Ingeniería Civil

**POSTULANTES:** Alcazar Nuñez Gonzalo Omar  
Moreira García Josué Misael

**TUTORES:** M.Sc. Ing. Antony Moreno Barrenechea  
M.Sc. Ing. Rubén Darío Aliendre Martínez

La Paz - Bolivia

2024



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

## AGRADECIMIENTO

Al culminar este importante proyecto de grado, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a quienes han sido pilares fundamentales en este camino.

En primer lugar, mi sincero agradecimiento al Ingeniero Miguel Muñoz Black, director de carrera, por su liderazgo y por abrirme las puertas del conocimiento en cada paso de mi formación.

A mis tutores, Ing. Antony Moreno e Ing. Rubén Aliendre, les debo gran parte del éxito de este proyecto. Gracias por sus valiosas orientaciones, por su paciencia y por compartir conmigo su experiencia y sabiduría. Extiendo también mi agradecimiento a los miembros de mi tribunal, el Ingeniero José Luis Gómez Reintsch, el Ingeniero Eduardo Ademar Pasten Girona, el Ingeniero José Augusto Díaz Benavente y el Ingeniero Carlos David España Vásquez, por su tiempo, sus observaciones y sus aportes, que han sido esenciales para el perfeccionamiento de este trabajo

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a la empresa GRABENT, por brindarme la oportunidad y los recursos necesarios para desarrollar este proyecto. Su apoyo ha sido vital para la realización de esta investigación.

A todos ustedes, mi más sincero y profundo agradecimiento.

Gonzalo Omar Alcazar Nuñez

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que me dieron el impulso para poder terminar mi proyecto de grado.

En primer lugar, agradezco al director de Carrera, Ing. Miguel Muñoz Black, por su continuo apoyo y guía a lo largo de estos años. Su dedicación y compromiso con el desarrollo académico de los estudiantes ha sido una fuente de inspiración para mí.

A mis queridos tutores, Ing. Jhon Antony Moreno Barrenechea e Ing. Ruben Dario Aliendre Martinez, les extiendo mi más profundo agradecimiento por su invaluable orientación, tiempo, paciencia y consejos durante todo el proceso. Sus conocimientos y experiencia han sido fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo.

Asimismo, agradezco a los miembros del tribunal, Ing. Jose Luis Gomez Reintsch, Ing. Eduardo Ademar Pasten Gironda, Ing. Jose Augusto Diaz Benavente e Ing. Carlos David España Vasquez, por tomarse el tiempo de evaluar mi proyecto y por sus valiosas sugerencias que han enriquecido este trabajo.

Sin duda cada uno de sus aportes fue indispensable para lograr todo este trabajo que entrego hoy y que estoy seguro que será de mucha utilidad.

Josué Misael Moreira García

## DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen de la Asunta, por su guía y protección constantes, y por darme la fuerza necesaria para llegar hasta aquí. Sin su bendición, este logro no habría sido posible.

A mis queridos padres, Gonzalo y Lourdes, quienes han sido mi inspiración y apoyo incondicional. Gracias por su amor, sus sacrificios y por creer en mí en todo momento. A mis hermanos, Pablo y Nataly, por su comprensión, compañía y ánimo en cada etapa de este proceso.

A mi querida esposa Sarahi, gracias por su apoyo, cariño y sobre todo comprensión, pieza fundamental para poder lograr este objetivo, a mi hijo Benjamin, gracias por la alegría y luz que me das, eres la fuerza necesaria para seguir adelante.

A mi compañero Josue Moreira, con su constante sacrificio y dedicación a pesar de todas las adversidades se pudo lograr culminar este proyecto.

A mis amigos de la universidad, compartir con ustedes este largo camino fue todo un privilegio, su amistad e impulso lograron que esta etapa de mi vida sea de las más lindas.

Gonzalo Omar Alcazar Nuñez

## DEDICATORIA

Quiero agradecer a Dios por la bendición de la salud y concederme el regalo de la vida. En los momentos difíciles, encuentro fortaleza al recordar este versículo:

"Ya te lo he ordenado:

¡Se fuerte y valiente! ¡No tengas miedo ni te desanimes! por que el señor tu Dios te acompañará donde quiera que vayas"

A mis padres, Jenny y Roberto, y a mis hermanos, Yharima y Felsy, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación, mostrándome que el sacrificio y perseverancia se convierten en éxito.

A mis amigos, por su comprensión, ánimo y por estar siempre a mi lado en cada etapa de este camino. Pero sobre todo a Hamil Aramayo porque son su ayuda no habría sido posible culminar este proyecto de grado.

Quiero agradecer profundamente a Gonzalo Alcazar por su generosidad, que me ha demostrado que aún hay personas bondadosas en el mundo

A mi pareja Erika, por siempre ofrecerme palabras de aliento y estar a mi lado, acompañándome en silencio con su presencia.

Esta tesis es el reflejo de todo lo que he aprendido y de las personas maravillosas que me han acompañado en este viaje.

Josué Misael Moreira García

**“IMPLEMENTACIÓN Y MODELADO DE UN GEMELO DIGITAL DE LA INFRAESTRUCTURA DEL  
INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS”**

**AUTOR:** Alcazar Nuñez Gonzalo Omar                      **C.I.** 8323629 LP                      **CEL:** 78940049

**DIRECCION:** Zona Sopocachi, calle Alberto Gutierrez No. 1907

**CORREO ELECTRONICO:** gonzaloalcazarn91@gmail.com

**AUTOR:** Moreira García Josué Misael                      **C.I.** 6739696 LP                      **CEL:** 73273275

**DIRECCION:** Zona Alto Miraflores, avenida Tejada Sorzano No. 1079

**CORREO ELECTRONICO:** jos23292@outlook.com

## **RESUMEN**

El presente proyecto realiza la implementación de un Gemelo Digital a la infraestructura ya existente del Instituto de Ensayo de Materiales de la UMSA, con el fin de tener un control de manera virtual. Aplicando un plan de mantenimiento correctivo, accediendo de forma rápida y segura a la información para la toma de decisiones; pudiendo realizar análisis más rápidos y precisos.

Se realizó la toma de datos mediante fotogrametría terrestre y aérea además de un escaneado interno de todos los ambientes del instituto, para posteriormente crear el modelado de toda la infraestructura y del Gemelo Digital utilizando la plataforma iTwin, se finalizó estableciendo un escenario de un problema de mantenimiento con el fin de realizar una comparación entre el mantenimiento correctivo tradicional y el mantenimiento correctivo aplicando el Gemelo Digital.

Se obtiene como resultado que la utilización del Gemelo Digital para el mantenimiento correctivo tiene una mejora del 59,1% en el tiempo de realización de la tarea respecto al mantenimiento correctivo tradicional.

**“IMPLEMENTATION AND MODELING OF A DIGITAL TWIN OF THE INFRASTRUCTURE OF THE MATERIALS TESTING INSTITUTE AT THE UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES.”**

**AUTHOR:** Alcazar Nuñez Gonzalo Omar                      **C.I.** 8323629 LP                      **CEL:** 78940049

**ADRESS:** Zona Sopocachi, calle Alberto Gutierrez No. 1907

**MAIL:** gonzaloalcazarn91@gmail.com

**AUTHOR:** Moreira García Josué Misael                      **C.I.** 6739696 LP                      **CEL:** 73273275

**ADRESS:** Zona Alto Miraflores, avenida Tejada Sorzano No. 1079

**MAIL:** jos23292@outlook.com

**ABSTRACT**

This project implements a Digital Twin to the existing infrastructure of the Materials Testing Institute of the UMSA, in order to have a virtual control. Applying a corrective maintenance plan, accessing quickly and safely to the information for decision making; being able to perform faster and more accurate analysis.

The data collection was carried out by means of terrestrial and aerial photogrammetry as well as an internal scanning of all the institute's environments, to later create the modeling of the entire infrastructure and the Digital Twin using the iTwin platform, it was finalized by establishing a scenario of a maintenance problem in order to make a comparison between traditional corrective maintenance and corrective maintenance applying the Digital Twin.

It is obtained as a result that the use of the Digital Twin for corrective maintenance has an improvement of 59.1% in the time of completion of the task compared to traditional corrective maintenance.



## ÍNDICE

CAPÍTULO 1 .....	14
GENERALIDADES.....	14
1.1 Introducción .....	14
1.2 Antecedentes de uso de Gemelos Digitales .....	16
1.3 Justificación .....	17
1.3.1 Justificación Social.....	17
1.3.2 Justificación Técnica.....	18
1.4 Objetivos.....	18
1.4.1 Objetivo General .....	18
1.4.2 Objetivo Específico.....	18
1.5 Alcance .....	19
1.6 Limitaciones.....	19
1.7 Metodología .....	20
1.7.1 Creación del gemelo digital .....	20
1.7.2 Aplicación del gemelo digital al mantenimiento correctivo de la infraestructura a partir de la creación de un escenario. ....	21
CAPÍTULO 2 .....	22
DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS PRIMARIOS PARA LA OBTENCIÓN DEL GEMELO DIGITAL .....	22
2.1 Definición de Gemelo digital.....	22
2.2 Gemelos Digitales en el sector de la arquitectura, ingeniería, construcción, propiedad y explotación (AECOO).....	24
2.2.1 Diseño y Construcción:.....	24
2.2.2 Operación y Mantenimiento: .....	24
2.2.3 Gestión de Activos:.....	24

2.2.4	Ciudades Inteligentes y Sostenibilidad: .....	25
2.2.5	Gestión de Proyectos de Infraestructura: .....	25
2.3	Implementación de Gemelos Digitales para Edificios Existentes.....	25
2.3.1	Beneficios de la Implementación de Gemelos Digitales en Edificios Existentes: 26	
2.3.2	Integración de Tecnologías Emergentes: Pasos para la Implementación: ..	26
2.3.3	Desafíos y Consideraciones: .....	27
2.4	Definición de la metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción). 28	
2.4.1	Principios Fundamentales de la Metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción): .....	28
2.4.2	Fases de Implementación:.....	29
2.4.3	Beneficios de la Metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción) : .....	30
2.5	Antecedentes del uso de la metodología BIM.....	30
2.6	Avance de la metodología BIM en el transcurso del tiempo .....	32
2.6.1	Fase Inicial: Conceptos y Orígenes (1960-1990): .....	32
2.6.2	Década de 1990: Emergencia de los Primeros Estándares: .....	33
2.6.3	Primeras Implementaciones Prácticas (2000-2010):.....	33
2.6.4	Expansión Global y Estándares Internacionales (2010-2020): .....	33
2.6.5	Avances Tecnológicos e Integración de IoT (2020 en adelante): .....	33
2.7	iTwin Capture Modeler .....	34
2.7.1	Características Principales:.....	34
2.7.2	Aplicaciones del Software iTwin Capture Modeler.....	35

2.8	Software Open Building Designer .....	38
2.8.1	Características Principales:.....	39
2.8.2	Datos utilizados para la creación del modelo.....	41
2.9	Software Revit .....	43
2.9.1	Características Principales:.....	44
2.9.2	Aplicaciones del Software Revit .....	45
CAPÍTULO 3 .....		49
OBTENCIÓN DE IMÁGENES Y NUBE DE PUNTOS DE LA INFRAESTRUCTURA.....		49
3.1	Información General.....	49
3.1.1	Ubicación de Estudio .....	49
3.2	Recolección de Datos.....	51
3.2.1	Fotogrametría Terrestre.....	51
3.2.2	Fotogrametría Aérea .....	53
3.2.3	Escaneo 3D de ambientes .....	62
CAPÍTULO 4 .....		66
MODELADO DEL GEMELO DIGITAL, INTERACCIÓN DE ELEMENTOS Y VINCULACIÓN DE INFORMACIÓN.....		66
4.1	Generación de modelo Fotogramétrico 3D con iTwin Capture Modeler .....	66
4.2	Modelado de la Infraestructura utilizando Open Building Designer.....	74
4.2.1	Interface de software .....	74
4.2.2	Creación de ejes .....	75
4.2.3	Creación de Niveles .....	76
4.2.4	Diseño Estructura BIM.....	76
4.2.5	Incorporación de Lozas.....	77
4.2.6	Columnas.....	79
4.2.7	Modificar la Columna .....	80

4.2.8	Vigas .....	81
4.2.9	Modificar la Viga.....	83
4.2.10	Muros .....	84
4.2.11	PUERTAS.....	88
4.2.12	Ventanas .....	90
4.2.13	Escaleras.....	92
4.2.14	Barandillas.....	93
4.3	Modelado de las instalaciones Eléctrica e Hidrosanitaria con Revit.....	95
4.3.1	Instalación Eléctrica.....	98
4.3.2	Colocación de accesorios sanitarios.....	115
4.3.3	Instalación de red de agua potable .....	119
4.3.4	Instalación de red de agua sanitaria.....	125
4.4	Plataforma iTwin.....	129
4.4.1	Sincronización .....	130
4.4.2	Introducción de datos en la plataforma iTwin.....	131
4.4.3	Configuración Visor iTwin Viewer.....	135
CAPÍTULO 5 .....		146
APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO A LA INFRAESTRUCTURA.....		146
5.1	MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA INFRAESTRUCTURA POR EL MÉTODO CONVENCIONAL.....	146
5.1.1	Referencia Normativa.....	146
5.1.2	Definiciones.....	147
5.1.3	El Mantenimiento y su vida útil.....	148
5.1.4	Necesidad de Mantenimiento .....	149

5.1.5	Ventajas del Mantenimiento.....	149
5.1.6	Frecuencia del Mantenimiento .....	151
5.1.7	Organización del Mantenimiento.....	151
5.1.8	Planificación del mantenimiento.....	151
5.1.9	Responsabilidad en el mantenimiento.....	151
5.1.10	Previsiones a considerar.....	152
5.1.11	Documentación técnica y administrativa.....	153
5.1.12	Análisis documental, inspección y dictamen técnico .....	153
5.1.13	Mantenimientos previos que se realizo .....	155
5.1.14	Condiciones Generales.....	156
5.1.15	Inspección .....	156
5.1.16	Diagnóstico.....	158
5.1.17	Instrucciones para el Mantenimiento .....	158
5.1.18	Causas para el mantenimiento.....	159
5.1.19	Obras de Mantenimiento.....	160
5.1.20	Costos de Mantenimiento.....	162
5.2	MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA INFRAESTRUCTURA CON EL GEMELO DIGITAL	
	163	
5.2.1	Descripción.....	163
5.2.2	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	165
5.2.3	EVALUACIÓN INICIAL .....	166
5.2.4	PLANIFICACION.....	169
5.2.5	PRESUPUESTO .....	172
5.2.6	ACTUALIZACION DE DATOS EN EL GEMELO DIGITAL.....	176

CAPÍTULO 6 .....	179
DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS AL MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA INFRAESTRUCTURA.....	179
6.1 DRIAGRAMA DE GANTT .....	179
6.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	182
6.2.1 CONCLUSIONES .....	182
6.2.2 RECOMENDACIONES .....	184

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> .....	49
Ubicación del Instituto de Ensayo de Materiales. ....	49
<b>Figura 2:</b> .....	50
Ubicación del instituto de Ensayo de Materiales .....	50
<b>Figura 3:</b> .....	50
Fotografía aérea del exterior del I.E.M.....	50
<b>Figura 4:</b> .....	52
Toma de fotografías terrestres .....	52
<b>Figura 5:</b> .....	52
Toma de fotografías terrestres .....	52
<b>Figura 6:</b> .....	53
Toma de fotografías terrestres .....	53
<b>Figura 7:</b> .....	54
Programa utilizado .....	54
<b>Figura 8:</b> .....	55
Ventana Inicial.....	55
<b>Figura 9:</b> .....	55
Grilla Simple .....	55
<b>Figura 10:</b> .....	56
Configuración del Drone .....	56
<b>Figura 11:</b> .....	57
Misión Guardada.....	57
<b>Figura 12:</b> .....	58
Grilla Doble.....	58
<b>Figura 13:</b> .....	59
Configuración de Drone .....	59
<b>Figura 14:</b> .....	59
Misión Guardada.....	59
<b>Figura 15:</b> .....	60
Misión circular.....	60
<b>Figura 16:</b> .....	61
Configuración de Drone .....	61
<b>Figura 17:</b> .....	61
Toma de fotografías .....	61
<b>Figura 18:</b> .....	65
Toma de datos con ayuda del escáner Matterport.....	65
<b>Figura 19:</b> .....	66
Ventana Inicial.....	66
<b>Figura 20:</b> .....	67
Ejecución de un nuevo Proyecto.....	67
<b>Figura 21:</b> .....	67
Localización de la carpeta donde será guardado el proyecto .....	67

<b>Figura 22:</b> .....	68
Pantalla de inicio para comenzar proyecto .....	68
<b>Figura 23:</b> .....	68
Nuevo Block donde se agregan las fotografías para generar el modelo 3d. ....	68
<b>Figura 24:</b> .....	69
Pestaña Photos y Add Photos.....	69
<b>Figura 25:</b> .....	69
GPS Altitud Reference .....	69
<b>Figura 26:</b> .....	70
Fotografías cargadas .....	70
<b>Figura 27:</b> .....	71
3D Reconstruction.....	71
<b>Figura 28:</b> .....	71
Modeler Engine .....	71
<b>Figura 29:</b> .....	72
Process on the Cloud.....	72
<b>Figura 30:</b> .....	73
Production definition .....	73
<b>Figura 31:</b> .....	73
Final de producción .....	73
<b>Figura 32:</b> .....	74
Interface del programa .....	74
<b>Figura 33:</b> .....	75
Creación de Ejes .....	75
<b>Figura 34:</b> .....	76
Creación de Niveles.....	76
<b>Figura 35:</b> .....	77
Pestaña de diseño de construcción.....	77
<b>Figura 36:</b> .....	78
Ventana de Losa.....	78
<b>Figura 37:</b> .....	79
Pestaña de Columna de hormigón.....	79
<b>Figura 38:</b> .....	80
Ventana de Columnas.....	80
<b>Figura 39:</b> .....	82
Pestaña de Viga de Hormigón.....	82
<b>Figura 40:</b> .....	83
Ventana de Vigas.....	83
<b>Figura 41:</b> .....	85
Ventana de Muros.....	85
<b>Figura 42:</b> .....	86
Pestaña de Formas.....	86
<b>Figura 43:</b> .....	87
Detalle de Edición de Muros .....	87
<b>Figura 44:</b> .....	88



Conexión de Muros en esquinas .....	88
<b>Figura 45:</b> .....	89
Ventana de Puertas .....	89
<b>Figura 46:</b> .....	90
Pestaña de Arquitectura – Ventana .....	90
<b>Figura 47:</b> .....	91
Ventana de Ventanas .....	91
<b>Figura 48:</b> .....	92
Pestaña de Arquitectura – Escalera.....	92
<b>Figura 49:</b> .....	93
Ventana de Escaleras .....	93
<b>Figura 50:</b> .....	94
Pestaña de Arquitectura – Barandillas .....	94
<b>Figura 51:</b> .....	95
Ventana de barandillas.....	95
<b>Figura 52:</b> .....	96
Ventana de exportación del archivo en IFC.....	96
<b>Figura 53:</b> .....	97
Pestaña de insertar .....	97
<b>Figura 54:</b> .....	97
Búsqueda del archivo IFC .....	97
<b>Figura 55:</b> .....	98
Ventana de gestión de vínculos.....	98
<b>Figura 56:</b> .....	99
Pestaña de Sistemas.....	99
<b>Figura 57:</b> .....	99
Pestaña de Sistemas – Eléctrico .....	99
<b>Figura 58:</b> .....	100
Colocación de Paneles Eléctricos .....	100
<b>Figura 59:</b> .....	101
Colocación de Tubos .....	101
<b>Figura 60:</b> .....	102
Pestaña de Aparato Electrónico – Tomacorrientes.....	102
<b>Figura 61:</b> .....	103
Colocación de los Tomacorrientes en muros .....	103
<b>Figura 62:</b> .....	103
Propiedades del Tomacorrientes .....	103
<b>Figura 63:</b> .....	104
Selección de Interruptores.....	104
<b>Figura 64:</b> .....	105
Colocación de Interruptores en los muros.....	105
<b>Figura 65:</b> .....	105
Propiedades de los Interruptores.....	105
<b>Figura 66:</b> .....	106
Pestaña de Luminarias .....	106

<b>Figura 67:</b> .....	107
Ventana de Luminarias.....	107
<b>Figura 68:</b> .....	107
Vista Superior; Colocación de Luminarias. ....	107
<b>Figura 69:</b> .....	108
Pestaña de Aparatos Eléctricos .....	108
<b>Figura 70:</b> .....	109
Ventana de Caja Octágono.....	109
<b>Figura 71:</b> .....	110
Colocación de Elementos en Muros.....	110
<b>Figura 72:</b> .....	111
Conexión de elementos mediante tubos .....	111
<b>Figura 73:</b> .....	112
Conexión de Luminarias mediante tubos.....	112
<b>Figura 74:</b> .....	113
Ventana de propiedades de tubos .....	113
<b>Figura 75:</b> .....	114
Conexiones de Elementos .....	114
<b>Figura 76:</b> .....	115
Conexión de elementos al panel principal .....	115
<b>Figura 77:</b> .....	116
Pestaña de Sistemas.....	116
<b>Figura 78:</b> .....	117
Pestaña de Fontanería .....	117
<b>Figura 79:</b> .....	118
Ventana de accesorios .....	118
<b>Figura 80:</b> .....	119
Ventana de navegador de sistemas .....	119
<b>Figura 81:</b> .....	120
Colocación de acometida .....	120
<b>Figura 82:</b> .....	121
Vista en planta del primer piso.....	121
<b>Figura 83:</b> .....	122
Vista en planta del segundo piso.....	122
<b>Figura 84:</b> .....	123
Colocación de tuberías.....	123
<b>Figura 85:</b> .....	124
Ventana de tuberías .....	124
<b>Figura 86:</b> .....	125
Ramificación de tuberías .....	125
<b>Figura 87:</b> .....	126
Generar diseño de sistema.....	126
<b>Figura 88:</b> .....	127
Colocación y conexión de caja de derivación.....	127
<b>Figura 89:</b> .....	128

Colocación y conexión de cámara de inspección .....	128
<b>Figura 90:</b> .....	129
Detalle de cámara de inspección en 3D .....	129
<b>Figura 91:</b> .....	130
Vista 3D del instituto de Ensayo de Materiales.....	130
<b>Figura 92:</b> .....	131
Página de inicio de la plataforma iTwin.....	131
<b>Figura 93:</b> .....	131
Inicio de sesión en Bentley .....	131
<b>Figura 94:</b> .....	132
Ingreso correcto al perfil de la plataforma iTwin .....	132
<b>Figura 95:</b> .....	132
Creación de un nuevo proyecto .....	132
<b>Figura 96:</b> .....	133
Creación del nuevo iModel .....	133
<b>Figura 97:</b> .....	133
Sincronización de archivos .....	133
<b>Figura 98:</b> .....	134
Búsqueda de archivos .....	134
<b>Figura 99:</b> .....	134
Carga de archivos completado .....	134
<b>Figura 100:</b> .....	135
Modelo en 3D dentro la plataforma .....	135
<b>Figura 115:</b> .....	136
Modelo en 3D dentro la plataforma .....	136
<b>Figura 116:</b> .....	137
Crear una nueva Terminal.....	137
<b>Figura 117:</b> .....	137
Código de iTwin Viewer.....	137
<b>Figura 118:</b> .....	138
Colocación del nombre la aplicación.....	138
<b>Figura 119:</b> .....	139
Búsqueda del nombre de la aplicación.....	139
<b>Figura 120:</b> .....	139
<b>Figura 121:</b> .....	140
Variables de entorno.....	140
<b>Figura 122:</b> .....	141
Ingreso a “My iTwins”. .....	141
<b>Figura 123:</b> .....	141
Pegar códigos en el programa .....	141
<b>Figura 124:</b> .....	143
Registro .....	143
<b>Figura 125:</b> .....	143
Ventana Inicial.....	143
<b>Figura 126:</b> .....	144

Copiar en el programa.....	144
<b>Figura 127:</b> .....	144
Ventana Inicial.....	144
<b>Figura 128:</b> .....	145
Inicio en el navegador con todas las funciones programadas.....	145
<b>Figura 115:</b> .....	155
Solicitud de mantenimiento correctivo.....	155
<b>Figura 116:</b> .....	157
Ambientes del segundo piso .....	157
<b>Figura 117:</b> .....	157
Ambientes del primer piso .....	157
<b>Figura 118:</b> .....	163
Búsqueda de vínculos en la plataforma iTwin .....	163
<b>Figura 119:</b> .....	164
Link de ubicación del Instituto de Ensayo de Materiales .....	164
<b>Figura 120:</b> .....	164
Ingreso al link vinculado .....	164
<b>Figura 121:</b> .....	165
Propiedades del elemento .....	165
<b>Figura 122:</b> .....	166
Inspección virtual .....	166
<b>Figura 123:</b> .....	167
Dimensionamiento de elementos .....	167
<b>Figura 124:</b> .....	167
Mediciones dentro del laboratorio .....	167
<b>Figura 125:</b> .....	168
Ingreso para lista de activos .....	168
<b>Figura 126:</b> .....	168
Lista de activos .....	168
<b>Figura 127:</b> .....	169
Ubicación del área de trabajo .....	169
<b>Figura 128:</b> .....	170
Layout de traslado del equipo.....	170
<b>Figura 129:</b> .....	170
Layout del área de trabajo para el mantenimiento.....	170
<b>Figura 130:</b> .....	171
Transpaleta manual.....	171
<b>Figura 131:</b> .....	171
Andamio .....	171
<b>Figura 132:</b> .....	172
Herramientas básicas .....	172
<b>Figura 133:</b> .....	173
Formulario B-1 .....	173
<b>Figura 134:</b> .....	174
Formulario B-1 .....	174

<b>Figura 135:</b> .....	175
Formulario B-1 .....	175
<b>Figura 136:</b> .....	176
Presupuesto .....	176
<b>Figura 137:</b> .....	177
Ficha técnica.....	177
<b>Figura 138:</b> .....	177
Ficha técnica.....	177
<b>Figura 139:</b> .....	178
Contacto de proveedor .....	178
<b>Figura 140:</b> .....	179
Diagrama de Gantt .....	179

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

La tecnología en la actualidad avanza de forma desmesurada y en el ámbito de la ingeniería esta no se ha quedado atrás.

Si bien en la mayoría de los países de Latinoamérica no se cuenta con una tecnología y economía como en un país asiático, en cuanto a maquinaria, equipos electrónicos y otros. Podemos tener un acceso a los distintos softwares y aprender a usarlos adaptándolos a nuestras necesidades.

Los softwares cada vez se desarrollan más rápido y estos se van actualizando de forma constante, al momento de buscar apoyo en un software se encuentra una lista muy amplia para cada área.

El hecho de afrontar los distintos proyectos; en su diseño, ejecución e incluso en su mantenimiento, representa grandes retos a los profesionales en el área, ya que muchas veces para tomar alguna decisión ante distintas eventualidades que se presentan a lo largo de la vida útil de la infraestructura, se debe proceder a revisar toda la documentación hasta la fecha, lo cual llegar a ser una labor muy tediosa de realizar, ya que toda la información muchas veces se encuentra en forma física, en otros casos de forma digital, pero indistintamente mientras pasa el tiempo esta información ya puede encontrarse de forma incompleta o por último llegar a perderse. Lo cual se traduce en pilas de documentos a revisar, además de entender y enlazar dicha información, sin mencionar el trámite administrativo que se debe realizar y el tiempo que conlleva para poder acceder a toda esta información.

Lo mencionado anteriormente nos muestra que el factor tiempo es muy importante en nuestro ámbito, ya que la pronta toma de decisiones y acciones hará la diferencia en los tiempos de ejecución y resultados obtenidos.

Es por esta razón que la implementación de un Gemelo Digital ayudará al fácil manejo de información de la infraestructura, así como la pronta respuesta ante distintas eventualidades que se presenten en la misma, ya que toda la información estará enlazada a un modelo 3D y se podrá simular distintos escenarios sin riesgo alguno, generando varias alternativas ante los obstáculos que se presenten a lo largo de la vida útil de la infraestructura.

En el presente proyecto se implementará el Gemelo Digital a la infraestructura del Instituto de Ensayo de Materiales (I.E.M.), con el fin de poder subsanar este problema que se presenta de manera cotidiana en el ámbito de la Ingeniería Civil.

Esta infraestructura ya se encuentra en servicio desde el 28 de agosto del 2017 por lo que toda la información física con la que se cuenta, será recopilada para luego ser digitalizada.

La digitalización se logrará con el apoyo de softwares como ser:

- Revit
- Open Building Designer.

El modelado 3D del Instituto de Ensayo de Materiales (I.E.M.), será por medio de fotografías y nube de puntos, obtenidos de distintos equipos terrestres y aéreos.

Parte de estos datos serán analizados en el software *“iTwin Capture Modeler”* que nos servirá de herramienta para realizar el modelado 3D de la parte exterior de la infraestructura.

El restante, se lo analizara mediante el software *“Matterport”*, el cual nos brindara la nube de puntos y un paseo virtual dentro de la infraestructura del Instituto de Ensayo de Materiales (I.E.M).

Finalmente se enlazará toda la información digitalizada con ayuda del software *“iTwin Analytical Synchronizer”* tener un acceso total de la misma, lo que se conoce como Gemelo Digital. Definición de Gemelo Digital

## 1.2 Antecedentes de uso de Gemelos Digitales

El uso de gemelos digitales se ha expandido globalmente en una variedad de sectores.

- **Industria Energética:**

En proyectos de generación de energía, se han implementado gemelos digitales para monitorear y gestionar activos, optimizando la eficiencia operativa y mejorando el mantenimiento predictivo.

- **Manufactura y Diseño:**

En la fabricación, los gemelos digitales se han convertido en herramientas esenciales para diseñar productos, simular procesos de producción y mejorar la eficiencia de las cadenas de suministro en una escala global

- **Ciudades Inteligentes:**

En el ámbito de las ciudades inteligentes, se han desarrollado gemelos digitales para planificar y gestionar infraestructuras urbanas, abordando desafíos como el tráfico, la gestión de residuos y la eficacia.

- **Agricultura Inteligente:**

En la agricultura, los gemelos digitales han sido aplicados para optimizar las operaciones agrícolas, monitorear condiciones climáticas, prever cosechas y gestionar recursos hídricos de manera eficiente

- **Sector Salud:**

En el sector de la salud, los gemelos digitales se han utilizado en hospitales para simular y planificar procedimientos médicos complejos, mejorando la eficiencia en la atención médica.



- **Construcción y Gestión de Activos:**

En proyectos de construcción y gestión de activos inmobiliarios, los gemelos digitales son utilizados para el diseño, la planificación y la gestión de edificios de manera más eficiente y así.

- **Minería:**

En la industria minera, los gemelos digitales han permitido la simulación de procesos, la gestión de la cadena de suministro y la optimización de operaciones mineras, contribuyendo a una mayor eficiencia y seguridad.

- **Transporte Inteligente:**

En el transporte, gemelos digitales se utilizan en todo el mundo para la planificación de rutas, la gestión de flotas y el monitoreo del tráfico, mejorando la eficiencia y la seguridad del transporte.

Estos ejemplos indican la diversidad de aplicaciones de gemelos digitales mostrando cómo esta tecnología ha sido adoptada en diversos sectores para mejorar la eficiencia operativa, la toma de decisiones y la gestión de recursos. Para obtener información más actualizada y detallada sobre proyectos específicos.

### 1.3 Justificación

#### 1.3.1 Justificación Social

El departamento de La Paz, así como en el resto del país, cuenta con infraestructuras antiguas de orden público y social, las cuales al momento de realizar un mantenimiento o refacción requieren de estudio y cuidado para no dañar los edificios continuos o la misma. También se podría aplicar como información para la construcción de nuevos edificios aledaños a estas infraestructuras.

### 1.3.2 Justificación Técnica

El Instituto de Ensayo de Materiales (I.E.M.), contiene gran cantidad equipos de laboratorio, y varios ambientes donde se desarrollan las actividades cotidianamente. El poder contar con un Gemelo Digital será de gran beneficio para realizar simulaciones de mantenimiento, refacciones y futuras ampliaciones en el edificio, para posteriormente poder plasmarlos físicamente y constructivamente si se determina que estas son viables para su ejecución.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo General

Realizar la implementación de un Gemelo Digital a una infraestructura ya existente, con el fin de tener un control de manera virtual. Aplicando un plan de mantenimiento correctivo, accediendo de forma rápida y segura a la información para la toma de decisiones; pudiendo realizar análisis más rápidos y precisos.

### 1.4.2 Objetivo Específico

- Determinar los elementos primarios para obtener el gemelo digital que permita un adecuado manejo de archivos y gestión de activos.
- Realizar el escaneo del interior de los ambientes del Instituto de Ensayo de Materiales (I.E.M.) con ayuda de un equipo de Scanner terrestre para luego ser procesado en el Software Matterport.
- Obtener imágenes de la infraestructura del Instituto de Ensayo de Materiales (I.E.M.) con ayuda del Drone y la cámara fotográfica “GoPro” para que dicha información sea procesada en el Software iTwin Capture Modeler.
- Recopilar la información sobre las instalaciones, además de los datos arquitectónicos y transferirla al software Open Building Designer.

- Enlazar los datos obtenidos por cada uno de los softwares mencionados y generar el Gemelo Digital del Instituto de Ensayo de Materiales (I.E.M.) con la herramienta iTwin Analytical Synchronizer
- Aplicar una metodología de mantenimiento correctivo de la infraestructura con ayuda del Gemelo Digital.
- Determinar el rendimiento de la metodología para la optimización de tiempo.

## 1.5 Alcance

El proyecto se desarrollará en los predios del IEM (Instituto de Ensayo de Materiales) ubicado en el campus universitario de Cota Cota de la UMSA (Universidad Mayor de San Andrés).

La recopilación de información se realizó durante la gestión 2023 a través de la UDI (Unidad Desconcentrada de Infraestructura) de la Facultad de Ingeniería.

El gemelo digital a ser desarrollado pretende contar con un paseo virtual semi autónomo con el cual facilitará la inspección ocular para futuros mantenimientos correctivos. Además, el o los elementos del Gemelo Digital estarán enlazados a documentos que brindarán la información necesaria para realizar dicho proceso. Así también como remodelaciones o ampliaciones de sus ambientes cuando estos sean necesarios, quitar alguna parte de la tabiquería para que en esta se tenga más luz y espacio o, al contrario, dividir algún ambiente el cual sea demasiado grande para el uso que se le da.

## 1.6 Limitaciones

Las limitaciones presentes en el proyecto serán a falta de equipos y dispositivos como Sensores de diferentes tipos (temperatura, humedad, presión, etc.), dispositivos de telemetría, cámaras de vigilancia, sistemas de gestión de la energía, dispositivos de geolocalización, dispositivos de medición de la calidad del aire y del agua, dispositivos de monitoreo de la seguridad los cuales tienen un alto costo para poder adquirirlos. Estos permiten monitorear los distintos elementos; ya sean estructurales, instalaciones de gas, instalaciones eléctricas y sanitarias, este

monitoreo se lo realiza las 24 horas. Es decir, que estos dispositivos nos brindan información en tiempo real y nos ayudan a tener mayor cantidad de información, llevando un registro sobre los cambios que pueda presentar el edificio en el transcurso del tiempo a lo largo de su vida útil. Incluso ayudan prevenir algún tipo de falla en alguno de estos sistemas pudiendo responder de forma oportuna y eficaz. Por otro lado, debido a la falta de instrumentos especializados para detectar aceros en estructuras de H°A° no se incluirá el acero de refuerzos en el modelo digital, tampoco se podrá contar con la información desde el inicio o concepción del proyecto como tal ya que la infraestructura se encuentra construida. Los datos recolectados serán desde el inicio de su puesta en servicio.

## 1.7 Metodología

### 1.7.1 Creación del gemelo digital

- **Obtención de imágenes y nube de puntos de la infraestructura:**

Se procederá a la recolección de imágenes del exterior del Instituto por medio del sobrevuelo de un DRONE el cual se encargará de tomar fotografías para posteriormente ser procesadas en el programa “iTwin Capture Modeler”.

Recolectar imágenes y nube de puntos del interior del Instituto por medio del scanner terrestre “Matterport”, el cual se encargará de tomar fotografías de cada ambiente del instituto en un Angulo de 360° uniendo cada punto y generando un modelo digital en 3D para posteriormente ser procesadas en el programa “OpenBuilding Designer”

- **Procesamiento de la información en los softwares:**

Con las fotografías recolectadas se elaborará un modelo 3D y la nube de puntos incrementará el detalle, la definición de los bordes y la precisión geométrica de la infraestructura.

La parte arquitectónica será realizada en el software “OpenBuilding Designer” ya que tiene compatibilidad con los datos mencionados anteriormente.

El Modelado de las instalaciones de agua potable, sanitario y eléctrico se las realizará con el software “Revit” basándonos en los planos existentes.

La información de los elementos, así como de los activos, estarán vinculados mediante enlaces a la arquitectura e instalaciones de la infraestructura y en su conjunto conformarán un Gemelo Digital el cual se lo obtendrá en la plataforma “iTwin”.

### **1.7.2 Aplicación del gemelo digital al mantenimiento correctivo de la infraestructura a partir de la creación de un escenario.**

De acuerdo a la Guía de Mantenimiento de Edificaciones elaborado por el Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda conjuntamente con el Viceministerio de Vivienda y Urbanismo, indica que para el buen funcionamiento de la infraestructura, y el desarrollo de actividades normal y efectivo dentro de las mismas; la infraestructura debe ser conservada por medio de mantenimientos, los cuales de cierta manera harán que la funcionalidad de la infraestructura continúe cumpliendo con los fines por la cual fue construida.

Una vez elaborado el Gemelo Digital se procederá a crear un escenario y simular un mantenimiento correctivo, de acuerdo a las características que presente la infraestructura.

Con los resultados obtenidos, se podrá mostrar y comparar los rendimientos de la simulación mediante el Gemelo Digital, respecto al de un mantenimiento de manera convencional.

## CAPÍTULO 2

### DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS PRIMARIOS PARA LA OBTENCIÓN DEL GEMELO DIGITAL

#### 2.1 Definición de Gemelo digital

Un "Gemelo Digital" se refiere a una réplica virtual completa de un objeto, sistema o proceso del mundo real. Este concepto se utiliza en diversas disciplinas, como la ingeniería, la fabricación, la medicina y la gestión de activos, para modelar y simular con precisión el comportamiento y las características de componentes o sistemas físicos en detalle.

Un Gemelo Digital es una representación dinámica e informatizada de un objeto, sistema o proceso del mundo real diseñada para reflejar con precisión su estructura, comportamiento y funcionalidad. Los gemelos digitales aprovechan tecnologías como el modelado 3D, la simulación, los sensores virtuales y el análisis de datos en tiempo real para permitir a los usuarios explorar y comprender en profundidad las características y el rendimiento de los elementos físicos.

Este enfoque de Gemelo Digital se basa en la recopilación, integración y procesamiento de datos de diversas fuentes, como sensores del mundo real, dispositivos de Internet de las cosas (IoT), datos históricos y modelos matemáticos. La información recopilada se utiliza para actualizar continuamente el gemelo digital, asegurando que refleje con precisión el estado actual y la condición de su contraparte física.

Los Gemelos Digitales se utilizan en diversos campos, desde la simulación de procesos de fabricación y diseño de productos hasta el seguimiento y la optimización en tiempo real de sistemas complejos. Al proporcionar representaciones detalladas y actualizadas de objetos y sistemas del mundo real, los gemelos digitales se convierten en herramientas valiosas para la toma de decisiones, el análisis del rendimiento, la predicción del comportamiento y la optimización de procesos.

- **Modelado Preciso:**

Los gemelos digitales buscan replicar las características y el comportamiento de objetos o sistemas del mundo real con la mayor precisión posible utilizando algoritmos y modelos matemáticos para capturar la estructura, función y dinámica de objetos físicos.

- **Sincronización en Tiempo Real:**

El gemelo digital se mantiene sincronizado en tiempo real. Cualquier cambio en la realidad en el objeto se refleja de inmediato en su representación virtual y viceversa, esto permite una retroalimentación constante y actualizada entre el mundo físico y el virtual.

- **Análisis y Simulación:**

Permite realizar análisis y simulaciones detalladas del comportamiento del objeto o sistema en diferentes condiciones además de facilitar la predicción de posibles escenarios y la evaluación de rendimiento bajo diversas variables.

- **Monitoreo y Diagnóstico:**

Se utiliza para monitorear el estado y el rendimiento en tiempo real del objeto. Facilita el diagnóstico de problemas, el mantenimiento predictivo y la optimización de procesos.

- **Aplicaciones Industriales:**

En la industrial, el gemelo digital puede ser utilizado para diseñar, simular y optimizar procesos de producción, en la gestión de activos, permite un control más eficiente y preciso de equipos y sistemas.

- **IoT (internet de las cosas) y Gemelos Digitales:**

En el contexto de IoT (Internet de las cosas), los gemelos digitales son fundamentales para la gestión y coordinación de dispositivos conectados, facilitando la toma de decisiones basada en

datos y la automatización de procesos. (Grieves, Michael. "Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication", 2019).

## **2.2 Gemelos Digitales en el sector de la arquitectura, ingeniería, construcción, propiedad y explotación (AECOO)**

El sector AECOO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción, Operación y Optimización) ha utilizado ampliamente los gemelos digitales para mejorar la eficiencia en todas las etapas del ciclo de vida de las infraestructuras y edificaciones, los aspectos más fundamentales son:

### **2.2.1 Diseño y Construcción:**

- Utilizar los gemelos digitales para simular la construcción de proyectos antes de iniciar la obra, esto ayuda a identificar posibles problemas, optimizar el proceso de construcción y mejorar la seguridad.
- Se utiliza para el diseño y planificación de edificaciones, estos modelos permiten a los arquitectos y diseñadores visualizar y optimizar cada aspecto antes de iniciar la construcción.

### **2.2.2 Operación y Mantenimiento:**

- Permite la monitorización en tiempo real de sistemas, la planificación de mantenimiento predictivo y la optimización de la eficiencia energética.
- Utilización de gemelos digitales para simular y optimizar operaciones diarias, por ejemplo, la gestión del flujo de personas en grandes instalaciones o la optimización del rendimiento de sistemas HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado).

### **2.2.3 Gestión de Activos:**

- Implementación de gemelos digitales para poder prever y prevenir problemas en la infraestructura.



- Gestión de Proyectos: Utilización de gemelos digitales para gestionar proyectos de construcción, optimizando la planificación, el uso de recursos y la comunicación entre los diferentes equipos involucrados.

#### **2.2.4 Ciudades Inteligentes y Sostenibilidad:**

- Dentro de la planificación urbana en el desarrollo de gemelos digitales a nivel de una ciudad para la planificación urbana sostenible, considerando aspectos como el transporte, el uso de energía y la gestión de residuos.
- Implementación de gemelos digitales para optimizar la eficiencia energética de edificios y sistemas urbanos, permitiendo una gestión más sostenible de los recursos.

#### **2.2.5 Gestión de Proyectos de Infraestructura:**

- Simulación de Proyectos de Infraestructura: Uso de gemelos digitales para simular grandes proyectos de infraestructura, como puentes, carreteras o sistemas de transporte, para evaluar el impacto y optimizar el diseño (Fei Tao, Meng Zhang, A.Y.C. Nee, "Digital Twin Driven Smart Manufacturing",2019)

### **2.3 Implementación de Gemelos Digitales para Edificios Existentes**

La integración de gemelos digitales en edificios existentes se ha convertido en una táctica fundamental en el ámbito de la arquitectura, ingeniería, construcción, propiedad y operaciones (AECOO). Esta innovación facilita una administración más efectiva de los activos, al tiempo que promueve la mejora operativa, el mantenimiento predictivo y el constante perfeccionamiento del desempeño de las estructuras.

### 2.3.1 Beneficios de la Implementación de Gemelos Digitales en Edificios Existentes:

La creación de gemelos digitales en edificios ya construidos permite una gestión de activos más precisa. La representación digital de cada componente, desde los sistemas eléctricos hasta los elementos estructurales, facilita la supervisión y planificación del mantenimiento.

Facilitan la implementación de planes de mantenimiento al modelar el comportamiento de los sistemas y analizar datos en tiempo real, es posible prever y abordar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallas críticas.

Simulan sistemas de climatización, iluminación y otros aspectos energéticos de manera detallada, lo que ayuda a encontrar oportunidades para mejorar la eficiencia energética. Se pueden implementar cambios en tiempo real para disminuir los costos y el impacto ambiental.

La visualización digital de la distribución del espacio facilita la planificación de remodelaciones y la optimización de su uso, esto es crucial para las empresas que buscan adaptar sus oficinas a nuevas formas de trabajo o mejorar la experiencia del cliente en los espacios comerciales.

### 2.3.2 Integración de Tecnologías Emergentes: Pasos para la Implementación:

- **Captura de Datos:**

Se utilizan tecnologías como el escaneo láser, la fotogrametría y la recopilación de datos de sistemas existentes para capturar datos detallados del edificio existente, esto produce una representación precisa del edificio en tres dimensiones.

- **Modelado Detallado:**

Los datos recopilados se utilizan para crear un modelo digital completo del edificio. Cada pieza, desde la estructura hasta los sistemas mecánicos, se integra al gemelo digital con la mayor precisión posible.

- **Integración de Datos en Tiempo Real:**

El gemelo digital puede representar con precisión el estado actual del edificio gracias a la integración de datos en tiempo real con ayuda de sensores y sistemas existentes. Esto facilita la toma de decisiones informadas y la monitorización continua.

- **Desarrollo de Plataformas de Gestión:**

Se están implementando plataformas de gestión que permiten a los propietarios y gestores de edificios interactuar con el gemelo digital. Las herramientas de análisis, simulación y gestión de activos suelen estar disponibles en estas plataformas.

### **2.3.3 Desafíos y Consideraciones:**

Los sistemas heredados pueden dificultar la integración con gemelos digitales. Es necesario desarrollar soluciones que permitan la captura y la conversión de datos de sistemas más antiguos.

La seguridad cibernética y la gestión de datos sensibles son aspectos importantes a tener en cuenta. Para proteger la integridad y la privacidad de la información, es esencial implementar medidas de seguridad sólidas.

Desde la captura de datos hasta el desarrollo de plataformas de gestión, la creación de gemelos digitales puede implicar costos iniciales significativos. Sin embargo, mediante la optimización de recursos y la eficiencia operativa, estos costos pueden justificarse a largo plazo.

El uso de gemelos digitales en edificios ya construidos representa un hito en la transformación digital del sector AECOO (arquitectura, ingeniería, construcción, propiedad y operaciones). Las organizaciones pueden mejorar la gestión de activos, implementar estrategias de mantenimiento predictivo y avanzar hacia un futuro donde la infraestructura existente se gestiona de manera inteligente y eficiente al utilizar tecnologías avanzadas de modelado y monitorización.

## 2.4 Definición de la metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción).

La metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción), es un enfoque integral y colaborativo para la gestión de proyectos arquitectónicos e infraestructurales desde el diseño hasta la construcción. A diferencia de las técnicas convencionales, el BIM (Modelado de Información para la Construcción) emplea modelos digitales tridimensionales que contienen información inteligente y detallada sobre cada componente del proyecto. Esto proporciona una representación virtual completa del edificio o infraestructura durante todo su ciclo de vida.

### 2.4.1 Principios Fundamentales de la Metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción):

- **Modelado Tridimensional (3D):**

El modelado tridimensional, que representa cada componente del proyecto en un entorno digital, es el núcleo de la metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción). Esto incluye datos relacionados como la geometría visual y los materiales, los costos, las propiedades estructurales y las relaciones funcionales.

- **Colaboración y Coordinación:**

Desde arquitectos e ingenieros hasta contratistas y gestores, la metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción) fomenta la colaboración entre todas las partes involucradas en un proyecto. En todas las etapas del proyecto, los modelos BIM (Modelado de Información para la Construcción) facilitan la coordinación temprana, evitando conflictos y mejorando la eficiencia.

- **Ciclo de Vida Completo:**

La metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción) abarca todo el ciclo de vida de una construcción, desde la fase conceptual y de diseño hasta la construcción, operación y eventual renovación o demolición. Esto facilita la toma de decisiones informada en cada etapa y optimiza la gestión de activos a lo largo del tiempo.

- **Información Inteligente:**

Cada elemento tiene información inteligente asociada en los modelos BIM (Modelado de Información para la Construcción), lo que permite análisis y simulaciones avanzadas. Desde la planificación de mantenimiento hasta los cálculos de energía, la información integrada mejora la eficiencia y la precisión de los procesos.

- **Estándares y Protocolos:**

Los estándares y protocolos que garantizan la interoperabilidad entre plataformas y herramientas son beneficiosos para la metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción). El estándar abierto IFC (Industry Foundation Classes) y la norma ISO 19650 para la gestión de la información en la construcción son ejemplos.

#### 2.4.2 Fases de Implementación:

- **Pre - proyecto (Pre-BIM):**

En esta fase, se establecen los objetivos del proyecto y se definen los protocolos. Se recopilan datos iniciales y se decide la estrategia a seguir.

- **Diseño y Desarrollo:**

Se crea el modelo BIM (Modelado de Información para la Construcción), integrando información detallada sobre el diseño, estructura y sistemas. Se fomenta la colaboración entre equipos multidisciplinarios para optimizar el diseño y prevenir conflictos.

- **Construcción y Operación:**

Durante la fase de construcción, el modelo BIM (Modelado de Información para la Construcción) se utiliza para planificar y ejecutar la obra. Luego, el modelo se convierte en una herramienta de gestión de activos durante la fase de operación, facilitando el mantenimiento y la toma de decisiones informada.

### 2.4.3 Beneficios de la Metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción) :

- **Mejora de la Colaboración:** Promueve la colaboración entre equipos, reduciendo la probabilidad de errores y conflictos durante la ejecución del proyecto.
- **Optimiza el diseño:** La información detallada en el modelo BIM permite optimizar el diseño y realizar análisis avanzados para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del proyecto.
- **Reducción de errores y cambios:** La detección temprana de conflictos y la precisión en la planificación resultan en menos cambios durante la construcción, reduciendo costos y retrasos.
- **Gestión Eficiente de Activos:** Facilita la gestión eficiente de activos durante la fase operativa, mejorando el mantenimiento, la eficiencia energética y la toma de decisiones informada. (Hardin Brad, Dave McCool, "BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows", 2015)

### 2.5 Antecedentes del uso de la metodología BIM

La metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción) se ha vuelto fundamental en diversas áreas de la construcción y gestión de infraestructuras debido a su capacidad para mejorar la eficiencia, reducir costos y fomentar la colaboración. Algunas de las áreas principales donde se puede utilizar la metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción) son:

- **Arquitectura:** Se utiliza en la fase de diseño arquitectónico para modelar de manera tridimensional edificaciones, incorporando detalles precisos sobre la geometría, materiales y características estéticas. Esto facilita la visualización, la optimización del diseño y la presentación de propuestas.

- **Ingeniería Estructural:** En ingeniería estructural, ayuda a modelar y analizar elementos como columnas, vigas y cimientos. Permite la simulación de cargas y la optimización de estructuras, contribuyendo a la seguridad y eficiencia estructural.
- **Ingeniería MEP (Mecánica, Eléctrica y Fontanería):** Se aplica en la planificación y diseño de sistemas MEP (Mecánica, Eléctrica y Fontanería). Modela sistemas eléctricos, mecánicos y de fontanería, facilitando la coordinación entre disciplinas y optimizando la eficiencia de los sistemas en la construcción y operación.
- **Construcción:** En la construcción, se utiliza para planificación y programación detallada. Permite la simulación de procesos constructivos, la gestión de recursos y la detección temprana de conflictos, reduciendo retrasos y costos.
- **Gestión de Proyectos:** Implementa en la gestión integral de proyectos, facilitando la coordinación entre equipos multidisciplinarios. Los modelos BIM se convierten en herramientas centrales para la comunicación y toma de decisiones informada.
- **Operación y Mantenimiento:** En la fase operativa, se convierte en una herramienta de gestión de activos. Facilita el mantenimiento predictivo, la gestión de espacios y el seguimiento en tiempo real del rendimiento de los sistemas.
- **Infraestructuras y Obras Civiles:** Se aplica en proyectos de infraestructuras, como carreteras, puentes y túneles, para modelar y coordinar elementos clave. Facilita la planificación, construcción y gestión a largo plazo de estas estructuras.
- **Ciudades Inteligentes:** En el ámbito de las ciudades inteligentes, se utiliza para la planificación urbana sostenible. Modela no solo edificaciones, sino también la infraestructura urbana, facilitando la gestión eficiente de recursos y la toma de decisiones a nivel de ciudad.

- **Diseño de Interiores:** Se aplica en el diseño de interiores, permitiendo la visualización detallada de espacios internos y la coordinación con el diseño arquitectónico. Facilita la planificación de mobiliario y sistemas internos.
- **Educación y Formación:** Se utiliza como herramienta educativa para enseñar conceptos de diseño, construcción y gestión de proyectos en instituciones académicas y programas de formación profesional

Estas áreas demuestran la versatilidad de la metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción), abarcando desde la fase de diseño hasta la gestión operativa de edificaciones e infraestructuras. Su aplicabilidad en diversas disciplinas ha contribuido significativamente a la transformación digital en el sector de la construcción. (Nawari O. Nawari, Michel Kuenstle, "Building Information Modeling: Framework for Structural Design.", 2015)

## 2.6 Avance de la metodología BIM en el transcurso del tiempo

Desde sus inicios hasta la actualidad, la Metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción) ha experimentado una notable evolución, transformando la industria de la construcción y gestión de infraestructuras.

### 2.6.1 Fase Inicial: Conceptos y Orígenes (1960-1990):

El concepto de la metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción) se desarrolló por primera vez en la década de 1960, pero su implementación práctica comenzó a tomar forma en las décadas posteriores. Los profesionales de la construcción comenzaron a considerar la idea de utilizar modelos digitales para representar información arquitectónica y estructural durante este período inicial. La base de su crecimiento fue la tecnología de computadoras y el diseño asistido por computadora (CAD).



### **2.6.2 Década de 1990: Emergencia de los Primeros Estándares:**

Los primeros estándares para la implementación de BIM (Modelado de Información para la Construcción) surgieron en la década de 1990. El Instituto Americano de Arquitectos (AIA) y el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) han establecido normas y definiciones para la metodología BIM. Estos esfuerzos pusieron las bases para la interoperabilidad y la estandarización futuras.

### **2.6.3 Primeras Implementaciones Prácticas (2000-2010):**

Se produjo una transición de la teoría a la práctica durante la primera década del siglo XXI. Las grandes empresas de arquitectura, ingeniería y construcción están gradualmente adoptando BIM en sus proyectos. Las primeras plataformas comerciales de software BIM (Modelado de Información para la Construcción) comenzaron a demostrar cómo funciona la metodología para mejorar la colaboración y la coordinación entre equipos multidisciplinarios.

### **2.6.4 Expansión Global y Estándares Internacionales (2010-2020):**

La década de 2010 vio una rápida expansión mundial del BIM (Modelado de Información para la Construcción). El mundo adoptó la metodología y estableció estándares nacionales. Además, estándares abiertos como Industry Foundation Classes (IFC), que mejoran la interoperabilidad entre plataformas, fueron promovidos por organizaciones globales como BuildingSMART.

### **2.6.5 Avances Tecnológicos e Integración de IoT (2020 en adelante):**

A medida que entramos en la década de 2020, BIM (Modelado de Información para la Construcción) sigue avanzando junto con los avances tecnológicos y la integración de Internet de las cosas (IoT). La capacidad de incorporar sensores y dispositivos conectados en los modelos BIM ha hecho que los enfoques de gestión de activos y operación de edificaciones e infraestructuras sean más integrales. (Dana K. Smith, Michael Tardif, "Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide", 2009)

## 2.7 iTwin Capture Modeler

“*iTwin Capture Modeler*”, desarrollado por Bentley Systems, es un software avanzado de modelado 3D que permite la creación de modelos tridimensionales realistas a partir de imágenes y datos de escaneo. Este software es valioso en una variedad de campos, incluyendo la ingeniería civil, la arquitectura, la topografía y la gestión de activos.

### 2.7.1 Características Principales:

- Fotogrametría Avanzada:

“*iTwin Capture Modeler*”, utiliza técnicas de fotogrametría avanzada para procesar imágenes 2D y generar modelos 3D precisos. Puede trabajar con imágenes aéreas, terrestres o incluso capturadas por vehículos no tripulados (drones).

- Proceso Automatizado:

La aplicación automatiza gran parte del proceso, desde la importación de imágenes hasta la creación del modelo final. Esto acelera significativamente la generación de modelos 3D, mejorando la eficiencia del flujo de trabajo.

- Integración de Datos de Escaneo LIDAR:

“*iTwin Capture Modeler*”, es capaz de integrar datos de escaneo láser (LIDAR) para mejorar la precisión y la resolución del modelo, especialmente en entornos urbanos o complejos.

- Modelado Híbrido:

Permite la combinación de datos de imágenes y escaneo para lograr un modelado híbrido, aprovechando lo mejor de ambos mundos para obtener resultados más completos y detallados.

- Visualización Interactiva:

La plataforma ofrece herramientas de visualización interactiva que permiten a los usuarios explorar y analizar los modelos generados. Esto es esencial para la toma de decisiones informada en proyectos de diseño y construcción.

- Compatibilidad con Formatos de Datos Estándar:

*“iTwin Capture Modeler”*, es compatible con una amplia variedad de formatos de datos estándar en la industria, lo que facilita la integración con otras herramientas de diseño y análisis.

### 2.7.2 Aplicaciones del Software iTwin Capture Modeler

- Planificación Urbana:

*“iTwin Capture Modeler”*, es valioso para la planificación urbana al permitir la creación de modelos detallados de áreas urbanas, facilitando la toma de decisiones relacionadas con el desarrollo y la infraestructura.

- Ingeniería Civil:

En proyectos de ingeniería civil, el software se utiliza para crear modelos precisos del terreno, lo que ayuda en la planificación y ejecución de proyectos de construcción.

- Gestión de Activos:

*“iTwin Capture Modeler”*, se emplea en la gestión de activos al proporcionar modelos 3D detallados de instalaciones industriales, plantas de energía, entre otros.

- Diseño Arquitectónico:

Los arquitectos utilizan este software para crear representaciones 3D realistas de estructuras, facilitando la visualización y comunicación del diseño.

La fotogrametría terrestre es una técnica utilizada para medir y mapear objetos y entornos tridimensionales a partir de fotografías tomadas desde el nivel del suelo. Este método se basa en la geometría de la visión estereoscópica, aprovechando la información contenida en las imágenes capturadas desde diferentes puntos de vista.

**Captura de Imágenes:** Se toman fotografías de un objeto o área desde diferentes posiciones y ángulos, asegurando una cobertura adecuada para lograr una visión tridimensional completa.

**Puntos de Referencia:** Para calcular las dimensiones y la posición precisa de los objetos en el espacio, se utilizan puntos de referencia conocidos, llamados puntos de control, que deben ser identificables en todas las imágenes.

**Estereoscopía:** La información tridimensional se extrae comparando las imágenes estereoscópicas, es decir, las tomadas desde posiciones ligeramente diferentes. Este método aprovecha la disparidad entre las imágenes para calcular la distancia y la elevación de los objetos.

**Modelado Tridimensional:** Con la información recopilada, se crea un modelo tridimensional del objeto o área. Este modelo puede representar la forma y la posición precisa de los elementos capturados.

**Aplicaciones:** La fotogrametría terrestre se utiliza en diversos campos, como topografía, arquitectura, ingeniería, conservación del patrimonio, agricultura y más. Permite obtener mediciones precisas, generar mapas detallados y modelar entornos con gran exactitud.

**Equipamiento:** Para llevar a cabo la fotogrametría terrestre, se utilizan cámaras digitales de alta resolución, trípodes para estabilidad, y a veces se emplean técnicas de medición adicionales, como láser escáner o estaciones totales, para mejorar la precisión.

La fotogrametría terrestre es una herramienta valiosa para obtener información precisa y detallada sobre la forma y las dimensiones de objetos y áreas, brindando aplicaciones prácticas en diversas disciplinas.

Para recolectar datos para el software *“iTwIn Capture Modeler”*, es esencial contar con equipos que capturen imágenes y, en algunos casos, datos de escaneo láser (LIDAR). Aquí hay algunas opciones comunes:

#### 2.7.2.1 Cámaras Fotográficas:

- Cámaras Aéreas:

Drones equipados con cámaras de alta resolución son ideales para la captura de imágenes aéreas.

- Cámaras Terrestres:

Cámaras profesionales de alta resolución montadas en trípodes, vehículos o dispositivos móviles.

#### 2.7.2.2 Drones:

Drones (o vehículos aéreos no tripulados) son una opción popular para la captura de imágenes aéreas. Pueden ser equipados con cámaras y, en algunos casos, sensores LIDAR para obtener datos más precisos.

#### 2.7.2.3 Escáneres LIDAR:

Dispositivos de escaneo láser, como sensores LIDAR, pueden utilizarse para capturar datos precisos de la superficie del terreno. La integración de estos datos con las imágenes mejora la calidad del modelo 3D.

#### 2.7.2.4 Cámaras Esféricas (360 grados):

Cámaras que capturan imágenes en 360 grados son útiles para capturar información completa de un entorno en todas las direcciones.

#### 2.7.2.5 Vehículos Equipados con Cámaras:

Vehículos terrestres equipados con cámaras pueden utilizarse para la captura de datos en entornos urbanos o áreas inaccesibles a drones.

#### 2.7.2.6 Estaciones Totales:

Estaciones totales son instrumentos topográficos que miden distancias y ángulos con precisión. Pueden utilizarse para la recopilación de datos topográficos detallados.

#### 2.7.2.7 Dispositivos Móviles:

Algunos proyectos pueden utilizar teléfonos inteligentes o tabletas con cámaras de alta resolución para capturar imágenes, especialmente en entornos más pequeños o controlados.

Es importante asegurarse de que los equipos utilizados sean compatibles con los requisitos del proyecto y que las imágenes capturadas tengan la resolución y calidad necesarias para generar modelos 3D precisos. Además, la planificación cuidadosa de la ubicación de las tomas y la superposición adecuada de imágenes son aspectos clave para obtener resultados óptimos con el software: *"iTwin Capture Modeler"*.

(<https://bentleysystems.com/es/products/brands/itwincapturemodeler>)

## 2.8 Software Open Building Designer

Open Building Designer es una potente plataforma de modelado de información de construcción (BIM) desarrollada por Bentley Systems. Diseñada para profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC), Open Building Designer ofrece un enfoque integral para el diseño, análisis y documentación de proyectos arquitectónicos y de construcción.

Open Building Designer se destaca como una solución integral que aborda las complejidades del diseño arquitectónico y de construcción en la era BIM, mejorando la eficiencia, la colaboración y la toma de decisiones informadas en todos los aspectos del proceso de construcción.

### 2.8.1 Características Principales:

- Modelado 3D BIM:

Open Building Designer permite la creación de modelos 3D paramétricos que abarcan toda la edificación, incorporando información detallada sobre geometría, materiales y componentes.

- Diseño Multidisciplinario:

Facilita la colaboración entre equipos de diferentes disciplinas, como arquitectura, estructuras, mecánica, electricidad y fontanería (MEP), permitiendo un flujo de trabajo integrado.

- Análisis Integrado:

Ofrece herramientas integradas para el análisis estructural, energético y sostenible. Esto permite a los usuarios evaluar el rendimiento del edificio en diversas áreas antes de la construcción.

- Documentación Automatizada:

Genera automáticamente planos, secciones, elevaciones y otros documentos a partir del modelo BIM, mejorando la eficiencia en la creación de documentos de construcción.

- Gestión de Cambios:

Facilita la gestión y el seguimiento de los cambios en el diseño a lo largo del ciclo de vida del proyecto, mejorando la coordinación y la toma de decisiones.

- Colaboración en Tiempo Real:

Permite la colaboración en tiempo real entre equipos distribuidos geográficamente a través de la nube, lo que agiliza la comunicación y la revisión de diseños. Integración con Otros Productos Bentley:

Se integra de manera fluida con otras soluciones de Bentley Systems, como MicroStation y ProjectWise, proporcionando un ecosistema completo para el diseño y la gestión de proyectos.

- Diseño de Sistemas MEP:

Incluye herramientas específicas para el diseño de sistemas mecánicos, eléctricos y de fontanería, permitiendo una integración sin problemas de servicios en el modelo BIM.

- Simulación Energética:

Permite realizar simulaciones energéticas para evaluar el rendimiento ambiental y la eficiencia energética del edificio, contribuyendo a decisiones informadas sobre sostenibilidad.

- Compatibilidad con Estándares BIM:

Cumple con estándares y protocolos BIM reconocidos a nivel internacional, lo que facilita la interoperabilidad con otras plataformas y la adopción global.

- Diseño Arquitectónico Integral:

Open Building Designer es utilizado para el diseño detallado de edificaciones, desde la concepción hasta la documentación.



- Proyectos de Ingeniería Civil:

Se aplica en proyectos de ingeniería civil para modelar infraestructuras complejas y coordinar diferentes disciplinas.

- Construcción Sostenible:

Ayuda en la planificación y ejecución de proyectos sostenibles al proporcionar herramientas de análisis y simulación.

- Proyectos MEP:

Es esencial para el diseño de sistemas mecánicos, eléctricos y de fontanería en edificaciones, garantizando una integración eficiente.

- Gestión de Activos:

Contribuye a la gestión eficaz de activos al proporcionar información detallada y actualizada sobre la edificación incluso después de la construcción.

### 2.8.2 Datos utilizados para la creación del modelo

Open Building Designer utiliza una variedad de datos para crear modelos de información de construcción (BIM). Estos datos son esenciales para representar con precisión la geometría, los materiales y otros aspectos de un proyecto de construcción. Algunos de los datos clave que el software puede utilizar incluyen:

- Geometría del Edificio:

Datos geométricos precisos que definen la forma y la estructura del edificio. Esto incluye información detallada sobre paredes, suelos, techos, ventanas, puertas y otros elementos arquitectónicos.

- Propiedades de los Materiales:

Información sobre las propiedades físicas y visuales de los materiales utilizados en la construcción. Esto puede incluir texturas, colores, reflectividad, opacidad, entre otros.

- Componentes MEP (Mecánicos, Eléctricos y Fontanería):

Datos relacionados con los sistemas mecánicos, eléctricos y de fontanería en el edificio. Esto abarca desde conductos y cableado hasta tuberías y equipos asociados.

- Datos Estructurales:

Información sobre la estructura del edificio, como columnas, vigas, losas y cimientos. Puede incluir propiedades estructurales, cargas y detalles de conexión.

- Información Topográfica:

Datos topográficos del entorno que rodea el edificio. Esto es crucial para proyectos que requieren una comprensión detallada del terreno y su impacto en el diseño.

- Información de Costos y Programación:

Datos relacionados con los costos de construcción y la programación del proyecto. Esto puede ayudar en la gestión de presupuestos y plazos.

- Datos de Usuarios y Ocupantes:

Información sobre el uso previsto del edificio y las necesidades de los ocupantes. Esto puede influir en el diseño de interiores y en las consideraciones de accesibilidad.

- Datos de Diseño Paramétrico:

Parámetros que definen el comportamiento de los elementos del modelo. Estos pueden incluir restricciones dimensionales, reglas de diseño y relaciones paramétricas.

- Datos de Documentación:

Información necesaria para la generación automática de documentos de construcción, como planos, secciones y elevaciones.

- Datos Contextuales y de Ubicación:

Datos sobre la ubicación geográfica del proyecto y su contexto urbano o natural, lo que puede afectar el diseño y los requisitos reglamentarios.

Estos datos son esenciales para crear modelos BIM completos y precisos que no solo representen la geometría del edificio, sino también proporcionen información valiosa para el análisis, la simulación y la gestión del proyecto a lo largo de su ciclo de vida. La interoperabilidad de Open Building Designer con otras herramientas y estándares BIM permite una colaboración eficiente y la integración de datos desde diversas fuentes. (<https://bentleysystems.com/es/products/brands/openbuilding>).

## 2.9 Software Revit

Revit es una plataforma de modelado de información de construcción (BIM) desarrollada por Autodesk. Es ampliamente utilizado en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) para el diseño, documentación, análisis y gestión de proyectos de construcción. Revit se centra en un enfoque integral del diseño, permitiendo a los profesionales colaborar en un entorno digital tridimensional.

Revit se destaca por su enfoque holístico del diseño y la construcción, permitiendo a los profesionales de la AEC colaborar eficientemente en un entorno BIM compartido y brindando herramientas específicas para cada disciplina involucrada en el proyecto de construcción.

### 2.9.1 Características Principales:

- Modelado BIM Tridimensional:

Revit permite la creación de modelos BIM 3D que contienen información detallada sobre la geometría, los materiales y los componentes del edificio.

- Diseño Integrado:

Facilita el diseño multidisciplinario, permitiendo a arquitectos, ingenieros estructurales y profesionales MEP colaborar en el mismo modelo compartido.

- Familias y Componentes Paramétricos:

Utiliza familias y componentes paramétricos que se pueden personalizar para representar elementos específicos y ajustar sus propiedades según necesidades cambiantes.

- Análisis Energético:

Incluye herramientas para realizar análisis energéticos que evalúan el rendimiento sostenible del edificio y permiten tomar decisiones informadas sobre eficiencia energética.

- Documentación Automatizada:

Genera automáticamente planos, secciones, elevaciones y otros documentos a partir del modelo BIM, garantizando coherencia y precisión en la documentación del proyecto.

- Colaboración en Tiempo Real:

Facilita la colaboración en tiempo real entre equipos distribuidos geográficamente, lo que mejora la coordinación y la eficiencia del proyecto.

- Renderización y Visualización:

Ofrece capacidades avanzadas de renderización y visualización que permiten crear imágenes realistas y presentaciones impactantes del diseño.

- Gestión de Cambios:

Permite gestionar y realizar un seguimiento de los cambios en el diseño a lo largo del tiempo, mejorando la gestión del proyecto y la coordinación entre disciplinas.

- Compatibilidad con Estándares de la Industria:

Cumple con estándares y protocolos BIM reconocidos a nivel internacional, lo que facilita la interoperabilidad con otras plataformas y herramientas.

- Construcción Virtual:

Facilita la simulación de la construcción virtual, permitiendo a los equipos entender y planificar la secuencia de construcción y detectar posibles conflictos antes de la construcción física.

## 2.9.2 Aplicaciones del Software Revit

- Diseño Arquitectónico:

Revit se utiliza para el diseño detallado de edificaciones, desde la conceptualización hasta la documentación final.

- Ingeniería Estructural:

Los ingenieros estructurales utilizan Revit para modelar la estructura del edificio y realizar análisis estructurales.

- Diseño MEP:

Se aplica en el diseño de sistemas mecánicos, eléctricos y de fontanería, permitiendo la coordinación de servicios en el mismo modelo.

- Planificación y Simulación Energética:

Revit facilita la evaluación del rendimiento energético y la planificación de estrategias sostenibles desde las primeras etapas del diseño.

- Gestión de Proyectos:

Sirve como una herramienta integral para la gestión de proyectos, desde la planificación hasta la construcción y la operación.

Revit utiliza una amplia gama de datos para crear modelos de información de construcción (BIM). Estos datos son fundamentales para representar con precisión la geometría, los materiales y otros aspectos de un proyecto de construcción en un entorno digital. Aquí hay algunos de los tipos de datos que Revit utiliza:

- Geometría del Modelo:

Información tridimensional que representa la forma y la estructura del edificio, incluyendo paredes, suelos, techos, ventanas, puertas y otros elementos arquitectónicos.

- Propiedades de los Materiales:

Datos relacionados con las propiedades físicas y visuales de los materiales utilizados en el proyecto, como texturas, colores, reflectividad, opacidad, entre otros.

- Familias Paramétricas:

Revit utiliza familias paramétricas para representar componentes específicos, como mobiliario, luminarias y equipos. Estas familias son objetos inteligentes con propiedades y parámetros que pueden ser ajustados.

- Datos MEP (Mecánicos, Eléctricos y Fontanería):

Información detallada sobre los sistemas mecánicos, eléctricos y de fontanería en el edificio, incluyendo conductos, tuberías, cables, equipos y accesorios.

- Datos Estructurales:

Información sobre la estructura del edificio, como columnas, vigas, losas y cimientos. Incluye propiedades estructurales y detalles de conexión.

- Información Topográfica:

Datos topográficos del terreno circundante, lo que permite integrar el proyecto con el entorno natural.

- Datos Climáticos:

Información sobre las condiciones climáticas locales, que puede ser utilizada para análisis energéticos y evaluaciones de rendimiento ambiental.

- Datos de Diseño Paramétrico:

Parámetros que definen el comportamiento de los elementos del modelo. Estos pueden incluir restricciones dimensionales, relaciones paramétricas y reglas de diseño.

- Datos de Usuarios y Ocupantes:

Información sobre el uso previsto del edificio y las necesidades de los ocupantes, lo que influye en el diseño de interiores y en las consideraciones de accesibilidad.

- Datos de Análisis Energético:

Datos relacionados con la eficiencia energética del edificio, que se utilizan para realizar análisis y simulaciones energéticas.

- Datos de Documentación:

Información necesaria para la generación automática de documentos de construcción, como planos, secciones y elevaciones.

- Datos de Programación y Costos:

Información relacionada con la planificación del proyecto, costos y presupuestos, que ayuda en la gestión financiera y de plazos.

Revit utiliza estos datos para crear un modelo BIM completo y preciso que no solo representa la geometría del edificio, sino que también proporciona información valiosa para análisis, simulaciones, documentación y gestión del proyecto a lo largo de su ciclo de vida. La interoperabilidad de Revit con otras herramientas BIM y estándares de la industria facilita la colaboración eficiente en proyectos de construcción. (<https://www.autodesk.com/support>)



## CAPÍTULO 3

### OBTENCIÓN DE IMÁGENES Y NUBE DE PUNTOS DE LA INFRAESTRUCTURA

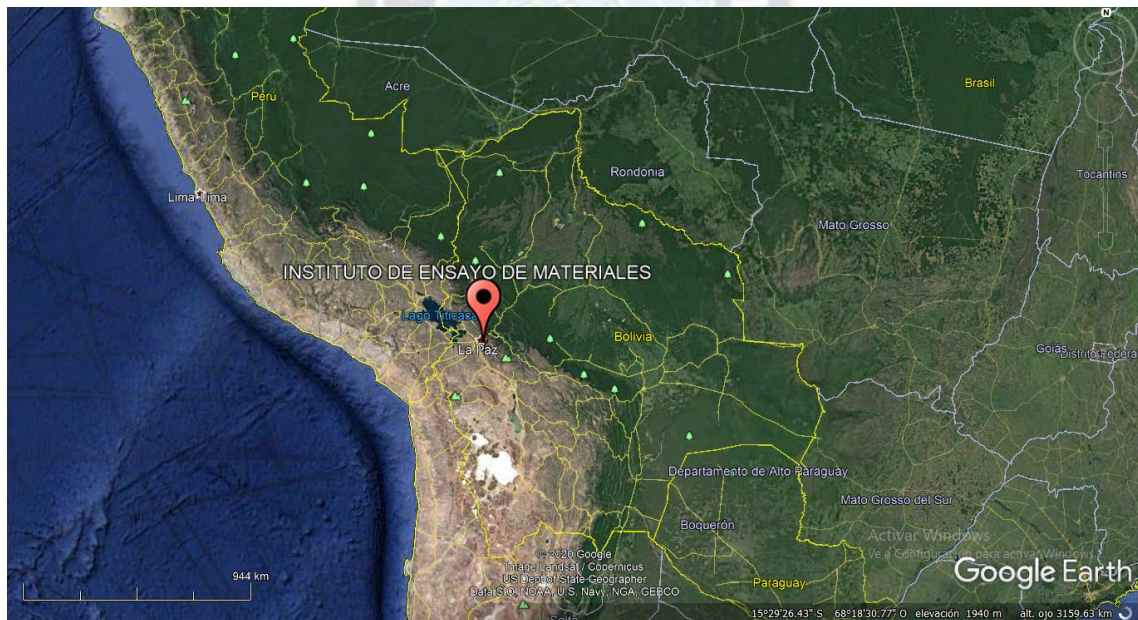
#### 3.1 Información General

##### 3.1.1 Ubicación de Estudio

Para el presente proyecto de grado, será modelado el INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES (I.E.M.), el cual se encuentra ubicado en el departamento de La Paz, Zona Cota - Cota calle 30, campus universitario de la UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES.

**Figura 1:**

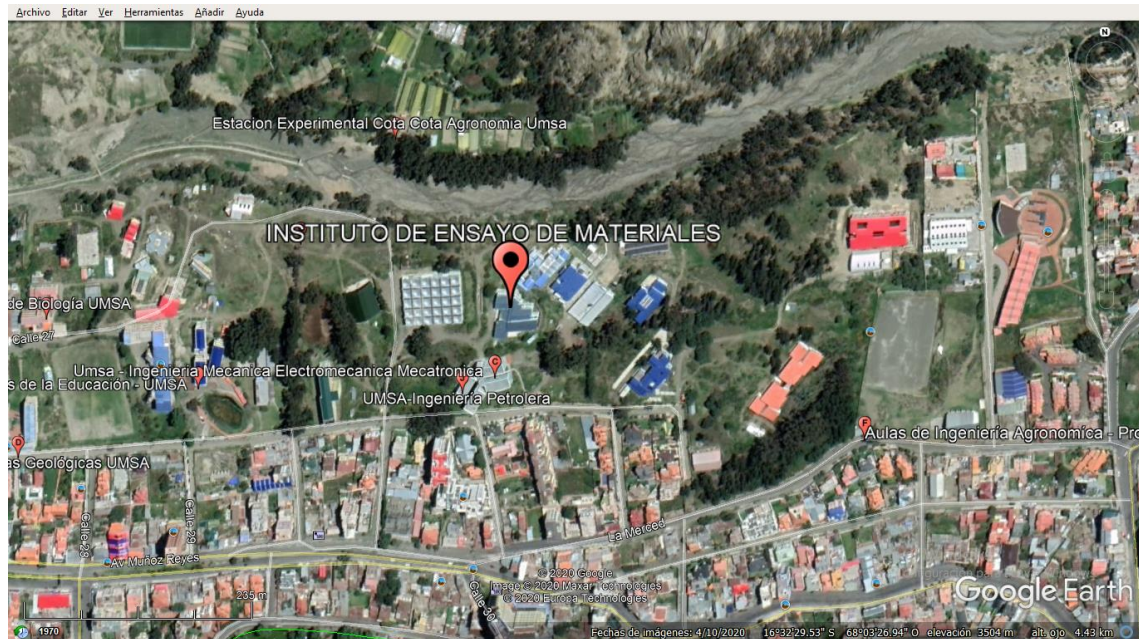
*Ubicación del Instituto de Ensayo de Materiales.*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 2:**

*Ubicación del instituto de Ensayo de Materiales*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 3:**

*Fotografía aérea del exterior del I.E.M.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Las coordenadas geográficas del Instituto de Ensayo de Materiales son:

**Latitud:** 16° 32'18.27" S

**Longitud:** 68°03'46.60" O

## 3.2 Recolección de Datos

### 3.2.1 Fotogrametría Terrestre

El procedimiento utilizado para el presente proyecto es el siguiente:

#### 1. Planificación:

- **Objetivo del Proyecto:** Se desea realizar el modelado tridimensional de la fachada completa del Instituto de Ensayo de Materiales (I.E.M.)
- **Selección del Área:** El Área que se desea obtener es la Fachada completa del Instituto de Ensayos de Materiales (I.E.M.), con un perímetro alrededor de 183.93 mts.

#### 2. Equipamiento:

- **Cámara:** La cámara utilizada para el proceso fue una GOPRO HERO BLACK 9
- **Trípode:** La cámara estará montada de manera estable en un trípode para evitar movimientos durante la captura de imágenes.

#### 3. Captura de Imágenes:

- **Posicionamiento:** Se colocó la cámara en diferentes ubicaciones alrededor del instituto de ensayo de materiales con distancias entre puntos de 2 mts.
- **Orientación:** Se ajustó la orientación de la cámara para obtener imágenes superpuestas y con solapamiento significativo, sacando 3 fotografías (izquierda, medio, derecha y arriba, medio, abajo)
- **Captura de Imágenes:** Se tomó fotografías solapadas desde cada ubicación.

**Figura 4:**

*Toma de fotografías terrestres*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 5:**

*Toma de fotografías terrestres*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 6:**

*Toma de fotografías terrestres*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4. Puntos de Control:

- Medición de Puntos de Control: Se mide con precisión las coordenadas de los puntos de control utilizando instrumentos de topografía.
- Marcado en el Terreno: Se marca físicamente los puntos de control en el terreno.

#### 3.2.2 Fotogrametría Aérea

La fotogrametría aérea con drones es una técnica avanzada que utiliza vehículos aéreos no tripulados (drones) para capturar imágenes desde el aire con el objetivo de generar modelos tridimensionales y mapas detallados.

## 1. Captura de Imágenes:

- Los drones están equipados con cámaras de alta resolución.
- Vuelan sobre el área de interés siguiendo una ruta predefinida.
- Capturan imágenes desde diferentes ángulos y altitudes.

## 2. Planificación del Vuelo:

2.1. Se utiliza software especializado para planificar la ruta de vuelo, asegurando una cobertura completa y un solapamiento adecuado entre las imágenes. El software utilizado es **Pix4Dcapture**.

### **Figura 7:**

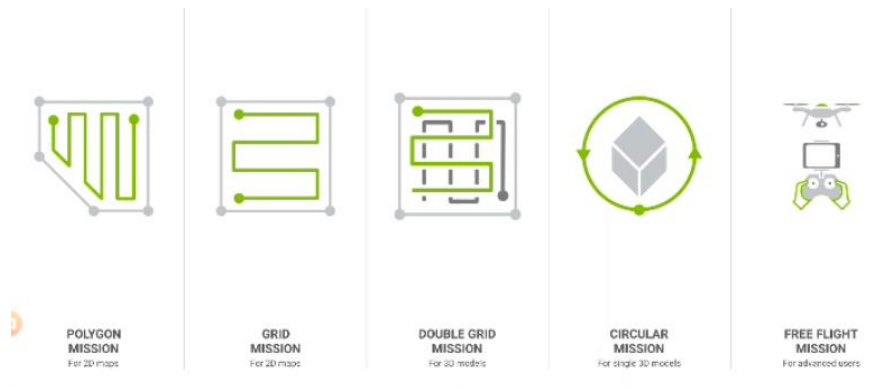
*Programa utilizado*



*Fuente: ACRE Surveying Solutions*

**Figura 8:**

*Ventana Inicial*

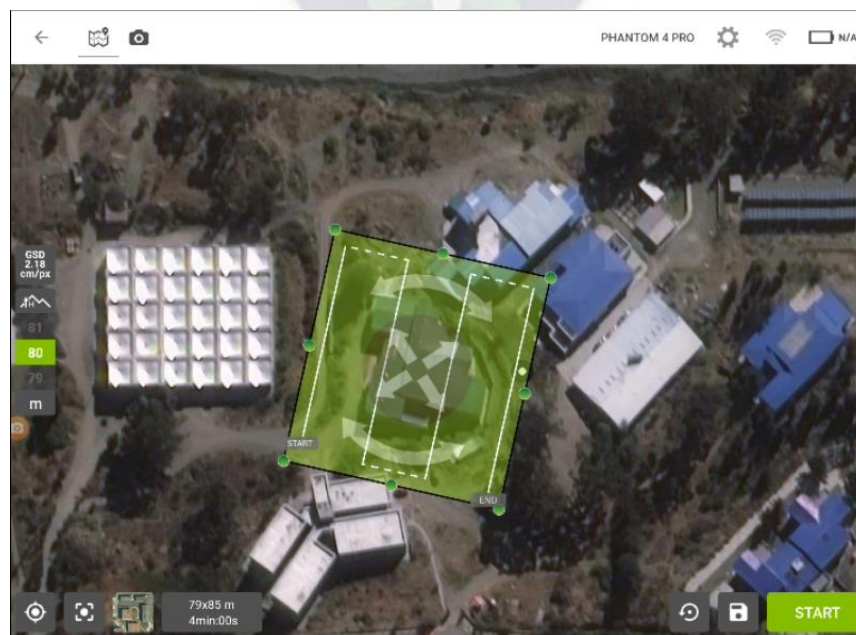


*Fuente: Elaboración propia.*

2.2. Primeramente, se crea una misión de Grilla simple “GRID MISSION” para que se tenga fotografías ortogonales. Una vez cargado el mapa en la aplicación colocamos la Grilla sobre el edificio. Ajustamos la altura a 70 mts. y el tamaño de la grilla 80x85 mts. Se puede observar que la duración de la misión será de 4 minutos.

**Figura 9:**

*Grilla Simple*



*Fuente: Elaboración propia*

2.3. Se realiza las configuraciones para el Drone: Velocidad de Vuelo: Máxima, Angulo de la cámara: Vertical respecto al suelo, Traslape de las líneas de vuelo: 80%.

**Figura 10:**

*Configuración del Drone*

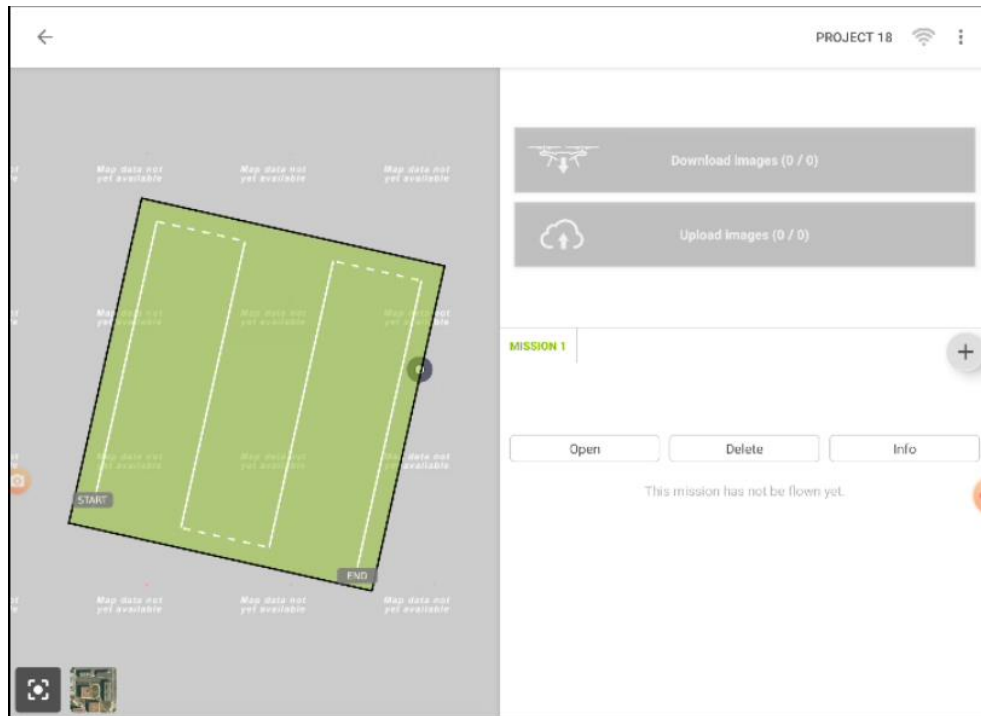


*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 11:**

*Misión Guardada*

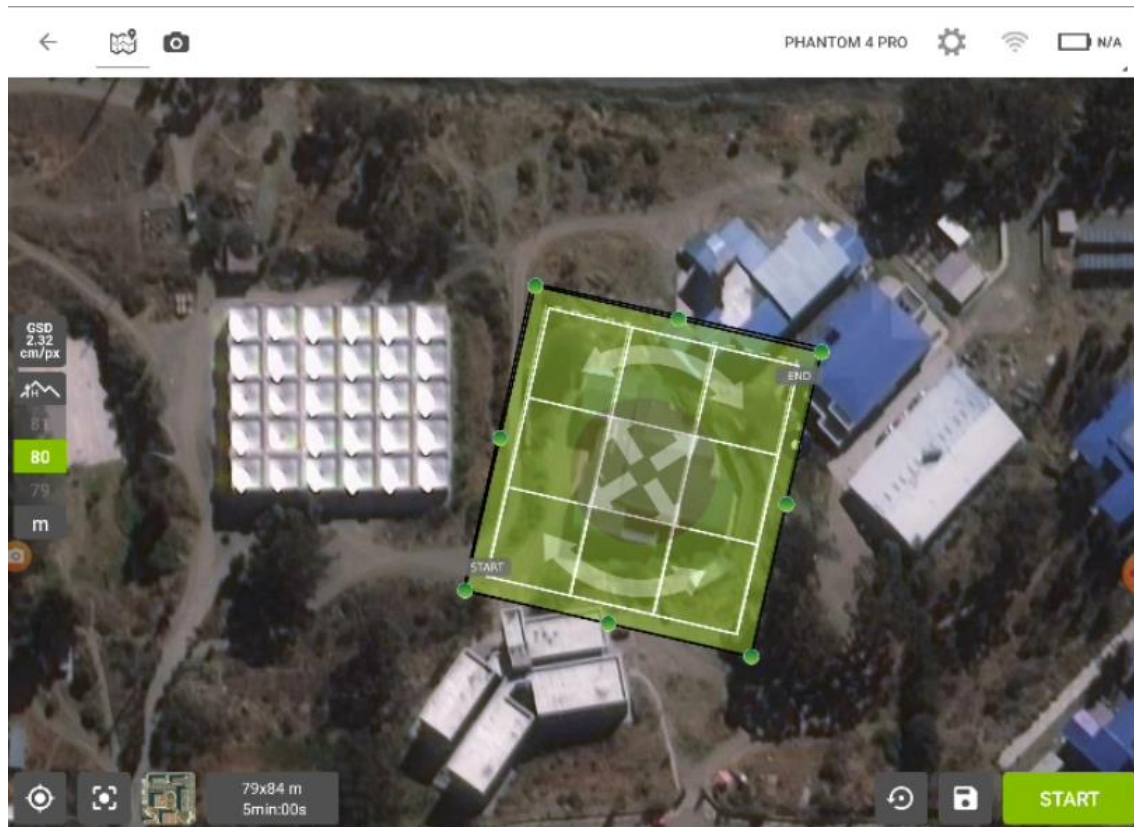


*Fuente: Elaboración propia*

2.4. Una vez guardada la misión de grilla simple ahora se procede a crear una misión de doble grilla “DOBLE GRID MISSION”, utilizando el mismo procedimiento que la grilla simple.

Figura 12:

Grilla Doble



Fuente: Elaboración propia

2.5. Se realiza las configuraciones para el Drone: Velocidad de Vuelo: Máxima, Angulo de la cámara: 72° respecto al suelo, Traslape de las líneas de vuelo: 85%.

**Figura 13:**

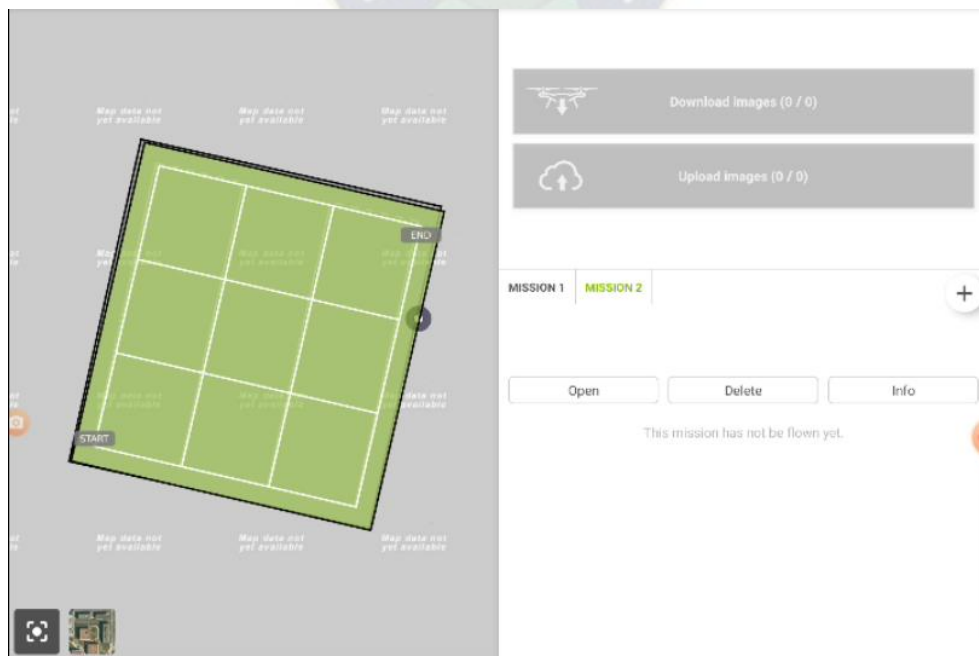
*Configuración de Drone*



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 14:**

*Misión Guardada*

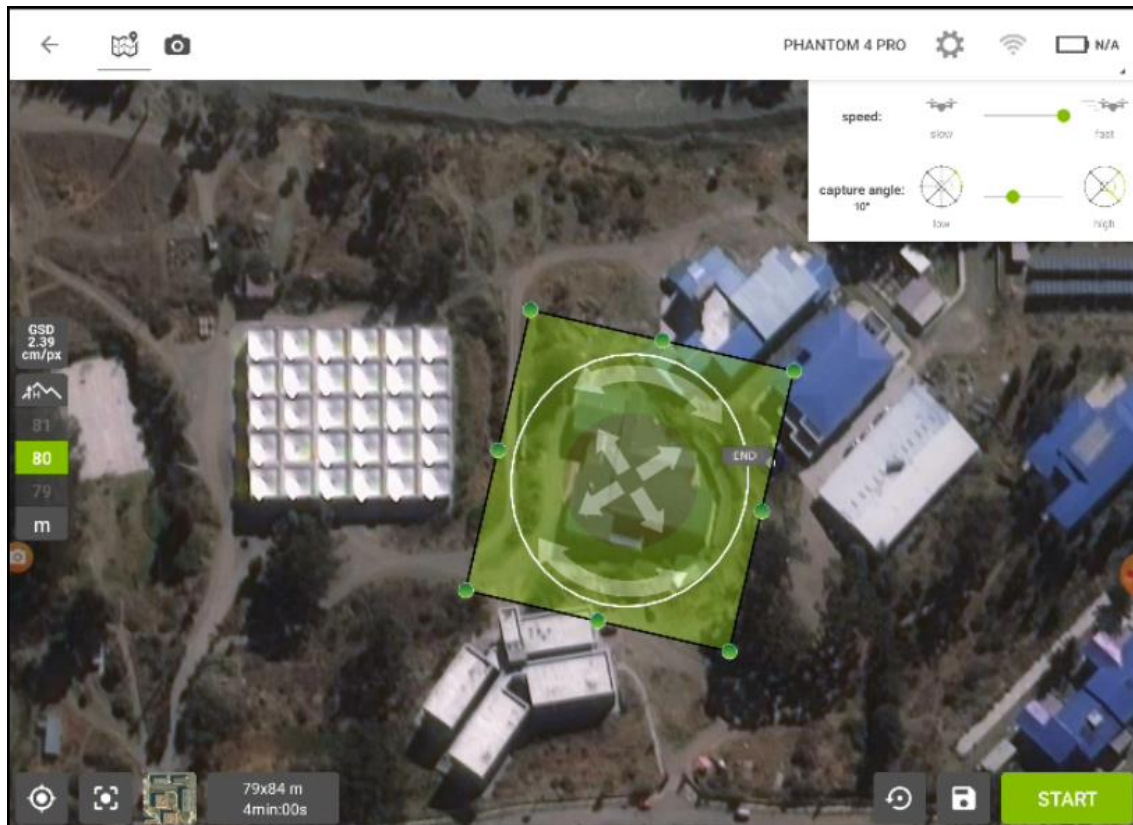


*Fuente: Elaboración propia*

2.6. Una vez guardada la misión de grilla doble ahora se procede a crear una misión circular “CIRCULAR MISSION”, utilizando el mismo procedimiento que la grilla simple.

**Figura 15:**

*Misión circular*



*Fuente: Elaboración propia*

2.7. Se realiza las configuraciones para el Drone: Velocidad de Vuelo: Máxima, Angulo de captura: 12°.

Figura 16:

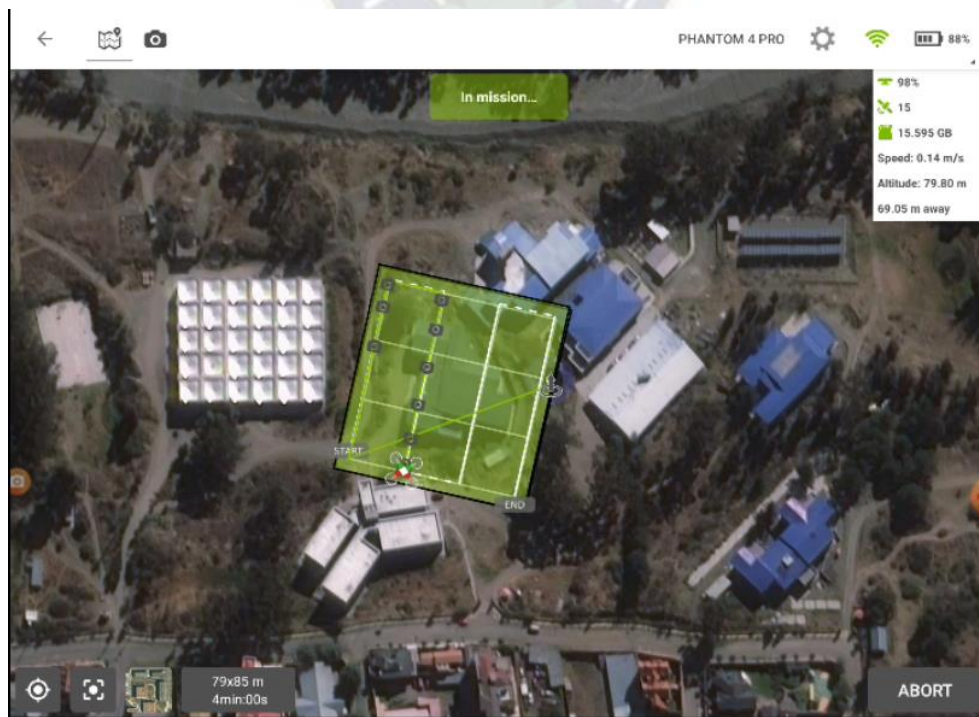
Configuración de Drone



Fuente: Elaboración propia

Figura 17:

Toma de fotografías



*Fuente: Elaboración propia*

### 3. Puntos de Control:

- Se utilizan puntos de control en el suelo, marcados con precisión, para mejorar la precisión del modelo resultante.

### 4. Procesamiento de Imágenes:

- Las imágenes capturadas se procesan mediante software fotogramétrico.
- Se realizan ajustes de corrección geométrica y se calcula la posición y orientación de cada imagen.

### 5. Generación de Modelos 3D:

- Se aplica la correlación estereoscópica para calcular la profundidad y crear un modelo tridimensional del terreno.
- La información de elevación se utiliza para generar mapas topográficos detallados.

### 6. Ortofotografías:

- Se crean ortofotografías corrigiendo las distorsiones causadas por la inclinación y elevación de la cámara, permitiendo mediciones precisas.
- La fotogrametría aérea con drones ha revolucionado la captura de datos espaciales, proporcionando resultados precisos y detallados de manera eficiente en diversos campos.

#### **3.2.3 Escaneo 3D de ambientes**

Con ayuda de la Matterport pro 2 se realizó el escaneo completo de todos los ambientes del Instituto, para si poder tener un modelo 3D a detalle del interior de este.

Aquí hay algunas características clave del Matterport Pro2 y el ecosistema Matterport en general:

- Escaneo 3D: El Matterport Pro2 utiliza tecnología de escaneo 3D para capturar datos precisos de la geometría de los espacios interiores. Esto incluye la creación de modelos tridimensionales detallados y la generación de nubes de puntos.
- Cámara Integrada: El dispositivo tiene una cámara integrada de alta resolución que captura imágenes panorámicas y datos de profundidad para crear modelos 3D realistas.
- Captura Automática: Matterport Pro2 realiza la captura de datos de manera automática mientras se mueve por el espacio, lo que facilita la creación de modelos sin necesidad de intervención manual constante.
- Generación de Recorridos Virtuales: Una de las principales fortalezas de Matterport es su capacidad para generar recorridos virtuales interactivos. Estos recorridos permiten a los usuarios explorar un espacio como si estuvieran físicamente presentes.
- Compatibilidad con VR: Los modelos creados con Matterport son compatibles con dispositivos de realidad virtual, lo que brinda una experiencia inmersiva adicional.
- Aplicaciones Diversas: Matterport se utiliza en una variedad de industrias, como bienes raíces para mostrar propiedades de manera virtual, hostelería para exhibir instalaciones, arquitectura para visualizar diseños, y más.
- Plataforma en la Nube: Los modelos 3D creados con Matterport se almacenan en la nube, lo que facilita su acceso y uso compartido a través de la plataforma Matterport.

El procedimiento que se utiliza para realizar el Escaneo 3d es simple ya que el programa propio del equipo procesa automáticamente los datos obtenidos.

- Preparación:
  - i) Asegurarse de que el Matterport Pro2 esté completamente cargado y funcional.
  - ii) Verificar la conectividad con la aplicación Matterport Capture en el dispositivo móvil.

- Planificación del Escaneo:
  - i. Definir la ruta de escaneo y planificar cómo se moverá a través de los ambientes para capturar todos los detalles.
  - ii. Identificar áreas de interés que deben ser destacadas en el escaneo.
  
- Configuración del Dispositivo:
  - i. Encender el Matterport Pro2 y conectarlo a la aplicación Matterport Capture en el dispositivo móvil.
  - ii. Ajustar la configuración de la cámara según las necesidades, como la resolución de imagen y el rango de escaneo.
  
- Inicio del Escaneo:
  - i. Comenzar el escaneo desde un punto inicial, siguiendo las indicaciones de la aplicación para moverse de manera efectiva a través de los ambientes.
  - ii. Mantener una velocidad constante y evitar movimientos bruscos para obtener escaneos más precisos.
  
- Captura Automática:
  - i. La Matterport Pro2 realizará la captura de datos de forma automática mientras se desplaza por el espacio.
  - ii. Asegurarse de cubrir todas las áreas planeadas y mantener la cámara enfocada en la dirección correcta.
  
- Revisión y Corrección:
  - i. Después de completar el escaneo, revisar los resultados en la aplicación Matterport Capture.
  - ii. Corregir errores o áreas faltantes utilizando las funciones de edición disponibles.



- Generación de Recorridos Virtuales:
  - i. Una vez satisfecho con los escaneos, generar recorridos virtuales a través de la plataforma Matterport.
  - ii. Personalizar las opciones de visualización según las necesidades.
  
- Almacenamiento y Compartición:
  - i. Subir los modelos 3D a la plataforma en la nube de Matterport.
  - ii. Compartir enlaces o códigos de acceso para que otros puedan explorar los recorridos virtuales.

**Figura 18:**

*Toma de datos con ayuda del escáner Matterport*



*Fuente: Elaboración propia*

## CAPÍTULO 4

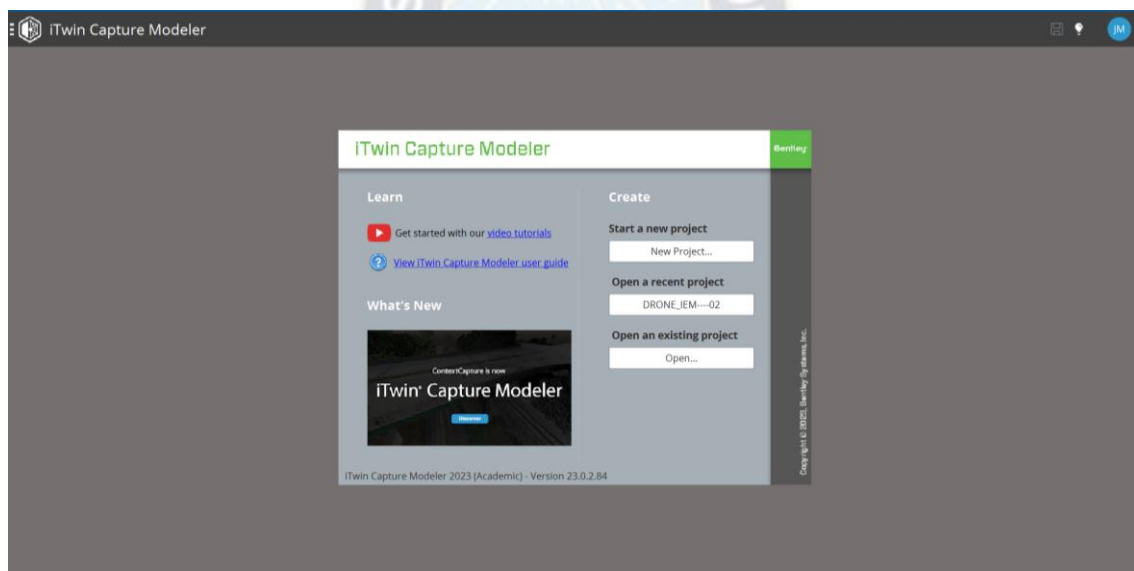
### MODELADO DEL GEMELO DIGITAL, INTERACCIÓN DE ELEMENTOS Y VINCULACIÓN DE INFORMACIÓN

#### 4.1 Generación de modelo Fotogramétrico 3D con iTwin Capture Modeler

Se lo realiza a través del programa iTwin Capture Modeler (antiguamente Context Capture), uniendo las fotografías terrestres tomadas con una cámara GoPro y las fotografías tomadas por el Dron.

**Figura 19:**

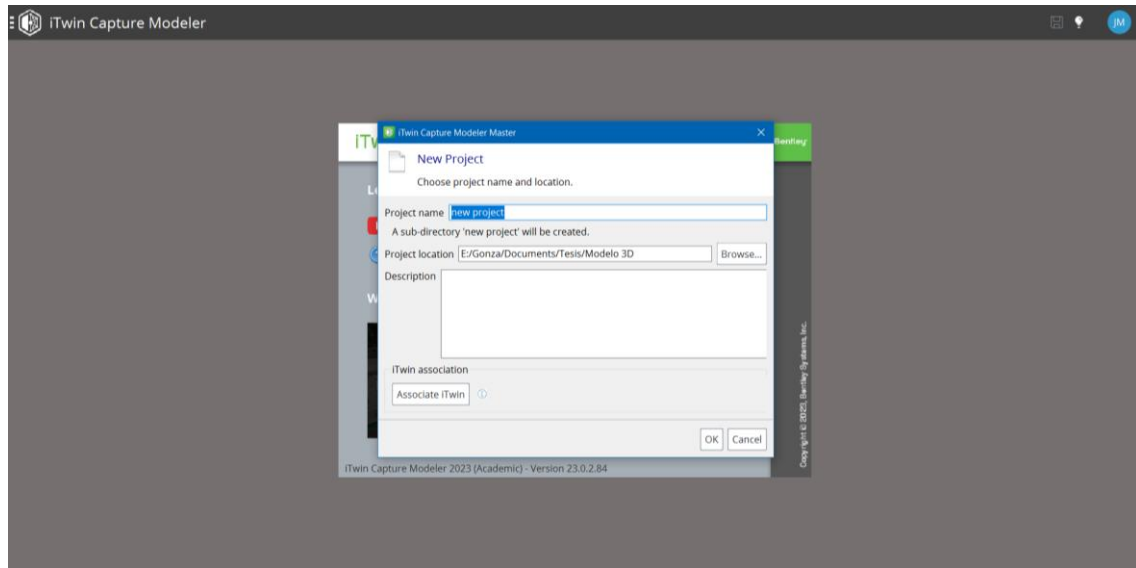
*Ventana Inicial*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 20:**

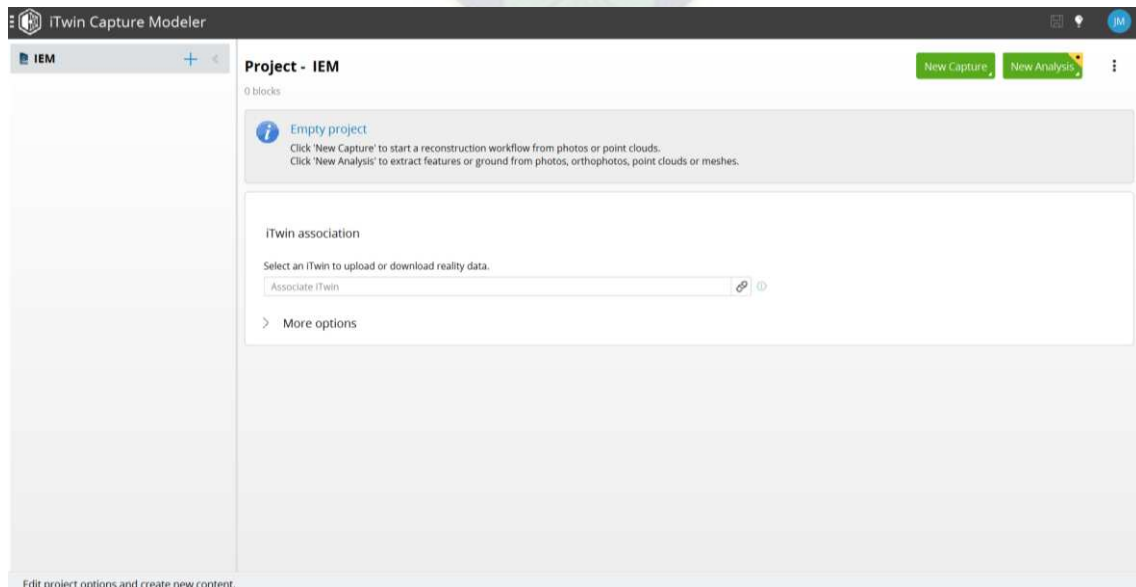
*Ejecución de un nuevo Proyecto*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 21:**

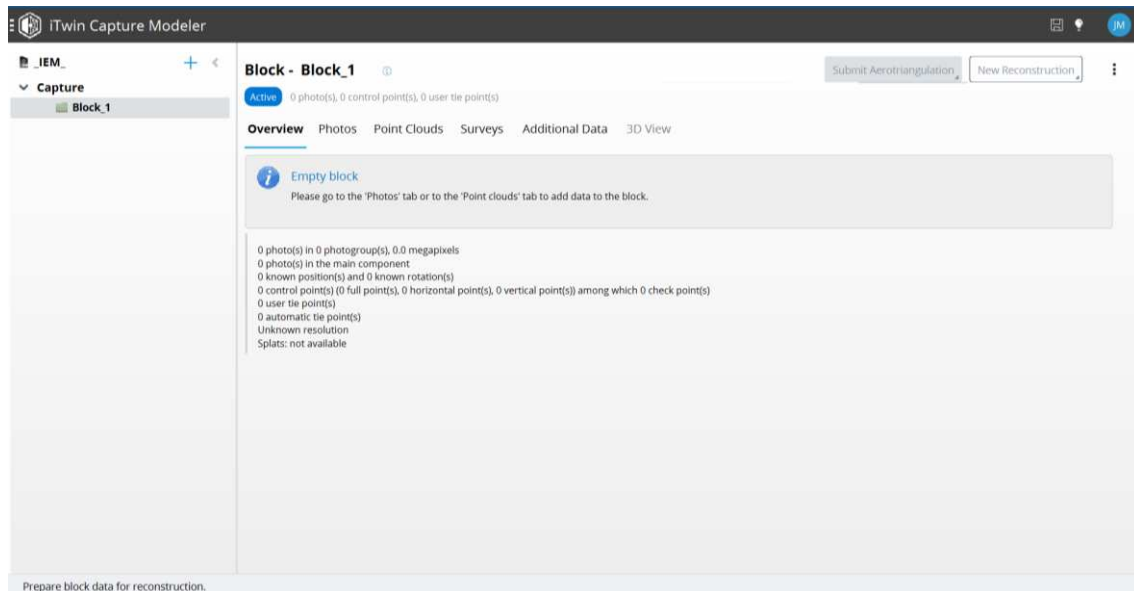
*Localización de la carpeta donde será guardado el proyecto*



*Fuente: Elaboración propia.*

Figura 22:

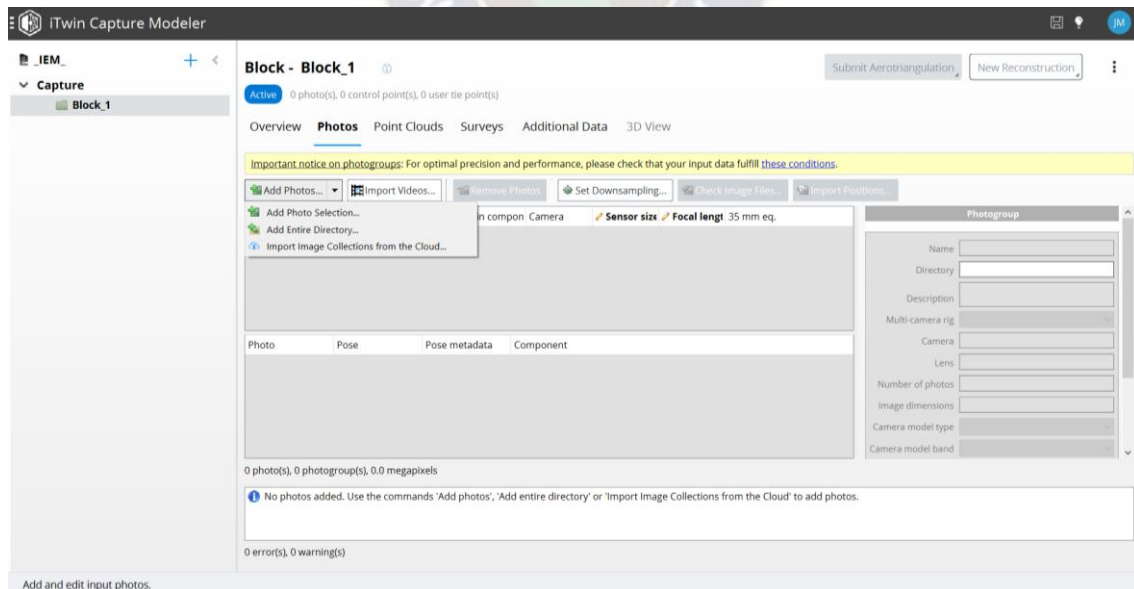
Pantalla de inicio para comenzar proyecto



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23:

Nuevo Block donde se agregan las fotografías para generar el modelo 3d.

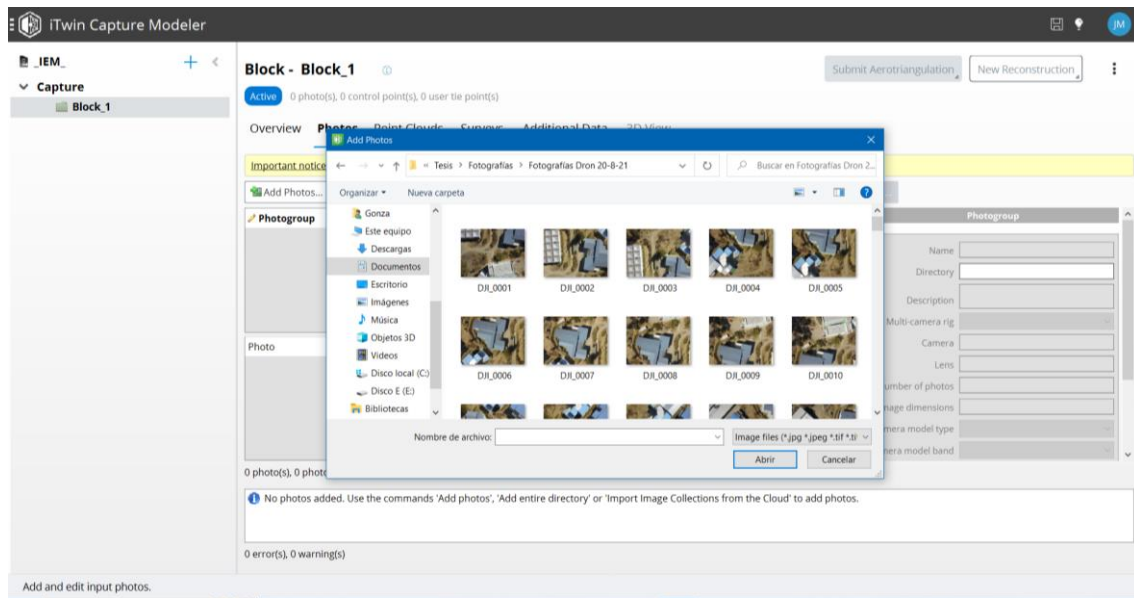


Fuente: Elaboración propia

Se escoge las Fotografías escogidas para tener un buen modelo.

Figura 24:

Pestaña Photos y Add Photos

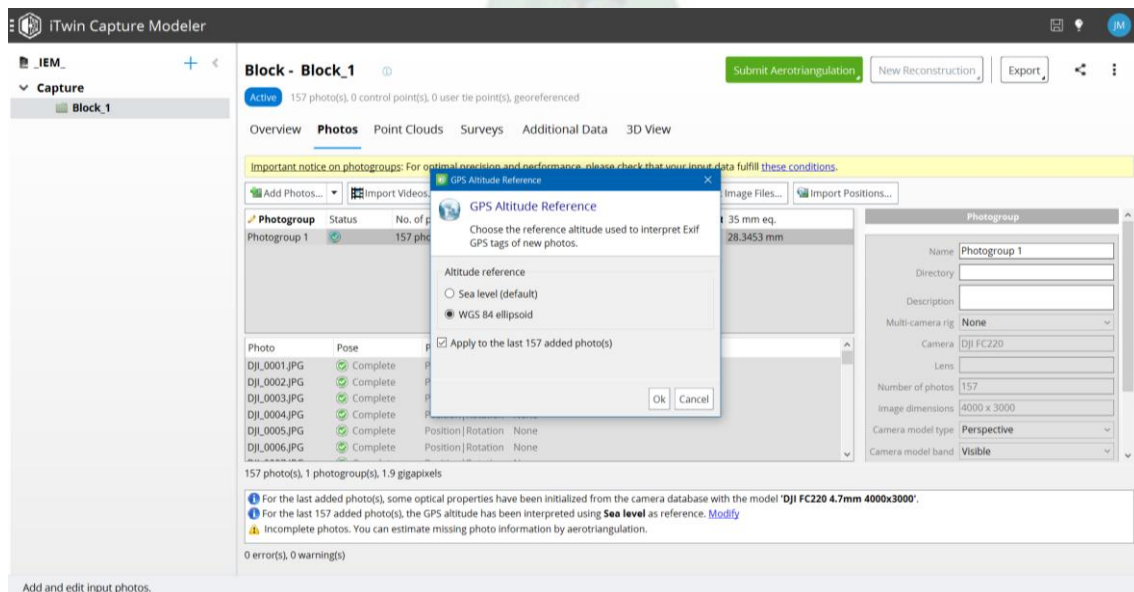


Fuente: Elaboración propia.

GPS Altitude Reference, el proyecto se lo coloca en WGS 84 elipsoid.

Figura 25:

GPS Altitud Reference

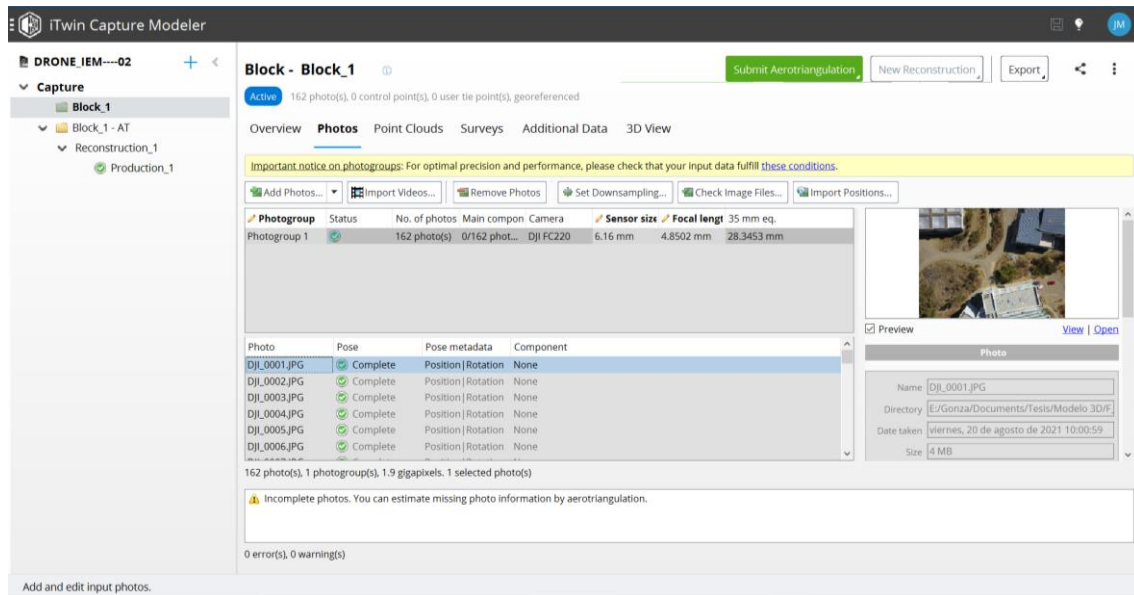


Fuente: Elaboración propia.

Se mostrará una lista de todas las fotografías cargadas en el block. Y se debe dar inicio a “Submit Aerotriangulation”.

Figura 26:

Fotografías cargadas

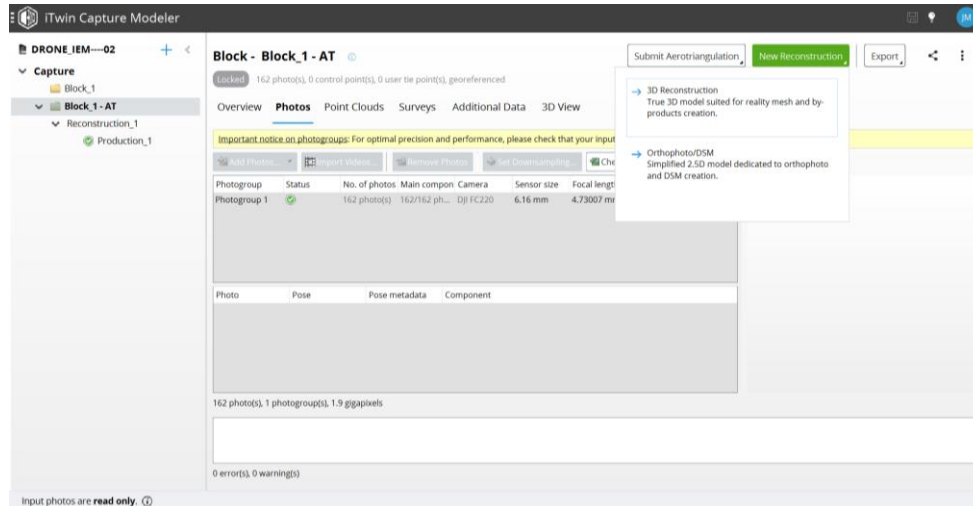


Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la operación de “New Reconstruction” en “3D Reconstruction”.

Figura 27:

### 3D Reconstruction

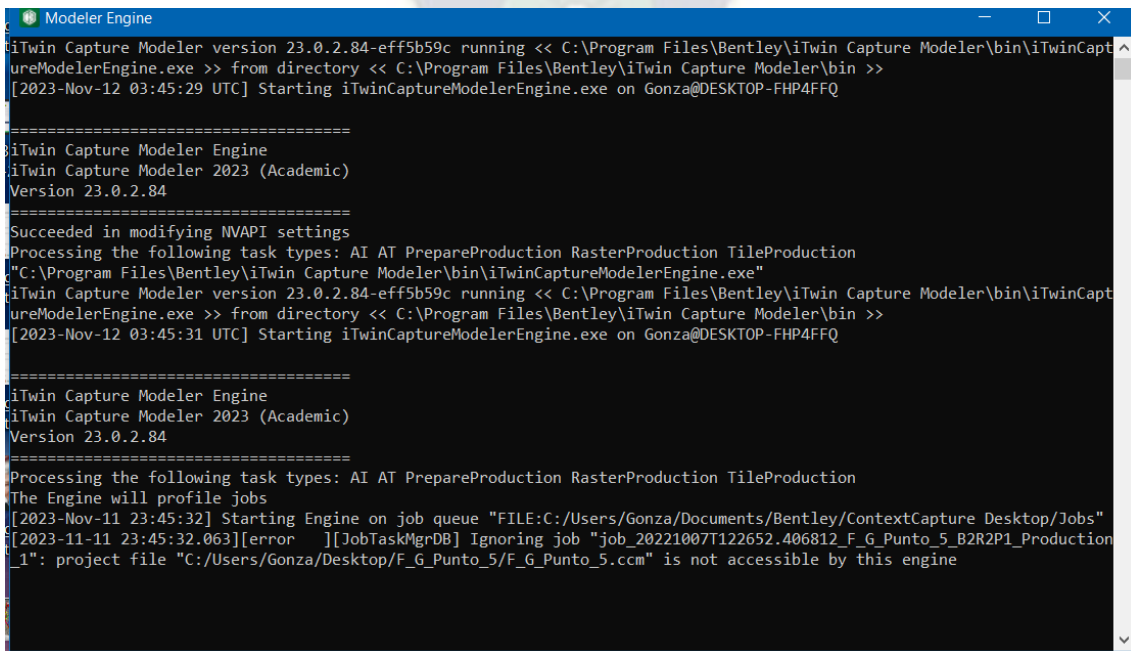


Fuente: Elaboración propia.

Para poder realizar el “Submit Product” es necesario iniciar la aplicación “Modeler Engine” y poder realizar el proceso en la computadora utilizada.

Figura 28:

### Modeler Engine

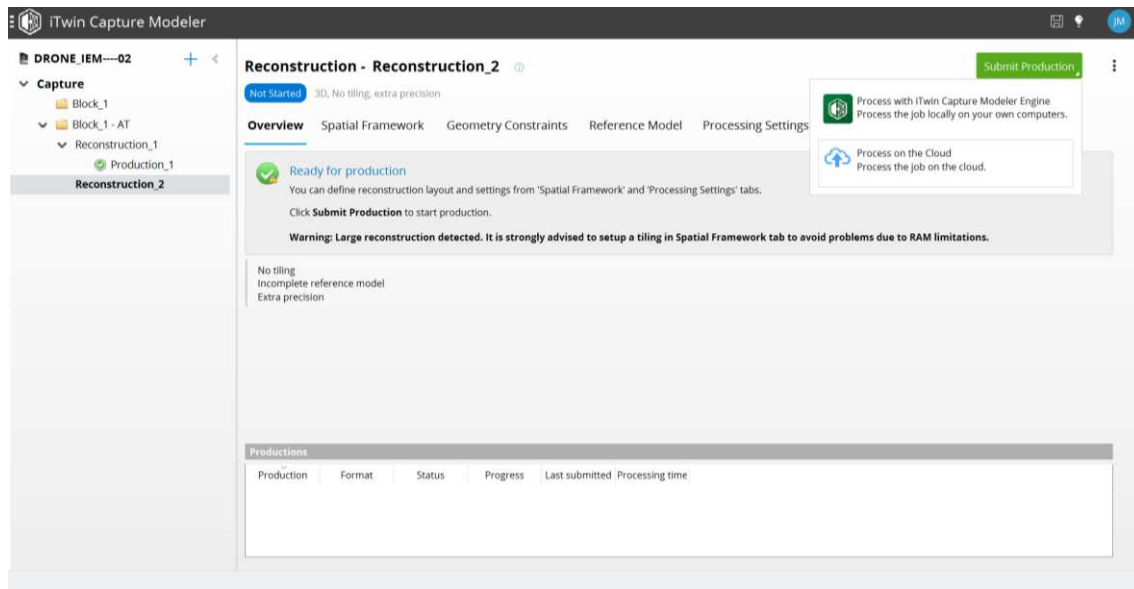


Fuente: Elaboración propia.

También es posible realizar la reconstrucción en la nube

**Figura 29:**

*Process on the Cloud*



*Fuente: Elaboración propia.*

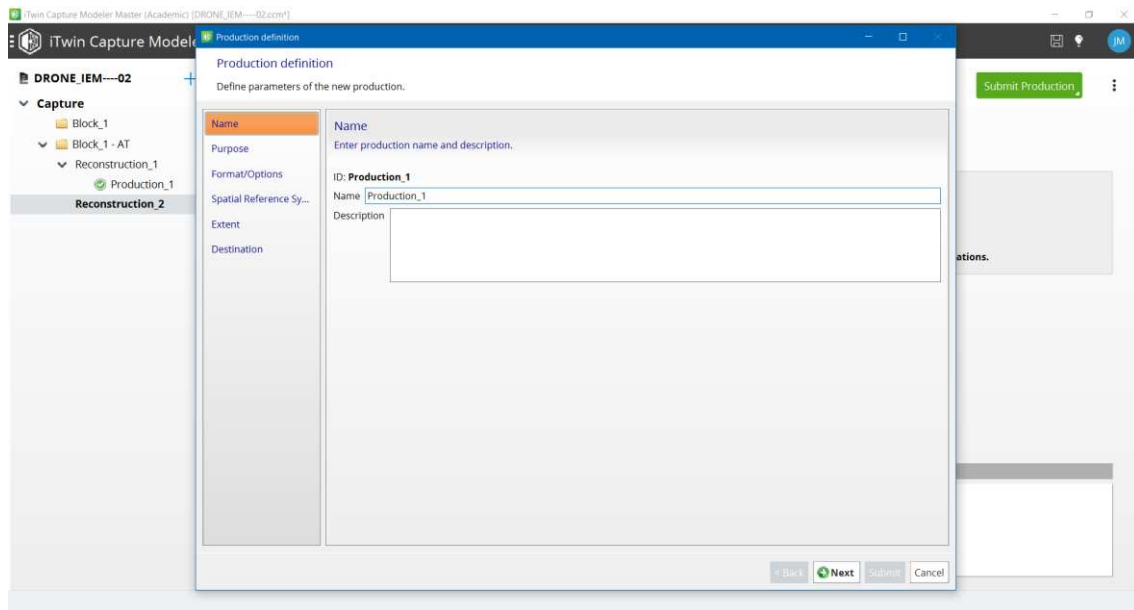
Aparece una nueva ventana “Production Definition” donde se realizan las configuraciones para nuestro modelo 3D como ser:

- El Nombre de la producción.
- El propósito si queremos que sea una malla en 3D, una nube de puntos, una ortofoto.
- El formato y opciones de la producción, el nivel de detalle de la producción y la textura.
- El sistema de referencia espacial en nuestro caso WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG:32719)
- La medida y el lugar donde se guardará la producción.



Figura 30:

Production definition

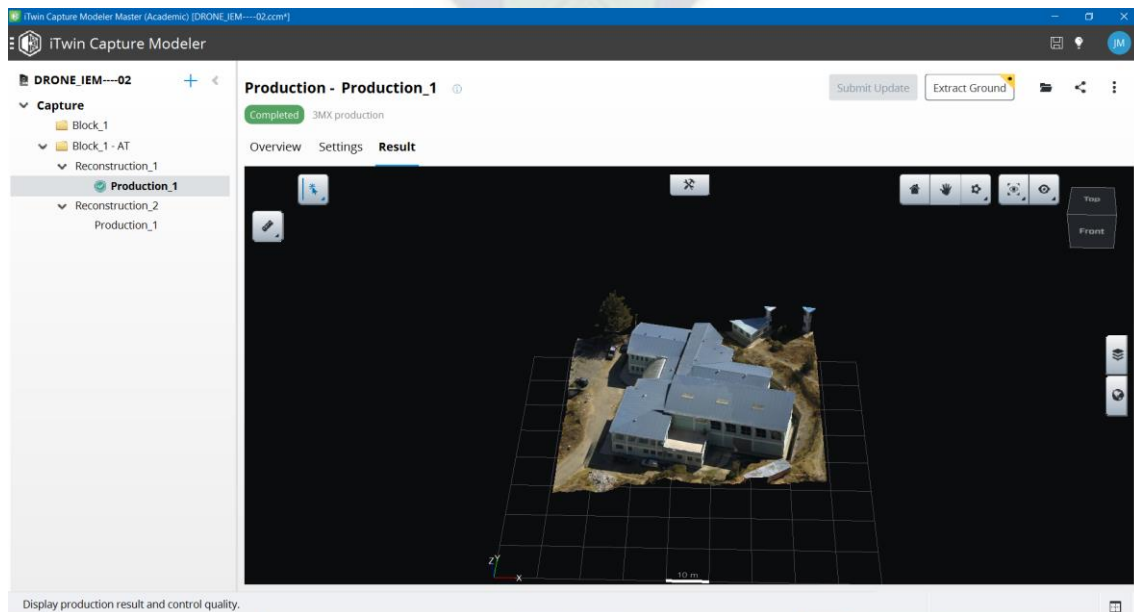


Fuente: Elaboración propia.

Una vez procesado todas las fotografías el resultado es una producción en 3D

Figura 31:

Final de producción



Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento se lo realizo con las fotografías áreas tomadas con Dron como también con las fotografías terrestres; teniendo como resultado 5 diferentes Producciones diferentes:

- Producción del techo
- Producción de la fachada frontal
- Producción de la fachada lateral derecha
- Producción de la fachada posterior
- Producción de la fachada lateral izquierda.

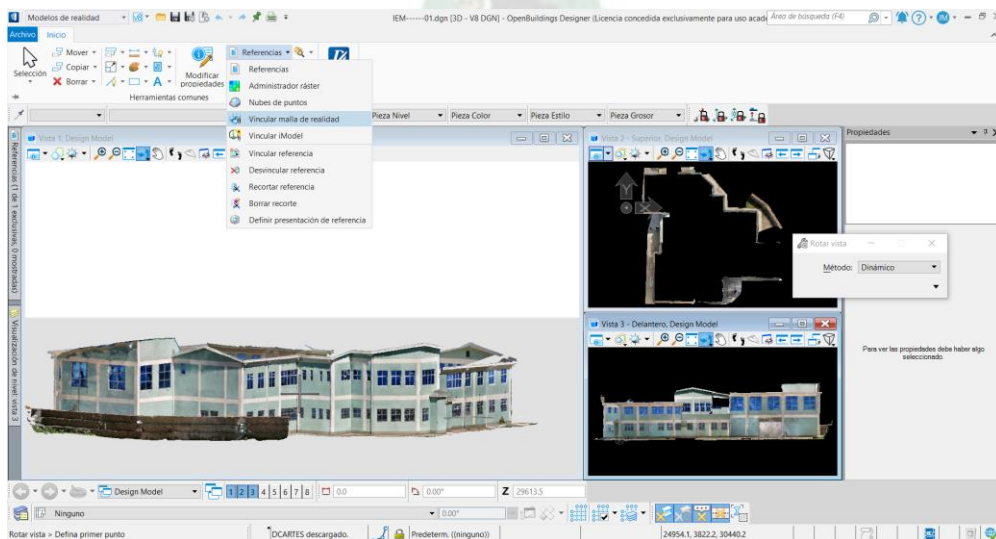
## 4.2 Modelado de la Infraestructura utilizando Open Building Designer

### 4.2.1 Interface de software

En el Programa Open Building Designer se pudo insertar de una forma fácil todas las producciones realizadas y unirlas con precisión mediante la herramienta “Vincular Malla de Realidad” Esta misma nos serviría de referencia para poder ir modelando a detalles toda la parte arquitectónica del proyecto.

Figura 32:

*Interface del programa*



*Fuente: Elaboración propia.*

## 4.2.2 Creación de ejes

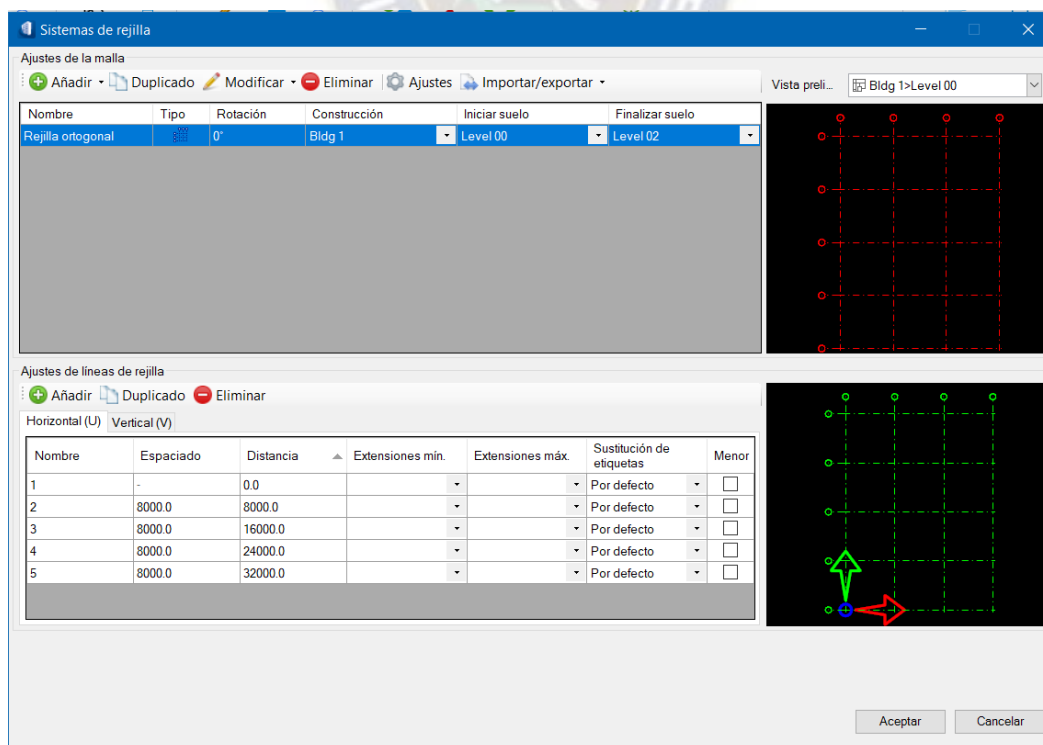
Para poder comenzar con el modelado Arquitectónico comenzaremos por crear los ejes para el proyecto ingresando a la ventana de Sistema de rejilla.

En la pestaña añadir se tiene el llenado de diferentes campos como ser:

- Nombre.
- Tipo, se puede seleccionar diferentes tipos de opciones para conformar los ejes.
- Rotación.
- Construcción, señala el tipo de infraestructura que será modelado.
- Iniciar Suelo, permite seleccionar el nivel en el que empezará el sistema de coordenadas.
- Finalizar Suelo, Permite seleccionar el nivel en el que terminara los ejes.

**Figura 33:**

*Creación de Ejes*



Fuente: Elaboración propia.

### 4.2.3 Creación de Niveles

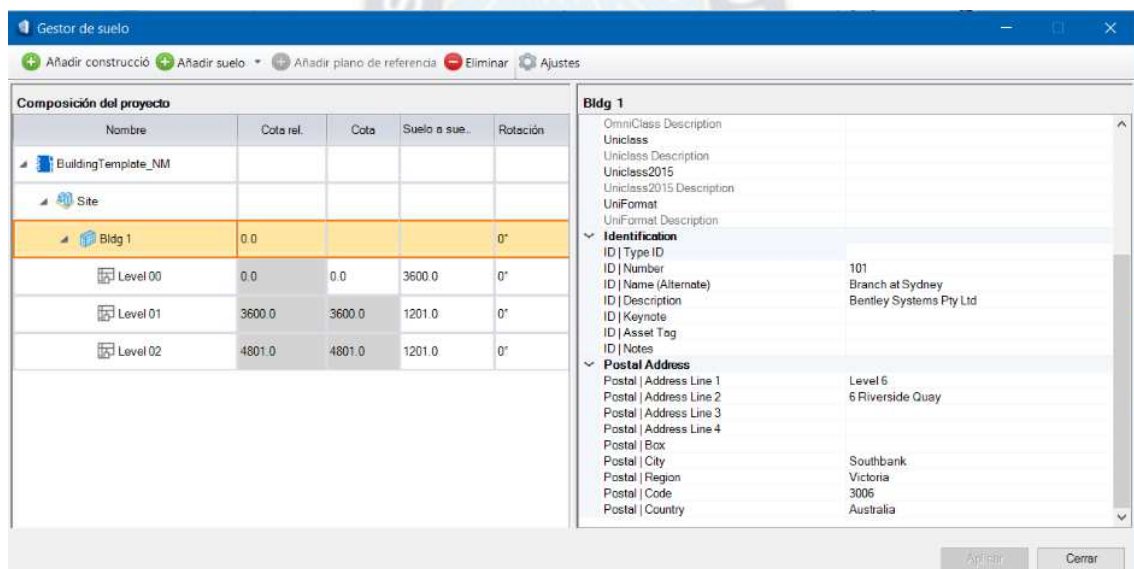
Se puede Generar los niveles de la infraestructura con la herramienta “Gestor de Suelo”.

En la primera ventana se puede observar los niveles con los que cuenta la infraestructura, para nuestro proyecto de grado se cuenta con 3 niveles.

- Nivel 1 = 00.00 m.
- Nivel 2 = 3.60 m.
- Nivel 3 = 4.80 m.

**Figura 34:**

*Creación de Niveles*



*Fuente: Elaboración propia.*

### 4.2.4 Diseño Estructura BIM

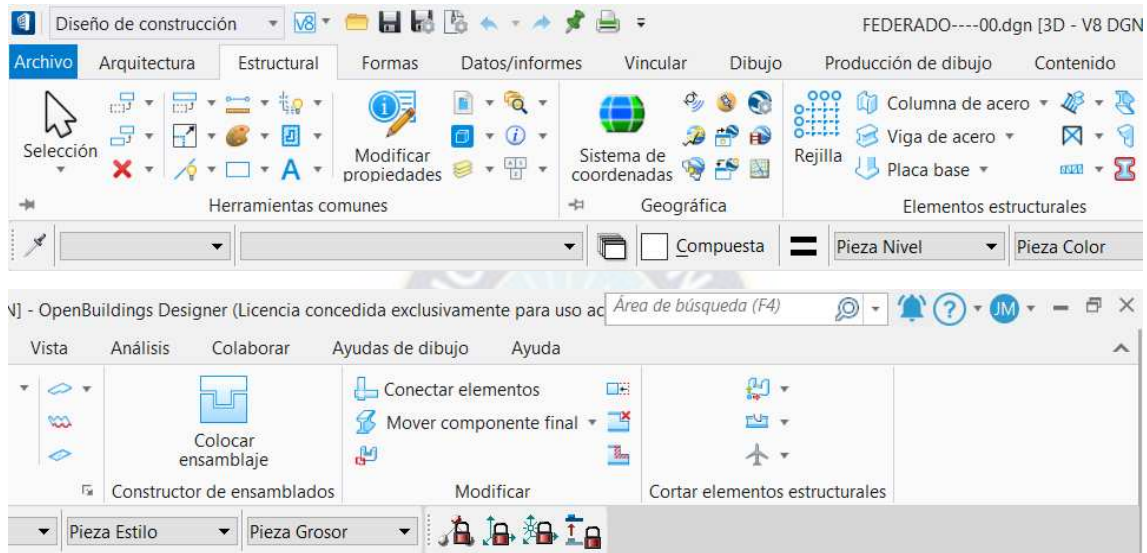
En la parte superior del programa podemos observar que se tiene diferentes opciones para el diseño estructural, como ser “Herramientas Comunes”, “Geográfica”.

La siguiente herramienta es para modelar elementos estructurales específicos como Columnas, vigas y losas las cuales utilizaremos a lo largo de todo el modelado de la infraestructura.

A continuación, está la herramienta “Constructor de ensamblados”, “Modificar” y “Cortar elementos Estructurales”.

**Figura 35:**

*Pestaña de diseño de construcción*



*Fuente: Elaboración propia.*

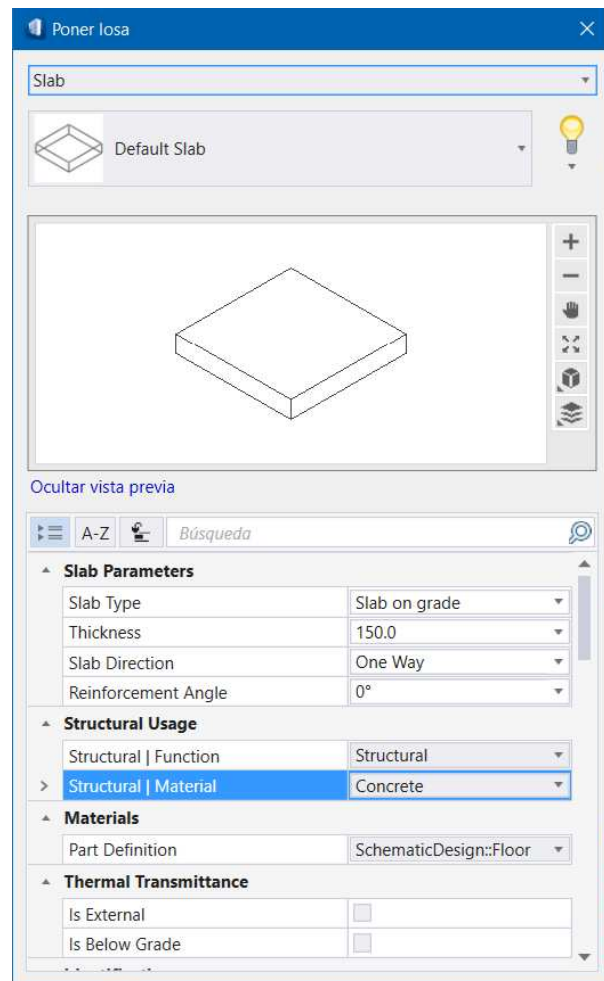
#### 4.2.5 Incorporación de Lozas

Para dibujar losas utilizaremos la herramienta “Colocar Losa”. Esta herramienta la encontraremos en las herramientas “Arquitectura” y en “Estructural”.

Al ejecutar esta herramienta el título es “Poner Paralelepípedo”, esto porque una losa es un paralelepípedo, pero con propiedades BIM. Seleccionamos Losa de Hormigón del catálogo y se define los parámetros, esto depende de los datos que utilizaremos a lo largo de la infraestructura.

Figura 36:

Ventana de Losa.



Fuente: Elaboración propia.

- Para empezar a dibujar la losa comenzamos haciendo clicks para fijar los vértices de la losa.
- Se va definiendo el contorno de la losa hasta poder cerrarla con el punto inicial. Para poder cerrar la losa se hace un clic derecho para que el último punto se una con el primero.

## 4.2.6 Columnas

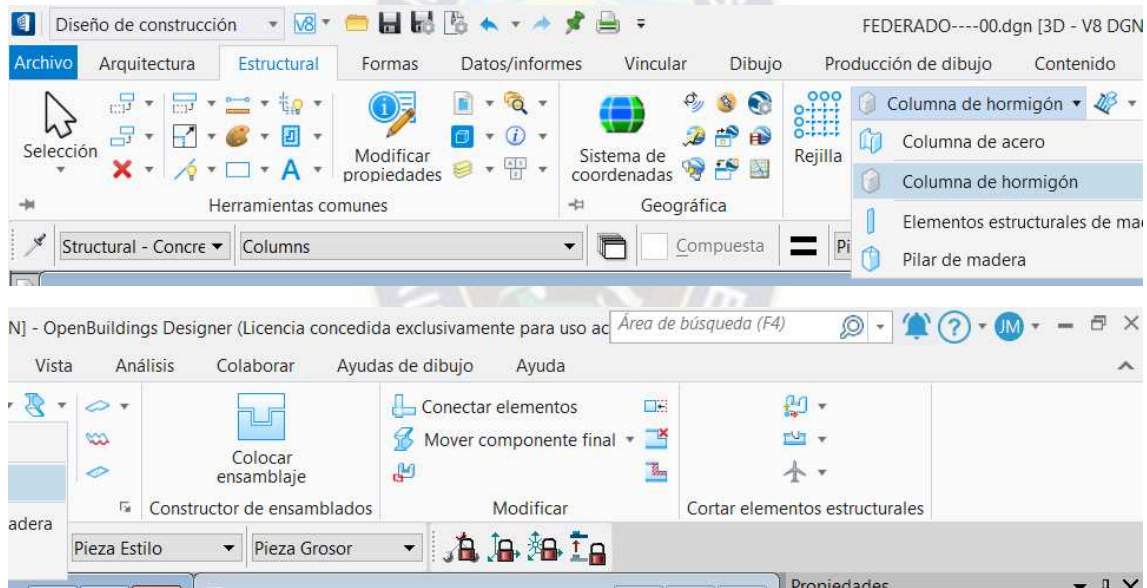
Para comenzar a dibujar las columnas se debe escoger el suelo (primer piso y segundo piso), es recomendable utilizar la vista en planta.

Al igual que en las losas, primero dibujaremos un tipo de columnas 20 x 20 para después ir modificando al tamaño definitivo según exija la infraestructura.

En la herramienta “Estructural” seleccionamos “Columna de hormigón”.

**Figura 37:**

*Pestaña de Columna de hormigón.*

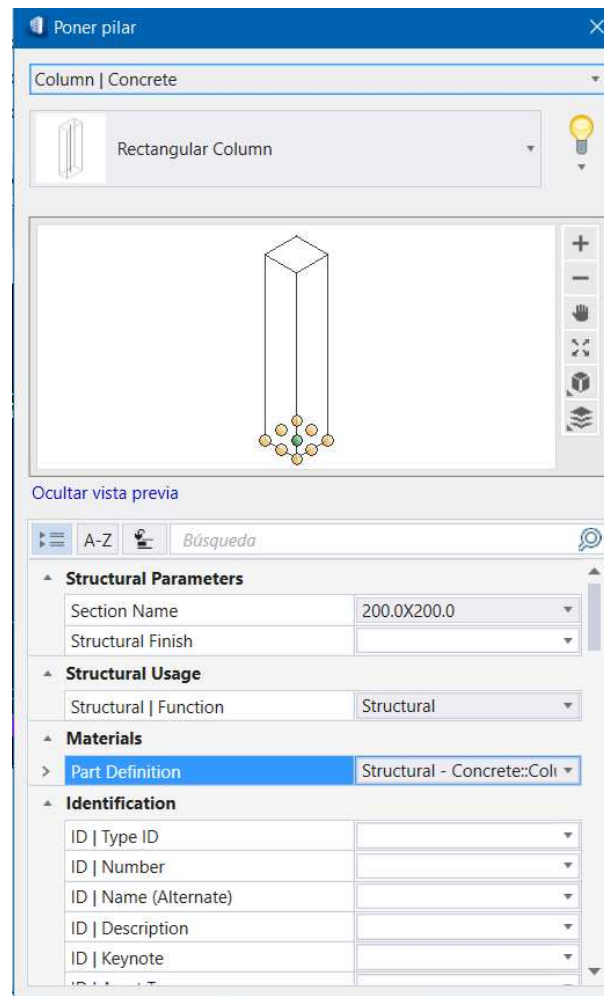


*Fuente: Elaboración propia.*

En el cuadro de diálogo seleccionamos “Columna Rectangular” de 20 x 20 y configuramos la función y los materiales que utilizaremos. El punto de colocación centro para poder modificar de una mejor forma en caso de necesitarlo.

**Figura 38:**

*Ventana de Columnas.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Acercamos el curso al punto donde queremos colocar la columna hacemos clic para colocarla.

#### 4.2.7 Modificar la Columna

Las columnas y las vigas son elementos estructurales diferentes a los muros o las losas, por lo tanto, la manera de edición es diferente.



### ***Altura de columnas***

La Forma de modificar las columnas es la siguiente:

- Entramos a la vista 3D Alzado.
- Seleccionamos “*Extender*” de las herramientas.
- Se dibuja un Rectángulo en la parte superior de las columnas
- Clic en el extremo de las columnas y se desplaza el cursor hacia abajo o hacia arriba, se bloquea la dirección “Y” con la tecla “*Enter*” y se coloca la distancia (en negativo si se quiere reducir la distancia) en las coordenadas “Y”.
- Clic derecho para cancelar

#### **4.2.8 Vigas**

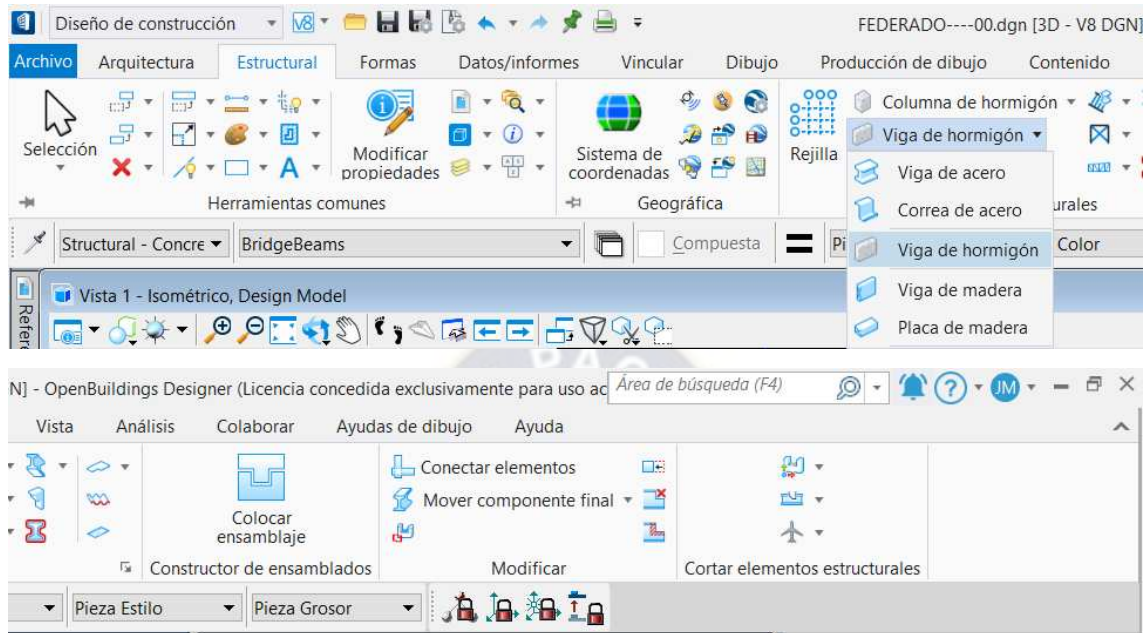
Para comenzar a dibujar las columnas se debe escoger el suelo (primer piso, segundo piso), es recomendable utilizar la vista en planta.

Al igual que en las losas, primero dibujaremos un tipo de viga 30 x 30 para después ir modificando al tamaño definitivo según exija la infraestructura.

En la herramienta “*Estructural*” seleccionamos “*Viga de hormigón*”.

**Figura 39:**

*Pestaña de Viga de Hormigón.*

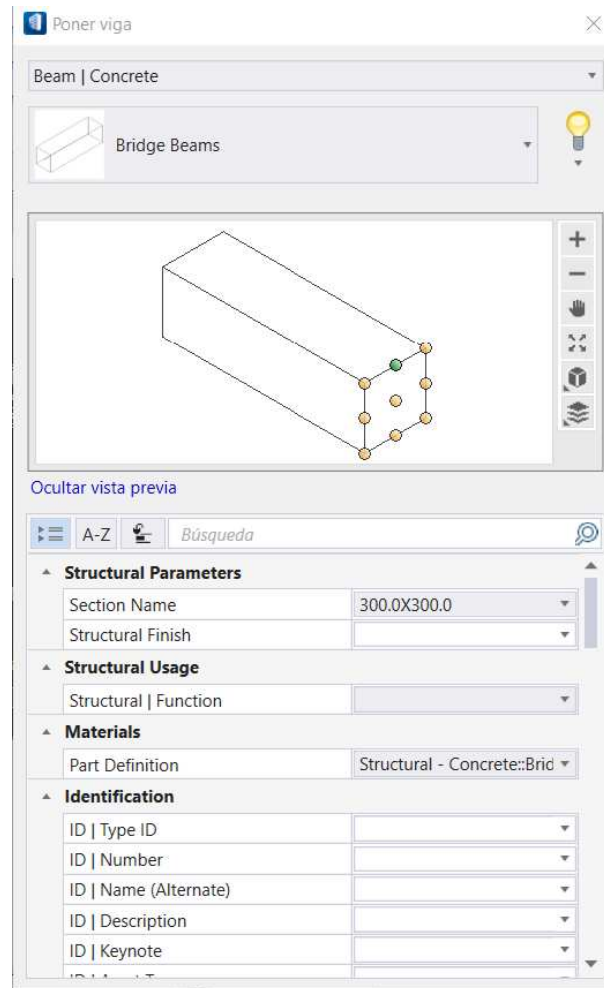


*Fuente: Elaboración propia.*

En el cuadro de dialogo seleccionamos “Viga Rectangular” de 20 x 20 y configuramos la función y los materiales que utilizaremos. El punto de colocación centro para poder modificar de una mejor forma en caso de necesitarlo.

**Figura 40:**

*Ventana de Vigas.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Acercamos el curso al punto donde queremos colocar la columna hacemos clic para colocarla.

#### 4.2.9 Modificar la Viga

Las columnas y las vigas son elementos estructurales diferentes a los muros o las losas, por lo tanto, la manera de edición es diferente.

## ***Longitud de Viga***

La Forma de modificar las vigas es la siguiente:

- Entramos a la vista 3D Alzado.
- Seleccionamos “Extender” de las herramientas.
- Se dibuja un Rectángulo en la parte superior de las vigas
- Clic en el extremo de las vigas y se desplaza el cursor hacia abajo o hacia arriba, se bloquea la dirección X con la tecla Enter y se coloca la distancia (en negativo si se quiere reducir la distancia) en las coordenadas X.
- Clic derecho para cancelar

### **4.2.10 Muros**

#### ***Tipos de Muros***

Los muros son elementos de tipo Forma, por esto los podemos modelar de cualquier manera, pueden tener formas dispares.

Podemos crear cualquier elemento arquitectónico con cualquier forma que queramos. Si después de modelar una forma compleja, a esta forma le asignamos la Familia y Pieza que queramos, ya lo tenemos convertido en un elemento arquitectónico.

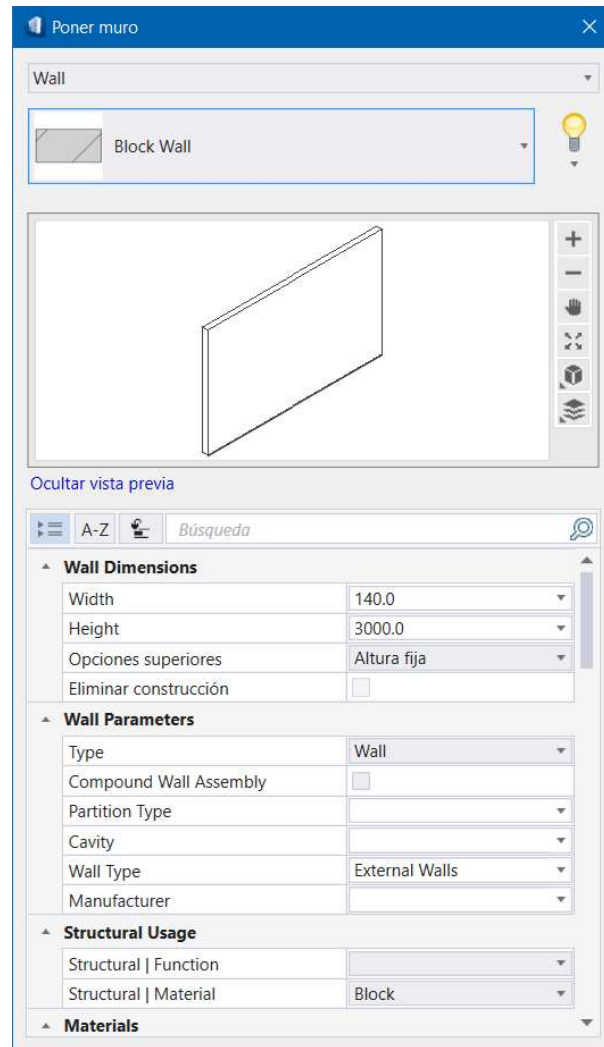
Si modelamos con formas es posible asignarles información del Grupo de Datos y hacerlos totalmente inteligentes. Por eso se recomienda crear Muros irregulares con formas y no con sólidos.

#### ***Muros exteriores***

Para dibujar un muro seleccionamos “Poner Muro”, en la pestaña Arquitectura, colocamos el muro que necesitamos del catálogo de una lista organizada por tipos de muros, simples o compuestos y por materiales (Bloque, ladrillos, hormigón entre otros), opciones de Colocación y definiciones de geometría.

**Figura 41:**

Ventana de Muros



*Fuente: Elaboración propia.*

Es aconsejable colocar la vista Isométrico, y estilo de visualización “Jaula de Alambres”, colocamos el cursor en una esquina y lo llevamos hasta el otro extremo según lo que indica la infraestructura, finalizamos con clic derecho.

De esta forma vamos dibujando todos los muros de la fachada de nuestra infraestructura.

## Muros interiores

Para los muros interiores de la misma forma seleccionamos en el catálogo el tipo de muro necesario, dibujamos los muros interiores de la infraestructura en la vista planta.

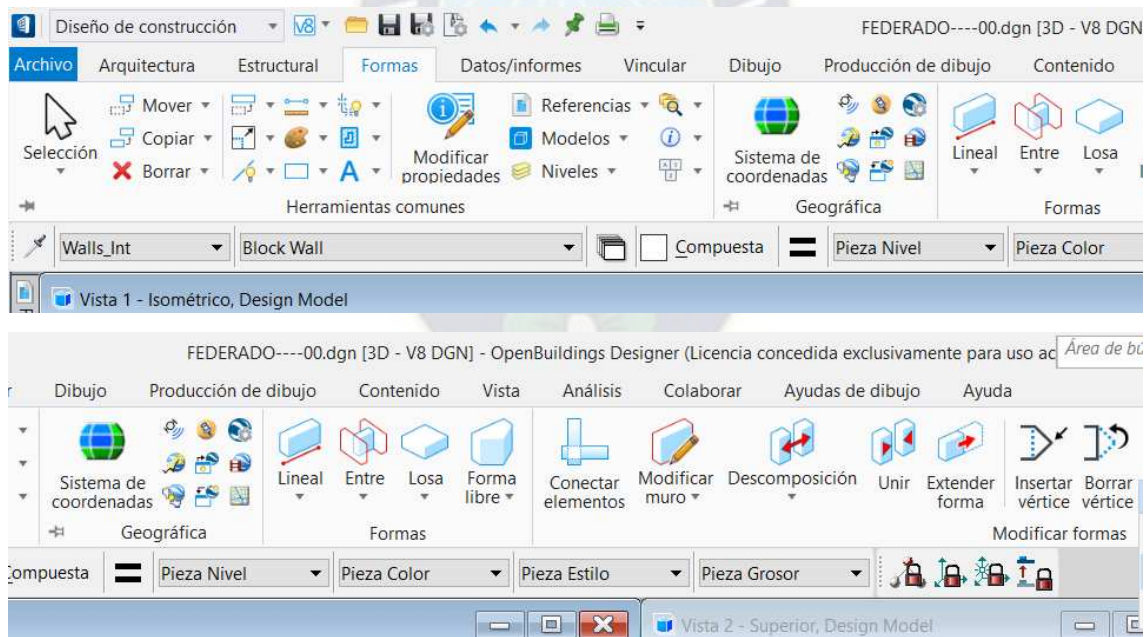
## Edición de Muros

### Intersecciones

En caso de intersecciones de muros, columnas, vigas y losas, podemos usar la herramienta “Restar Sólidos” para poder afinarlas.

Figura 42:

### Pestaña de Formas



Fuente: Elaboración propia.

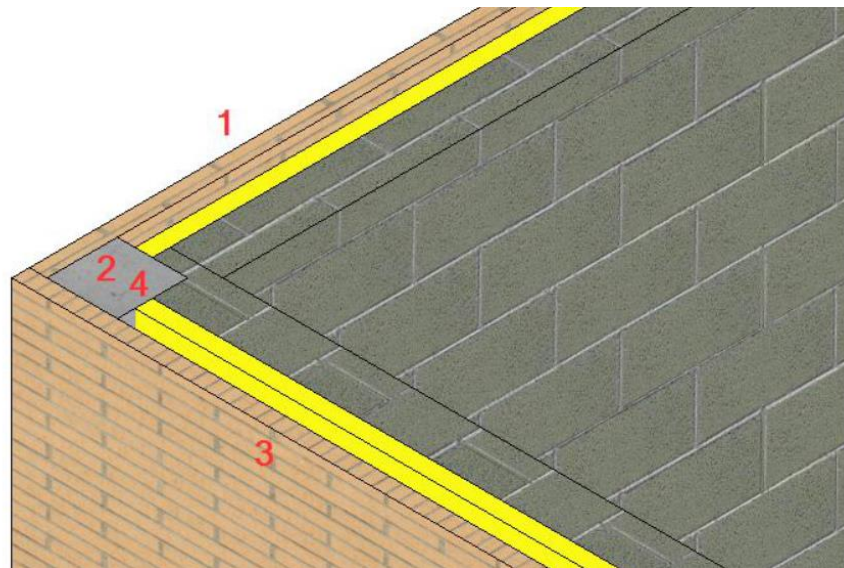
Esta herramienta se la puede usar para recortar muros por las columnas de la siguiente manera:

- Clic en restar sólidos.
- En el cuadro de dialogo seleccionamos “Conservar originales; Último”.

- Clic en el muro 1.
- Clic en la columna 2.
- Clic en el muro 3.
- Clic en la columna 4.

**Figura 43:**

*Detalle de Edición de Muros*



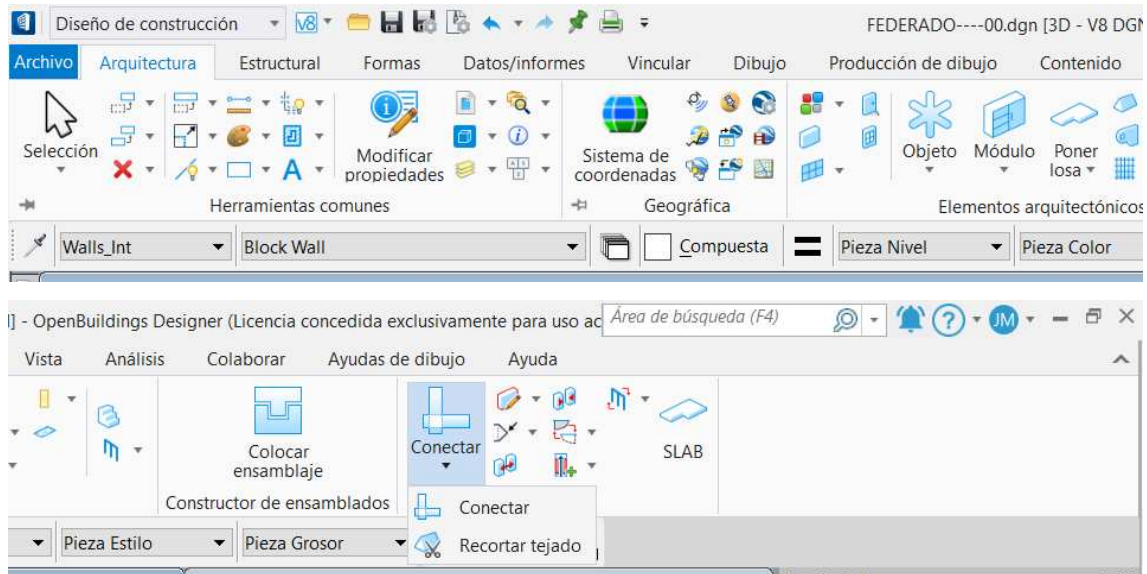
*Fuente: Elaboración propia.*

### ***Unir muros en L***

Para editar y limpiar intersecciones entre muros podemos usar la herramienta “Conectar” que ese encuentra en la barra de Arquitectura en la pestaña modificar.

**Figura 44:**

### Conexión de Muros en esquinas



*Fuente: Elaboración propia.*

- Seleccionamos la herramienta.
- Clic en un muro (se ilumina en color rosa) y clic en el otro.
- Clic para confirmar.

Nota: el orden en que hagamos el clic nos determinara que muro tiene prioridad sobre el otro. El segundo muro tendrá prioridad sobre el primero. También influye la proximidad del extremo de la forma al punto de donde hacemos clic.

#### 4.2.11 PUERTAS

##### Colocar Puertas

Las puertas y ventanas son un tipo de elemento llamado **Células**, como bloques de AutoCAD, pero de tipo paramétrico.

Entramos a la herramienta “Poner puerta” el cual tiene un cuadro de dialogo con propiedades específicas de elementos definidos por el usuario. Tiene una vista previa, un menú



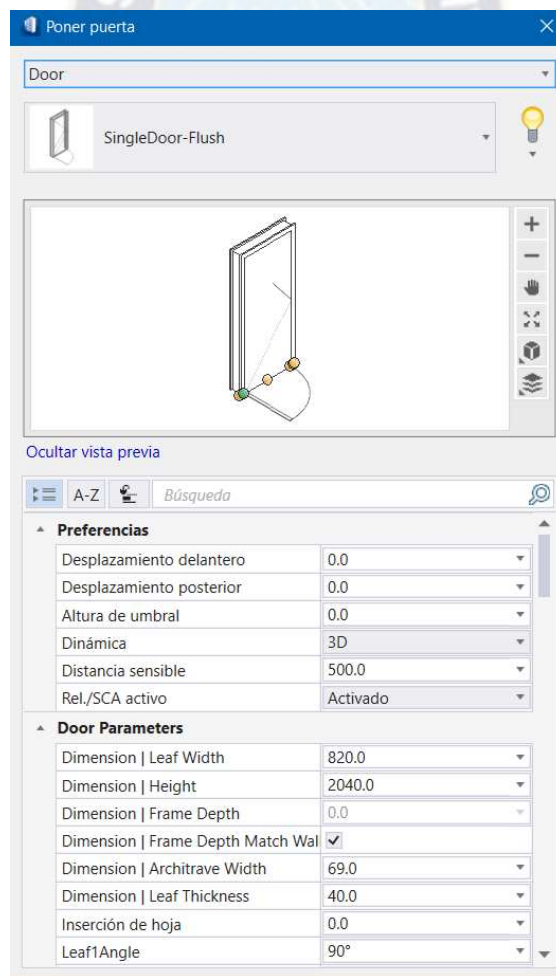
desplegable debajo de la vista con los elementos de catálogo y una larga lista de propiedades específicas de cada elemento.

En la vista previa podemos definir el punto de inserción (punto color verde) de los diferentes puntos rojos que nos ofrece.

- Colocamos la vista en planta y opción de visualización “Jaula de Alambre”.
- Abrimos Poner Puerta y seleccionamos de la lista la Puerta Sencilla.
- Definimos los siguientes parámetros de Altura y Anchura.
- Marcamos el Punto de inserción en el extremo izquierdo.

**Figura 45:**

*Ventana de Puertas*



*Fuente: Elaboración propia.*

Parámetros importantes son:

- Desplazamiento delantero y posterior: normalmente es cero. Es la distancia de la hoja a la cara exterior del muro.
- Profundidad del marco: Si ponemos igualar muro, tendrá el mismo espesor (profundidad) del muro. Si cambiamos el espesor del muro, el marco se adaptará automáticamente.
- Umbral/ Altura de la cabeza: es el antepecho, normalmente en puertas es cero.
- Seleccionamos el muro en el que se hospedará haciendo clic en la cara del muro en la que se abre la puerta.
- Clic en el punto de colocación, que coincide con el punto de la bisagra de la puerta.
- Y otro clic para definir el lado de abertura de la hoja (dentro o fuera), en este caso hacemos un clic en la parte izquierda.

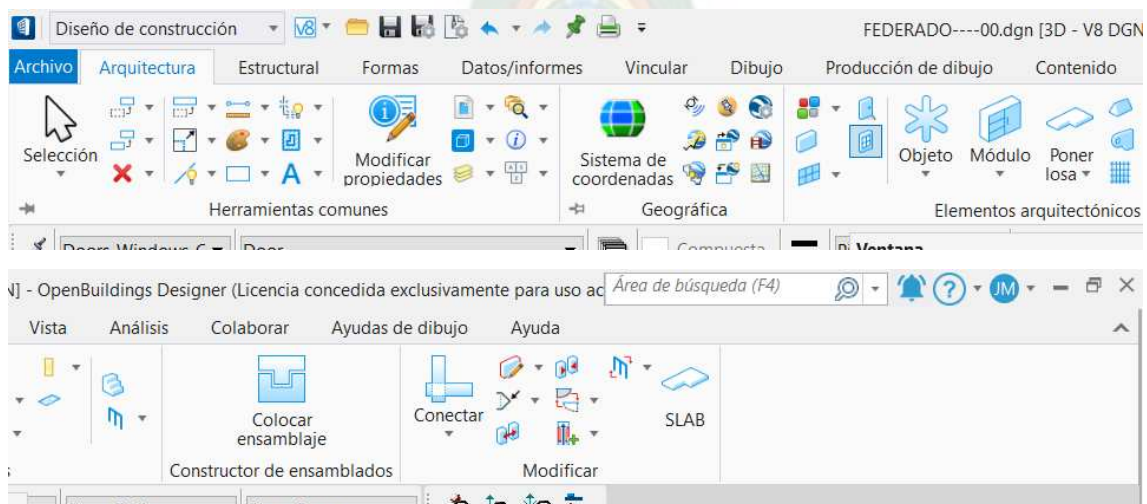
#### 4.2.12 Ventanas

##### *Colocar Ventanas*

La herramienta de Poner Ventana está situada en las tareas de Arquitectura.

**Figura 46:**

##### *Pestaña de Arquitectura – Ventana*

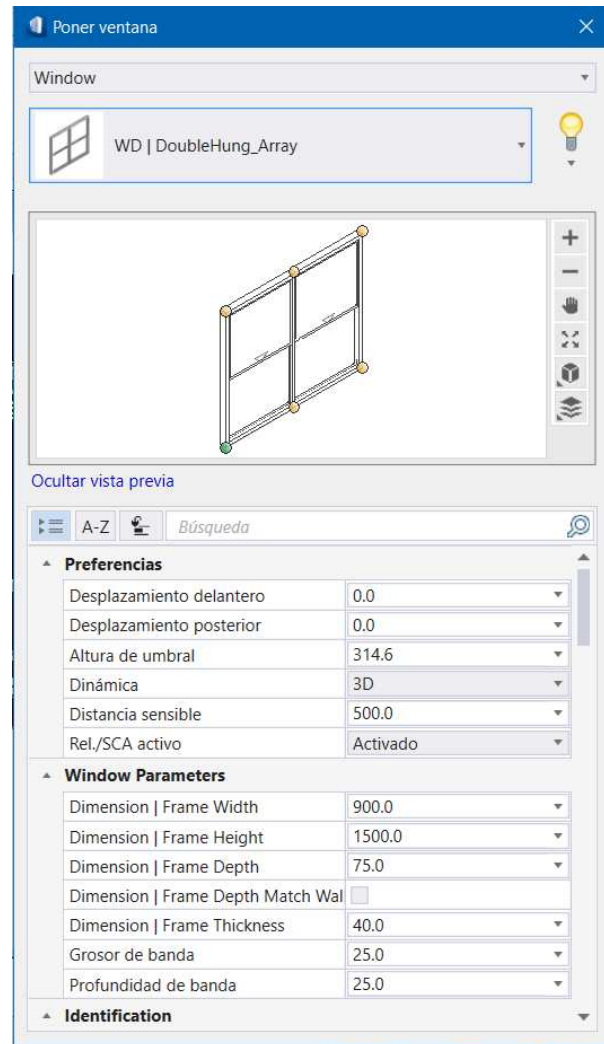


Fuente: Elaboración propia.

Tiene la misma función que las puertas, así que para colocar las ventanas en la fachada se utiliza el mismo procedimiento.

**Figura 47:**

*Ventana de Ventanas*



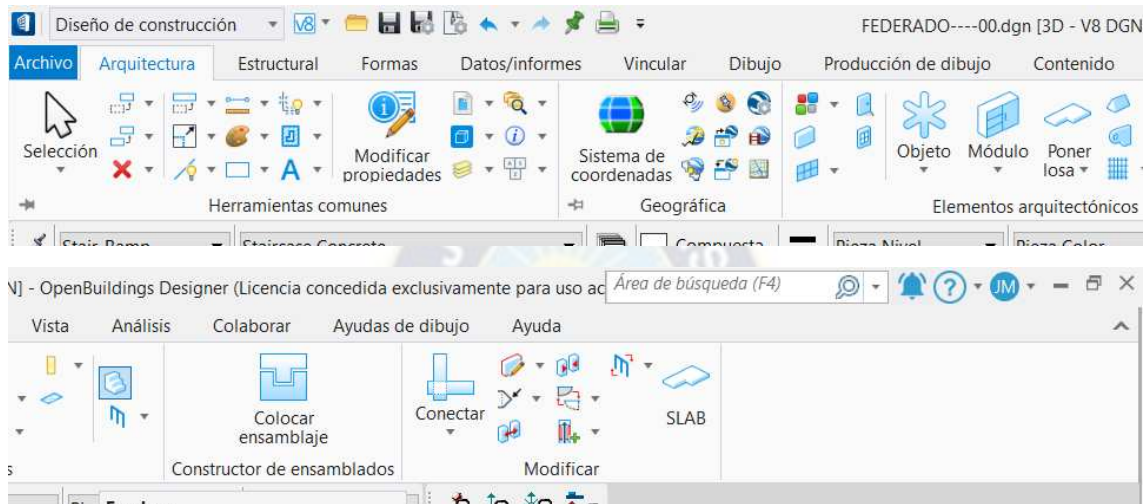
Fuente: Elaboración propia.

## 4.2.13 Escaleras

La función Poner escalera está en el grupo de tareas Arquitectónico:

**Figura 48:**

*Pestaña de Arquitectura – Escalera*

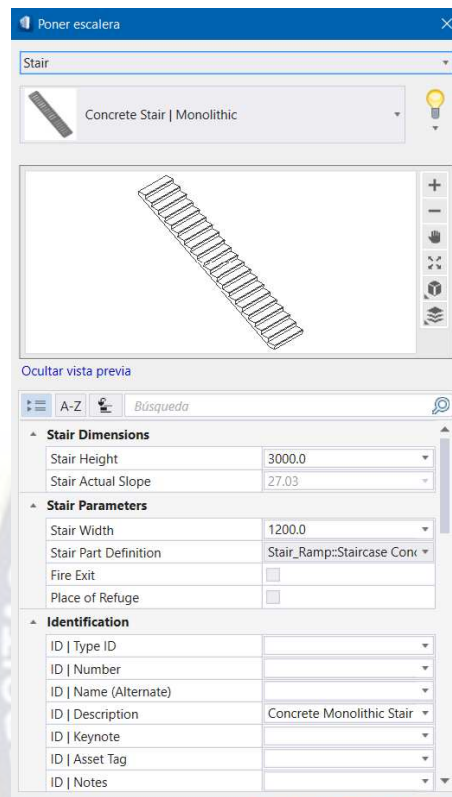


*Fuente: Elaboración propia.*

Podemos observar que en el cuadro de dialogo se puede colocar las dimensiones y los parámetros ajustando a las necesidades de la infraestructura.

**Figura 49:**

*Ventana de Escaleras*



*Fuente: Elaboración propia.*

Para colocar una escalera en forma de U:

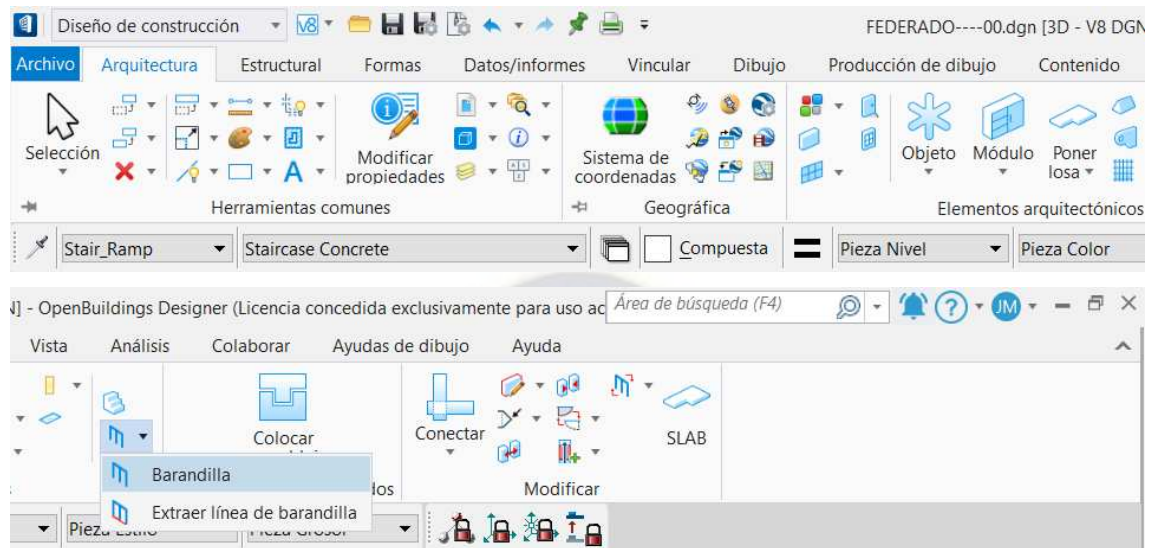
- Nos colocamos la Vista en planta y clicamos en el punto de arranque (base derecha) y definimos la dirección (en el eje OX) y el número de huellas del primer tramo.
- Después definimos la anchura de la escalera con otro clic en la esquina, y clic-derecho para terminar.

#### 4.2.14 Barandillas

**Poner barandilla** es una herramienta independiente de la escalera que tiene sus propios parámetros y tiene el mismo aspecto que el diálogo de muros, pero con menos opciones de colocación.

**Figura 50:**

*Pestaña de Arquitectura – Barandillas*



*Fuente: Elaboración propia.*

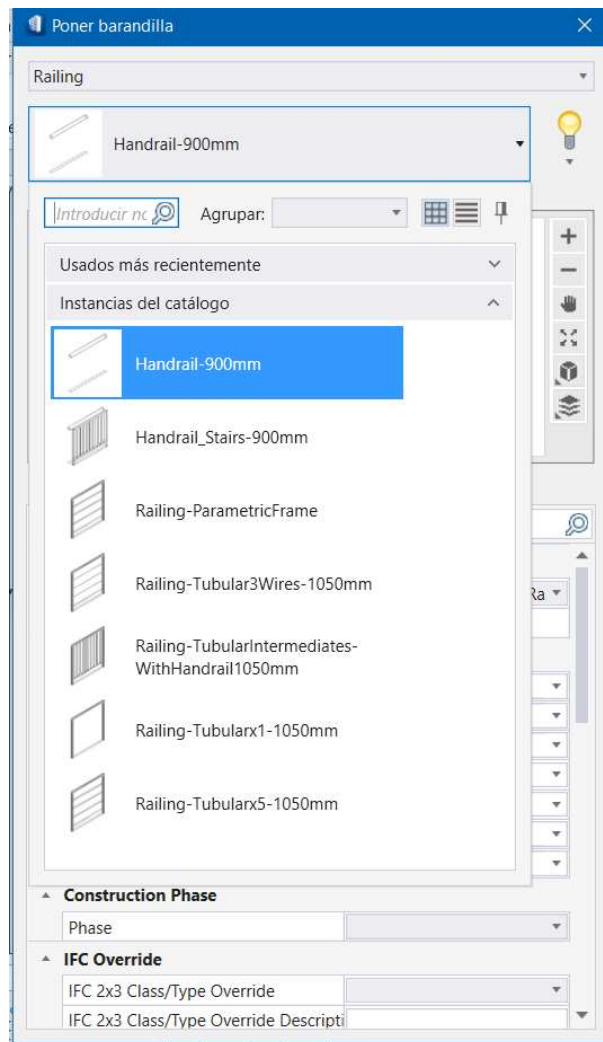
Como modos de colocación tiene dos:

- Colocar una barandilla a partir de una cadena de líneas.
- Colocar una barandilla a partir de una escalera.

Con el primer modo tenemos que dibujar, primero, la línea de recorrido de la barandilla y luego la colocamos con un clic sobre ella, y con el segundo método basta hacer clic sobre la parte de la escalera que queremos para obtener la barandilla adaptada la escalera.

**Figura 51:**

*Ventana de barandillas*



*Fuente: Elaboración propia.*

### 4.3 Modelado de las instalaciones Eléctrica e Hidrosanitaria con Revit

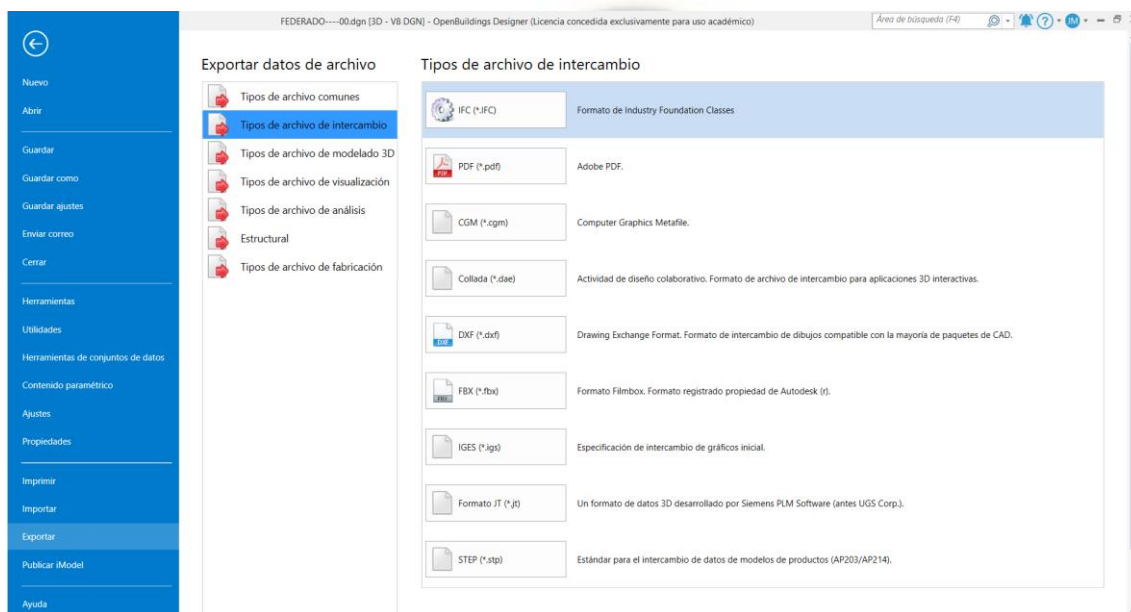
Para el modelado de la instalación eléctrica se utilizó el programa Revit 2022, a partir de un modelo arquitectónico realizado en Open Building Designer, esto para demostrar la fluidez que se tiene al vincular el archivo en open Building Designer a otro archivo en Revit 2022 y que no se pierda ningún tipo de datos.

Esta vinculación es posible realizarla si el archivo realizado en Open Building Designer se lo transforma al formato universal IFC.

En el programa Open Building Designer exportamos el archivo arquitectónico en formato IFC para poder ser leído por el Programa Revit fácilmente.

**Figura 52:**

*Ventana de exportación del archivo en IFC*



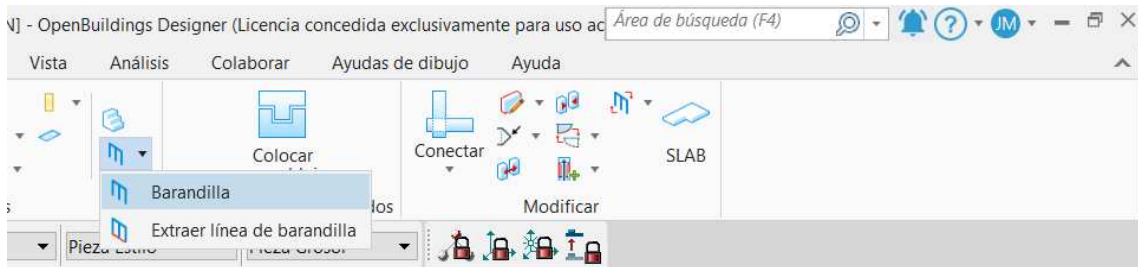
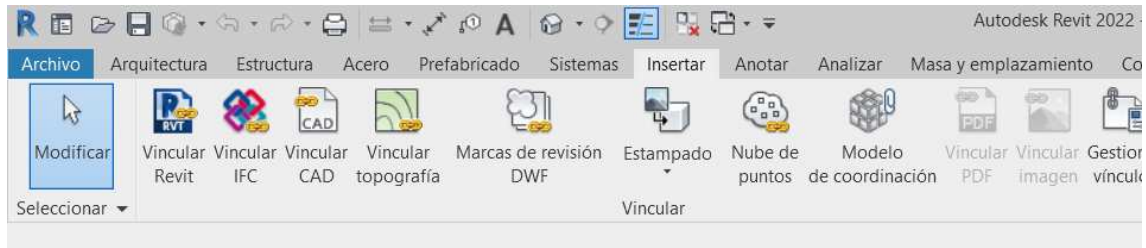
*Fuente: Elaboración propia.*

Para la vinculación de estos archivos entramos a la pestaña en Revit "Insertar" herramienta "Vincular IFC"



**Figura 53:**

*Pestaña de insertar*

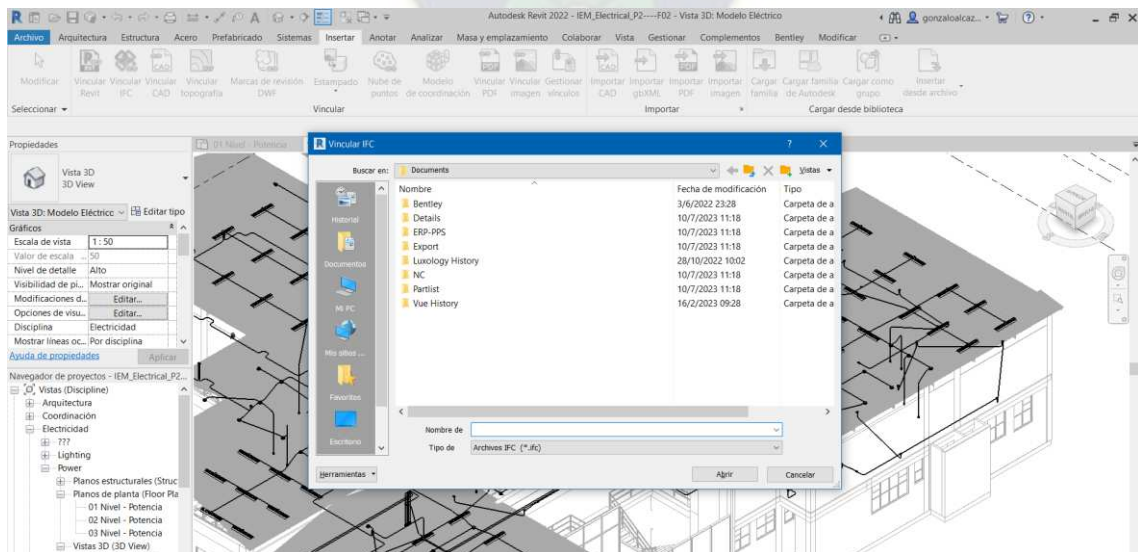


*Fuente: Elaboración propia.*

Buscamos la ruta donde se guardó el Archivo IFC.

**Figura 54:**

*Búsqueda del archivo IFC*

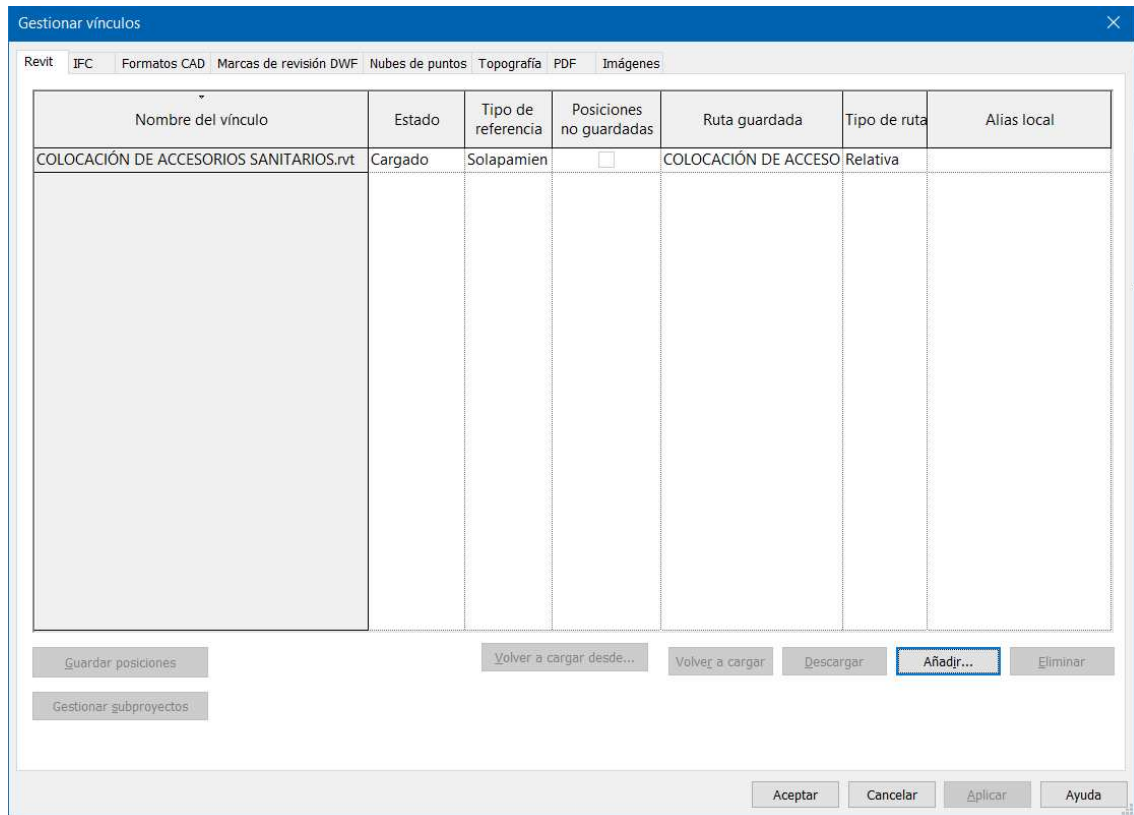


*Fuente: Elaboración propia.*

Una vez vinculado el archivo IFC en Revit se colocará en las coordenadas exactas. Los archivos vinculados pueden gestionarse en la ventana “Gestionar Vínculos”.

**Figura 55:**

*Ventana de gestión de vínculos*



*Fuente: Elaboración propia.*

Una vez vinculado el proyecto en el programa Revit comenzamos a modelar las instalaciones Eléctricas y sanitarias.

### 4.3.1 Instalación Eléctrica

#### 4.3.1.1 Paneles Eléctricos

En la barra de herramientas localizamos la pestaña “Sistemas”, “Electricidad”.

Figura 56:

Pestaña de Sistemas

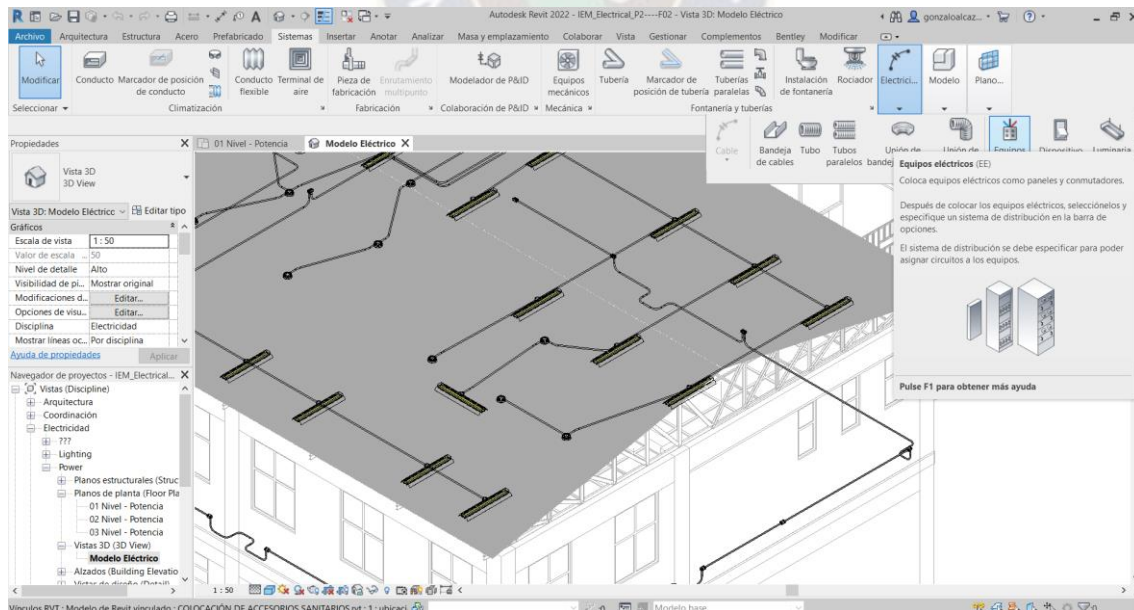


Fuente: Elaboración propia.

En la pestaña “Electricidad” podemos encontrar diferentes opciones como ser bandeja de cables, Tubos, tubos paralelos, entre otros. Comenzaremos escogiendo “Equipos eléctricos”, para así poder escoger los paneles de control principales y localizarlos en la infraestructura.

Figura 57:

Pestaña de Sistemas – Eléctrico

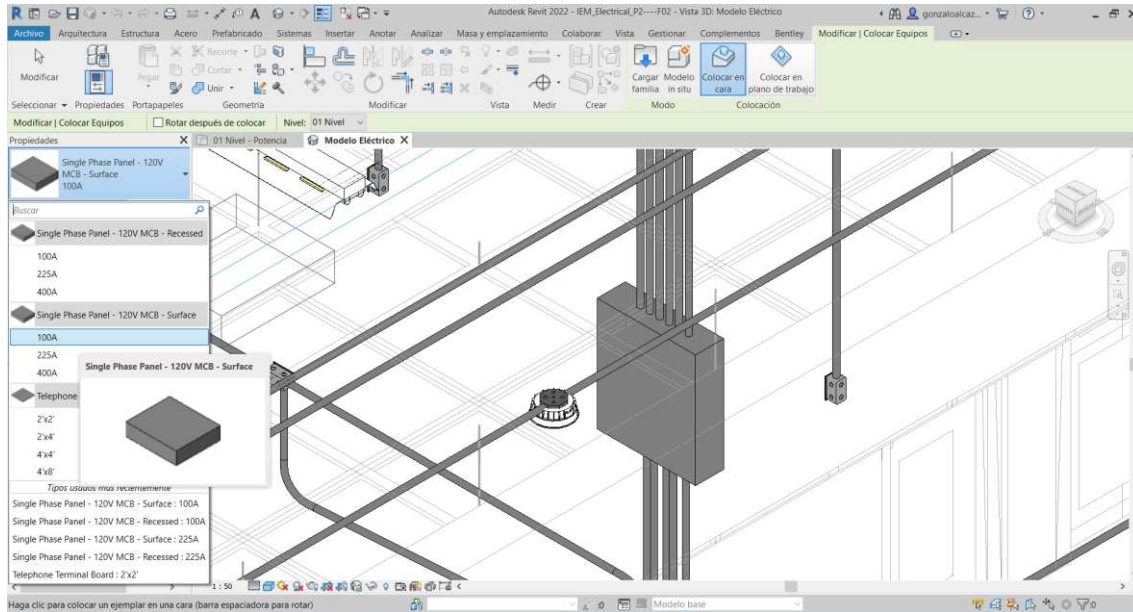


Fuente: Elaboración propia.

En la parte izquierda de la pantalla se puede observar los diferentes tipos de paneles que podemos colocar, en nuestra infraestructura colocaremos el Panel de 120v – 100ª.

**Figura 58:**

### *Colocación de Paneles Eléctricos*



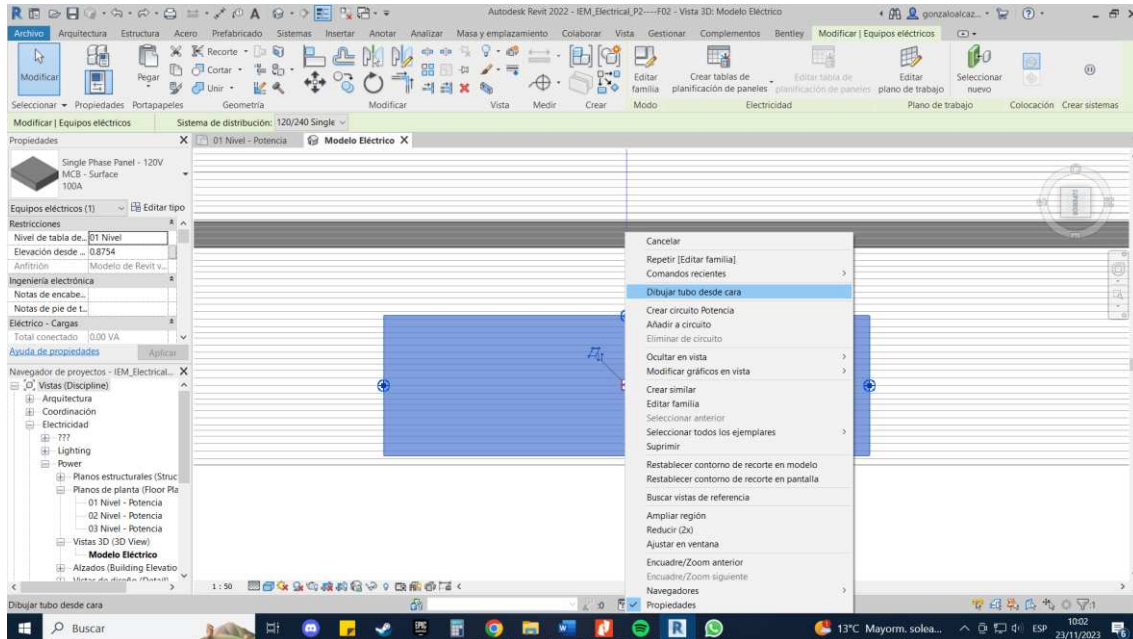
*Fuente: Elaboración propia.*

Colocamos la vista en planta para poder añadir al panel el número necesario de conectores según el número de sistemas que tenga la infraestructura.

- Clic derecho sobre el panel
- Escoger la opción dibujar tubo desde cara
- Ajustamos las medidas para tener un mejor orden

Figura 59:

### Colocación de Tubos



Fuente: Elaboración propia.

Una vez colocado todos los tubos en orden se procede a guardar el proyecto.

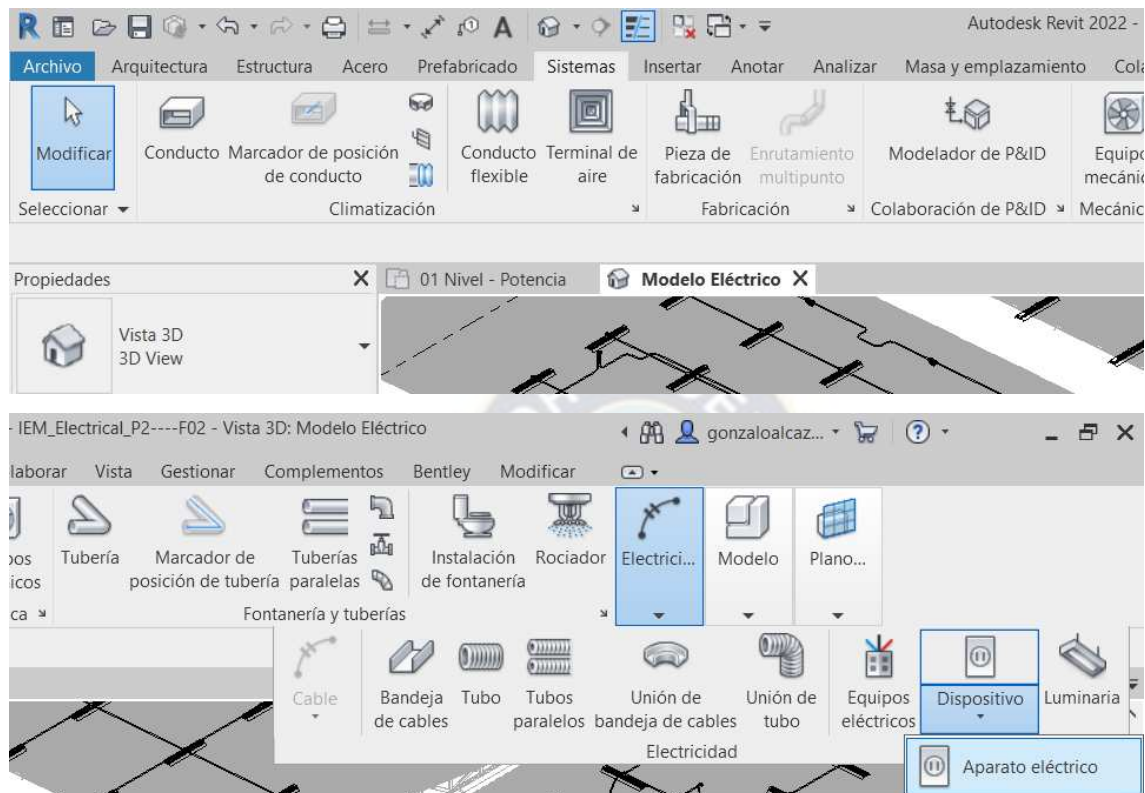
#### 4.3.1.2 Toma Corrientes

Para el modelado de toma corrientes identificamos a lo largo de toda la infraestructura 3 tipos de toma corrientes: Toma de fuerza, Toma doble y toma simple.

- Nuevamente nos dirigimos a la pestaña “Sistemas”
- Opción Electricidad
- Escogemos la opción dispositivos y dentro de este Aparatos eléctricos

Figura 60:

Pestaña de Aparato Electrónico – Tomacorrientes.

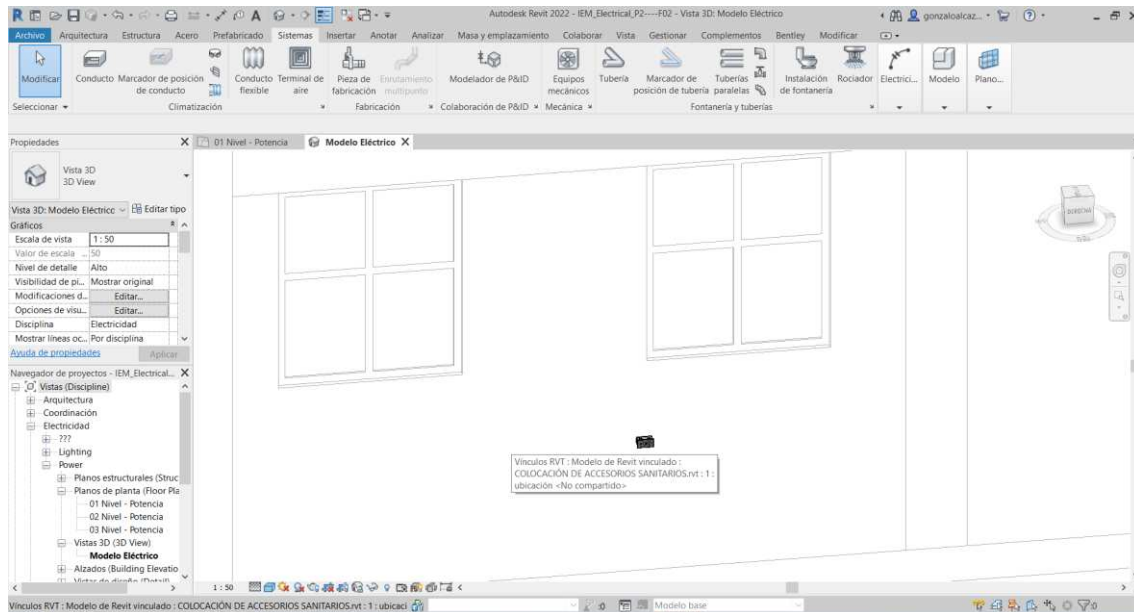


Fuente: Elaboración propia.

Una vez en la herramienta podemos observar a la izquierda los tipos de toma corrientes que se tiene, escogiendo la que necesitamos para infraestructura procedemos a la colocación en el muro.

**Figura 61:**

### Colocación de los Tomacorrientes en muros

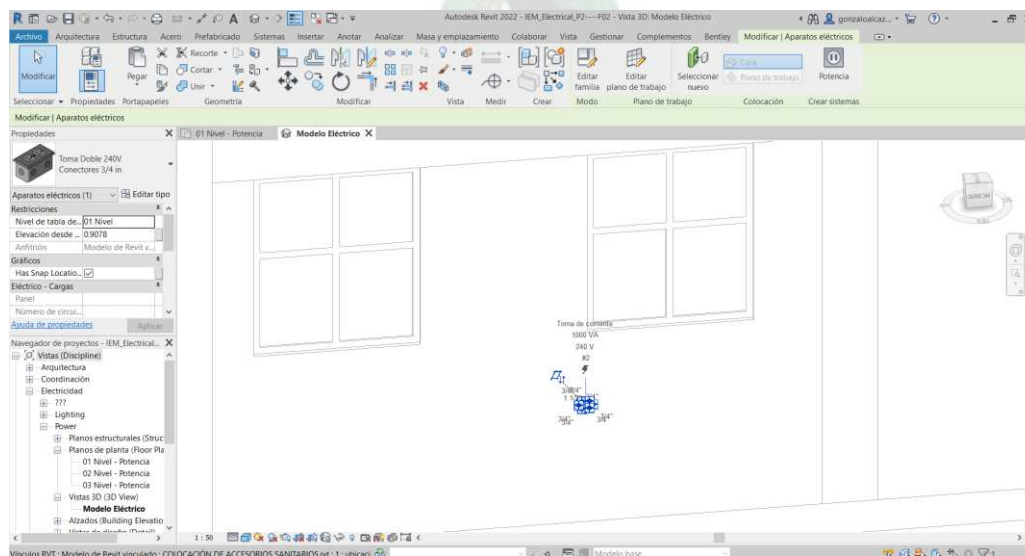


Fuente: Elaboración propia.

Podemos colocar la elevación exacta que se necesitara en las propiedades del elemento en la parte izquierda de la pantalla.

**Figura 62:**

### Propiedades del Tomacorrientes



Fuente: Elaboración propia.

El mismo procedimiento se utiliza para colocar las demás tomas de corrientes de acuerdo a lo que la infraestructura nos pida.

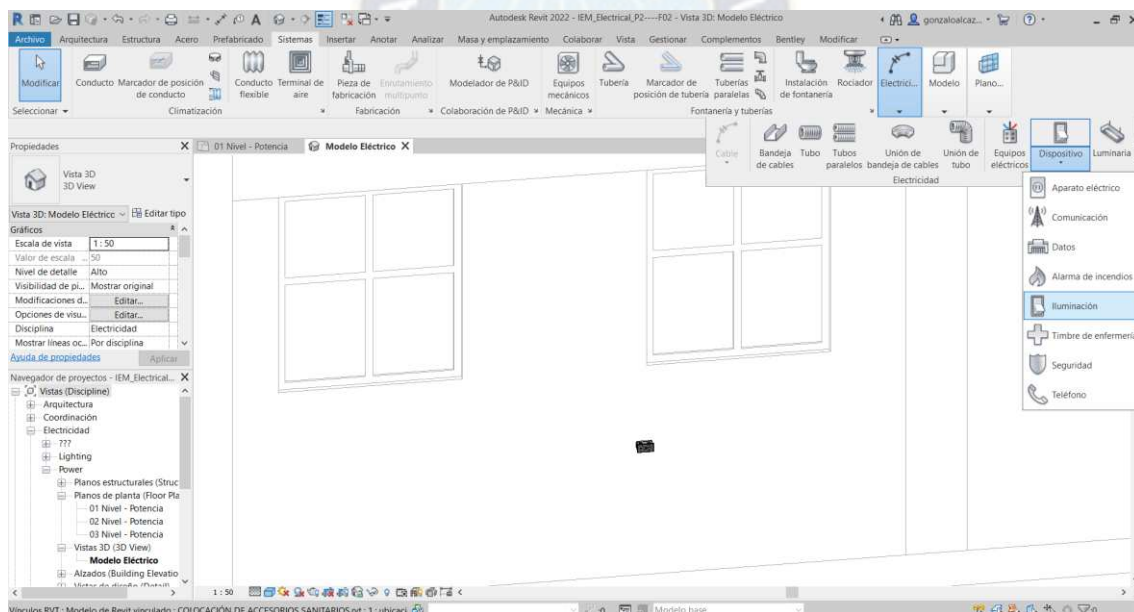
#### 4.3.1.3 Interruptores

Para el modelado de interruptores identificamos a lo largo de toda la infraestructura 2 tipos: interruptor doble e interruptor simple.

- Nuevamente nos dirigimos a la pestaña “Sistemas”
- Opción Electricidad
- Escogemos la opción dispositivos y dentro de este Iluminación

**Figura 63:**

*Selección de Interruptores.*



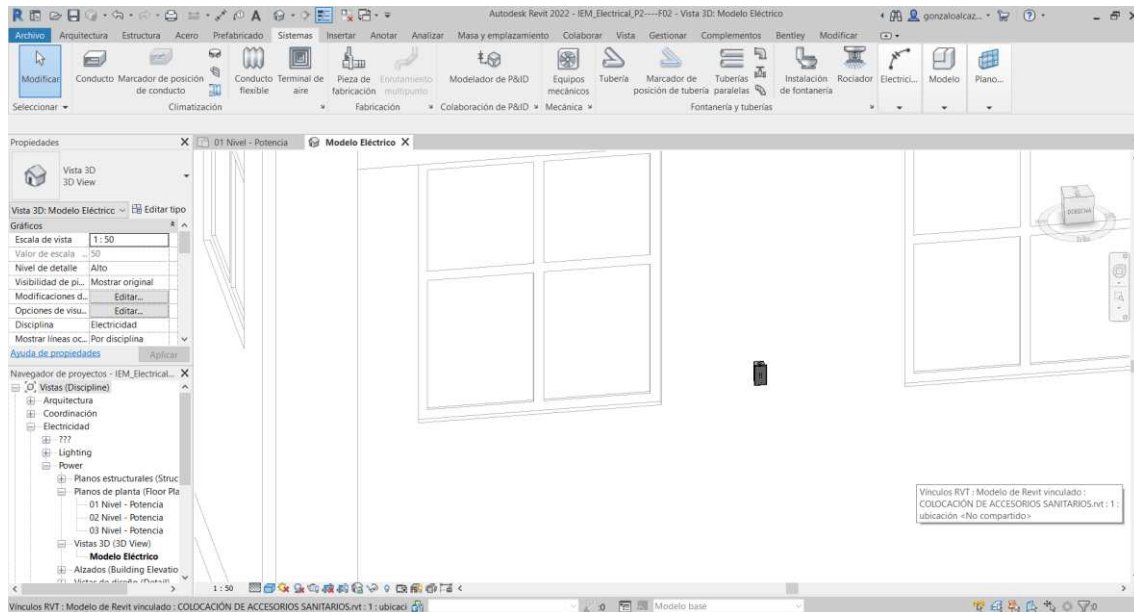
*Fuente: Elaboración propia.*

Una vez en la herramienta podemos observar a la izquierda los tipos de interruptores que se tiene, escogiendo la que necesitamos para infraestructura procedemos a la colocación en el muro.



**Figura 64:**

*Colocación de Interruptores en los muros.*

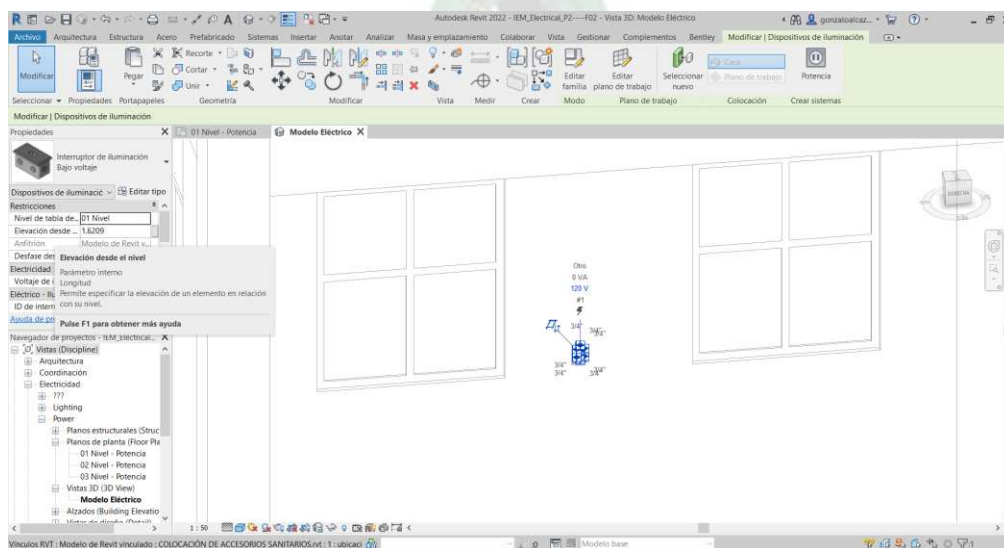


*Fuente: Elaboración propia.*

Podemos colocar la elevación exacta que se necesitara en las propiedades del elemento en la parte izquierda de la pantalla.

**Figura 65:**

*Propiedades de los Interruptores*



*Fuente: Elaboración propia.*

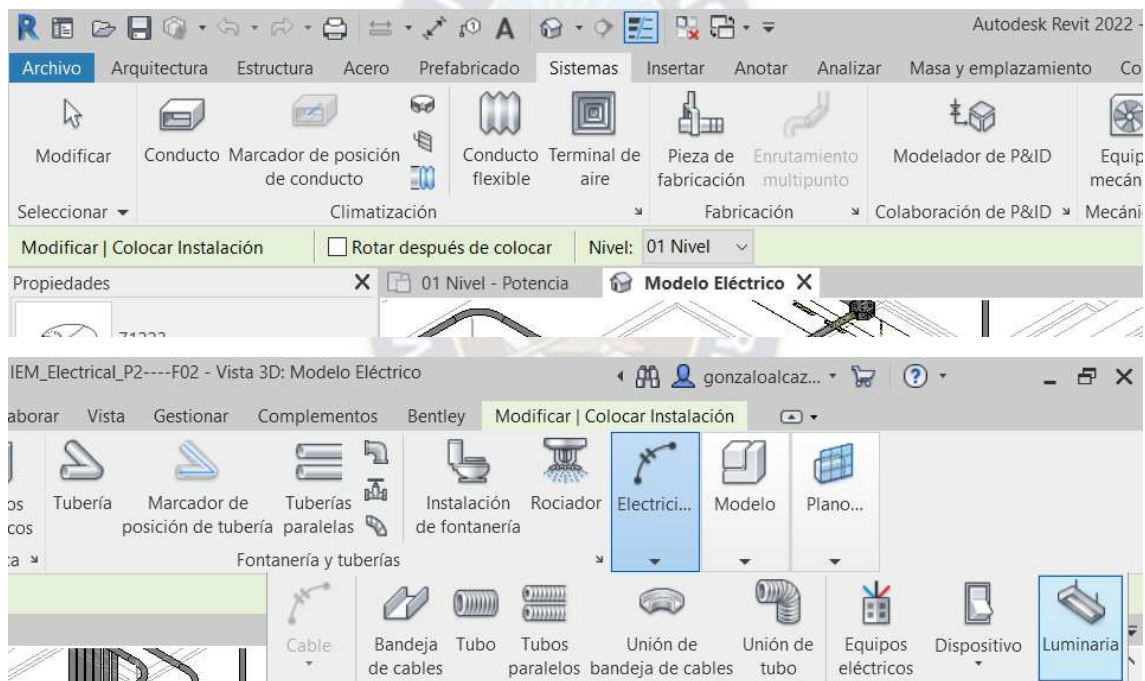
#### 4.3.1.4 Luminarias

Para el modelado de las luminarias según la infraestructura se pudo identificar 3 tipos: Tubo Fluorescentes dobles, simples y lámparas.

- Nuevamente nos dirigimos a la pestaña “Sistemas”.
- Opción Electricidad.
- Escogemos la opción luminaria.

**Figura 66:**

*Pestaña de Luminarias*

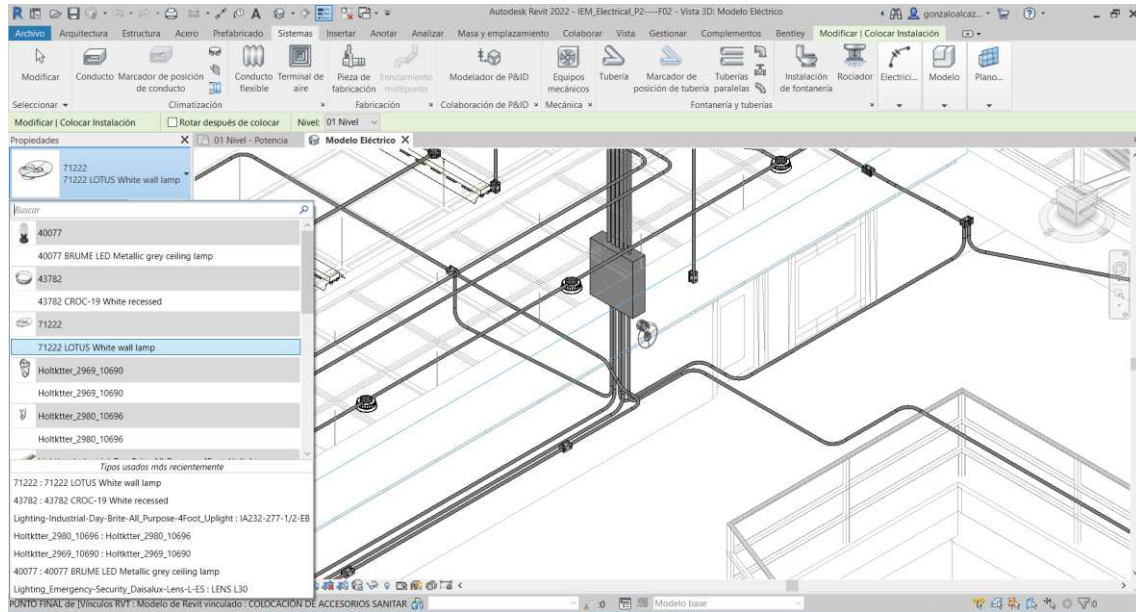


*Fuente: Elaboración propia.*

A la izquierda de la pantalla podemos observar los diferentes elementos que necesitaremos para completar la infraestructura

**Figura 67:**

*Ventana de Luminarias*

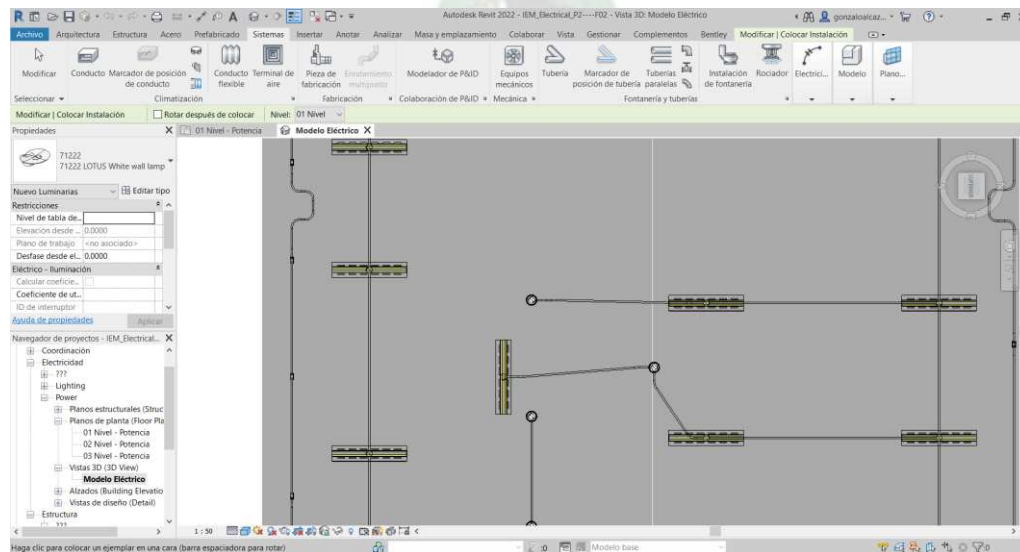


*Fuente: Elaboración propia.*

Una vez escogido el elemento se debe colocar la vista en planta, acercar el curso al techo en la referencia y con un clic la luminaria estará colocada.

**Figura 68:**

*Vista Superior; Colocación de Luminarias.*



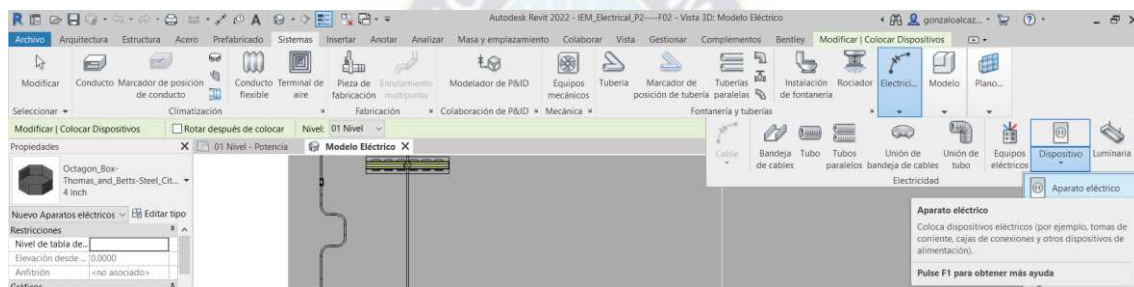
*Fuente: Elaboración propia.*

Un accesorio importante en las instalaciones eléctricas son las cajas octogonales para las luminarias, las cuales también se pueden modelar en el programa de una forma fácil para realizar la conexión de los tubos.

- Nuevamente nos dirigimos a la pestaña “Sistemas”.
- Opción Electricidad.
- Escogemos la opción dispositivos y dentro de este aparato eléctrico.

**Figura 69:**

*Pestaña de Aparatos Eléctricos*

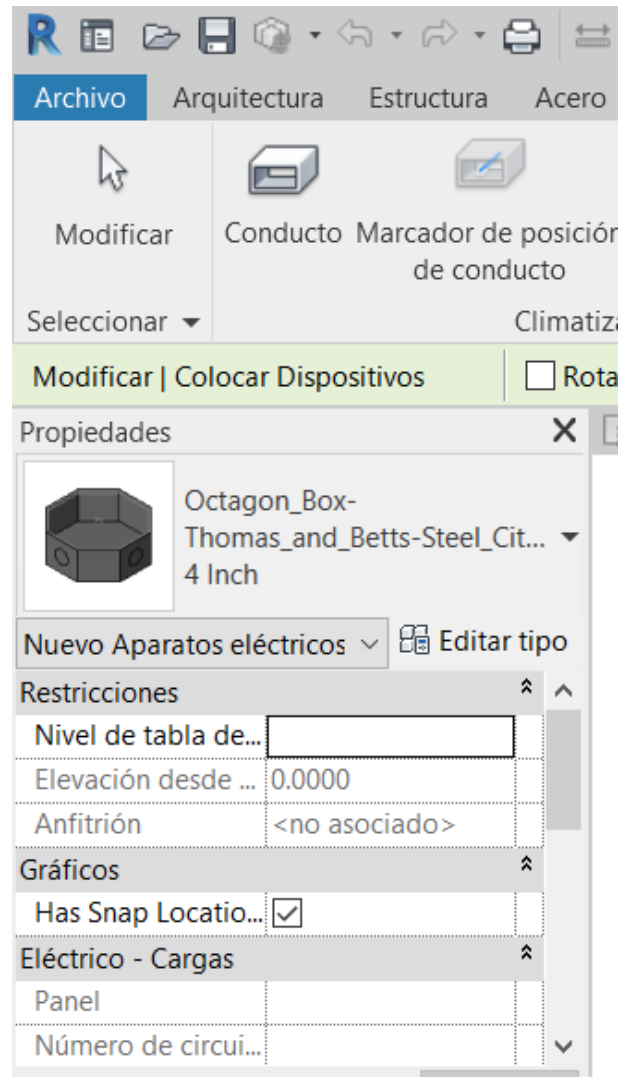


*Fuente: Elaboración propia.*

A la izquierda de la pantalla podemos observar el elemento que necesitaremos para completar la infraestructura.

Figura 70:

Ventana de Caja Octágono

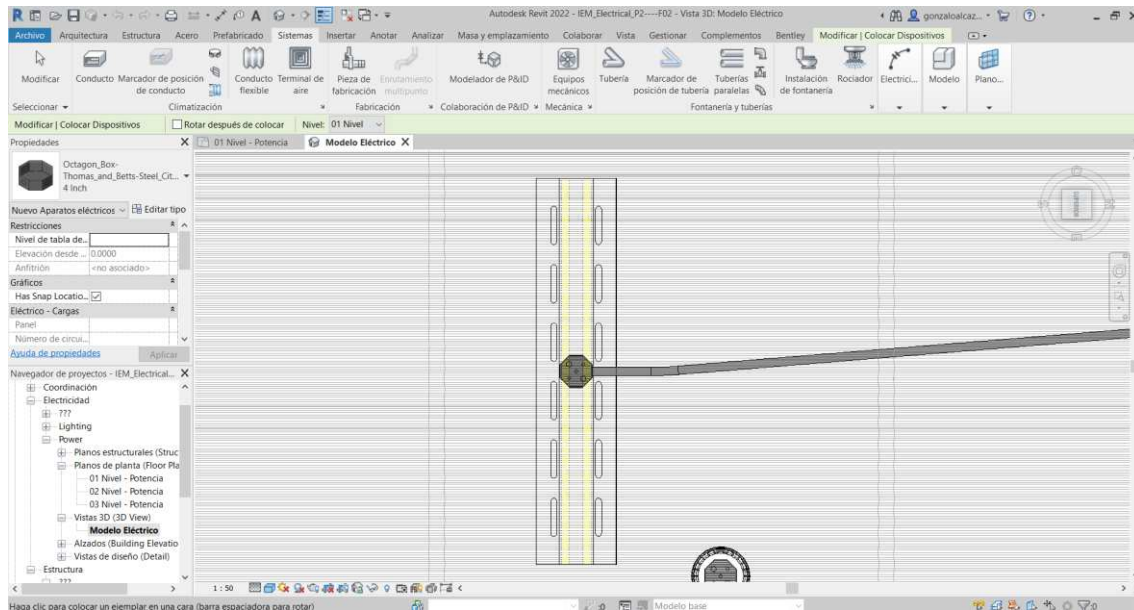


Fuente: Elaboración propia.

La forma de colocación es exactamente la misma que de las luminarias, teniendo precaución de que los puntos centrales de ambos elementos estén alineados.

**Figura 71:**

### Colocación de Elementos en Muros



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.3.1.5 Tubos

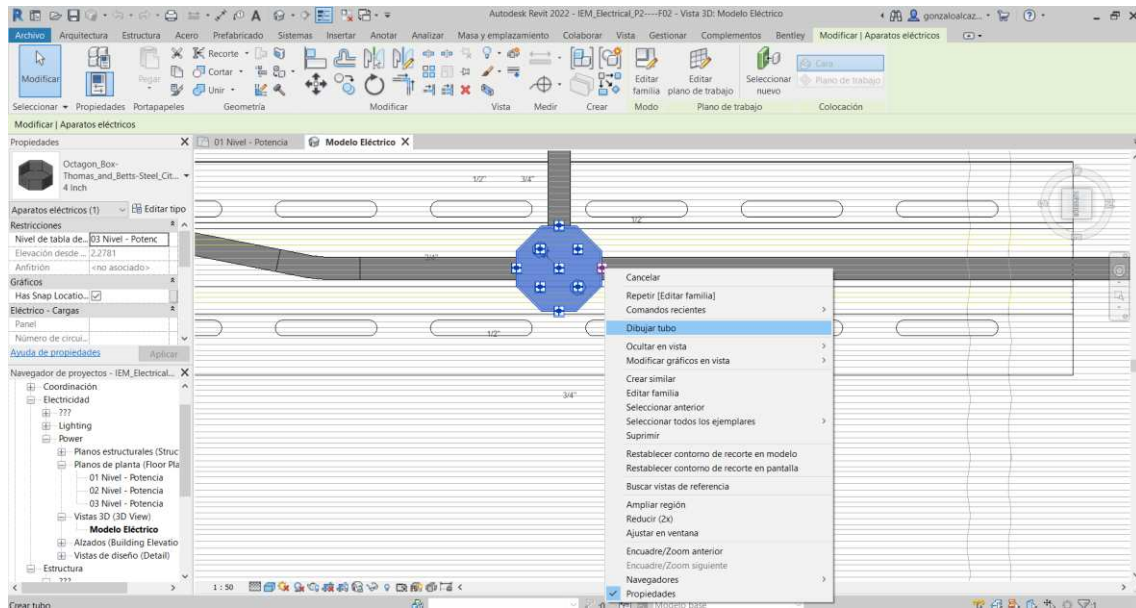
Una vez colocados todos los elementos (Panel de control, toma corriente, interruptores, luminarias y las cajas ortogonales se procede a cerrar los circuitos con los tubos por donde pasaran los cables, teniendo siempre cuidado de no tener intersecciones.

La forma más simple de poder modelar los tubos es haciendo clic sobre cualquiera de los elementos exceptuando las luminarias donde la caja ortogonal será el receptor de todos los tubos.

Encontrar los conectores y sobre cualquiera de ellos (dependiendo de la dirección que se quiera tomar) hacer clic derecho y escoger la opción dibujar tubo.

**Figura 72:**

*Conexión de elementos mediante tubos*

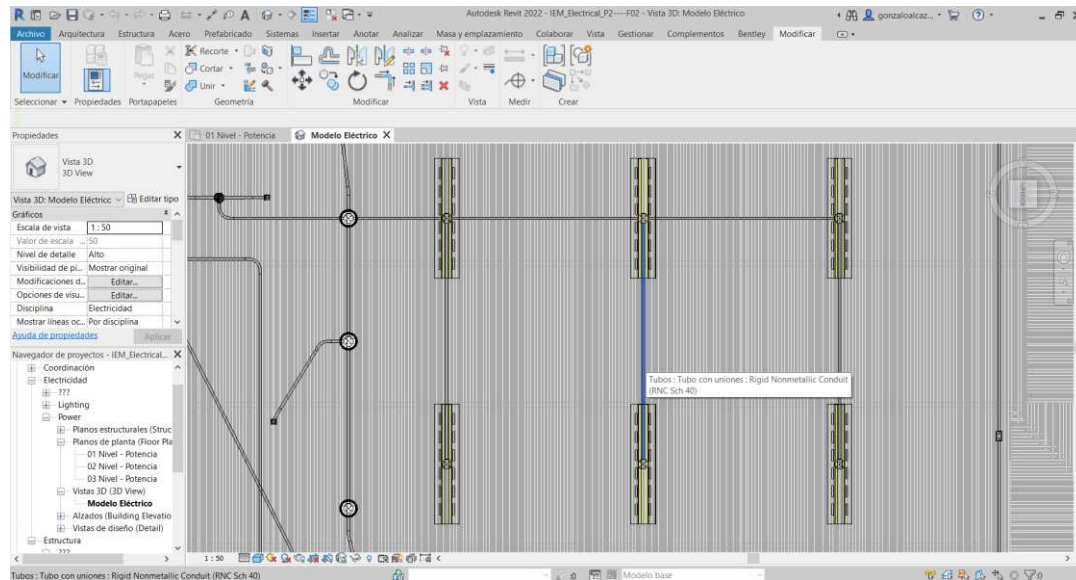


*Fuente: Elaboración propia.*

En el caso de las luminarias y según el plano eléctrico se irán uniendo cada una de ellas para así poder cerrar el circuito. Para esto después de hacer el anterior procedimiento ir hasta la próxima luminaria y en uno de los conectores hacer clic, automáticamente el tubo se dibujará desde la Luminaria A hasta la Luminaria B

**Figura 73:**

*Conexión de Luminarias mediante tubos*



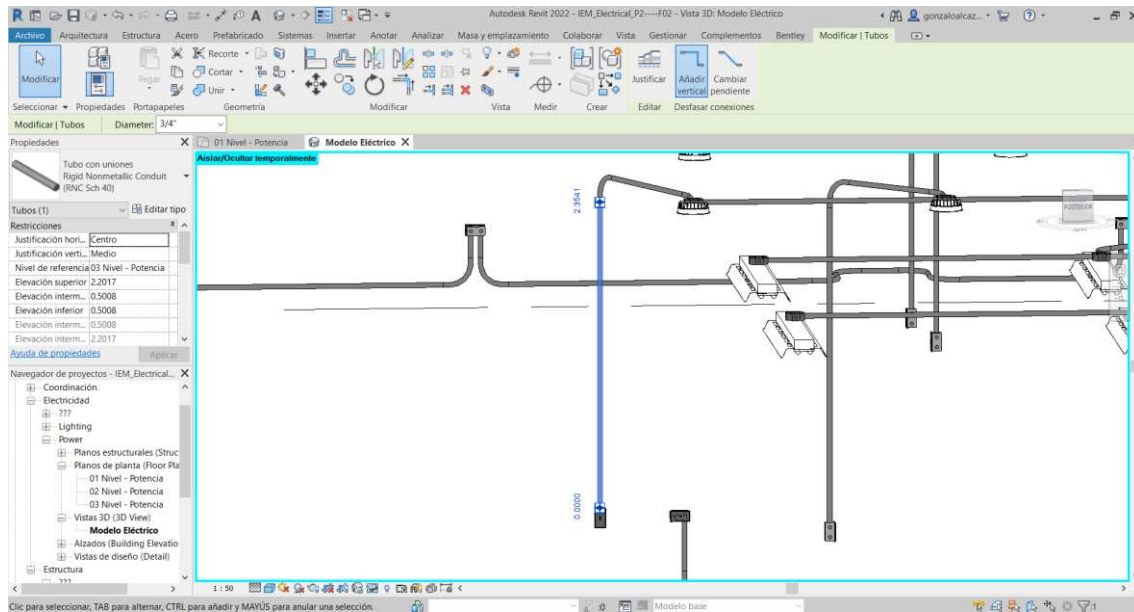
*Fuente: Elaboración propia.*

Para poder conectar el interruptor de la misma manera, se hace clic sobre la caja octogonal se dibuja hacia la dirección del interruptor y haciendo clic sobre un conector (de preferencia el superior) el tubo se generará automáticamente.



Figura 74:

Ventana de propiedades de tubos

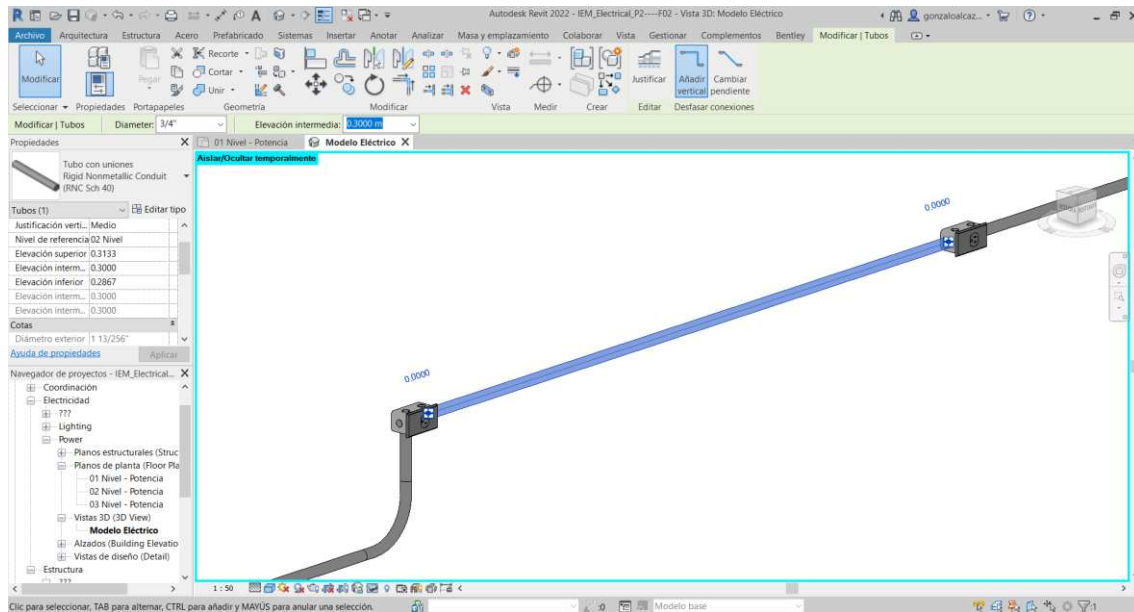


Fuente: Elaboración propia.

Para la toma corrientes se hace exactamente el mismo procedimiento, pero tomando en cuenta que las conexiones son entre ellos mismos para después cerrar el circuito en el panel principal.

**Figura 75:**

### Conexiones de Elementos

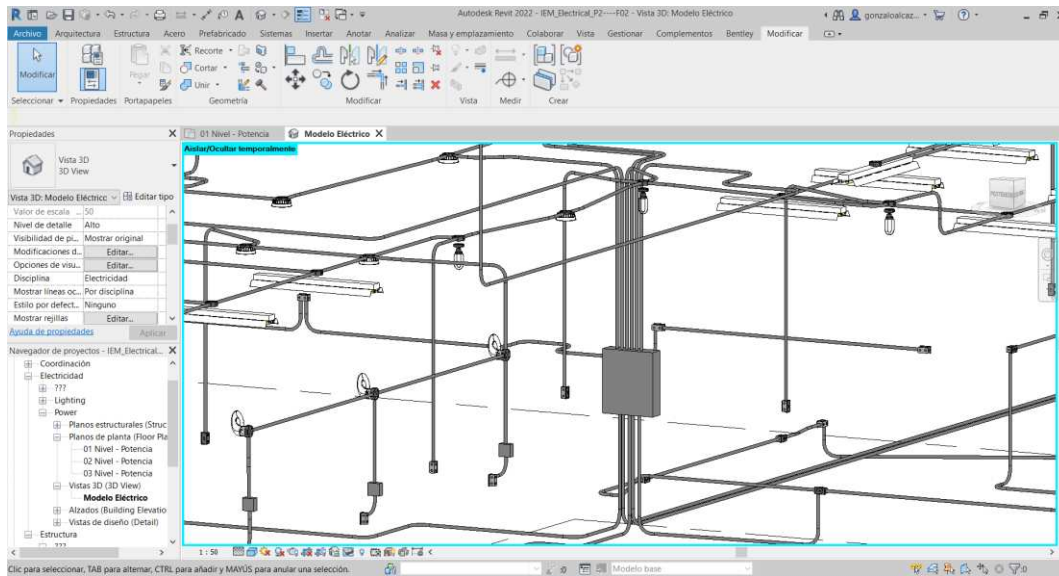


*Fuente: Elaboración propia.*

En el panel de control se utiliza el mismo procedimiento, tomando en cuenta que la conexión es del panel directo a una luminaria o toma corrientes, esto para cerrar el sistema. (es recomendable para no tener intersecciones realizar el dibujo de los tubos para las luminarias hacia arriba y el de la toma corriente hacia abajo).

Figura 76:

### Conexión de elementos al panel principal



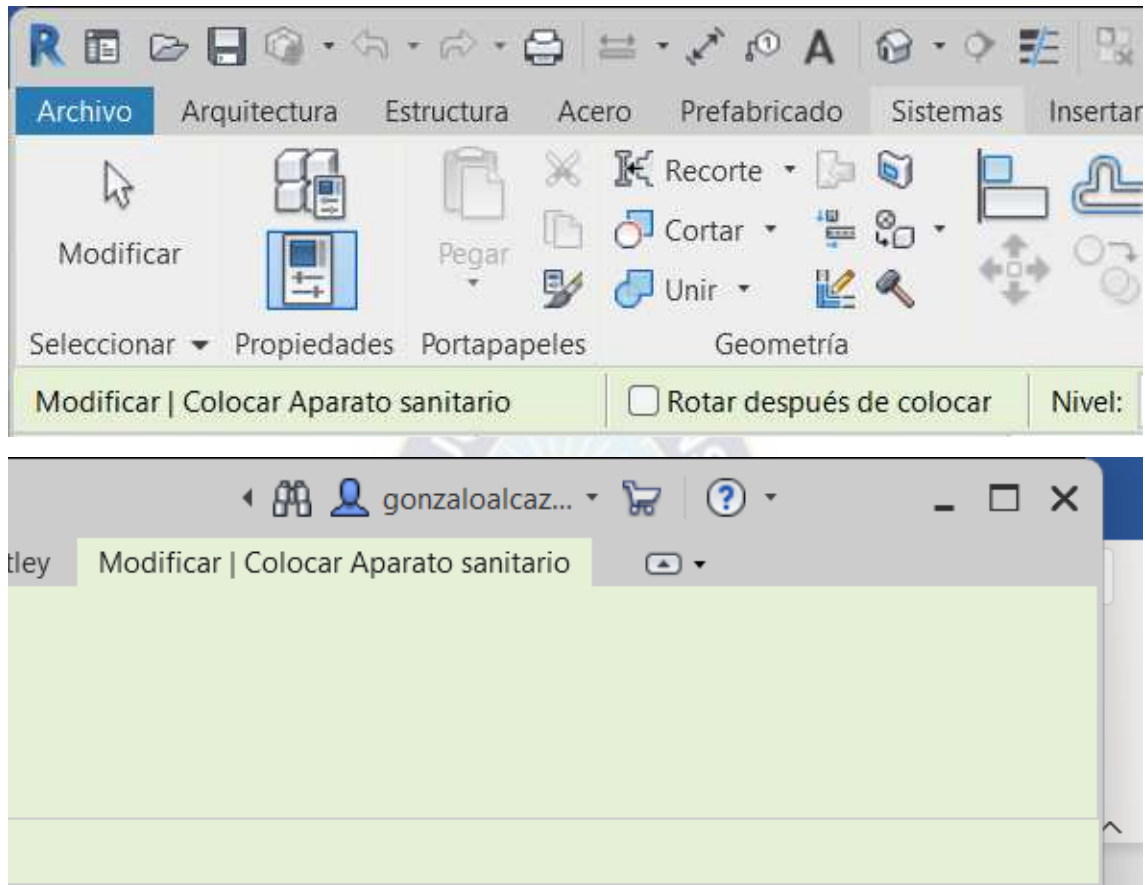
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.2 Colocación de accesorios sanitarios

Se generó un sistema de instalación de fontanería para poder insertar cada uno de los accesorios en baños, laboratorios y cafetería. En la parte superior se tiene la opción de “Sistemas” donde se puede escoger con que sistema se empezará a trabajar, ente otras opciones que serán usadas más adelante.

**Figura 77:**

*Pestaña de Sistemas*

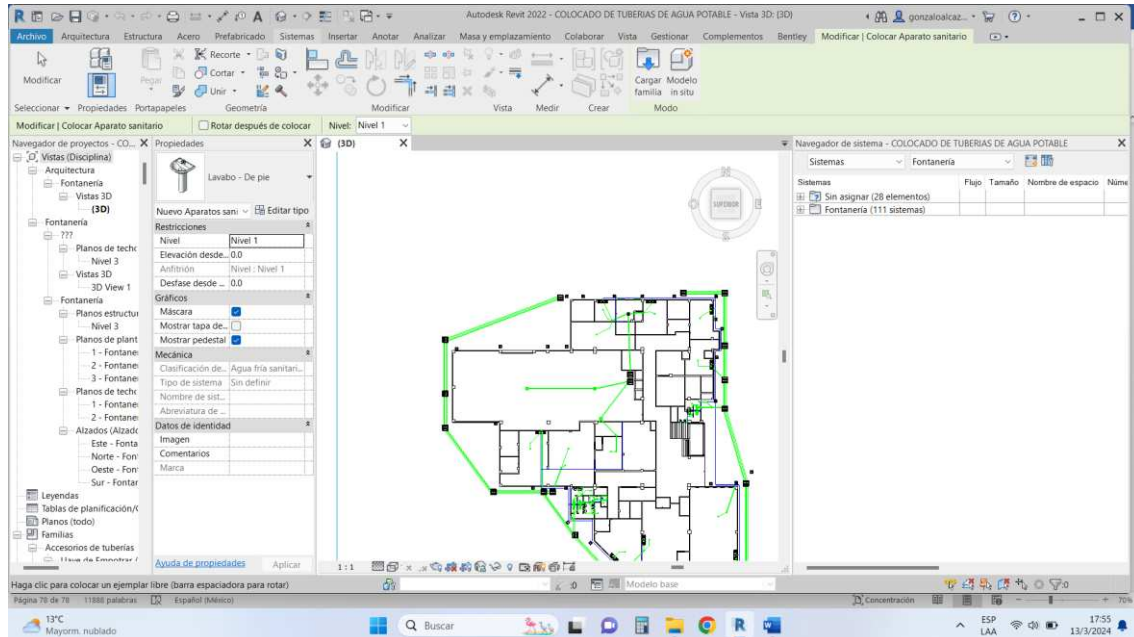


*Fuente: Elaboración propia.*

Una vez seleccionado el tipo de sistema, como bien se puede observar en la imagen anterior Figura 62 Se observa a lado izquierdo un cuadro que muestra la vista previa del accesorio además de algunas propiedades con las que cuenta el mismo. Los cuáles serán cambiados de acuerdo al requerimiento del proyecto.

Figura 78:

Pestaña de Fontanería



Fuente: Elaboración propia.

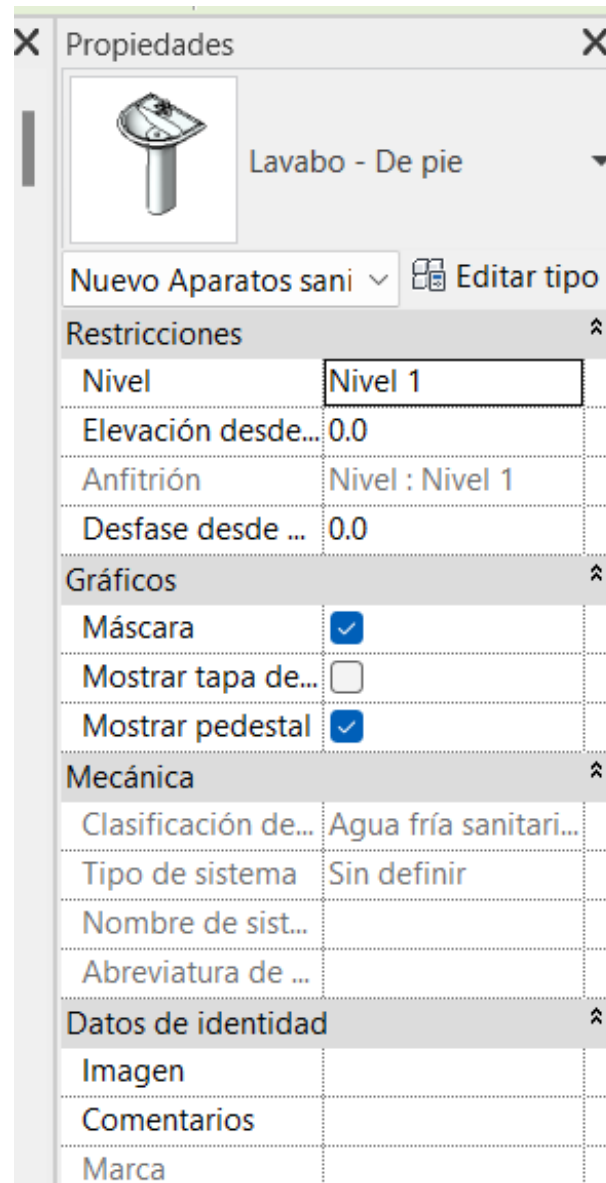
Los accesorios colocados fueron los siguientes

- Inodoro.
- Lavamanos.
- Lavaplatos.
- Urinarios.
- Duchas.
- Sumideros.
- Piletas.
- Cámaras de inspección.
- Caja de derivación.

En el lado izquierdo se muestra un recuadro de “*propiedades*” donde se puede editar algunas de ellas de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

Figura 79:

Ventana de accesorios

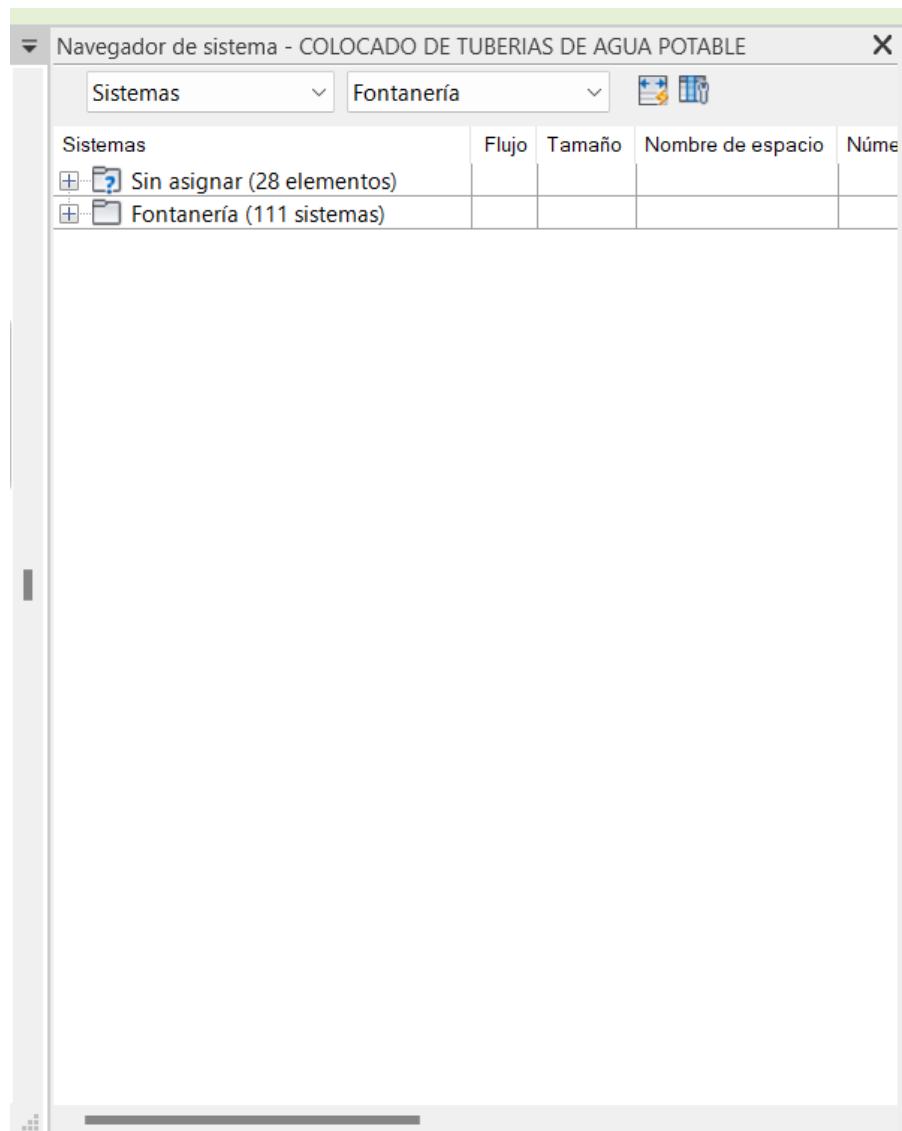


Fuente: Elaboración propia.

Mientras que a lado derecho se observar los sistemas que se han generado, con lista detallada de cada uno de los accesorios que conforma cada sistema.

Figura 80:

Ventana de navegador de sistemas



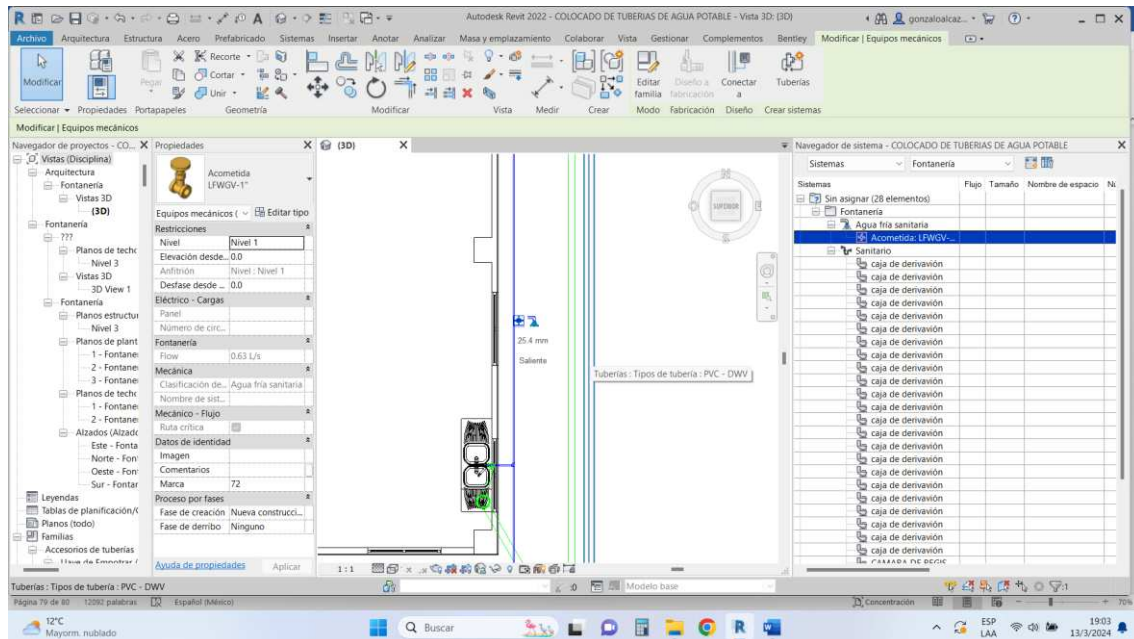
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.3 Instalación de red de agua potable

Se colocó la toma de agua o también llamada acometida para poder iniciar con el diseño y distribución de las tuberías. La ubicación de esta fue designada a partir de la información recolectada, más específicamente de los planos proporcionados.

Figura 81:

Colocación de acometida



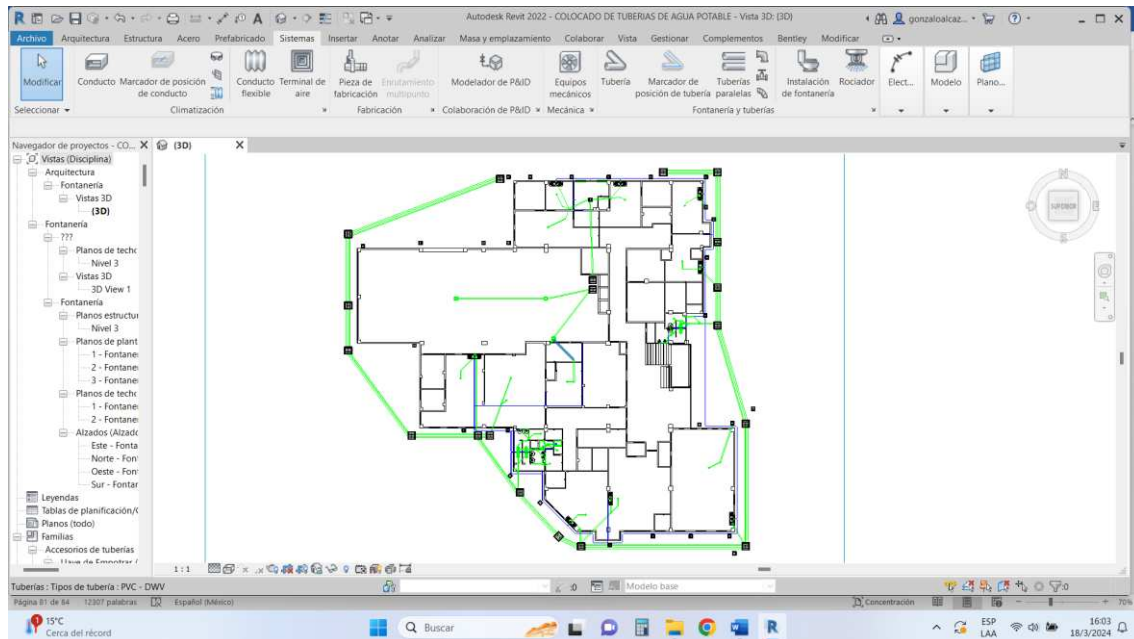
Fuente: Elaboración propia.

Se cuenta con dos niveles dentro de Instituto de Ensayo de Materiales. En ambos niveles existen cuatro baños.



**Figura 82:**

*Vista en planta del primer piso*

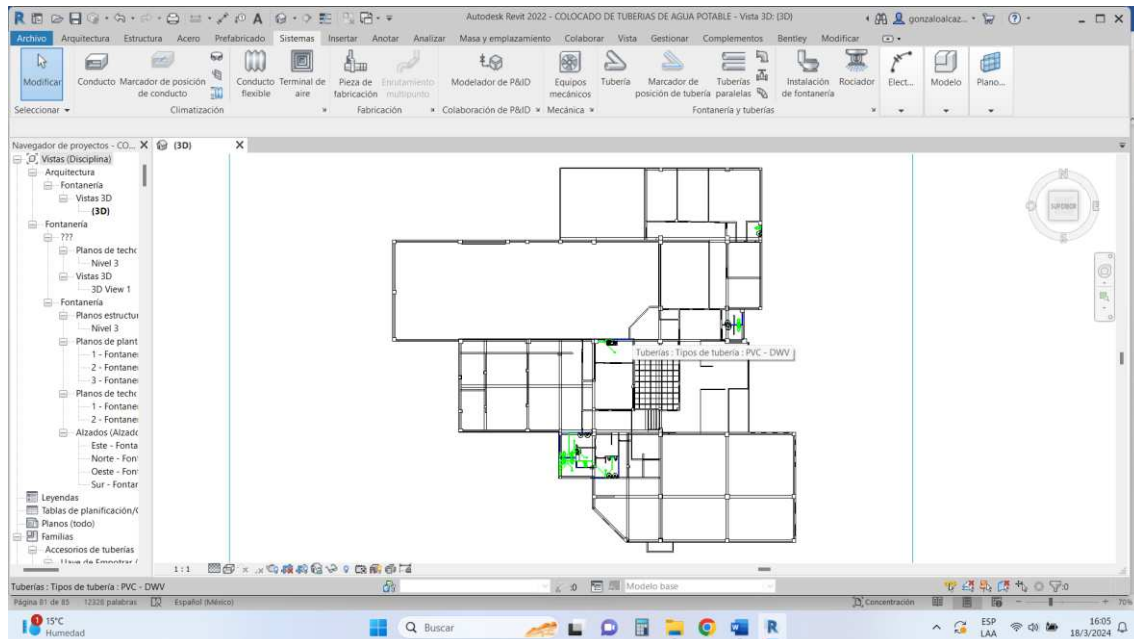


*Fuente: Elaboración propia.*

Adicionalmente en el primer nivel se tiene dos duchas independientes. Además, que en cada nivel también existen lavanderías ya sea para el uso en laboratorios, así como también de la cafetería.

**Figura 83:**

*Vista en planta del segundo piso*



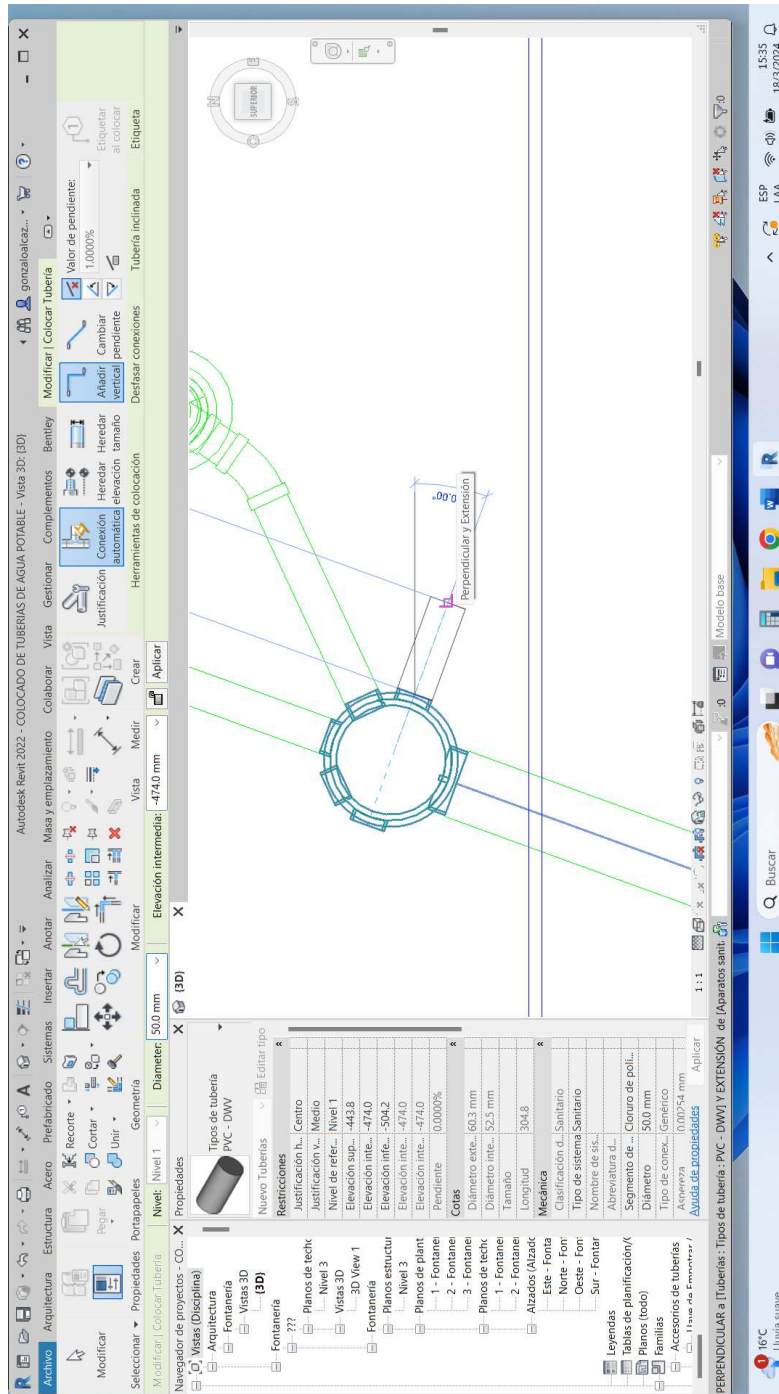
*Fuente: Elaboración propia.*

Una vez conocida la ubicación de cada uno de estos ambientes; primero se colocó las tuberías de forma perimetral respecto al Instituto de Ensayo de Materiales, partiendo de la acometida.

Para poder colocar una tubería o hacer la conexión de las mismas se debe iniciar o partir desde los elementos anteriormente colocados ya que sin estos no existe ningún tipo de conexión.

Figura 84:

Colocación de tuberías

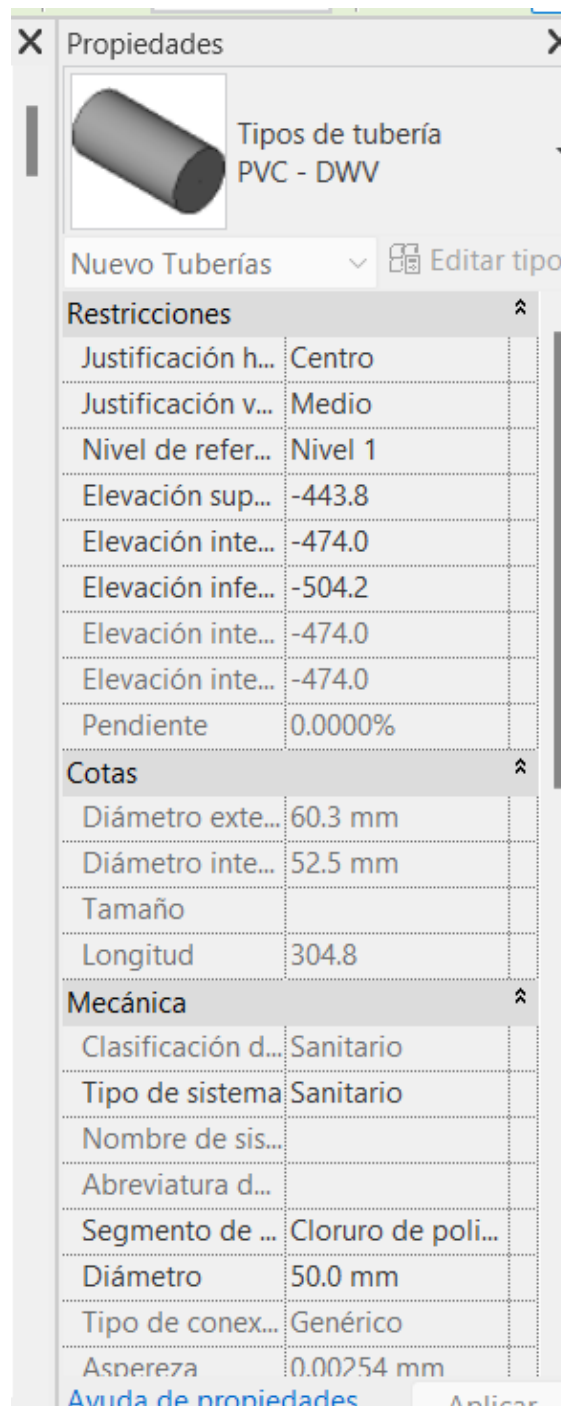


Fuente: Elaboración propia.

En el recuadro del lado izquierdo se encuentran las propiedades de la tubería que está siendo colocada para poder editar o cambiar si así se lo requiere.

Figura 85:

Ventana de tuberías



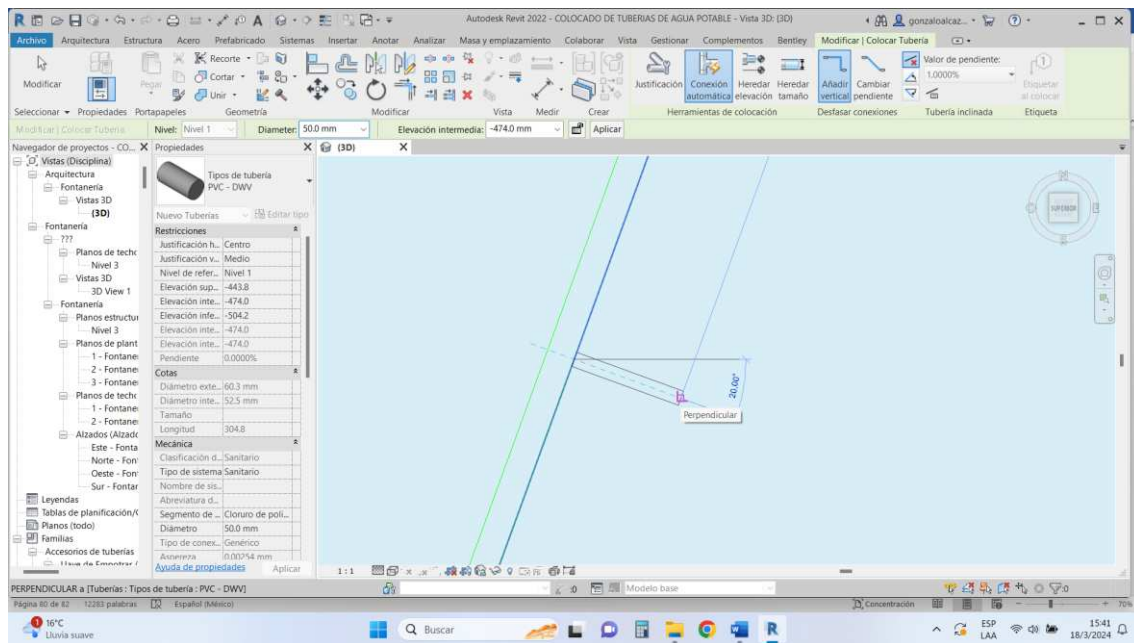
Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el cambio de dirección horizontal y vertical de las tuberías, para tal acción se utilizó codos de distintos ángulos y para las ramificaciones, accesorios "T". los cuales en ciertas ocasiones

el programa lo realiza de forma automática. Pero si se gusta este puede ser editado y cambiado de ubicación.

**Figura 86:**

### Ramificación de tuberías



*Fuente: Elaboración propia.*

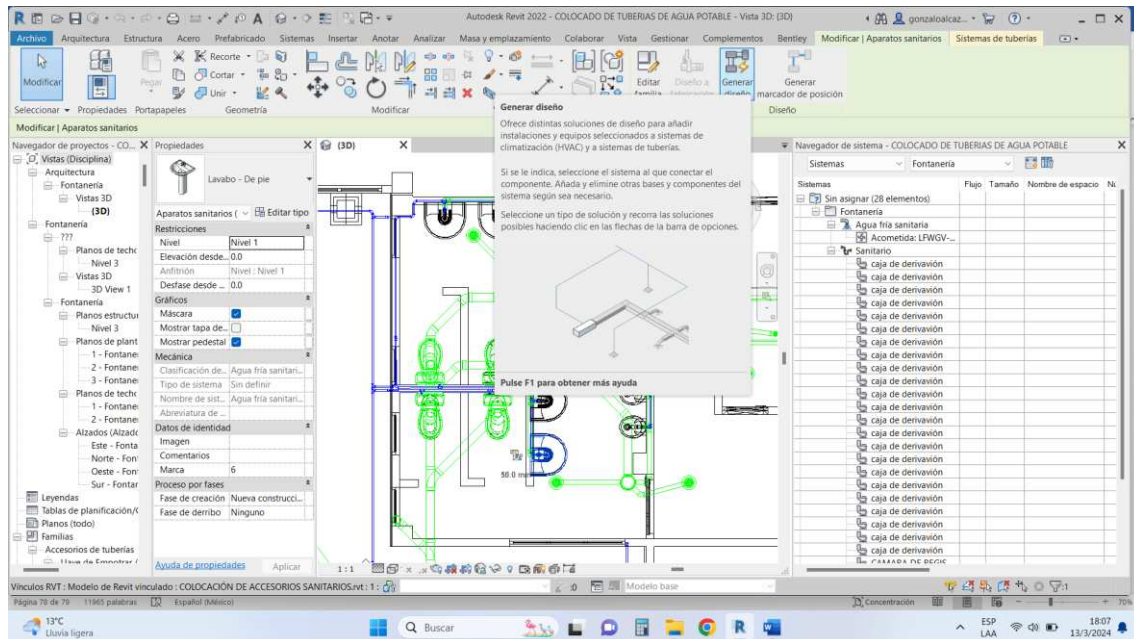
El agua potable fue instalada para el uso de box de baño, urinarios, duchas, piletas de lavamanos y lavaplatos; en algunos casos para piletas independientes que se encuentran en ambientes de curado de probetas de hormigón y para el galpón ubicado en la parte trasera del instituto.

#### 4.3.4 Instalación de red de agua sanitaria

Una vez colocado todos los accesorios se realizó el diseño de la ubicación de las tuberías por las cuales se evacuará las aguas servidas.

Figura 87:

Generar diseño de sistema

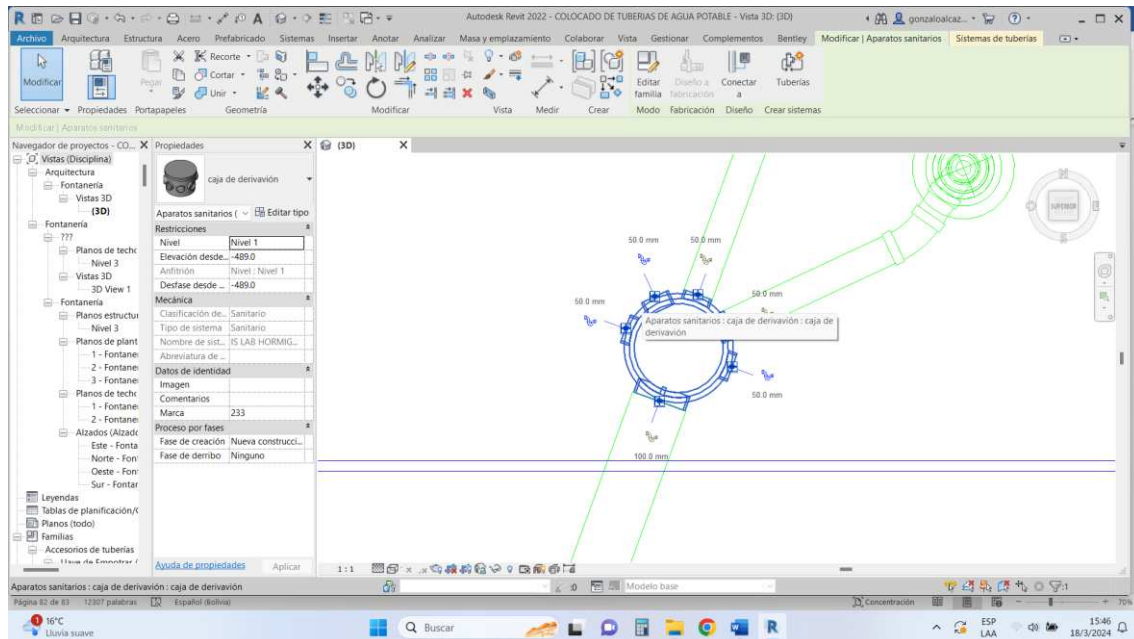


Fuente: Elaboración propia.

Las aguas servidas de los lavaplatos, lavamanos, urinarios y sumideros serán derivadas primeramente a una caja de derivación, para posterior evacuación a una cámara de inspección.

Figura 88:

Colocación y conexión de caja de derivación



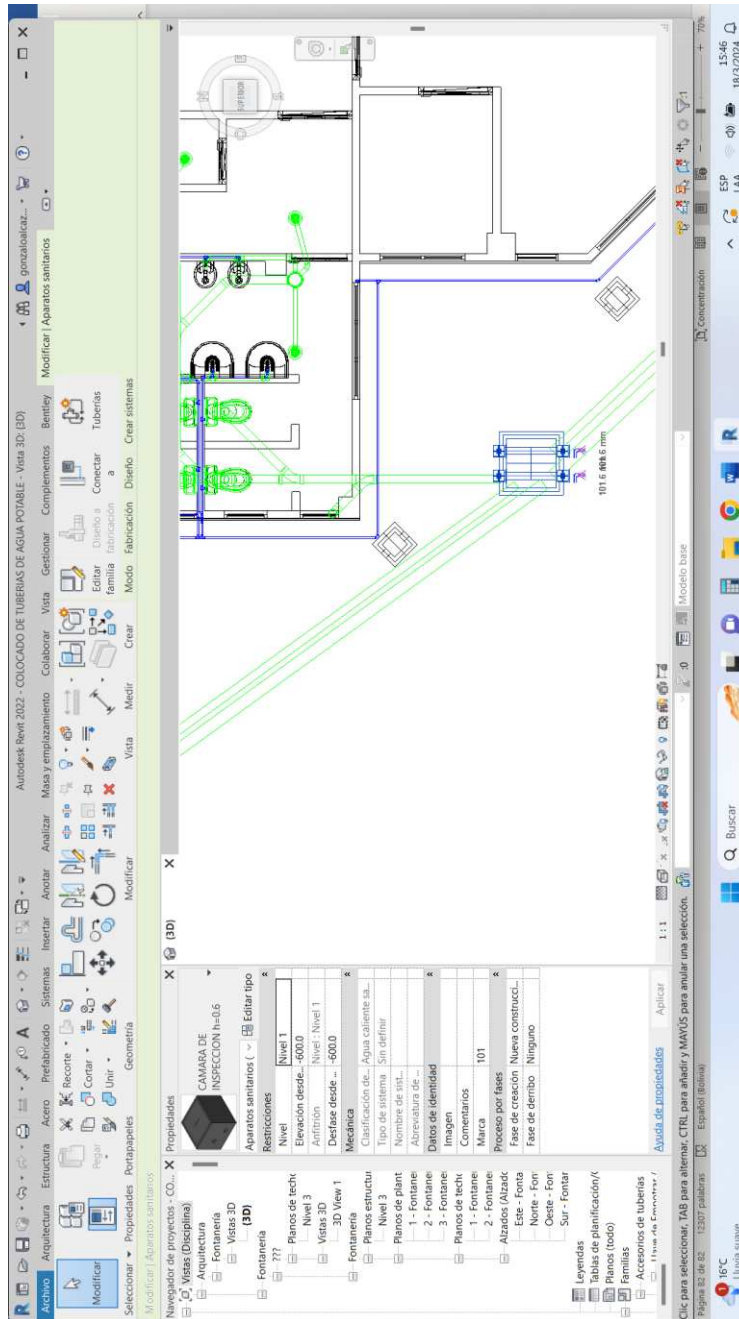
Fuente: Elaboración propia.

Mientras que las aguas servidas del inodoro derivarán directamente a la cámara de inspección.



Figura 89:

Colocación y conexión de cámara de inspección



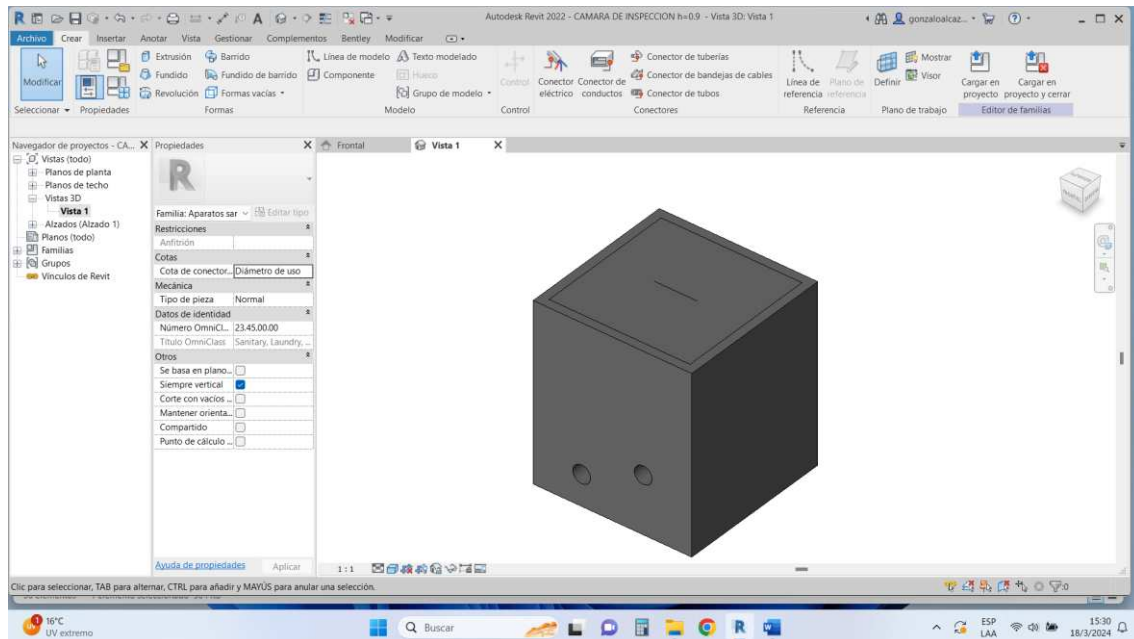
Fuente: Elaboración propia.

Las cajas de derivación y cámaras de inspección fueron generadas mediante el mismo programa y cargadas a la base de datos del proyecto como familias.



**Figura 90:**

*Detalle de cámara de inspección en 3D*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.4 Plataforma iTwin

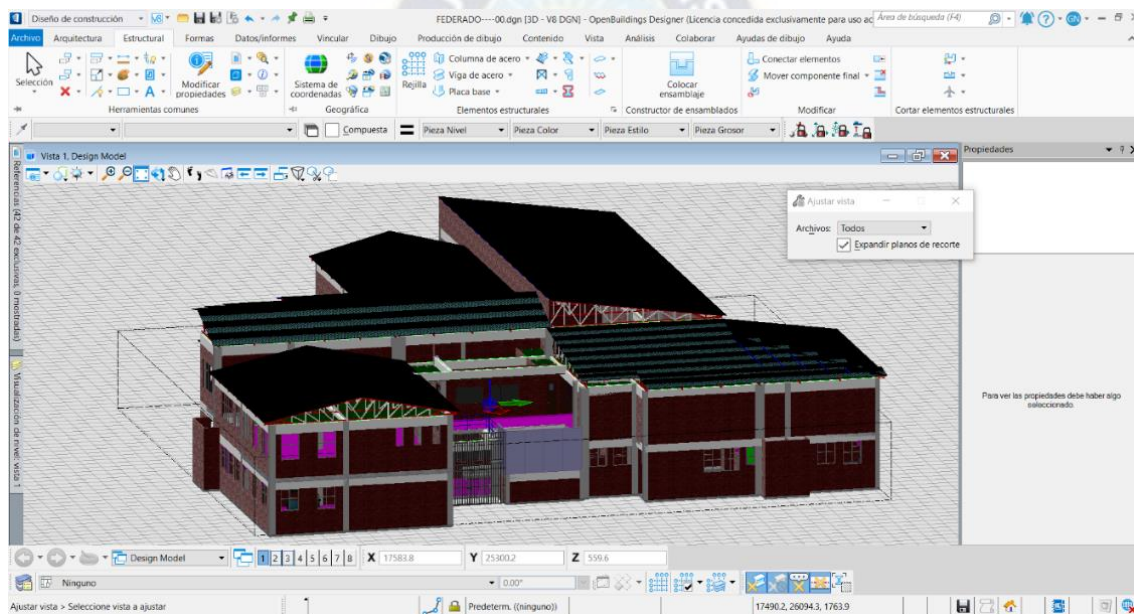
Todos los anteriores softwares fueron utilizados con el único fin de poder crear un gemelo digital, la cual es la unión de todos los datos que se tienen tanto arquitectónicos, instalaciones. Estos datos tradicionalmente están dispersos en archivos de diseño y no existe un lugar unificador para guardar una representación de ellos que pueda ayudar a maximizar todo su potencial. Y esa es la principal característica de la plataforma iTwin; tomar estos datos de diseño y alinearlos en un formato listo para la nube para que puedan ser utilizados por aplicaciones de los gemelos digitales. El siguiente paso es visualizarlo dentro de una aplicación iTwin, se puede utilizar una que ya está creada o crear nuestra propia aplicación personalizada para el uso particular. Uno de los principios clave de gemelo digital es que es extensible, no está limitado a los datos con los cuales se empieza, el gemelo digital inicial se puede seguir nutriendo con más datos para mejorar su valor.

#### 4.4.1 Sincronización

La Sincronización es un proceso de traducir y agregar datos de diseño de varios formatos y fuentes como Open Building Designer (DGN), Revit y otros a un formato común listo para la nube que puede ser entendido por la plataforma iTwin. La sincronización es la que es responsable de llevar los datos de diseño a la plataforma iTwin.

**Figura 91:**

*Vista 3D del instituto de Ensayo de Materiales*



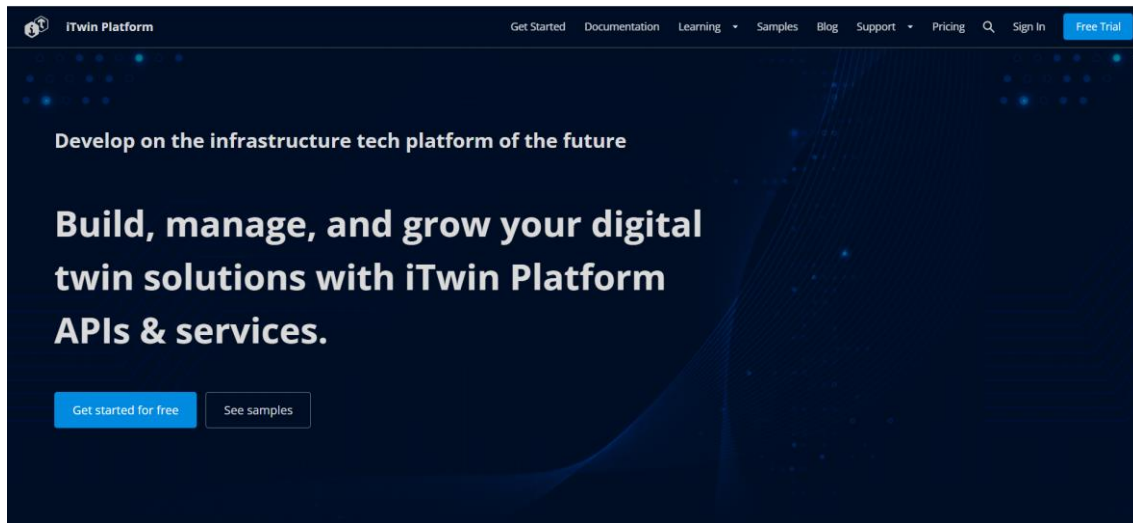
*Fuente: Elaboración propia.*

## 4.4.2 Introducción de datos en la plataforma iTwin

Se debe entrar a la página <https://developer.bentley.com>

*Figura 92:*

*Página de inicio de la plataforma iTwin*

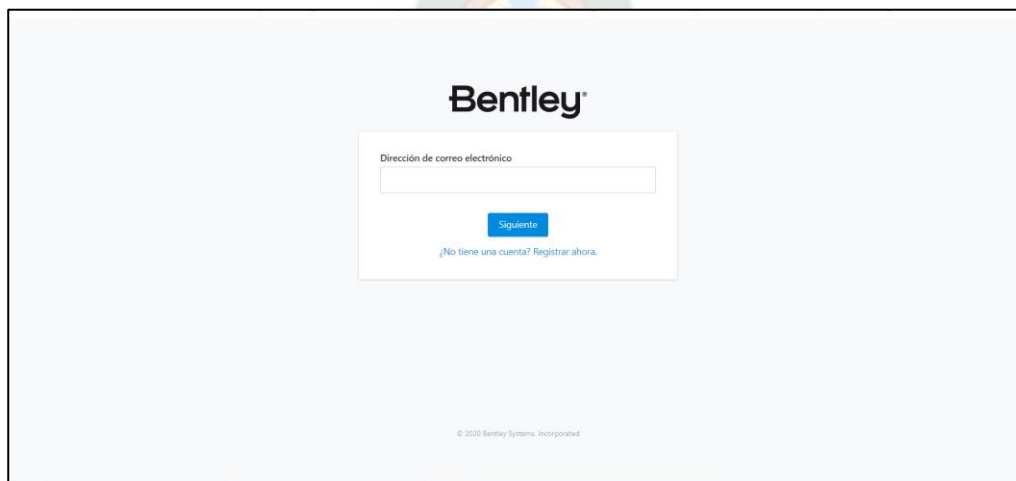


*Fuente: Elaboración propia.*

Dirigirse al botón iniciar sesión en la parte superior derecha.

*Figura 93:*

*Inicio de sesión en Bentley*

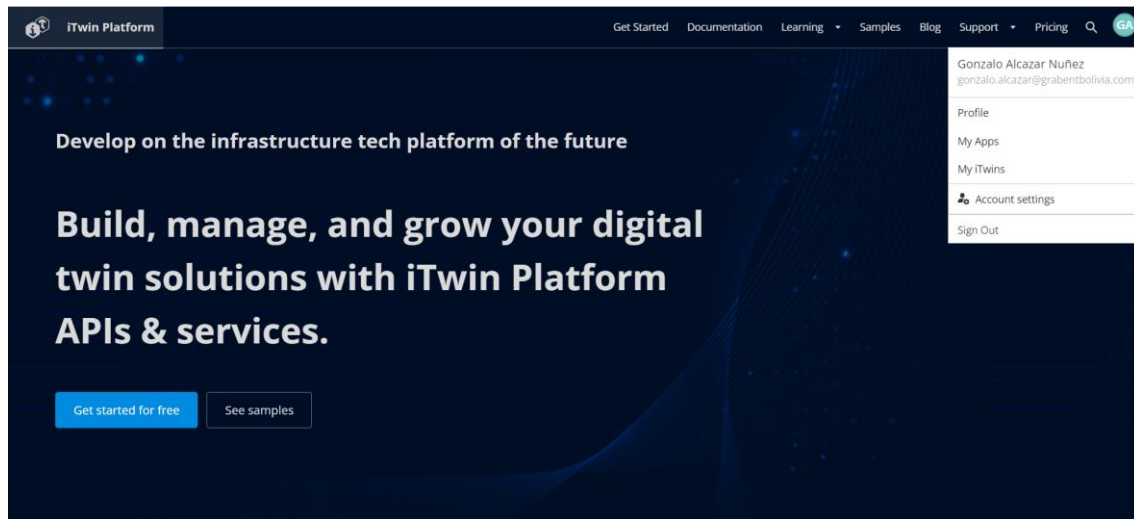


*Fuente: Elaboración propia.*

Una vez cargado en la página con tu perfil se debe dirigir a la parte superior derecha en el icono de usuario, haciendo click en el portal “my iTwin”.

**Figura 94:**

*Ingreso correcto al perfil de la plataforma iTwin*

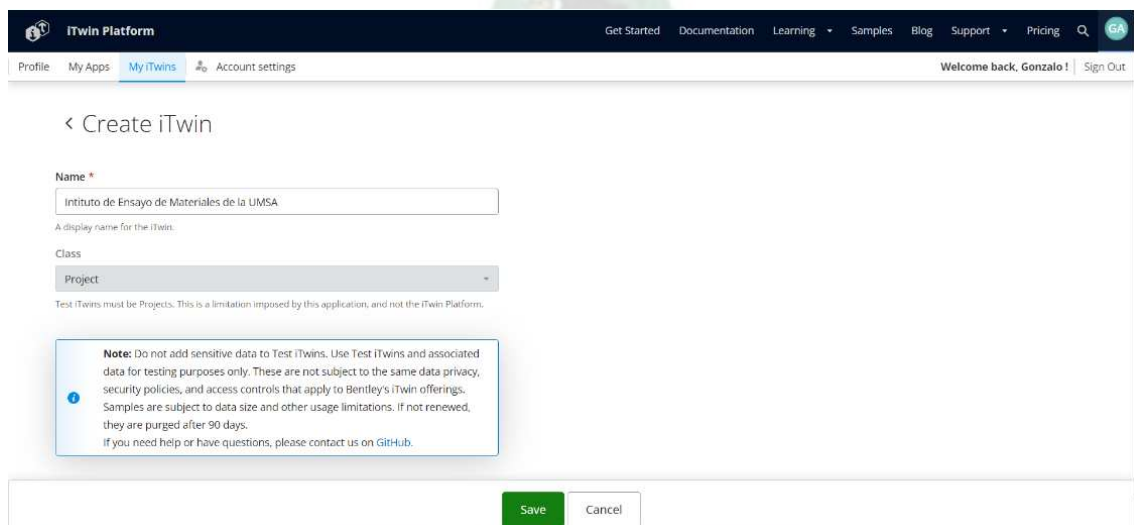


*Fuente: Elaboración propia.*

Dentro del portal se debe crear un nuevo proyecto, llenando todos los datos que se indica.

**Figura 95:**

*Creación de un nuevo proyecto*

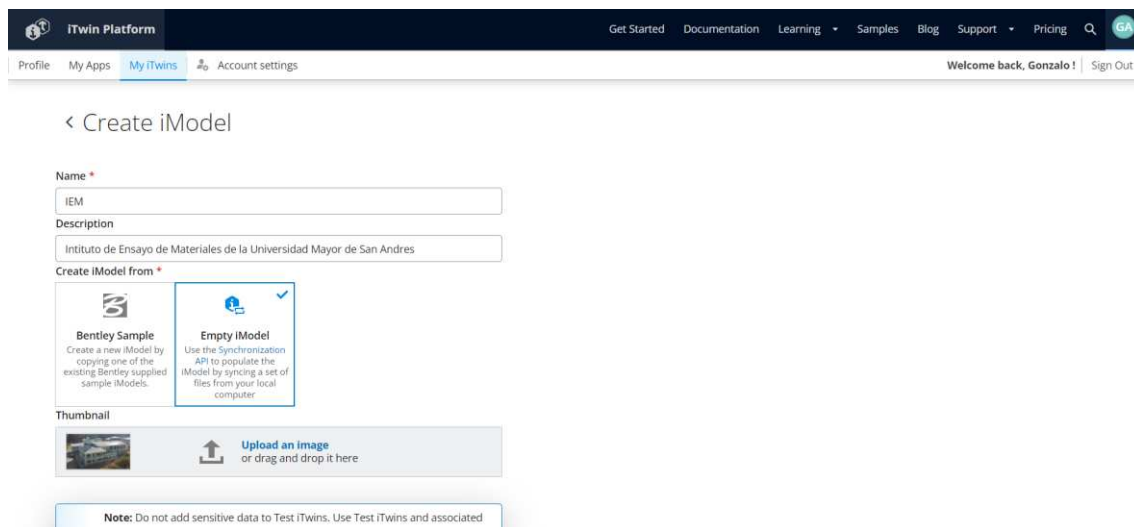


*Fuente: Elaboración propia.*

Se debe crear un nuevo iModel para la sincronización.

**Figura 96:**

### Creación del nuevo iModel

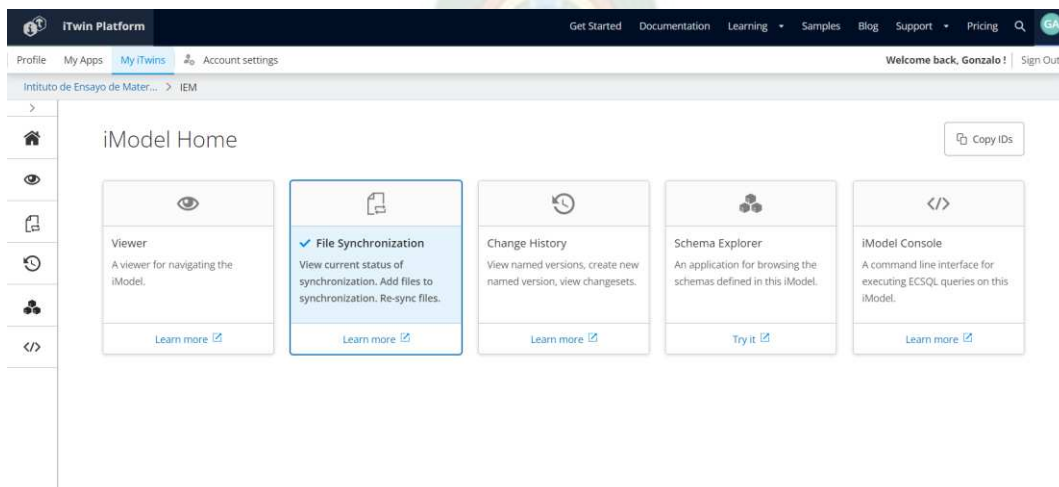


Fuente: Elaboración propia.

Una vez en la página de inicio del iModel donde se puede realizar varias acciones. La primera que se debe realizar es la de cargar el archivo donde se encuentra el modelo digital de la infraestructura.

**Figura 97:**

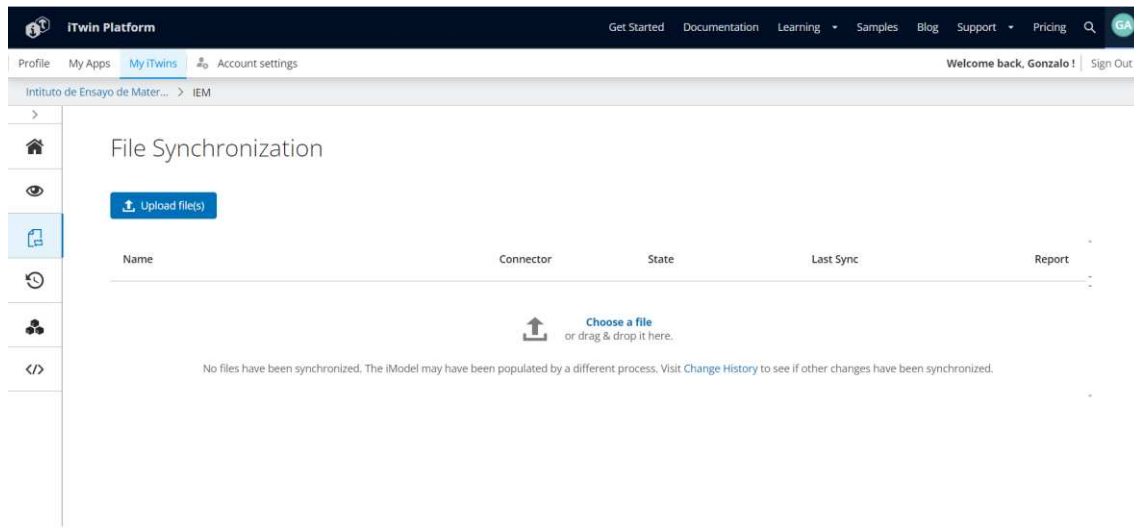
### Sincronización de archivos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 98:

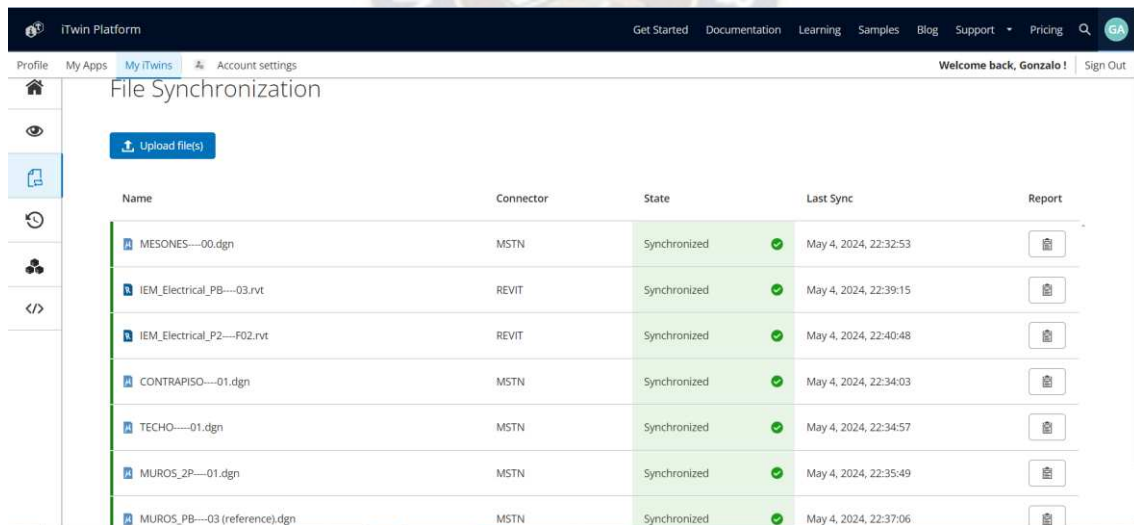
Búsqueda de archivos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 99:

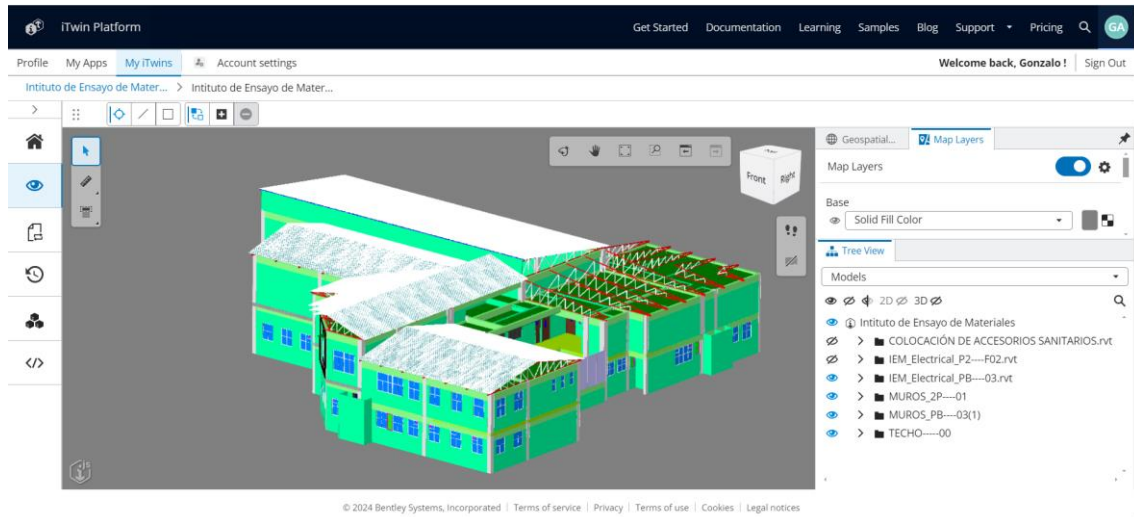
Carga de archivos completado



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 100:**

*Modelo en 3D dentro la plataforma*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.4.3 Configuración Visor iTwin Viewer

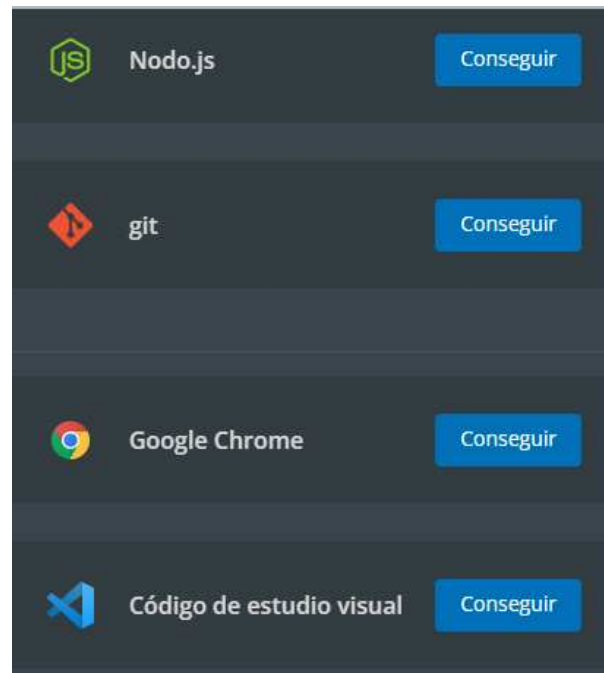
iTwin Viewer es un visor personalizable que ofrece herramientas y widgets básicos para ver un gemelo digital de infraestructura y que se puede ampliar aún más con extensiones iTwin.js.

Se debe descargar e instalar el siguiente software en la computadora: “**Node.js (versión LTS)**”. Esta herramienta proporciona el tiempo de ejecución de “JavaScript backend” necesario para que su computadora lea y represente el código de manera adecuada. También le permite ejecutar la línea de comando NPM (obligatoria para cada proyecto iTwin). “git”, este es el sistema de control del código fuente de los repositorios de iTwin.

- Algunos programas sugeridos para poder tener una mejor elaboración del visor pueden ser: “Google Chrome”, este software puede ayudarle a desarrollar y depurar problemas de JavaScript en la interfaz y “Visual Studio Code”, esta es nuestra herramienta de edición y depuración recomendada para desarrollar aplicaciones iTwin.js. Es gratuito, de código abierto e incluye una GUI para trabajar con GIT.

**Figura 101:**

*Modelo en 3D dentro la plataforma*



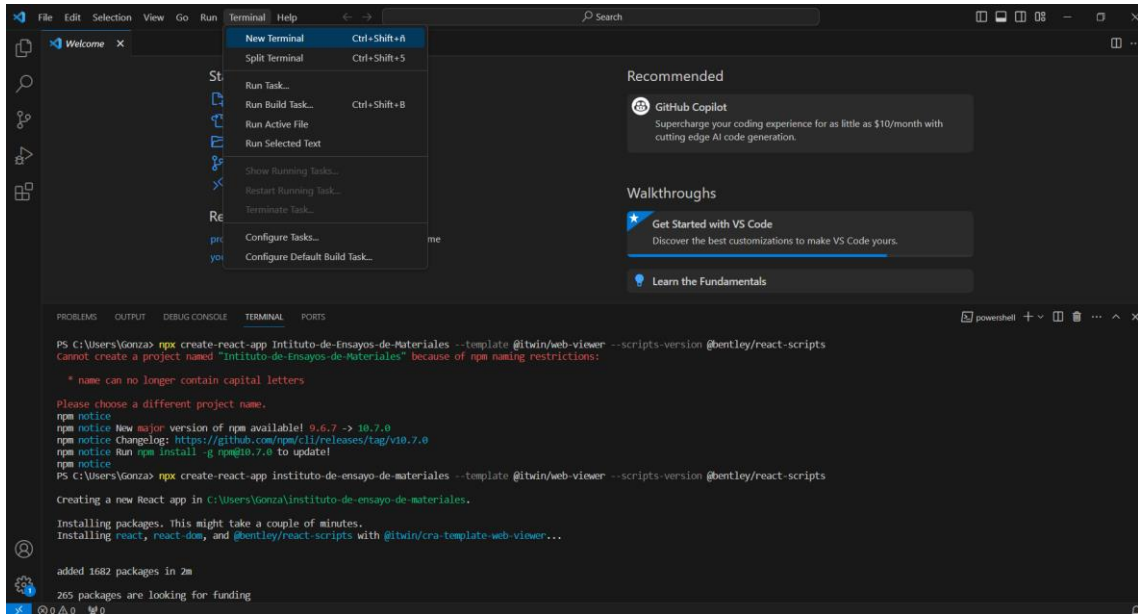
*Fuente: [developer.bentley.com](http://developer.bentley.com)*

- Una vez instalado los programas se debe abrir “Visual Studio Code”, ir a la pestaña “Terminal” y hacer click en el botón “New Terminal”



Figura 102:

### Crear una nueva Terminal

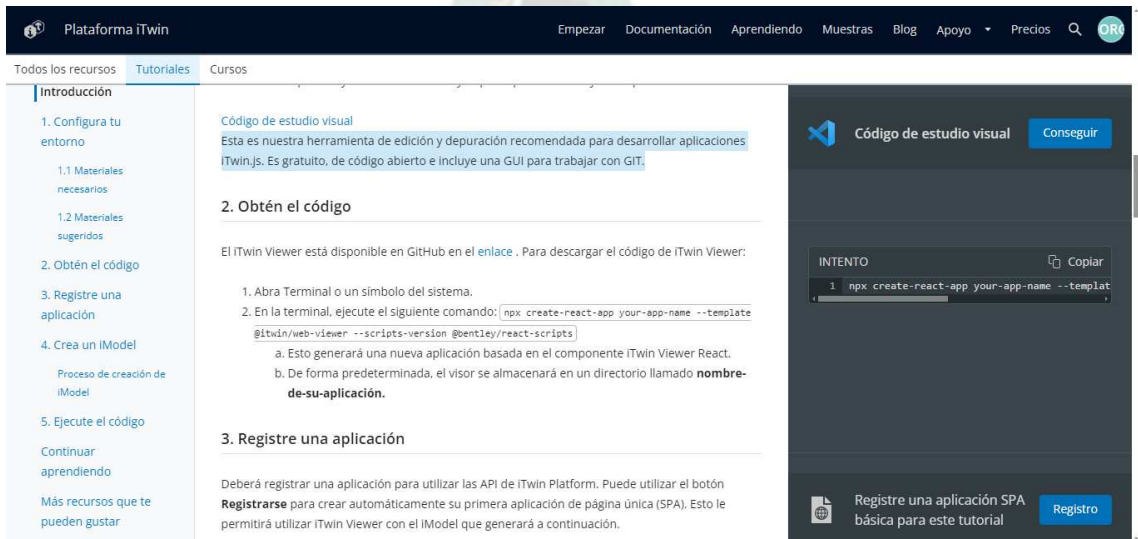


Fuente: Elaboración propia.

- Para no tener errores tipográficos innecesarios se copiará el código de la página web: [developer.bentley.com](https://developer.bentley.com) de la sección de tutoriales.

Figura 103:

### Código de iTwin Viewer

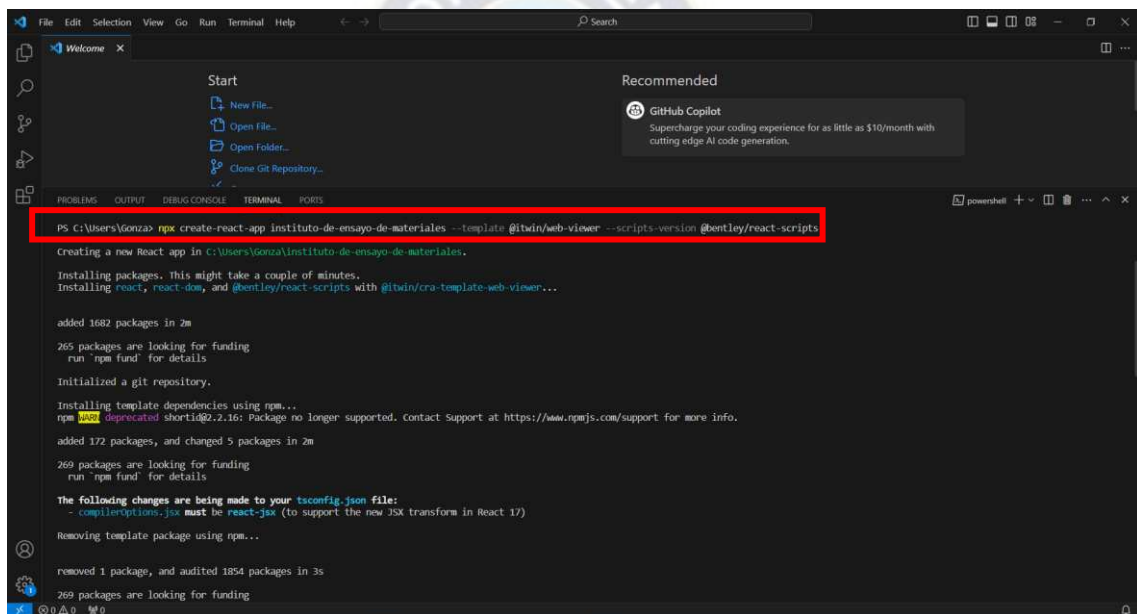


Fuente: [developer.bentley.com](https://developer.bentley.com)

- En la terminal, ejecute el siguiente comando: “`npx create-react-app your-app-name --template @itwin/web-viewer --scripts-version @bentley/react-scripts`”, esto generará una nueva aplicación basada en el componente “iTwin Viewer React”. De forma predeterminada, el visor se almacenará en un directorio llamado **nombre-de-su-aplicación** donde se pondrá el nombre de a aplicación.

**Figura 104:**

*Colocación del nombre la aplicación.*



```
PS C:\Users\gonza> npx create-react-app instituto-de-ensayo-de-materiales --template @itwin/web-viewer --scripts-version @bentley/react-scripts
```

The screenshot shows a terminal window with the following output:

```
Creating a new React app in C:\Users\gonza\instituto-de-ensayo-de-materiales.
Installing packages. This might take a couple of minutes.
Installing react, react-dom, and @bentley/react-scripts with @itwin/cra-template-web-viewer...

added 1682 packages in 2m
265 packages are looking for funding
  run `npm fund` for details
Initialized a git repository.
Installing template dependencies using npm...
npm WARN deprecated shortid@2.2.16: Package no longer supported. Contact Support at https://www.npmjs.com/support for more info.
added 172 packages, and changed 5 packages in 2m
269 packages are looking for funding
  run `npm fund` for details

The following changes are being made to your tsconfig.json file:
- compilerOptions.jsx must be react-jsx (to support the new JSX transform in React 17)
Removing template package using npm...

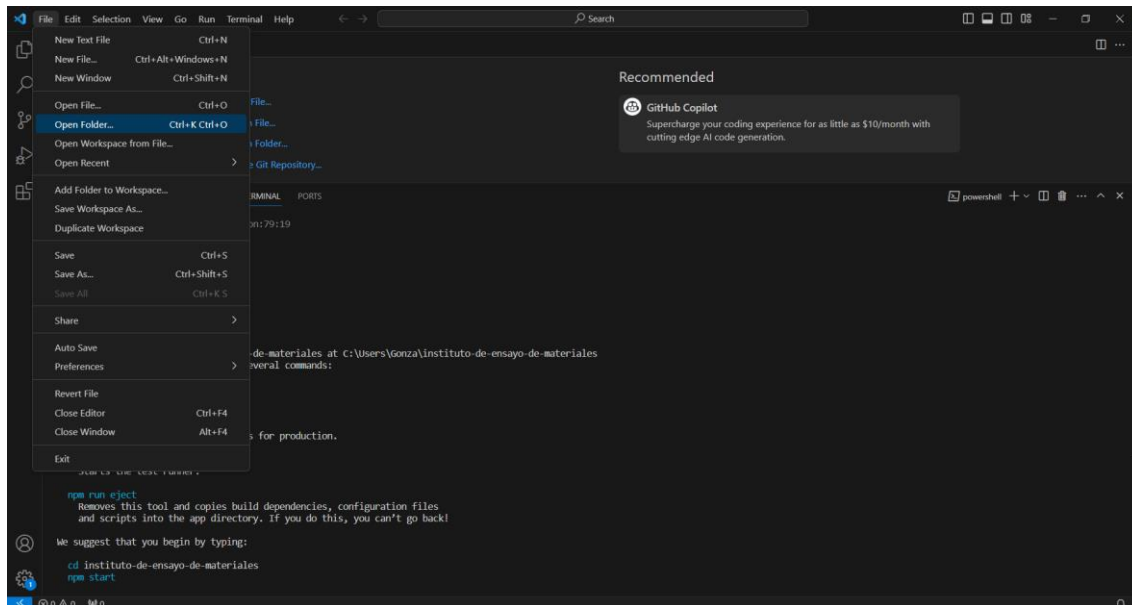
removed 1 package, and audited 1854 packages in 3s
269 packages are looking for funding
```

*Fuente: Elaboración propia.*

- Una vez creado el directorio este se lo abre en el programa “Visual Studio Code”, abriendo la pestaña “File”, presionando el botón “Open Folder”, buscar el nombre de la aplicación y presionar el botón “Select Folder”

**Figura 105:**

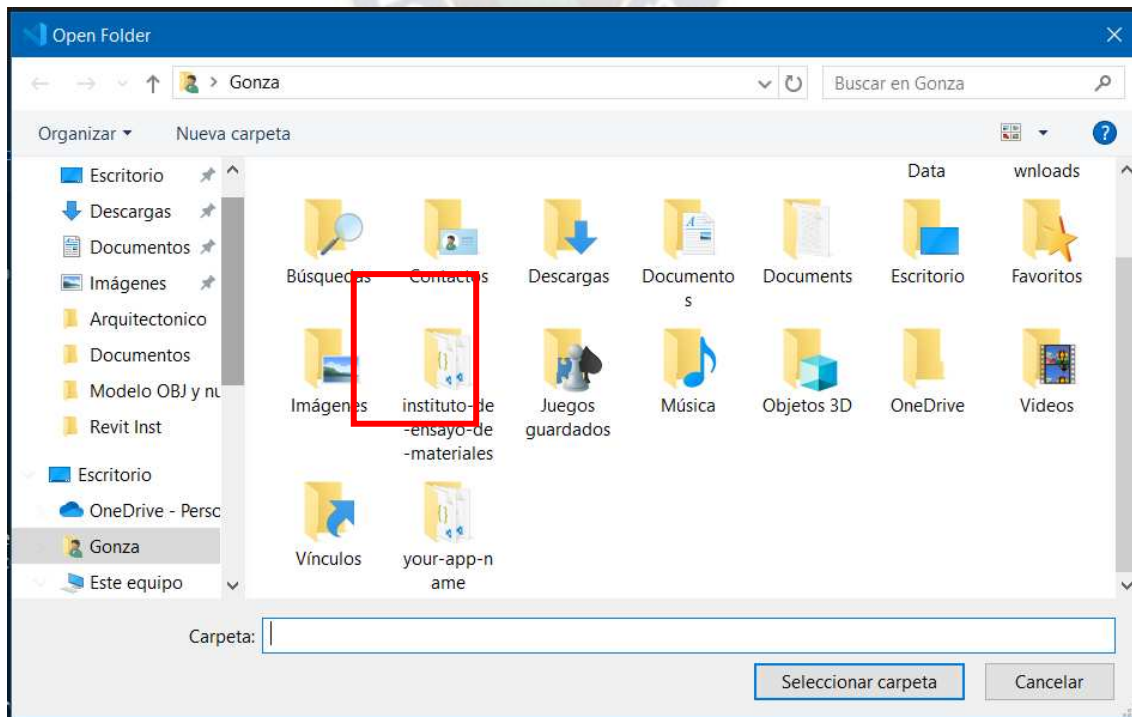
*Búsqueda del nombre de la aplicación.*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 106:**

*Búsqueda del nombre de la aplicación.*

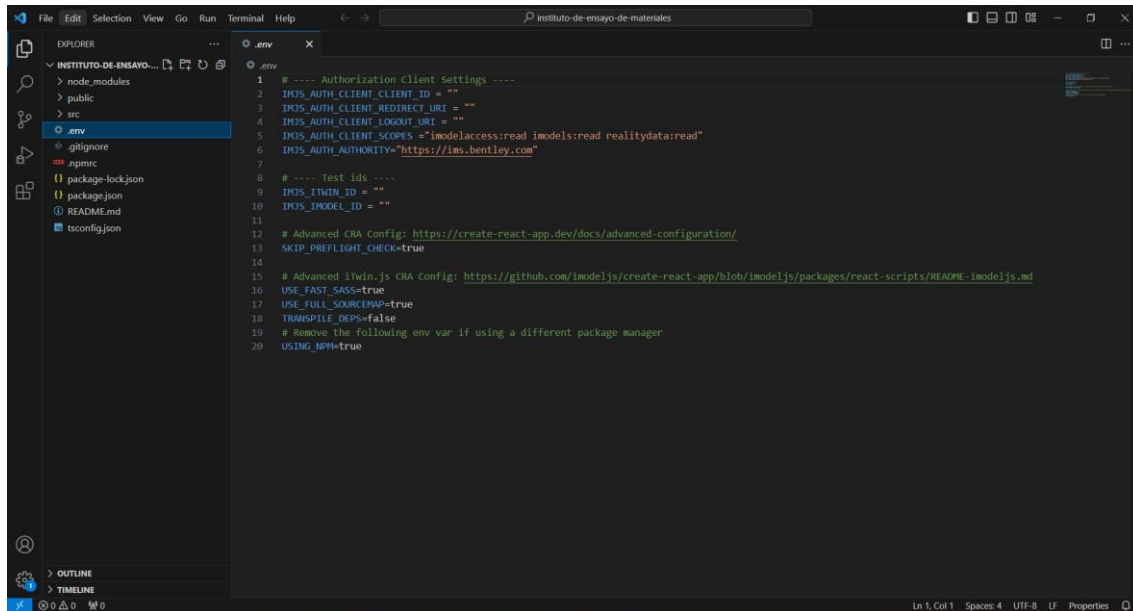


*Fuente: Elaboración propia.*

- Con el directorio abierto y entrando al archivo “.env” que, se observa en el explorador de archivos al lado izquierdo se debe completar algunas variables de entorno para que la autorización funcione y el visor muestre el iModel del proyecto.

**Figura 107:**

*Variables de entorno.*



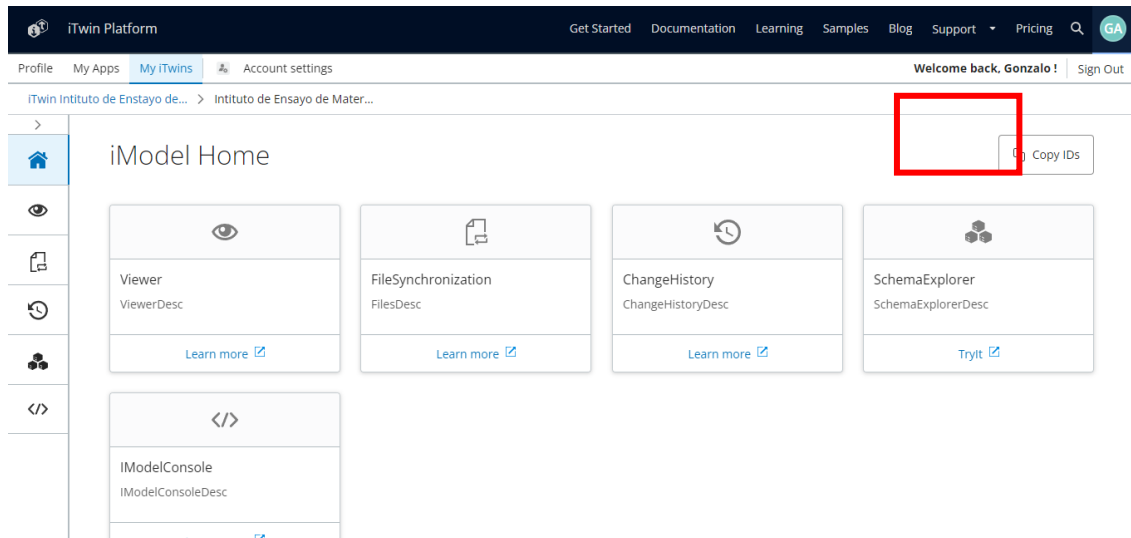
```
1 # ---- Authorization Client Settings ----
2 IMOS_AUTH_CLIENT_CLIENT_ID = ""
3 IMOS_AUTH_CLIENT_REDIRECT_URI = ""
4 IMOS_AUTH_CLIENT_LOGOUT_URI = ""
5 IMOS_AUTH_CLIENT_SCOPES = "imodelaccess:read imodels:read realitydata:read"
6 IMOS_AUTH_AUTHORITY = "https://ims.bentley.com"
7
8 # ---- Test ids ----
9 IMOS_ITWIN_ID = ""
10 IMOS_IMODEL_ID = ""
11
12 # Advanced CRA Config: https://create-react-app.dev/docs/advanced-configuration/
13 SKIP_PREFLIGHT_CHECK=true
14
15 # Advanced itwin.js CRA Config: https://github.com/imodeljs/create-react-app/blob/imodeljs/packages/react-scripts/README-Imodeljs.md
16 USE_FAST_SASS=true
17 USE_FULL_SOURCEMAP=true
18 TRANSPPILE_DEPS=false
19 # Remove the following env var if using a different package manager
20 USING_NPM=true
```

*Fuente: Elaboración propia.*

- Primeramente, se completará los “Test ID’s” para que la aplicación pueda reconocer y dirigirse a nuestro “iModel” estos códigos se encuentra en la plataforma iTwin en el sector “My iTwins”.

**Figura 108:**

Ingreso a “My iTwins”.



Fuente: [developer.bentley.com](http://developer.bentley.com)

**Figura 109:**

Pegar códigos en el programa



The image shows a Visual Studio Code editor window with a dark theme. The Explorer sidebar on the left shows the file structure for a project named 'INSTITUTO-DE-ENSAYO-DE-MATERIALES'. The file '.env' is selected and its contents are displayed in the main editor area. The code in the .env file includes settings for IMJS (IMJS\_AUTH\_CLIENT\_ID, IMJS\_AUTH\_REDIRECT\_URI, IMJS\_AUTH\_CLIENT\_LOGOUT\_URI, IMJS\_AUTH\_CLIENT\_SCOPES, IMJS\_AUTH\_AUTHORITY) and CRA (IMJS\_ITWIN\_ID, IMJS\_IMODEL\_ID, CRA Config, SKIP\_PREFLIGHT\_CHECK, Advanced CRA Config, USE\_FAST\_SASS, USE\_FULL\_SOURCEMAP, TRANSPILER\_DEPS, and USING\_NPM). The CRA Config line is highlighted in blue. The status bar at the bottom right shows 'Ln 9, Col 1 (02 selected) Spaces: 4 UTF-8 LF Properties'.

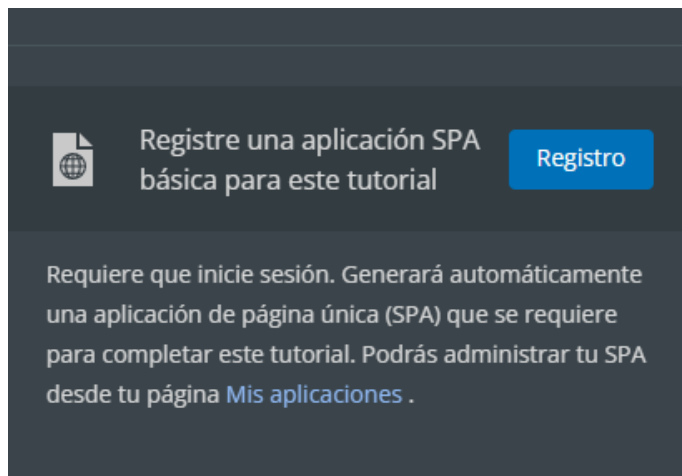
```
1 # ---- Authorization Client Settings ----
2 IMJS_AUTH_CLIENT_ID = ""
3 IMJS_AUTH_REDIRECT_URI = ""
4 IMJS_AUTH_CLIENT_LOGOUT_URI = ""
5 IMJS_AUTH_CLIENT_SCOPES = "imodelaccess:read imodels:read realitydata:read"
6 IMJS_AUTH_AUTHORITY="https://ims.bentley.com"
7
8 # ---- Test ids ----
9 IMJS_ITWIN_ID=58517e34-77cd-474c-bf0a-4d98840e99ed
10 IMJS_IMODEL_ID=064cfc6b3-baf9-4101-b541-42bb83675485
11
12 # Advanced CRA Config: https://create-react-app.dev/docs/advanced-configuration/
13 SKIP_PREFLIGHT_CHECK=true
14
15 # Advanced itwin.js CRA Config: https://github.com/imodeljs/create-react-app/blob/imodeljs/packages/react-scripts/README.js.md
16 USE_FAST_SASS=true
17 USE_FULL_SOURCEMAP=true
18 TRANSPILER_DEPS=false
19 # Remove the following env var if using a different package manager
20 USING_NPM=true
```

Fuente: Elaboración propia.

- Se debe registrar una aplicación para utilizar las API de iTwin Platform. Presionamos el botón **Registrarse** para crear automáticamente la primera aplicación de página única (SPA). Esto nos permite utilizar iTwin Viewer con el iModel que generará a continuación.

**Figura 110:**

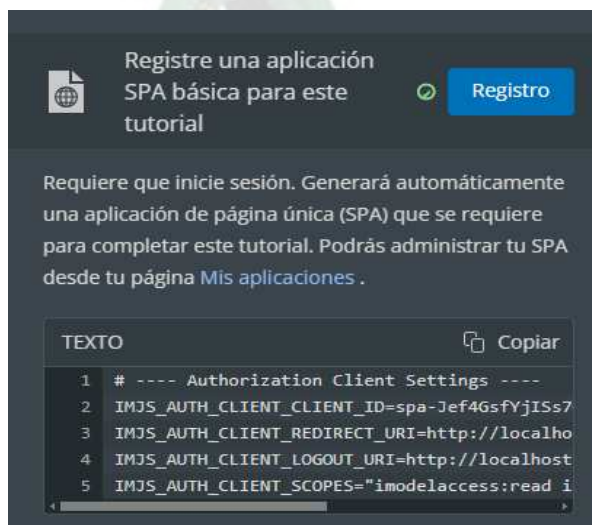
*Registro*



*Fuente: developer.bentley.com*

**Figura 111:**

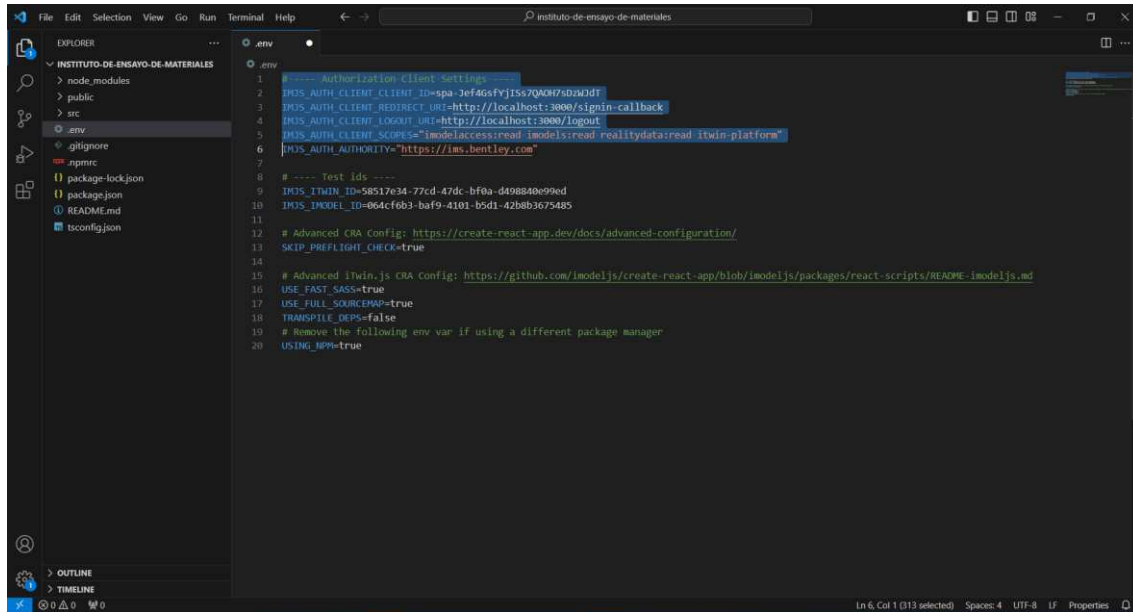
*Ventana Inicial*



*Fuente: developer.bentley.com*

Figura 112:

Copiar en el programa



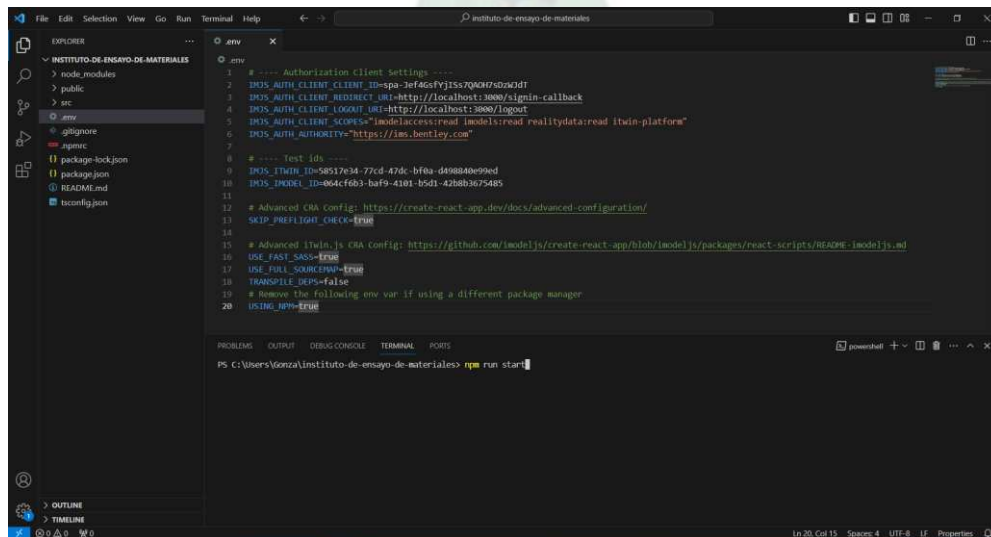
```
1 # ----- Authorization Client Settings -----
2 IMOS_AUTH_CLIENT_CLIENT_ID=spa-3ef465f715570a0b7d09d0d7
3 IMOS_AUTH_CLIENT_REDIRECT_URI=http://localhost:3000/signin-callback
4 IMOS_AUTH_CLIENT_LOGOUT_URI=http://localhost:3000/logout
5 IMOS_AUTH_CLIENT_SCOPES="imodelaccess:read imodels:read realitydata:read itwin-platform"
6 IMOS_AUTH_AUTHORITY="https://ims.bentley.com"
7
8 # ----- Test Ids -----
9 IMOS_ITWIN_ID=58517e34-77cd-47dc-bf0a-d498840e99ed
10 IMOS_IMODEL_ID=064cf6b3-baf9-4101-b5d1-42b8b3675485
11
12 # Advanced CRA Config: https://create-react-app.dev/docs/advanced-configuration/
13 SKIP_PREFLIGHT_CHECK=true
14
15 # Advanced Itwin.js CRA Config: https://github.com/imodeljs/create-react-app/blob/imodeljs/packages/react-scripts/README.imodeljs.md
16 USE_FAST_SASS=true
17 USE_FULL_SOURCEMAP=true
18 TRANSPILER_DEPS=false
19 # Remove the following env var if using a different package manager
20 USING_NPM=true
```

Fuente: elaboración propia

- Volemos a abrir una nueva terminal y se ejecuta el comando “npm run start”, y automáticamente inicia el visor iTwin en el navegador.

Figura 113:

Ventana Inicial



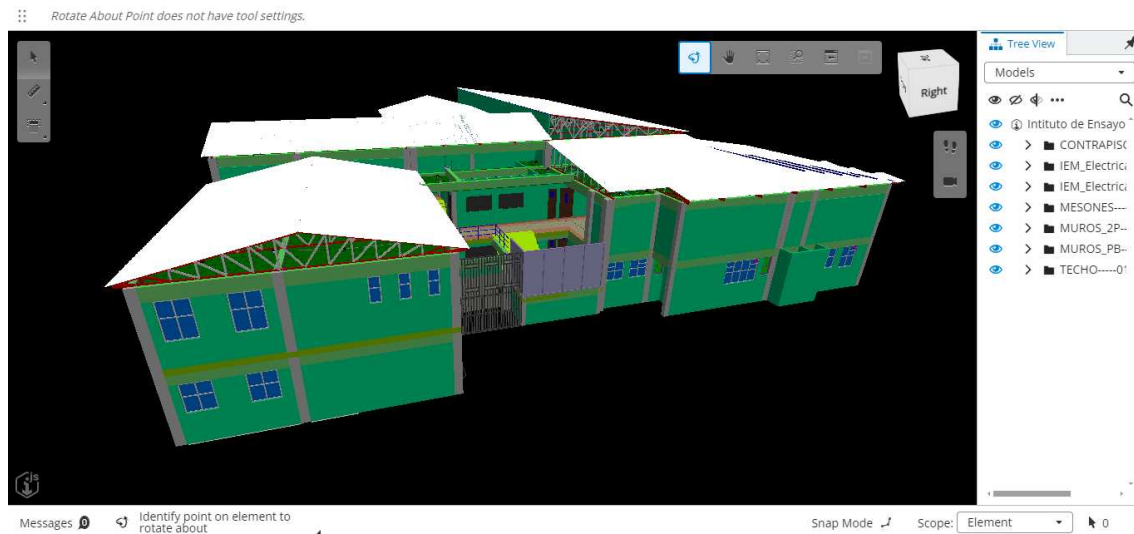
```
PS C:\Users\Gonzal\instituto-de-ensayo-de-materiales> npm run start
```

Fuente: elaboración propia.



**Figura 114:**

*Inicio en el navegador con todas las funciones programadas*



*Fuente: elaboración propia*



## CAPÍTULO 5

### APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO A LA INFRAESTRUCTURA

#### 5.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA INFRAESTRUCTURA POR EL MÉTODO CONVENCIONAL

##### 5.1.1 Referencia Normativa

La presente guía se ajusta a Guía Boliviana de Mantenimiento de Edificaciones, El viceministro de Vivienda y Urbanismo en julio de 2014 conforma la Comisión Técnica Interna encargada de elaborar una Guía de Mantenimiento de Edificaciones, en base a la experiencia desarrollada en otros países, se consolidó un documento base presentado en la primera reunión el 28 de octubre de 2014.

De acuerdo a la Ley N° 031, Ley Marco de Autonomías y Descentralización “Andrés Bólvarez”, en el entendido de que al nivel central del Estado corresponde definir preceptos técnicos en la temática de construcción, se elaboró, socializó y redactó el documento final, denominado GUÍA BOLIVIANA DE MANTENIMIENTO DE EDIFICACIONES.

Posteriormente los miembros de la Comisión Técnica a cargo de la Dirección General de Vivienda y Urbanismo, procesaron toda la información y los insumos recibidos de otras instancias (socialización interna y externa) y a través de la retroalimentación, consolidaron el documento final, siendo fundamental la comunicación por medio de los correos institucionales sistematizando los aportes, observaciones y recomendaciones que se consolidaron en las reuniones de Comisión Técnica el 2016, redactándose el documento final GUÍA BOLIVIANA DE MANTENIMIENTO DE EDIFICACIONES.

Finalmente, el Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda, a través de la Resolución Ministerial N° 017 de 13 de enero de 2017 aprueba la GUÍA BOLIVIANA DE MANTENIMIENTO DE EDIFICACIONES.

## 5.1.2 Definiciones

- **AGUA POTABLE:** Tipo de agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud.
- **AGUA RESIDUAL:** Tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.
- **APARATO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO:** Es un aparato que necesita para funcionar corriente eléctrica o campos electromagnéticos.
- **APARATO:** Es un conjunto de piezas organizadas en distintos dispositivos o mecanismos, mecánicos, eléctricos o electrónicos, que realizan una función específica.
- **FONTANERÍA O PLOMERÍA:** Es la actividad relacionada con la instalación y mantenimiento de redes de tuberías para el abastecimiento de agua potable y evacuación de aguas residuales y otras construcciones.
- **INFRAESTRUCTURA:** Conjunto de elementos o servicios que se consideran necesarios para el funcionamiento de una organización o para el desarrollo de una actividad.
- **MANTENIMIENTO CORRECTIVO:** Es toda acción de mantenimiento que se realiza luego que ocurra una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo.
- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** Es toda acción de mantenimiento planificado cuyo objeto es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.
- **MANTENIMIENTO:** Toda acción que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.

- **DETERIORO POR FACTORES AMBIENTALES:** El deterioro por factores ambientales es recurrente por lluvia, efectos nocivos de los rayos del sol, altas humedades y efectos abrasivos por zonas desérticas o salinidad en zonas costeras. Este deterioro depende específicamente de las zonas geográficas donde están ubicados los establecimientos educativos.

### 5.1.3 El Mantenimiento y su vida útil

La vida útil de la infraestructura es la previsión y dependerá del período de tiempo durante el cual es susceptible de ser utilizado el mismo en las condiciones de calidad y/o habitabilidades requeridas, siempre que se hayan observado las instrucciones de uso y mantenimiento y se hayan realizado las obras de rehabilitación necesarias.

Durante la vida útil de la infraestructura, se deben considerar tres parámetros definidos en: la funcionalidad para que un elemento pueda cumplir las funciones encomendadas; el mantenimiento, entendido como los trabajos o cambios a realizar en los elementos constructivos o parte de la construcción dañados en función a la inspección e informe respectivo y finalmente los costos que generan estos trabajos de mantenimiento.

Conocer la vida útil de los materiales, artefactos, accesorios o elementos de la construcción permitirá estimar la vida útil de la edificación y con ello determinar los ciclos de mantenimiento en años, las inspecciones en años, las reparaciones cíclicas en años, etc. que cada elemento componente del edificio deberá recibir en función de sus características, ubicación, materiales, etc.

El mantenimiento y las reparaciones permiten realizar las tareas fundamentales que garantizan la prolongación de la vida útil de todo tipo de edificaciones, evitando con ello su deterioro y finalmente su destrucción, está relacionado con la función, la tipología, la época de construcción, de los materiales, artefactos y accesorios que se emplearon en su ejecución.

En general la expectativa de vida de las edificaciones aproximada es de 50/70 años luego de los cuales requieren para su sobrevivencia una intervención general, estará en relación del edificio que se trate, su función y tecnología empleada en su construcción, su uso y el mantenimiento que

se haya hecho a lo largo de su vida útil. Si esa rehabilitación integral no se realiza, por lo general el edificio ha de experimentar deterioro progresivo producto de las variaciones climáticas, la intensidad de uso o de la explotación imprudente a la que sea sometido. El mantenimiento es una actividad razonable, destinada a evitar gastos mayores en las edificaciones.

#### **5.1.4 Necesidad de Mantenimiento**

Son más importantes los costos de mantenimiento y uso durante la vida útil de la infraestructura que los de construcción o instalación e incluso, mucho más difíciles de prever pues en gran medida, el mantenimiento que se hará generalmente no será de tipo preventivo sino correctivo, es decir llevándose a cabo cuando se presenten los defectos y afectando (lo que es más grave aún) no sólo a la instalación en sí misma sino también a las partes componentes del edificio que la contiene.

La falta de mantenimiento de los espacios ocasionará a corto plazo que el edificio deje de cumplir sus funciones, mientras que una instalación sin conservación permanente o reparación inmediata puede considerarse no sólo inhabitable en horas, sino también puede causar daños mucho más onerosos que el costo de la parte de la instalación deteriorada en sí misma.

Los costos de mantenimiento pueden disminuir en dependencia de la rapidez y precisión con que se aplique el programa de mantenimiento, siendo generalmente menor el preventivo. Además, estos costos son útiles en dos sentidos, evalúan resultados internos de mantenimiento y comparan la inversión con resultados operativos de la empresa. Pero para conocer los costos de mantenimiento se debe lograr unir conceptos administrativos y técnicos que expliquen el origen de los trabajos de mantenimiento, conocer las distribuciones internas, partes intervenidas con frecuencia, causas de fallas (recurrencia) y encontrar la relación acción-causa-efecto.

#### **5.1.5 Ventajas del Mantenimiento**

La ventaja principal del mantenimiento está íntimamente ligada con un concepto de economía, al prolongar el tiempo de explotación de una construcción sin tener que realizar

inversiones apreciables. Por otro lado, el poder utilizar una construcción por mayor tiempo y con servicio adecuado constituye una ventaja para los usuarios al poder satisfacer mejor sus necesidades sin agravar considerablemente su presupuesto.

La ejecución del mantenimiento a tiempo o preventivo, impide el desgaste anticipado de las edificaciones y sus equipos y reduce los costos de grandes reparaciones generales de los edificios. Se trata en principio de reparaciones de poco volumen ejecutadas regular y cíclicamente en las distintas partes, estructuras, equipos, etc.

Existe una carencia de conocimiento acerca de los beneficios que provienen de los gastos de diferentes niveles de mantenimiento y se presta poca atención a prevenir o pronosticar los efectos totales por hacer o abstenerse de hacer trabajos en este campo. La razón puede ser que desde el punto de vista de empresas individuales la cantidad desembolsada en mantenimiento resulta pequeña en comparación con los costos de otras operaciones, pero cuando se analiza a escala nacional resulta perfectamente claro que el mantenimiento es una actividad de primera importancia.

Las ventajas del mantenimiento se pueden resumir:

- Seguridad, las obras e instalaciones sujetas a mantenimiento operan en mejores condiciones de seguridad.
- Vida útil, una edificación tendrá una vida útil mayor con un sistema de mantenimiento correctivo.
- Coste de reparaciones, será más eficiente si se utiliza el mantenimiento preventivo.
- Carga de trabajo, para el personal de mantenimiento preventivo es uniforme (planificación previa), que la intervención en un sistema de mantenimiento correctivo.
- Aplicabilidad, mientras más complejas sean las instalaciones y más confiabilidad se requiera, mayor será la necesidad del mantenimiento preventivo.

### **5.1.6 Frecuencia del Mantenimiento**

En el instituto de ensayo de materiales no se realiza mantenimientos preventivos, apelando solamente a mantenimientos correctivos, es lo que se realizara con ayuda del gemelo digital.

El mantenimiento correctivo se produce una vez que se presenta el deterioro o desperfecto, se planifica ejecutar en la infraestructura para evitar al máximo estos; por lo tanto, no tiene una periodicidad concreta. Este tipo de mantenimiento aumenta su importancia y alcance en la medida de que el mantenimiento preventivo es menor.

### **5.1.7 Organización del Mantenimiento**

Para organizar el mantenimiento de la infraestructura, se debe definir una metodología, administrarla y aplicarla sobre la infraestructura, recoger las conclusiones, analizar estas experiencias.

Para esta elección tomaremos dos etapas:

### **5.1.8 Planificación del mantenimiento**

En este proceso se debe tomar decisiones para alcanzar un objetivo común, tomando en cuenta la situación actual en la que se encuentra el instituto y los factores externos e internos. Es importante tomar en cuenta la calidad y durabilidad de sus elementos componentes, los materiales utilizados, las reparaciones inmediatas de los deterioros, el uso adecuado de la edificación acorde siempre con el proyecto y el cuidado correcto de este y sus exteriores porque en la medida en que todos estos factores se cumplan, estaremos prolongando la vida útil de la infraestructura.

### **5.1.9 Responsabilidad en el mantenimiento**

La responsabilidad en el mantenimiento de la infraestructura corresponde en primer lugar al Instituto de Ensayo de Materiales (IEM), a través de una buena utilización de los diferentes componentes interiores y exteriores, con la limpieza, trabajos de conservación habituales y

fundamentalmente, informando de todos los defectos o anomalías que observe en el edificio a la Unidad de Infraestructura (UDI). Es importante decir que algunas actividades deben ser asesoradas o ejecutadas por técnicos y profesionales de distinto nivel según la complejidad y peligrosidad de los trabajos. Se considera que actividades como la pintura, limpieza interior y de áreas exteriores, mantenimiento de cisternas y tanques de agua, por ejemplo, pueden considerar no sólo una participación media, sino incluso ser ejecutadas por él mismo.

#### 5.1.10 Previsiones a considerar

Para facilitar las operaciones y trabajos de mantenimiento y conservación, ahorrar tiempo y recursos económicos, se recomienda adoptar medidas previsoras, como disponer de determinados recambios o repuestos para posibles sustituciones o reposiciones, conservar los catálogos, manuales, datos de materiales utilizados y contar con la documentación técnica final de la obra ejecutada. Las más significativas son:

- Térmicos, cartuchos de fusibles de protección, u otros utilizados en cajas o en cuartos de contadores eléctricos.
- Accesorios eléctricos (luminarias, tomacorrientes, enchufes, interruptores, conmutadores, etc.).
- Accesorios sanitarios (llaves terminales, llaves de paso, uniones, sifones, etc.).
- Elementos de protección eléctrica de motores de depuración y circulación de agua, grupos de presión u otros.
- Accesorios varios, que tienen que ver con instalaciones de gas, aire acondicionado, calefacción, ventilación u otros.
- Productos para el mantenimiento de la calidad del agua en tanques de agua u otros.
- Productos de limpieza.



### 5.1.11 Documentación técnica y administrativa

Se recomienda conservar y tener disponible en todo momento la documentación técnica y datos finales de la obra ejecutada, tales como:

- Proyecto del edificio, con la inclusión de las modificaciones aprobadas.
- Catálogos de piezas de recambios de equipos, máquinas, aparatos e instalaciones.
- Planos de elementos, redes e instalaciones, esquemas o planos de equipos, máquinas y aparatos necesarios para su mantenimiento.
- Datos de suministradores, proveedores, marcas y modelos.
- Datos de instaladores y montadores.
- Garantías de: aparatos, equipos, máquinas, instalaciones, materiales y productos.
- Protocolos, informes y dictámenes sobre pruebas e inspecciones y comprobaciones de especialistas, técnicos, organismos públicos y otros que hubieran intervenido en tales operaciones.
- Manuales de instrucciones de uso y mantenimiento de los equipos, máquinas, aparatos e instalaciones.

### 5.1.12 Análisis documental, inspección y dictamen técnico

A partir del lunes 28 de agosto de 2017, las Áreas de Hormigones, Estructuras, Materiales y Química desarrollan sus actividades en el edificio del Instituto de Ensayo de Materiales (IEM) ubicado en el Campus Universitario de Cota Cota de la Universidad Mayor de San Andrés.

- **Área de Materiales**

Actividades académicas, de investigación y de prestación de servicios especializados relacionadas con el control de calidad de materiales de construcción utilizados en nuestro medio

- **Área de Química**

El área de Química de Materiales de Construcción está orientada a realizar investigaciones y ensayos químicos para procesos de control de calidad. Presta servicios de análisis de materiales tales como Cemento, Agua, Cal, Yeso, Áridos Finos y Gruesos y Suelos

La línea de investigación que actualmente está implementada, en forma conjunta con el Área de Suelos, es la de estabilización de éstos utilizando diferentes materiales: cal, cemento, cemento asfáltico.

- **Área de Hormigones**

Desarrolla actividades Académicas, de Investigación y Extensión e Interacción social, ejecuta en sus laboratorios y/o en obra (in situ) los ensayos de caracterización y control de calidad en el hormigón hidráulico (estado fresco y endurecido) y en los materiales que lo constituyen.

- **Área de Asfaltos**

El área de asfaltos está dirigida a realizar investigaciones y prestación de servicios para desarrollar los materiales que componen el pavimento asfáltico.

- **Área de Estructuras**

El Área de Estructuras del I.E.M. desarrolla actividades de Investigación, Desarrollo e Innovación (I + D & I) en los ámbitos de la seguridad estructural de edificios, comportamiento de las estructuras en todo el ciclo de vida, evaluación patológica y procesos de deterioro de las estructuras. Así mismo, se inicia la investigación en el campo de la ingeniería de conservación de estructuras, con un enfoque en el Patrimonio Arquitectónico de Bolivia.

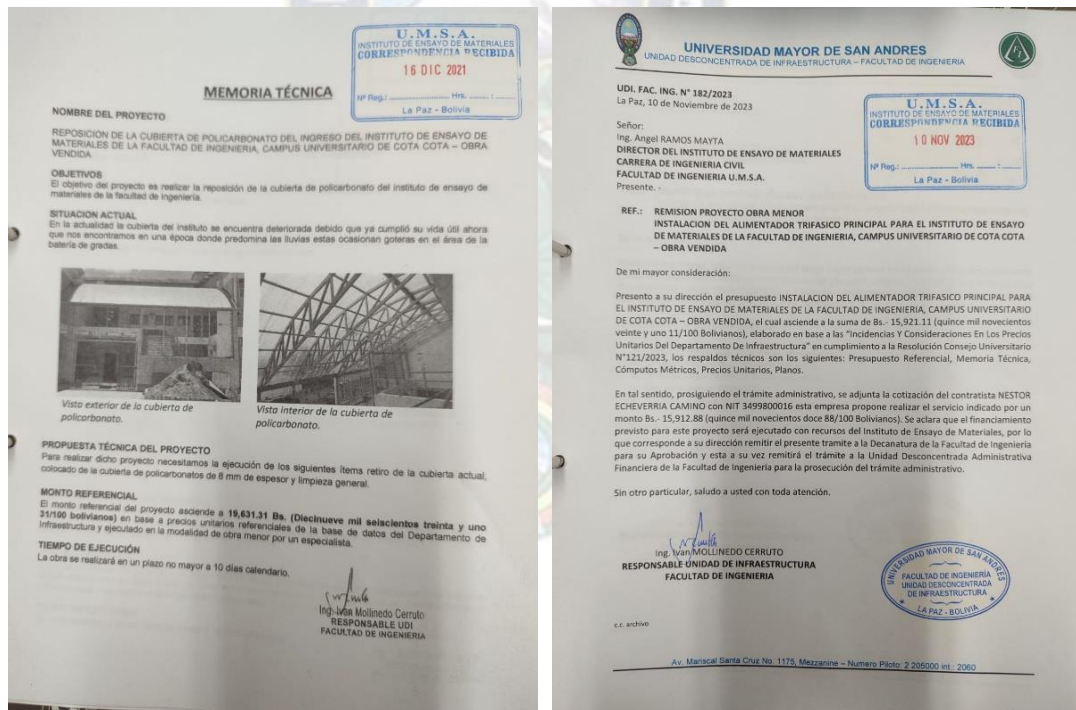
El área de estructuras cuenta con dos profesores a tiempo parcial. Sus líneas de trabajo están relacionadas con el cálculo y diseño de infraestructura civil (hormigón armado, acero y madera), así como también con la evaluación de estructuras existentes (patrimoniales y modernas). Las investigaciones que se realizan en esta área están apoyadas por los Laboratorios de Materiales y Hormigones del IEM.

### 5.1.13 Mantenimientos previos que se realizo

Se realizaron dos mantenimientos de consideración con anterioridad, “Reposición de Cubierta de policarbonato del ingreso” el año 2021 e “Instalador de alimentador trifásico principal” el año 2023.

Figura 115:

Solicitud de mantenimiento correctivo



Fuente: Instituto de Ensayo de Materiales.

#### 5.1.14 Condiciones Generales

El Instituto de Ensayo de Materiales en su infraestructura tiene los siguientes componentes:

- Edificio
- Instalaciones Eléctricas
- Cubiertas
- Zonas verdes
- Parqueaderos
- Baterías Sanitarias
- Salones de clases
- Oficinas
- Biblioteca
- Auditorio
- Laboratorios
- Redes o Sistemas: Eléctricos, redes de alcantarillado, red de agua potable, redes de conducción de gases.
- Galpón de almacenamiento y ensayos.

#### 5.1.15 Inspección

Se inicia con una identificación de todo el edificio que forma parte del campus universitario de la UMSA. A esta muestra se le realiza una visita para un levantamiento de la información de su estado. Durante estas visitas se mantuvo conversaciones con varios funcionarios que trabajan en los departamentos de dicho edificio, con el fin de conocer qué problemas o necesidades requieran mantenimiento, han tenido o tienen actualmente.

Además, a algunos de ellos se les aplicó un pequeño sondeo de opinión. Todo esto con el fin de obtener la situación actual dentro de la institución con respecto al mantenimiento.

A continuación, se presenta un listado de todos los ambientes con los que cuentan los pisos 1 y 2 respectivamente:

**Figura 116:**

*Ambientes del segundo piso*

PISO	AMBIENTE
PISO 1	1 SALA DE DOCENTES MATERIALES - QUÍMICA - ASFALTO
PISO 1	10 DEPÓSITO
PISO 1	11 AULA
PISO 1	12 SECRETARÍA
PISO 1	12A DIRECCIÓN
PISO 1	12C DEPÓSITO
PISO 1	12D SALA DE REUNIONES
PISO 1	12E ALMACÉN
PISO 1	12F ADMINISTRACIÓN
PISO 1	12G TERRAZA
PISO 1	15 HALL
PISO 1	2 BIBLIOTECA
PISO 1	2A TENENCIA DE LIBROS
PISO 1	6 AUDITORIO
PISO 1	6A SALA DE CONTROL
PISO 1	7 CAFETERÍA
PISO 1	7A COCINA
PISO 1	8 SALA DE DOCENTES HORMIGONES Y ESTRUCTURA
PISO 1	9 A SALA SHAFT

*Fuente: elaboración propia*

**Figura 117:**

*Ambientes del primer piso*

PISO	AMBIENTE
PLANTA BAJA	1 LABORATORIO MATERIALES
PLANTA BAJA	10 TINGLADO HORMIGONES Y VACIADO
PLANTA BAJA	10 A SALA EQUIPOS DE ENSAYO
PLANTA BAJA	10 B SALA DE MÁQUINAS
PLANTA BAJA	11 LABORATORIO DE MATERIALES Y SERVICIOS
PLANTA BAJA	11A SALA CORTE Y PREPARACION PROBETAS
PLANTA BAJA	11B LABORATORIO ALCALI
PLANTA BAJA	11C SALA DE ENSAYOS PRENSA SERVICIOS
PLANTA BAJA	12 LABORATORIO HORMIGONES SERVICIOS
PLANTA BAJA	12C REFRENDADO SE SERVICIOS HORMIGONES
PLANTA BAJA	13 CUARTO ROTURA DE PRENSA HORMIGONES
PLANTA BAJA	14 LABORATORIO ASFALTO
PLANTA BAJA	15 LABORATORIO QUÍMICA - ASFALTO
PLANTA BAJA	15A DEPÓSITO QUÍMICA
PLANTA BAJA	17 SALA RECEPCIÓN DE MUESTRAS
PLANTA BAJA	1A CONTROL DE TABLERO
PLANTA BAJA	2 LABORATORIO ANÁLISIS
PLANTA BAJA	2A DEPÓSITO 1
PLANTA BAJA	2B DEPÓSITO 2
PLANTA BAJA	3 SALA TÉCNICOS
PLANTA BAJA	4 LABORATORIO QUÍMICA
PLANTA BAJA	4 A DEPÓSITO 1
PLANTA BAJA	4 B DEPÓSITO 2
PLANTA BAJA	7 LABORATORIO HORMIGONES
PLANTA BAJA	7A DEPÓSITO 1 EQUIPOS HORMIGONES
PLANTA BAJA	7B DEPÓSITO 2 EQUIPOS HORMIGONES
PLANTA BAJA	7D SALA DE HERRAMIENTAS
PLANTA BAJA	8 LABORATORIO MATERIALES 2
PLANTA BAJA	9 PASILLO 1

*Fuente: elaboración propia*

### 5.1.16 Diagnóstico.

La elaboración del diagnóstico del IEM considera una evaluación de elementos arquitectónicos. Se elaboraron cuadros de diagnóstico en donde se establecen actividades por evaluar en cada uno de los ambientes. Es importante destacar que la infraestructura funciona desde el 2017, su evaluación debe ser detallada en cuanto a: estado del edificio, unidades, cantidades por reparar.

### 5.1.17 Instrucciones para el Mantenimiento

Las instrucciones son informaciones comunicadas, describiendo las acciones, el comportamiento, el método, o la tarea, que deberá comenzar o terminar o ser complemente

ejecutada, en este caso se refieren a: los trabajos y actuaciones de mantenimiento, de todas aquellas acciones encaminadas a la conservación física y funcional de la infraestructura a lo largo del ciclo de vida útil del mismo, en general, mantener, significa conservar y también mejorar las prestaciones originales de un elemento, máquina, instalación o edificio a lo largo del tiempo.

En ese sentido, las instrucciones típicas para el mantenimiento son realizar inspecciones y revisiones periódicas, la puesta en marcha y parada de ciertas instalaciones, la limpieza higiénica, las operaciones de mantenimiento y las sustituciones de pequeños elementos fungibles.

#### 5.1.18 Causas para el mantenimiento

##### Nivel 2

En el “Piso 2” se encuentra las oficinas administrativas, 2 salas de docentes, la biblioteca, el auditorio y la cocina entre otros. Algunas necesidades se detallan en las fotografías ubicadas en el ANEXO:

- La Necesidad más notoria que se tiene son las Fisuras que se encuentran en diferentes lugares del “Piso 2” siendo muy evidentes a simple vista, localizadas en varios muros de los diferentes ambientes, las más graves se encuentran en el pasillo entre la biblioteca, auditorio y cafetería.
- Se puede identificar también algunas luminarias sin funcionamiento, principalmente en las aulas y pasillos.
- En los baños se encuentran algunos lavamanos sin funcionamiento, esto puede ser debido a diferentes causas entre ellas la más probable a que los grifos se encuentran en mal estado.
- En el Ambiente “Auditorio” se puede observar que se tiene una gotera considerable provocando el rápido deterioro del cielo falso, muro y losa ya que esta última no cuenta con revestimiento alguno.
- En el ambiente “Sala de Control” de igual manera se presenta la ruptura de un sector del cielo falso.

## Piso 1

En el “Piso 1” se encuentran principalmente todos los ambientes de laboratorios, Algunas necesidades se detallan en las fotografías ubicadas en ANEXO:

- La Necesidad más notoria que se tiene son las Fisuras que se encuentran en varios muros de los diferentes ambientes del “Piso 1” siendo muy evidentes a simple vista.
- Se puede identificar también algunas luminarias sin funcionamiento en la mayoría de los ambientes.
- Uno de los principales problemas en este piso, debido a que se encuentran todos los laboratorios, es que el sistema sanitario constantemente se tapa, ya que todo el material de los ensayos desemboca en dicho sistema.
- En el ambiente “Tinglado Hormigones y Vaciado” el cableado de la instalación eléctrica se encuentra a la vista. También la pintura se encuentra muy deteriorada; otra observación importante es que algunos vidrios de las ventanas superiores se encuentran rotos y no fueron sustituidos por bastante tiempo.
- En algunos ambientes en el techo se puede encontrar signos de humedad, principalmente debajo de la terraza que se encuentra en el primer piso.
- En muchos ambientes de los laboratorios la pintura se encuentra deteriorada.

### 5.1.19 Obras de Mantenimiento

Dentro de la diversidad de las obras de mantenimiento pueden citarse los siguientes con carácter enunciativo y no limitativo:

- Pintura, arreglo de desprendimientos, fisuras superficiales, desportillados.
- Juntas en soladura de azotea, sustitución de tejas, impermeabilización de áreas de cubiertas, limpieza de tanques sépticos, limpieza de instalaciones hidráulicas y sanitarias, colocación de zapatillas en llaves, ajustes de válvulas, ajustes de interruptores eléctricos y reposición de vidrios. Estos trabajos se consideran correctivos.



## 1. Mantenimiento de Cubiertas

Con el objeto de minimizar las filtraciones o afloramiento de la humedad se requiere esencialmente de evitar la pérdida de las condiciones originales de impermeabilización de la cubierta.

- Vigilar la aparición de humedad en techos, muros y pisos.
- Evitar la existencia de escombros en las superficies de techos y azoteas, se deberá remover basura, material, equipos, mobiliario o cualquier objeto existente a fin de lograr un adecuado escurrimiento de las aguas.
- Observar la presencia de daños físicos en los sistemas de impermeabilización o en las cubiertas ligeras para repararlos inmediatamente.
- Verificar filtraciones en juntas, remaches, respiradores y sistema pluvial en general.
- Verificar la sujeción de láminas en techos y cubiertas y la presencia de oxidaciones en las sujeciones.
- Las canaletas y desagües deben estar firmemente sujetos a la estructura.
- Revisar y limpiar periódicamente las hojas y ramas, canaletas, colectores y bajantes de aguas de lluvias.

## 2. Mantenimiento de Muros y Tabiques

Los muros y tabiques de diferentes espesores, materiales y revestimientos, de acuerdo a su función, sean portantes (estructurales) o divisorios, están constituidos por hormigón, hormigón armado, de mampostería (piedra, cantería, bloques, cerámicos), de prefabricados y/o estar revocados y pintados. Para su conservación se debe:

- Mantener limpios y libres de elementos adosados en desuso (mueble y material a general), debiéndose colocar protecciones para el traslado de sillas, mesas y otros muebles.
- Vigilar el estado de los terminados, revoques y pintura, observando si aparecen grietas, globos, desprendimientos o fisuras, así como el estado de los marcos, antepechos y umbrales de puertas.

- En muros exteriores se debe evitar enredaderas y deberán vigilarse las esquinas o cornisas, reparando las soldaduras, saltaduras y desprendimientos de los componentes que estén sujetos a golpes y roces más frecuentes.
- En muros revestidos de cerámicos o azulejos, cuidar el estado de las juntas, para evitar el pase y la absorción de humedad.
- Ventilar los locales interiores para evitar humedad por condensación que producen hongos o corrosión.
- Se recomienda limpieza semanal, del polvo acumulado en las paredes, sacudiendo con una escobilla que no raye ni dañe la capa de pintura.

### **3. Mantenimiento de revestidos y acabados**

- Los revestimientos en cocinas y baños, deben ser lavados diariamente con agua, enjuagando con agua y alcohol industrial en partes iguales.
- Controlar el estado de juntas entre las piezas.
- Limpiar una vez al mes las separaciones de azulejos o cerámicas, pasando con una esponja con agua y una mezcla de bactericida o fungicida.

#### **5.1.20 Costos de Mantenimiento**

El costo dependerá, fundamentalmente, de las decisiones dimensionales (largo, ancho, altura de los locales, número de plantas, etc.).

La variación de los costos puede admitirse como continua y dependiendo esencialmente del costo de la construcción. Los costos de mantenimiento y uso son bastante menores pudiéndoselos prever con facilidad, a la vez que pueden programarse anticipadamente los trabajos de mantenimiento necesarios para alcanzar o ampliar la vida útil prevista para la edificación.

## 5.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA INFRAESTRUCTURA CON EL GEMELO DIGITAL

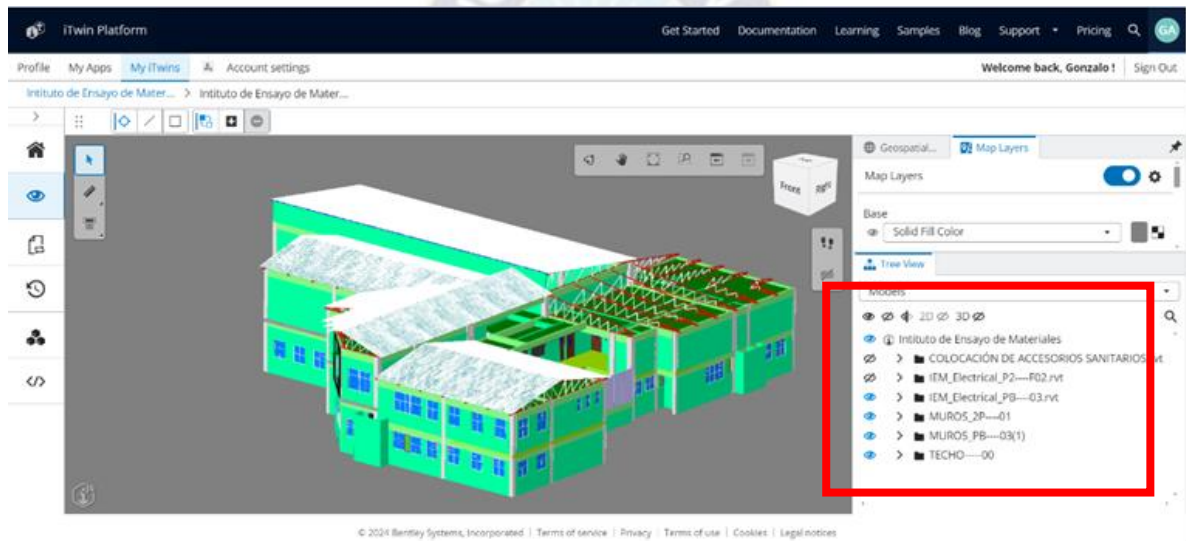
### 5.2.1 Descripción

- Ubicación

Ingresamos a la plataforma iTwin y buscamos el vínculo que se encuentra dentro del mismo, el cual nos brinda las coordenadas en Google Maps.

**Figura 118:**

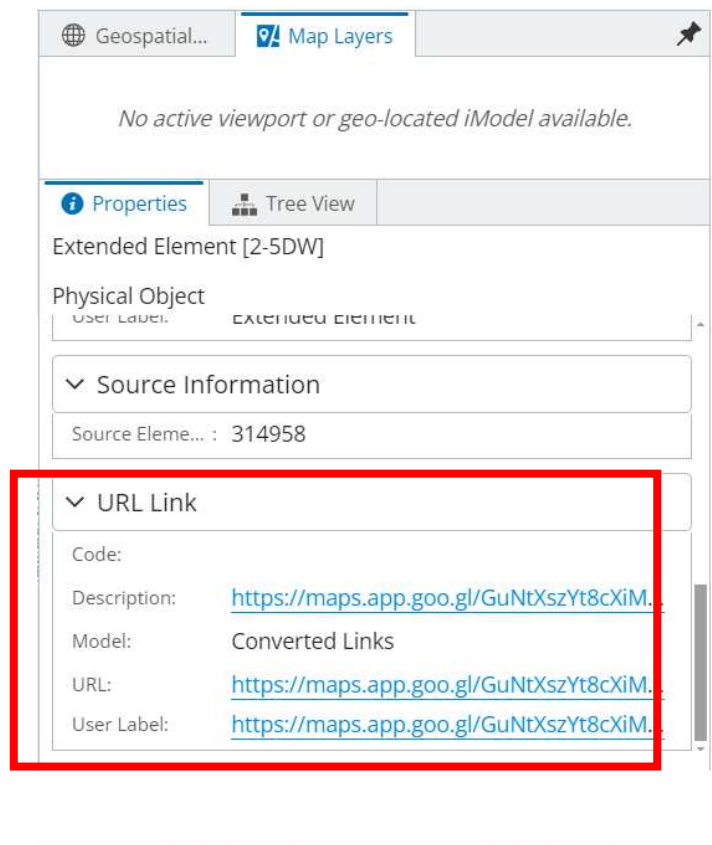
*Búsqueda de vínculos en la plataforma iTwin*



*Fuente: elaboración propia*

**Figura 119:**

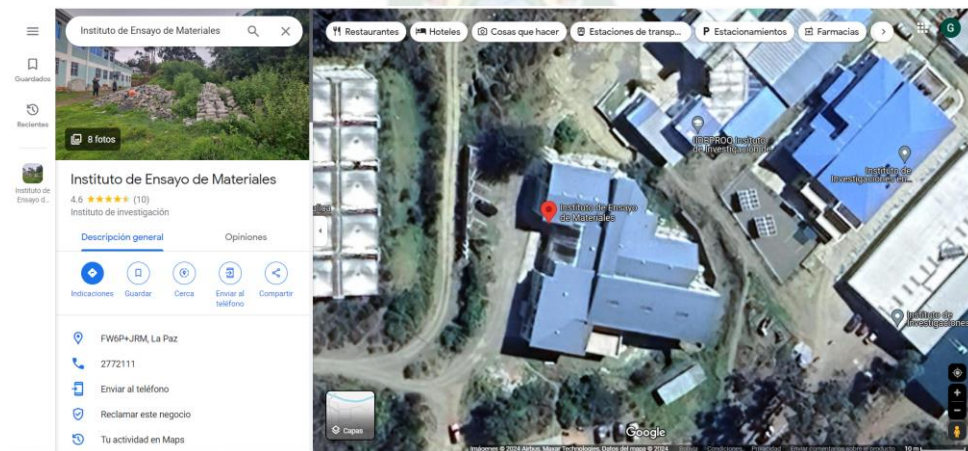
Link de ubicación del Instituto de Ensayo de Materiales



Fuente: elaboración propia

**Figura 120:**

Ingreso al link vinculado



Fuente: elaboración propia

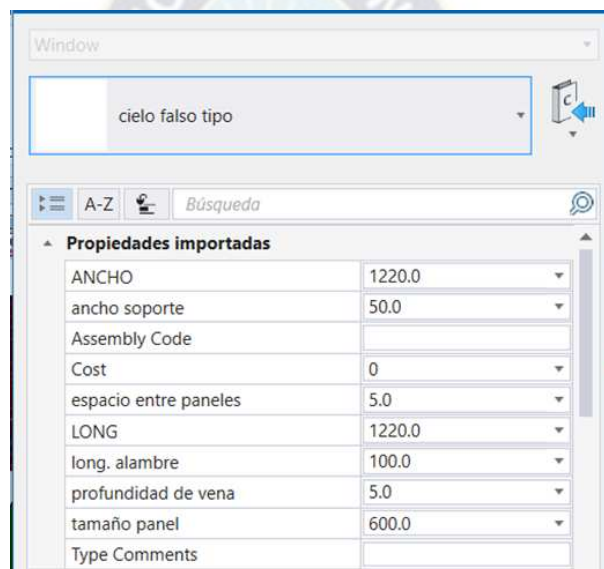
De esta manera podemos guiarnos mucho mejor la ubicación del Instituto de Ensayo de Materiales.

#### - Características

Dentro de la plataforma también podremos saber el tamaño de la construcción la edad del edificio si se lo requiere, pero para el caso, vamos directamente al segundo nivel del instituto y seleccionamos el cielo falso que es el elemento a ser reemplazado.

**Figura 121:**

*Propiedades del elemento*



*Fuente: elaboración propia*

Una vez ingresemos al vinculo nos mostrara la información necesaria para poder realizar dicho mantenimiento.

## 5.2.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

#### - Descripción del problema

La persona responsable debe informar sobre la necesidad de un mantenimiento correctivo la cual debe mostrar y describir a detalle sobre el problema.

- **Historial de mantenimiento**

El elemento a ser reemplazado contara con información de si se realizó algún mantenimiento previo, hace cuanto tiempo se lo realizó y la efectividad de dicho proceso. Para este caso no cuenta con ningún archivo previo de información.

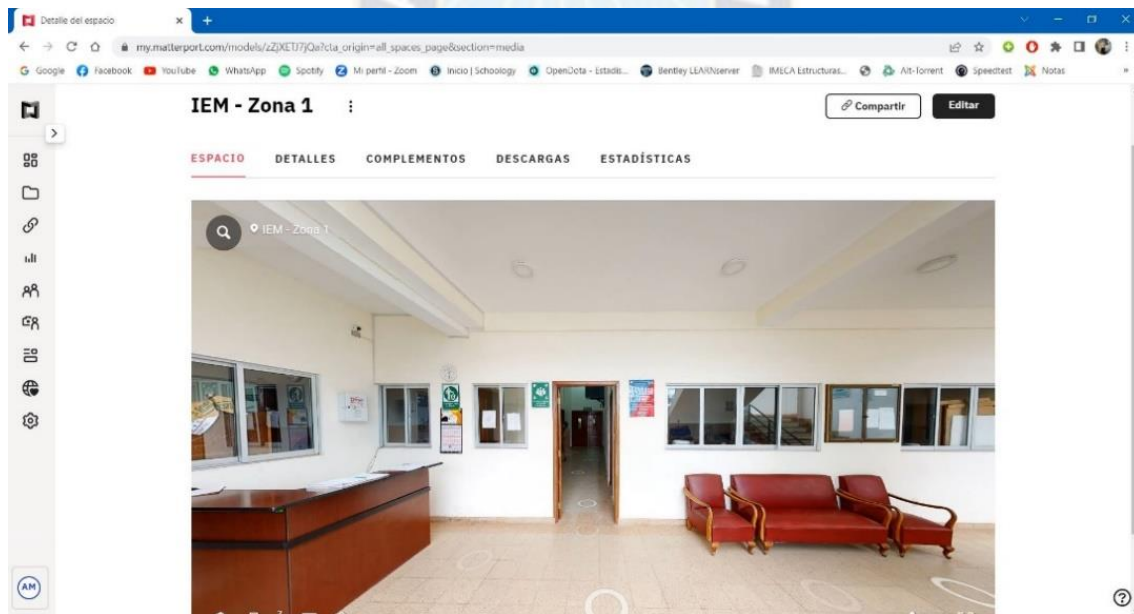
### 5.2.3 EVALUACIÓN INICIAL

- **Inspección**

Realizamos un paseo virtual semiautónomo dentro de las instalaciones para poder tener una mejor idea y visión sobre el problema y poder planificar la realización del mantenimiento.

**Figura 122:**

*Inspección virtual*



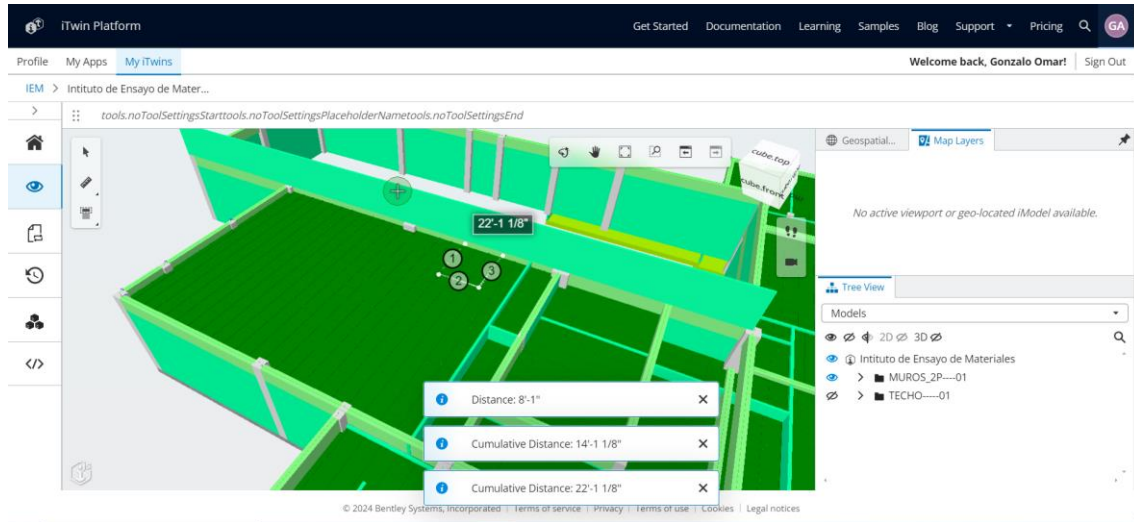
*Fuente: elaboración propia*

- **Hallazgos**

Primeramente, pudimos medir las dimensiones que tiene el elemento y la cantidad necesaria para poder reemplazarlo.

**Figura 123:**

*Dimensionamiento de elementos*

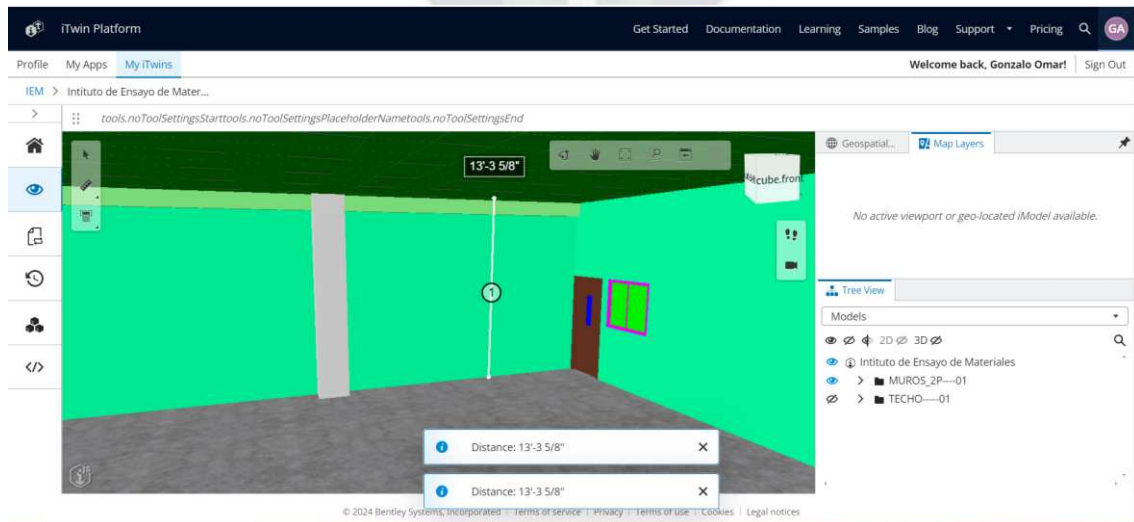


*Fuente: elaboración propia*

También conocer la ubicación y saber a detalle, como por ejemplo la altura a la que se encuentra dicho cielo falso.

**Figura 124:**

*Mediciones dentro del laboratorio*



*Fuente: elaboración propia*

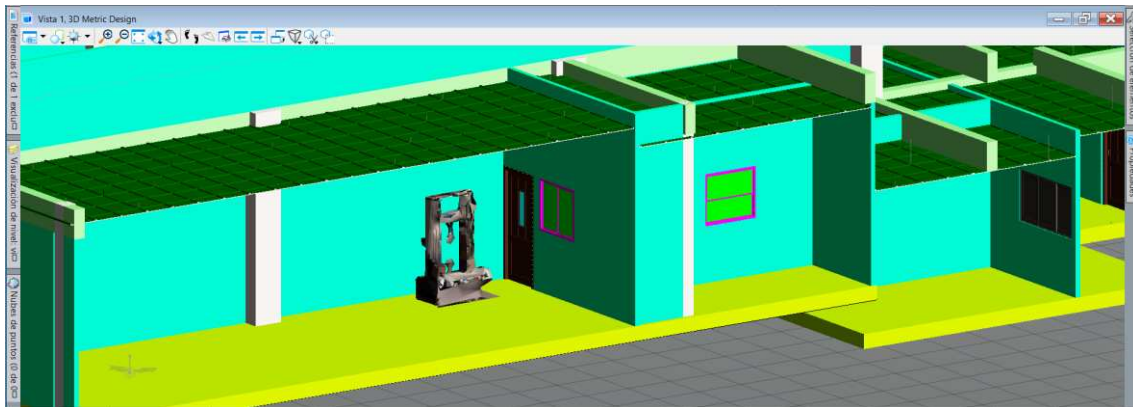




Por otro lado, debajo del área del cielo falso que se encuentra afectado, se halla una maquinaria de gran tamaño, que deberá ser trasladada a otro sector o ambiente para poder realizar el trabajo y no causar un posible daño al momento de realizar el mantenimiento, además de no interrumpir con las actividades cotidianas del Instituto de Ensayo de Materiales.

**Figura 127:**

*Ubicación del área de trabajo*



*Fuente: elaboración propia*

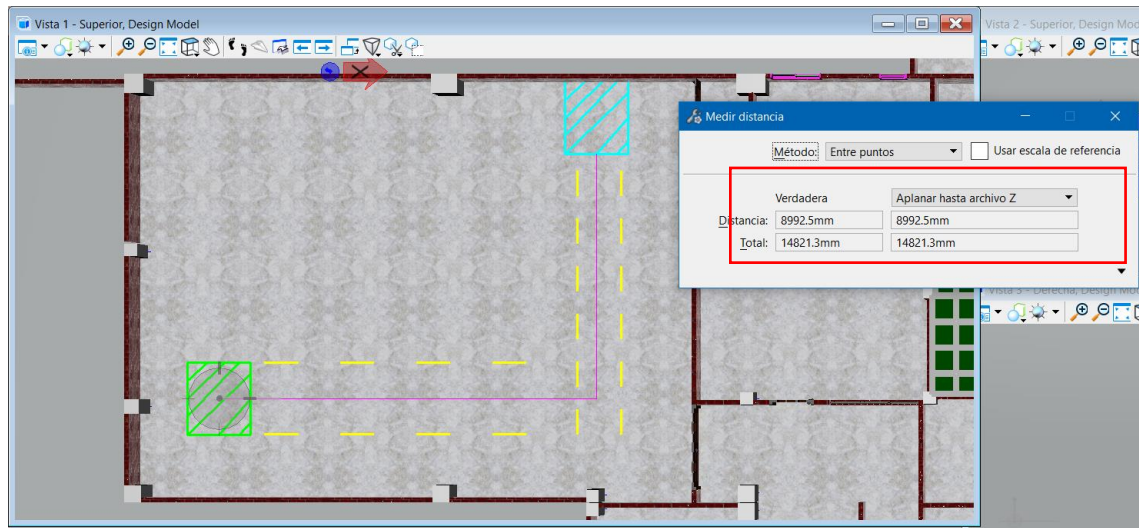
#### 5.2.4 PLANIFICACION

- Descripción de trabajos

Se debe despejar el equipo que se encuentra por debajo del cielo falso afectado.

**Figura 128:**

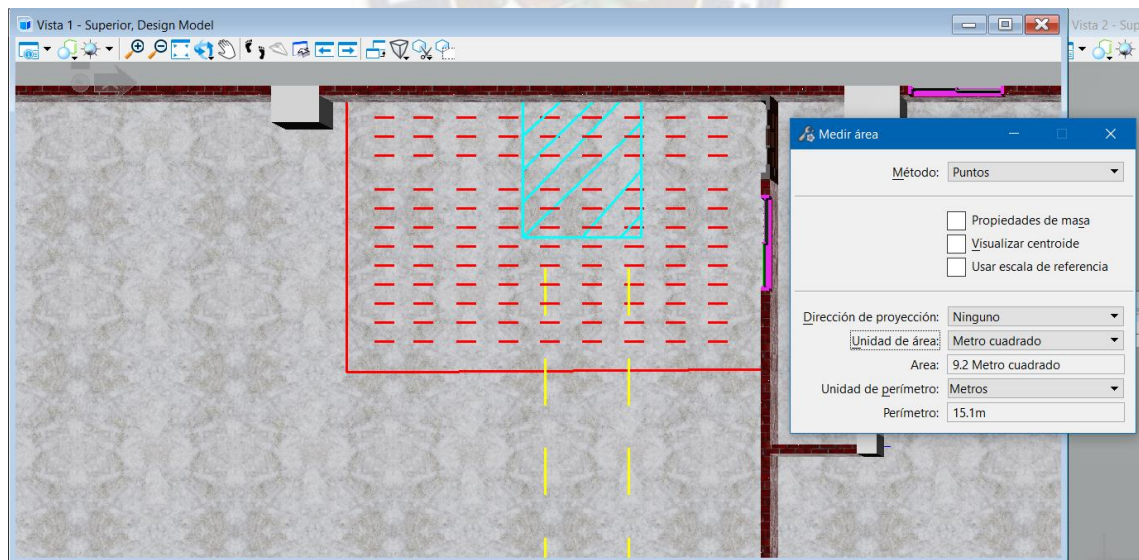
*Layout de traslado del equipo*



*Fuente: elaboración propia.*

**Figura 129:**

*Layout del área de trabajo para el mantenimiento*



*Fuente: elaboración propia*

**- Equipos y herramientas empleadas**

Los equipos y herramientas utilizadas son:

- Transpaleta manual de 3 Ton.

**Figura 130:**

*Transpaleta manual*



*Fuente: elaboración propia.*

- Andamio

**Figura 131:**

*Andamio*



*Fuente: elaboración propia*

- Maletín de herramientas básicas

**Figura 132:**

*Herramientas básicas*



*Fuente: elaboración propia*

- **Personal involucrado**

**Especialista:** Se debe contar con dos personas al menos para poder hacer la remoción y la instalación del nuevo cielo falso.

**Operador:** Deberá tener conocimiento de uso del transpaleta manual y evitar contratiempos en el traslado del equipo de laboratorio.

### 5.2.5 PRESUPUESTO

**Precio unitario**

Como referencia utilizamos el reporte de precios unitarios abril 2024 del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.

Haciendo algunas modificaciones de acuerdo a los equipos que vamos a utilizar para dicho ítem. El cual se detalla en el siguiente formulario B-1.

Figura 133:

Formulario B-1

DATOS GENERALES					
Proyecto :		MANTENIMIENTO DEL INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Actividad :		REMOCIÓN DE DE CIELO FALSO			
Cantidad :		1,00			
Unidad :		M2			
Moneda :		BOLIVIANO			
1. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
<b>TOTAL MATERIALES</b>					-
2. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	ESPECIALISTA	HR.	0,25	14,71	3,68
2	AYUDANTE	HR.	0,30	12,38	3,71
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>7,39</b>
CARGAS SOCIALES = ( 60% DEL SUBTOTAL DE MANO DE OBRA)				71,18%	5,26
IMPUESTOS IVA MANO DE OBRA = ( 14,94 % DE SUMA DE SUBTOTAL DE MANO DE OBRA + CARGAS SOCIALES)				14,94%	1,89
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>14,54</b>
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	ANDAMIO	HR.	1,00	0,75	0,75
HERRAMIENTAS = ( 6 % DEL TOTAL DE MANO DE OBRA)				5,00%	0,73
<b>TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>					<b>1,48</b>
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
					COSTO TOTAL
GASTOS GENERALES = 10 % DE 1 + 2 + 3					1,76
<b>TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					<b>1,76</b>
5. UTILIDAD					
					COSTO TOTAL
UTILIDAD = 10 % DE 1 + 2 + 3 + 4					1,24
<b>TOTAL UTILIDAD</b>					<b>1,24</b>
6. IMPUESTOS					
					COSTO TOTAL
IMPUESTOS IT = 3,09 % DE 1 + 2 + 3 + 4 + 5					0,59
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>					<b>0,59</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)</b>					<b>19,61</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (Con dos (2) decimales)</b>					<b>19,61</b>
<small>NOTA.- El Proponente declara que el presente Formulario ha sido llenado de acuerdo con las especificaciones técnicas, aplicando las leyes sociales y tributarias vigentes, y es consistente con el Formulario B-1</small>					

Fuente: elaboración propia

Figura 134:

Formulario B-1

DATOS GENERALES					
Proyecto :		MANTENIMIENTO DEL INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Actividad :		COLOCACION DE DE CIELO FALSO			
Cantidad :		1,00			
Unidad :		M2			
Moneda :		BOLIVIANO			
1. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL	
1 CIELO FALSO ACUSTICO	M2	1,00	140,00	140,00	
TOTAL MATERIALES				140,00	
2. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL	
1 ESPECIALISTA	HR.	1,17	24,60	28,78	
2 AYUDANTE	HR.	0,52	14,71	7,65	
SUBTOTAL MANO DE OBRA				36,43	
			CARGAS SOCIALES = ( 60% DEL SUBTOTAL DE MANO DE OBRA)	71,18%	25,93
			IMPUESTOS IVA MANO DE OBRA = ( 14,94 % DE SUMA DE SUBTOTAL DE MANO DE OBRA + CARGAS SOCIALES)	14,94%	9,32
TOTAL MANO DE OBRA				71,68	
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL	
1 ANDAMIO	HR.	1,00	0,75	0,75	
			HERRAMIENTAS = ( 6 % DEL TOTAL DE MANO DE OBRA)	5,00%	3,58
TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				4,33	
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
				COSTO TOTAL	
GASTOS GENERALES = 10 % DE 1 + 2 + 3				23,76	
TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				23,76	
5. UTILIDAD					
				COSTO TOTAL	
UTILIDAD = 10 % DE 1 + 2 + 3 + 4				16,78	
TOTAL UTILIDAD				16,78	
6. IMPUESTOS					
				COSTO TOTAL	
				IMPUESTOS IT = 3,09 % DE 1 + 2 + 3 + 4 + 5	7,93
TOTAL IMPUESTOS				7,93	
TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)				264,48	
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (Con dos (2) decimales)				264,48	
<small>NOTA.- El Proponente declara que el presente Formulario ha sido llenado de acuerdo con las especificaciones técnicas, aplicando las leyes sociales y tributarias vigentes, y es consistente con el Formulario B-1</small>					

Fuente: elaboración propia

Figura 135:

Formulario B-1

DATOS GENERALES					
Proyecto:		MANTENIMIENTO DEL INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Actividad:		TRASLADO DE EQUIPOS DE LABORATORIO			
Cantidad:		1,00			
Unidad:					
Moneda:		BOLIVIANO			
1. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL	
TOTAL MATERIALES					-
2. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL	
1 ESPECIALISTA	HR.	1,20	24,60	29,52	
SUBTOTAL MANO DE OBRA					29,52
			CARGAS SOCIALES = ( 60% DEL SUBTOTAL DE MANO DE OBRA)	71,18%	21,01
			IMPUESTOS IVA MANO DE OBRA = ( 14,94 % DE SUMA DE SUBTOTAL DE MANO DE OBRA + CARGAS SOCIALES)	14,94%	7,55
TOTAL MANO DE OBRA					58,08
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL	
1 TRANSPALETA 3 TON	HR.	1,00	7,50	7,50	
			HERRAMIENTAS = ( 6 % DEL TOTAL DE MANO DE OBRA)	5,00%	2,90
TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					10,40
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
					COSTO TOTAL
GASTOS GENERALES = 10 % DE 1 + 2 + 3					7,53
TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					7,53
5. UTILIDAD					
					COSTO TOTAL
UTILIDAD = 10 % DE 1 + 2 + 3 + 4					5,32
TOTAL UTILIDAD					5,32
6. IMPUESTOS					
					COSTO TOTAL
IMPUESTOS IT = 3,09 % DE 1 + 2 + 3 + 4 + 5					2,51
TOTAL IMPUESTOS					2,51
TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)					83,84
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (Con dos (2) decimales)					83,84
NOTA- El Proponente declara que el presente Formulario ha sido llenado de acuerdo con las especificaciones técnicas, aplicando las leyes sociales y tributarias vigentes, y es consistente con el Formulario B-1					

Fuente: elaboración propia

**Figura 136:**

*Presupuesto*

Presupuesto (Costo propuesto por el proponente según los ítems de Volumen de Obra requeridos)					
Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Numeral)	Precio Unitario (Literal)	Precio Total (Numeral)
REMOCION DE CIELO FALSO	m2	1	19,61	Diecinueve 61/100	19,61
COLOCACION DE CIELO FALSO	m2	1	264,48	Doscientos Sesenta y Cuatro 48/100	264,48
TRASLADO DE EQUIPOS DE LABORATORIO	m3	1	83,84	Ochenta y Tres 84/100	83,84
<b>PRECIO TOTAL (Numeral)</b>					<b>367,93</b>
<b>PRECIO TOTAL (Literal)</b>					<b>Trescientos Sesenta y Siete 93/100</b>

*Fuente: elaboración propia*

Donde finalmente podemos apreciar el costo total de 367,93 Bs que tendrá dicho mantenimiento correctivo.

#### 5.2.6 ACTUALIZACION DE DATOS EN EL GEMELO DIGITAL

Una vez concluida la actividad del ítem, toda esta información deberá se cargada al modelo iTwin con el fin de actualizar la información de este elemento para futuras intervenciones en este o similares. Para un mejor manejo de archivos y activos dentro del Instituto de Ensayo de Materiales.

Insertaremos la fecha del mantenimiento realizado con el fin de que, en uno posterior manteniendo, conocer si el material utilizado cumplió con el tiempo de vida útil o ver otras características si se requiere, y este se podrá corroborar con la ficha técnica que brinda el proveedor del producto.





Ya que, si en caso no cumplió con su vida útil poder adquirir otro o caso contrario, tener información de dicho elemento y obtener el contacto para solicitar una cotización.

**Figura 139:**

*Contacto de proveedor*

tektron Building Materials

INICIO PRODUCTOS DOCUMENTOS VIDEOS SUCURSALES CONTÁCTANOS

## CONTÁCTANOS

Contáctese con nosotros

Los campos con un (\*) son obligatorios.

Nombre \* Celular \*

Asunto \*

Mensaje

tektron Building Materials

76767808 - 76767807

f in @ yt

WhatsApp

*Fuente: elaboración propia.*

## CAPÍTULO 6

### DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS AL MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA INFRAESTRUCTURA

#### 6.1 DRIAGRAMA DE GANTT

Para poder conocer el rendimiento que tuvo el Gemelo Digital respecto a un mantenimiento convencional se de conocer los tiempos en los cuales se logró realizar dichas actividades.

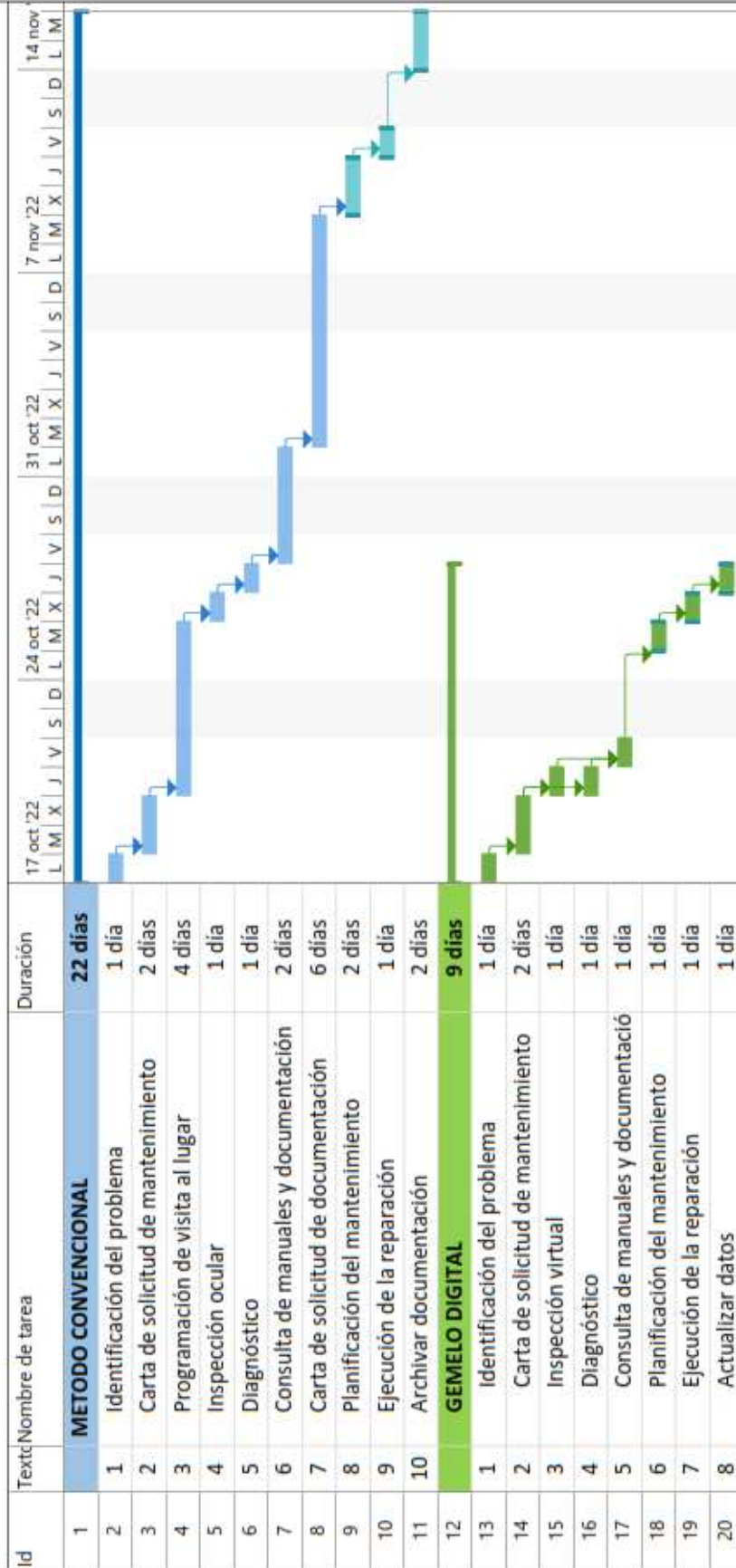
El “*Diagrama de Gantt*” nos ayudara a visualizar las tareas en una línea de tiempo, junto con las dependencias que se tiene entre tareas.

Se tomó en cuenta solo los días hábiles, que comprenderá de lunes a viernes, dando como resultado la siguiente gráfica:

**Figura 140:**  
*Diagrama de Gantt*



CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE CIELO FALSO DEL INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES



- Tarea
- División
- Hito
- Resumen
- Resumen del proyecto
- Tarea inactiva
- Hito inactivo
- Resumen inactivo
- Tarea manual
- solo duración
- Informe de resumen manual
- Resumen manual
- solo el comienzo
- solo fin

- Tareas externas
- Hito externo
- Fecha límite
- Progreso
- Progreso manual

- Tareas externas
- Hito externo
- Fecha límite
- Progreso
- Progreso manual

*Fuente: elaboración propia*

El tiempo total que se muestra en el “Diagrama de Gantt” para los dos casos es el siguiente:

- Método convencional 22 días
- Gemelo Digital 9 días

Donde claramente se puede apreciar que el tiempo de ejecución de un mantenimiento por medio del Gemelo Digital es mucho menor a un convencional y para conocer su rendimiento utilizaremos la siguiente formula:

$$R = \frac{T_{inicial} - T_{final}}{T_{inicial}} * 100\%$$

Donde:

- $T_{inicial}$  es el tiempo original que tomaba realizar la tarea o proceso.
- $T_{final}$  es el tiempo que toma realizar la tarea o proceso después de implementar mejoras u optimizaciones.

Esta fórmula da el porcentaje de mejora en el rendimiento. Un rendimiento del 100% significaría que el tiempo para realizar la tarea se ha reducido a cero, lo cual es teóricamente imposible, pero la fórmula permite ver el grado de mejora en términos porcentuales.

Para el caso:

Inicialmente se demoró un tiempo de 22 días aproximadamente el poder realizar dicho proceso de mantenimiento, pero con ayuda del Gemelo Digital tomó un tiempo de 9 días aproximadamente. Aplicando la fórmula:

$$R = \frac{22 - 9}{22} * 100\%$$

$$R = 59,1\%$$

Esto indica que se ha logrado una mejora del 59,1% en el tiempo de realización de la tarea.

## 6.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.2.1 CONCLUSIONES

Se realizó con éxito el modelado del Instituto de Ensayo de Materiales, empleando el Gemelo Digital para dicho propósito. Los datos recabados fueron vinculados entre sí y se logró obtener el control de dicha información para posteriormente implementar una metodología de mantenimiento correctivo a través de un escenario creado y que prospecte las necesidades que tiene la infraestructura en la actualidad.

Se empleó los lineamientos que brinda la “Guía Boliviana de Mantenimiento de Edificaciones” publicada el año 2017 por el Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda, la cual permitió desarrollar un documento de consulta que muestra todos los datos necesarios que coadyuvan a la realización de futuros trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo en IEM u otras edificaciones. Así mismo este documento Base permite tener una mayor concentración de datos sobre los activos fijos y móviles existentes en la infraestructura para un mayor control.

Se efectuó el scanner con ayuda del equipo terrestre (Matterport) teniendo en cuenta todas las recomendaciones e instrucciones del uso de este, donde se logró una precisión de +/- 3 cm. del interior del Instituto de Ensayo de Materiales (IEM).

Se efectuó el vuelo con el dron (Mavic 2 Pro) logrando realizar tres tipos de vuelos: Grilla simple, Grilla doble y Misión Circular, obteniendo una buena precisión al momento de generar el modelo 3D y procesar esta información en el programa **iTwin Capture Modeler** generando una malla piramidal en un formato 3mx el cual será compatible para poder utilizarlo en el programa **OpenBuilding Designer**. Donde se puede observar toda la parte exterior del mismo.

Se realizó la recopilación de los planos de diseño arquitectónico y de las Instalaciones Sanitarias, agua potable y eléctricas, pero no así de los planos AsBuilt. Los archivos recopilados se

encuentran en un formato **.DWG**, el cual facilito la importación de estos datos a los programas **OpenBuilding Designer** y **Revit**.

Mediante las herramientas que brinda el programa **OpenBuilding Designer** se realizó la distribución de los elementos que conforman la Infraestructura del Instituto de Ensayo de Materiales como ser columnas, vigas, losas, muros, escaleras, barandillas, puertas, ventanas, cielo falso, rejas, cerchas metálicas, cubierta, revestimientos. Con el fin de obtener un archivo en formato **.DGN** el cual será compatible para poder realizar una sincronización en la plataforma **“iTwin Platform”**.

Se efectuó el modelamiento de la instalación eléctrica, agua potable y sanitaria ya que una de las características del programa **Revit** es poder trabajar con cada una de estas por separado, se utilizó para cada una de ellas el archivo del modelamiento arquitectónico elaborado en el programa **OpenBuilding Designer**, con el fin de evitar un desfase entre los archivos de ambos programas. Finalmente se logró tener un archivo en formato **.RVT** el cual tiene compatibilidad con la plataforma **“iTwin Platform”**.

Se pudo realizar la metodología de un mantenimiento convencional utilizando todos los datos recolectados y brindados por la Unidad de Infraestructura de la Facultad de Ingeniería, realizando una inspección ocular en los predios del Instituto de Ensayo de Materiales, pudiendo obtener una recopilación de fotografías de los diferentes sectores que necesitan con urgencia un mantenimiento correctivo, así mismo entrevistamos al personal operativo quienes respaldaron las muestras recabadas en la inspección.

Se realizó la creación de un posible escenario ubicado en el auditorio del instituto con el deterioro del cielo falso y que, debajo del mismo, se encuentre el equipo de laboratorio: **“Maquina Universal”**, para la planificación que se debe tener al momento de trasladar las diferentes maquinarias que existen; gracias a que el gemelo digital cuenta con información vinculada de las fichas técnicas, conociendo así su peso y dimensiones.

Mediante el Gemelo Digital se logró conocer el área de trabajo de 9 metros cuadrados aproximadamente, por lo que se pudo identificar otro sector dentro del mismo ambiente para el

traslado de la Maquinaria, con una distancia de 15 metros entre estos dos puntos, utilizando un transpaleta manual con capacidad de 3 toneladas, tomando en cuenta que la ficha técnica indica que el peso de la “Maquina Universal” es de 2,54 toneladas. Además, se obtuvo una altura de 4 mts a la cual se encuentra el cielo falso deteriorado, por lo que se decidió el uso de un andamio para un trabajo más eficiente y seguro.

Se elaboró el análisis de precios unitarios mediante el formulario B-1 basándonos en los datos brindados por el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz con fecha Abril – 2024. Obteniendo un precio referencial de 19,61 Bs. para el ítem “Remoción de cielo Falso”, 264,48 Bs. para el ítem “Colocación del cielo Falso” y 83,84 Bs. para el ítem “Traslado de Equipos de Laboratorio”, teniendo un precio total de 367,93 Bs.

Se actualizo la información del Gemelo Digital vinculando a las fichas técnicas tanto de las maquinarias como del cielo falso, por otra parte, también se enlazo la información del presupuesto obtenido en el análisis de precios unitarios, con el fin de contar un historial de mantenimiento para futuras intervenciones dentro del Instituto de Ensayo de Materiales, además de contactos de proveedores en caso que se los llegue a requerir.

Se realizo un “*Diagrama de Gantt*” para cuantificar los tiempos que conlleva el realizar un mantenimiento convencional y un mantenimiento con el gemelo digital, incluyendo los procesos administrativos para la obtención de documento e información relacionados al Instituto de ensayo de Materiales, dando como resultado que el mantenimiento con el gemelo digital tiene un rendimiento mayor en un 59,1% al mantenimiento convencional. Concluyendo así, que mediante el Gemelo digital se tiene un mejor manejo de información y activos para la pronta respuesta a los problemas que presenta la Infraestructura del Instituto de Ensayo de Materiales.

## 6.2.2 RECOMENDACIONES

Los equipos utilizados para generar el Gemelo Digital fueron de gama media-alta, por lo que se recomienda utilizar equipos de mayor calidad si se quiere tener un mejor acabado en el modelado y una mejor precisión en las mediciones.



Es importante que los equipos al ser utilizados cuenten con una carga completa. Además, que las baterías de las mismas se encuentren en buen estado, por lo que se recomienda realizar la carga una noche anterior y llevar al menos una batería de repuesto para así evitar contratiempos en el trabajo de campo.

Las imágenes a recolectar tienen una alta resolución por lo que se recomienda el manejo de tarjetas SD y discos duros de gran capacidad de almacenamiento.

El correcto manejo de los softwares es vital para lograr obtener resultados favorables en el modelado del Gemelo Digital, por lo que se recomienda una capacitación de manejo de las mismas.

Una vez se realice algún tipo de mantenimiento en el Instituto de Ensayo de Materiales se recomienda actualizar el modelado del Gemelo Digital. Caso contrario al menos realizar una actualización una vez al año.



## Bibliografía

Dr. Michael Grives (2019), *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*

Fei Tao, Meng Zhang, A.Y.C. Nee (2019), "Digital Twin Driven Smart Manufacturing"

Khare, Rajat. "Digital Twin: Transforming Manufacturing."

Soley, Richard Mark, y Grieves, Michael, "Digital Twins in Healthcare."

Tao, Fei, et al. "Digital Twins and Cyber-Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0: Correlation and Comparison." *Engineering*, vol. 5, no. 4, 2019, pp. 653-661.

Negri, Elisa, et al. "A Review of the Roles of Digital Twin in CPS-based Production Systems." *Procedia Manufacturing*, vol. 11, 2017, pp. 939-948.

Fuller, Albert, et al. "Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research." *IEEE Access*, vol. 8, 2020, pp. 108952-108971.

Qi, Q., & Tao, F. "Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison." *IEEE Access*, vol. 6, 2018, pp. 3585-3593.

Hardin Brad, Dave McCool (2015), "BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows"

Dana K. Smith, Michael Tardif (2009), "Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide"

Nawari, Nawari. "Building Information Modeling: Framework for Structural Design."

Borden, Michael, Bobby McCasland, y Kristin A. Schulte. "Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide."

Azhar, Salman. "Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry." *Leadership and Management in Engineering*, vol. 11, no. 3, 2011, pp. 241-252.

Eastman, Charles, et al. "BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors."

Eadie, Robert, et al. "BIM Implementation Throughout the UK Construction Project Lifecycle: An Analysis." *Automation in Construction*, vol. 36, 2013, pp. 145-151

Gerrard, Andrew, et al. "BIM in the United Kingdom: An Assessment of the Technology and Its Impact on the Industry." *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, vol. 15, 2010, pp. 246-258

REGULACIÓN DEL USO PARA AERONAVES NO TRIPULADAS (RPAs) o drones.



# ANEXO 1

Anexo 1: Fotografías Cámara de piso adjunto en CD



*Fotografías solapadas con diferentes orientaciones (arriba, medio, abajo e izquierda, medio, derecha)*

# ANEXO 2

Anexo 2: Fotografías Cámara de Drone adjunto en CD



*Fotografías tomadas en diferentes planificaciones de vuelos (grilla y circular)*

# ANEXO 3



Anexo 3: Fotografías tomadas por la Matterport e identificación del problema.

Planta Baja:



Fotografía 1 Almacén 1 (Fisuras en la Pared)



Fotografía 2 Baño 1.1 (Urinario fuera de servicio)



*Fotografía 3 Baño 1.2 (Fisuras)*



*Fotografía 4 Baño 3.1 (Fisuras)*



*Fotografía 5 Baño 3.2 (Fisuras)*



*Fotografía 6 Baño 3.3 (Uniones de azulejos deteriorados)*



Fotografía 7 Baño 3.4 (Uniones de azulejos deteriorados)



Fotografía 8 Baño 3.5 (Lavamanos y urinarios sin funcionamiento)



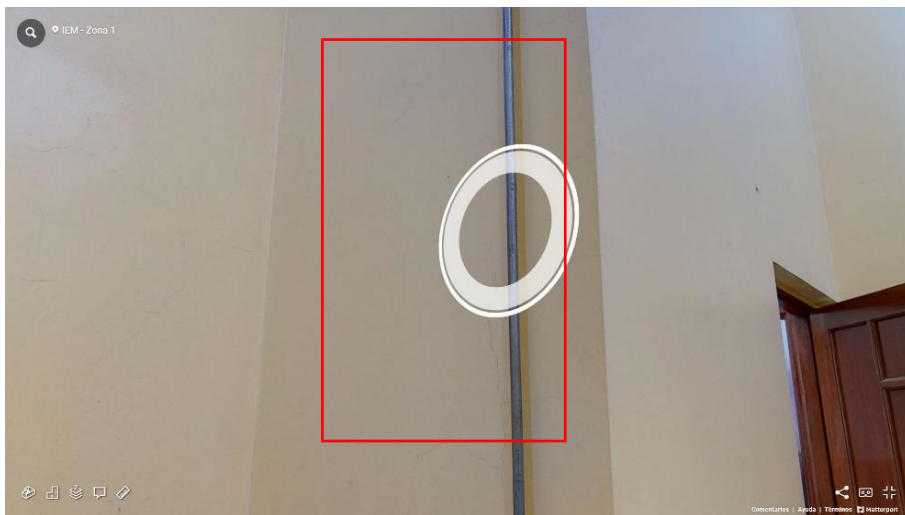
Fotografía 9 Baño 4.1 (Lavamanos deteriorado, piso en mal estado)



Fotografía 10 (Fisuras)



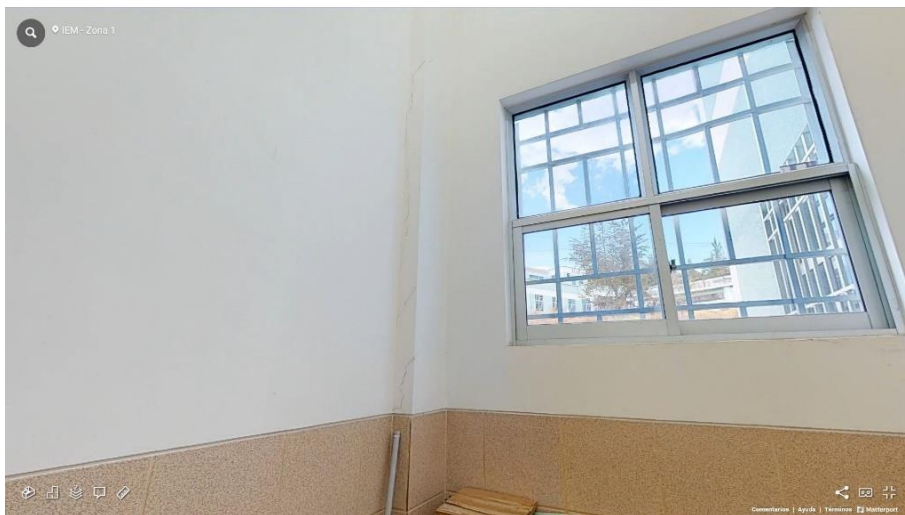
*Fotografía 11 Cuarto de Curados (pared con Fisuras)*



*Fotografía 12 Cuarto de Curados (Pared con Fisuras)*



*Fotografía 13 Deposito Química (Fisura)*



*Fotografía 14 Deposito 4C (Fisura en la pared)*

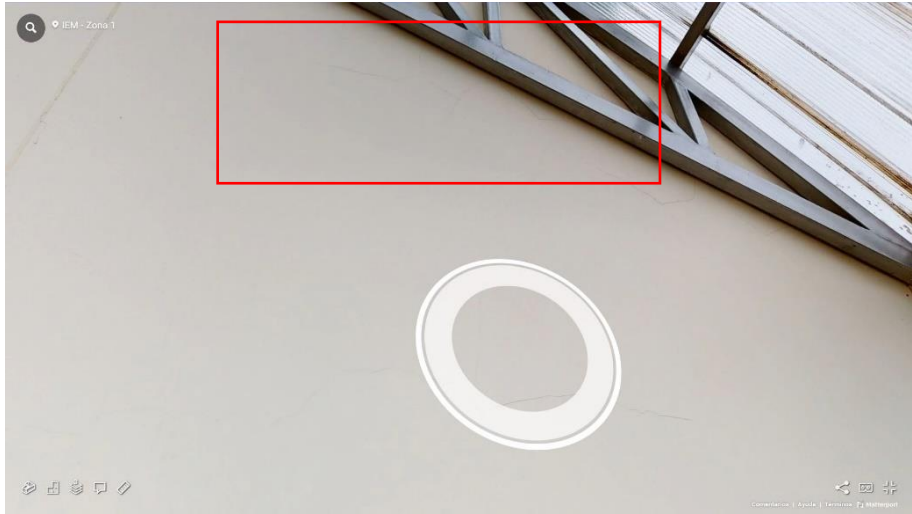


Fotografía 15 Ducha 1 (Fisura Pared)



Fotografía 16 Escaleras (Fisuras)





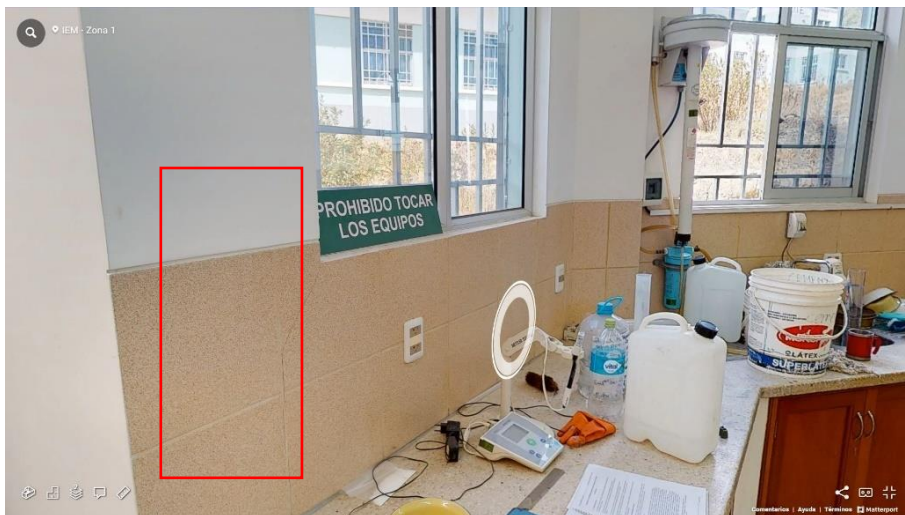
*Fotografía 17 Escaleras (Fisuras)*



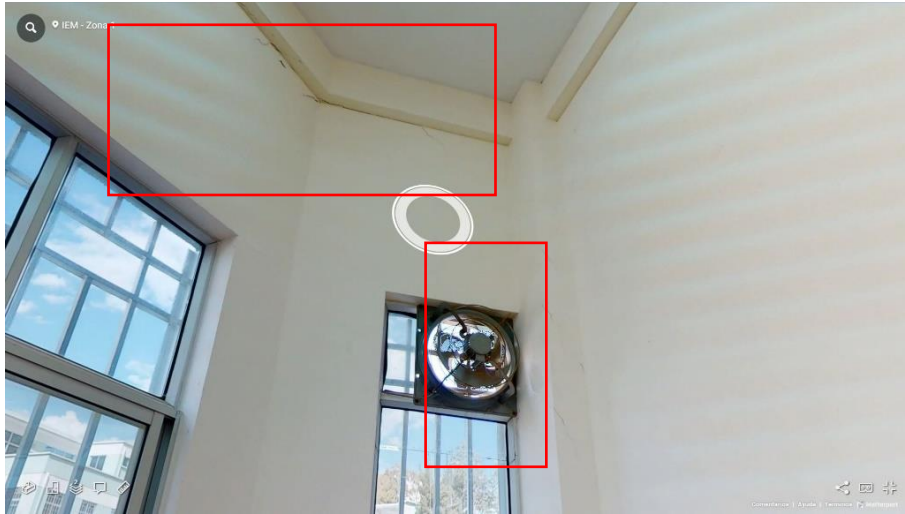
*Fotografía 18 Lab. Química (Fisura de Columna)*



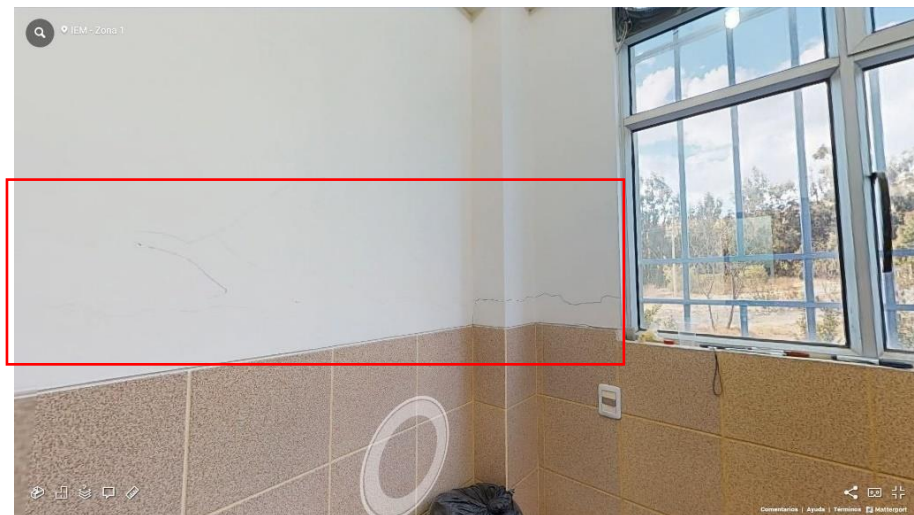
Fotografía 19 Lab. Química (Fisura de Columnas)



Fotografía 20 Lab. Química (Fisura Azulejos)



Fotografía 21 Lab. Química (Fisuras Columna y techo)



Fotografía 22 Lab. Asfaltos (Fisuras)



*Fotografía 23 Lab. Asfaltos (Fisuras)*



*Fotografía 24 Lab. Asfaltos (Fisuras)*



*Fotografía 25 Lab. Asfaltos (Muro de Puerta sin azulejos y deteriorada)*



*Fotografía 26 Lab. Asfaltos 2 (Pared manchada)*



Fotografía 27 Lab. Asfaltos 2 (Pared Manchada)



Fotografía 28 Lab. Asfaltos 2 (Pared manchada)



*Fotografía 29 Lab. de Asfaltos 14 (Fisuras)*



*Fotografía 30 Lab. Asfaltos 14 (Falta acabado en el tubo de ventilación)*



*Fotografía 31 Lab. Asfaltos 14 (Fisuras)*



*Fotografía 32 Lab. Asfaltos 14 (Humedad en la pared)*





Fotografía 33 Lab. de Asfaltos 14 (Fisuras)



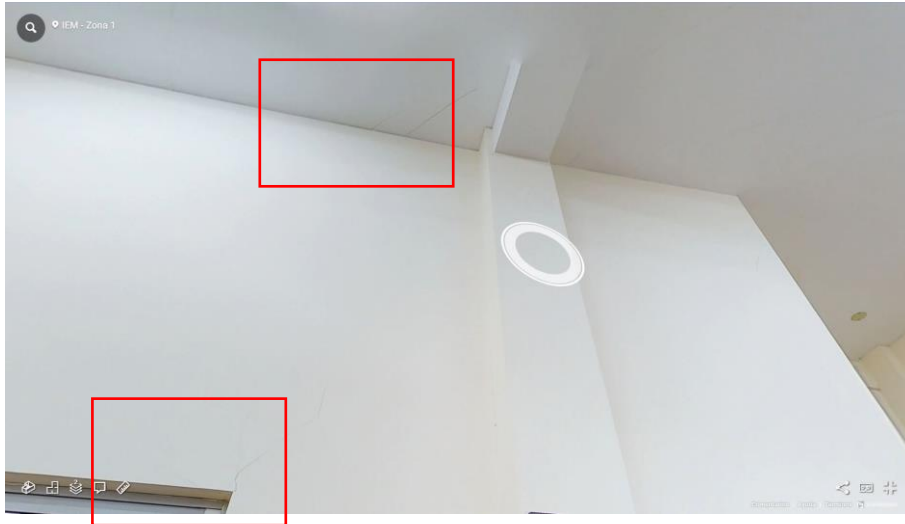
Fotografía 34 Lab. de Asfaltos 14 (Fisuras)



*Fotografía 35 Lab. de Materiales y Servicios (Humedad en la pared y Fisuras)*



*Fotografía 36 Lab. de Hormigones (Fisuras)*



Fotografía 37 Lab. de Hormigones (Fisuras)



Fotografía 38 Lab- Química – Asfaltos (Fisuras)



Fotografía 39 Lab. Química – Asfaltos (Fisuras)



Fotografía 40 Pasillo 2 9A (Fisura)



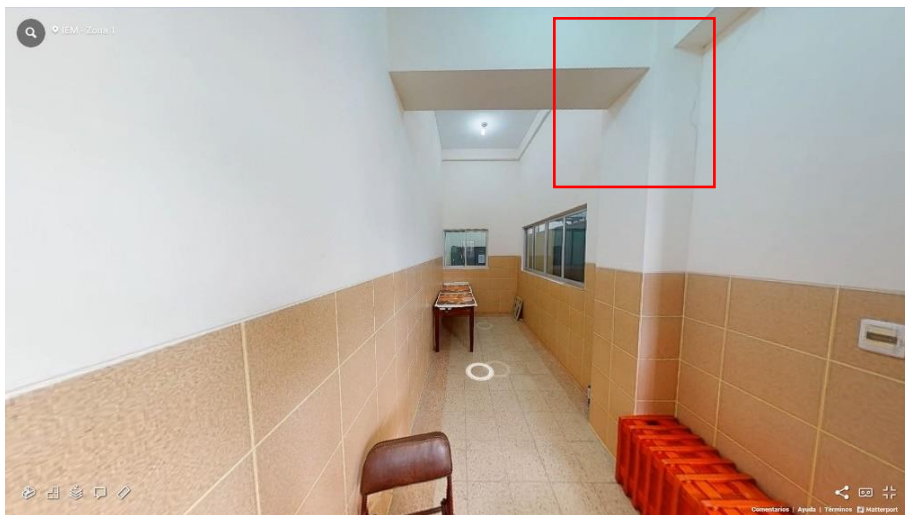
*Fotografía 41 Sala de Corte de Probetas (Humedad en la Pared)*



*Fotografía 42 Sala de Corte de Probeta (Lava Platos con oxido)*



Fotografía 43 Sala de ensayo de prensa (Humedad en el techo)



Fotografía 44 Sala de Técnicos (Fisuras)



Fotografía 45 Tinglado Hormigón y vaciado (Sistema eléctrico al aire)



Fotografía 46 Tinglado Hormigón y vaciado (Pared Manchada)



*Fotografía 47 Tinglado Hormigón y Vaciado (Pared deteriorada)*

Primer Piso:



*Fotografía 48 Administración (Fisuras)*





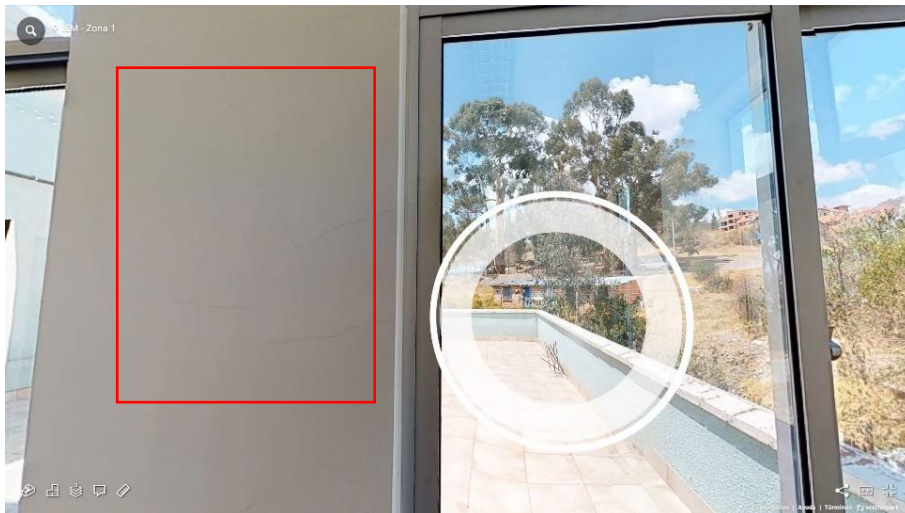
*Fotografía 49 Administración (Fisuras)*



*Fotografía 50 Administración (Fisuras en la pared)*



Fotografía 51 Administración (Fisuras)



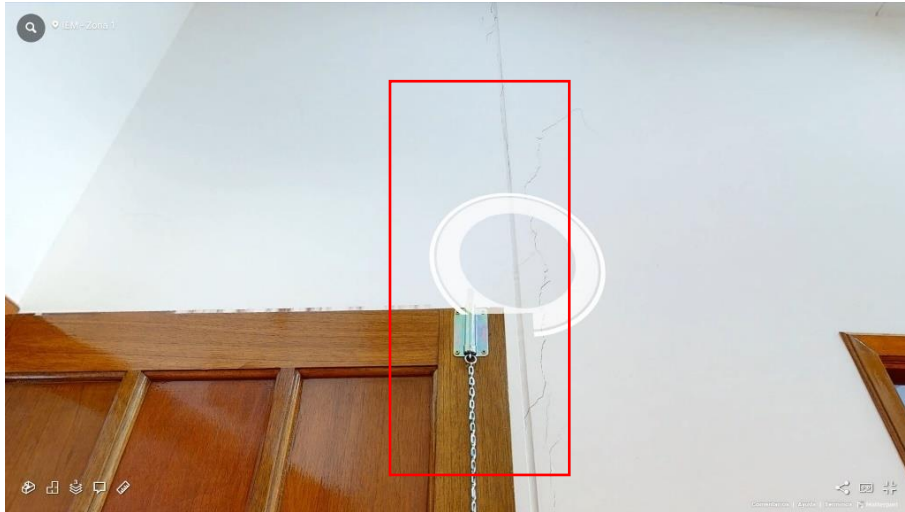
Fotografía 52 Administración (Fisuras)



*Fotografía 53 Auditorio (Humedad a causa de una gotera)*



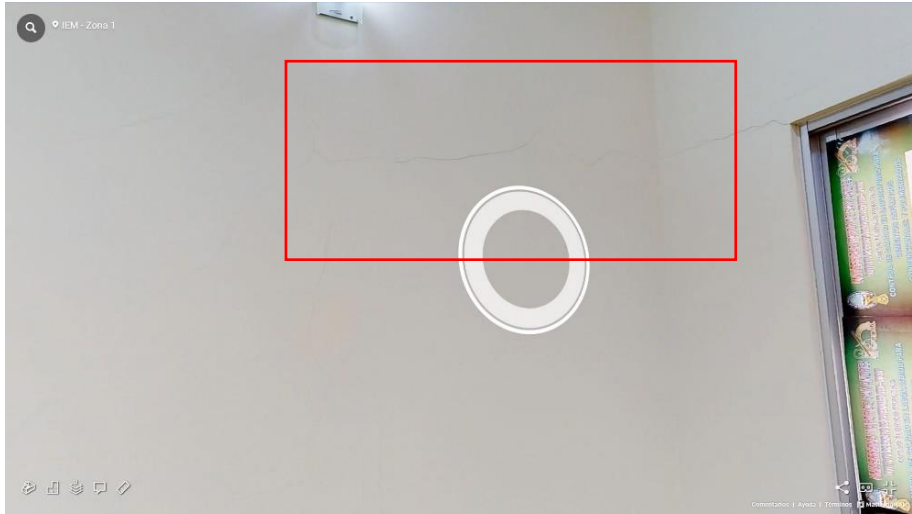
*Fotografía 54 Auditorio (Fisura en columna)*



*Fotografía 55 Auditorio (Fisuras)*



*Fotografía 56 Auditorio (Fisuras)*



*Fotografía 57 Aula (Fisuras)*



*Fotografía 58 Aula (Fisura)*



Fotografía 59 Baño Dirección (Fisuras)



Fotografía 60 Baño Dirección (Fisuras)



*Fotografía 61 Baño 2 (Fisuras)*



*Fotografía 62 Baño 2 (Fisuras)*



*Fotografía 63 Baño 2 (Fisuras)*



*Fotografía 64 Baño 3 (Fisuras)*

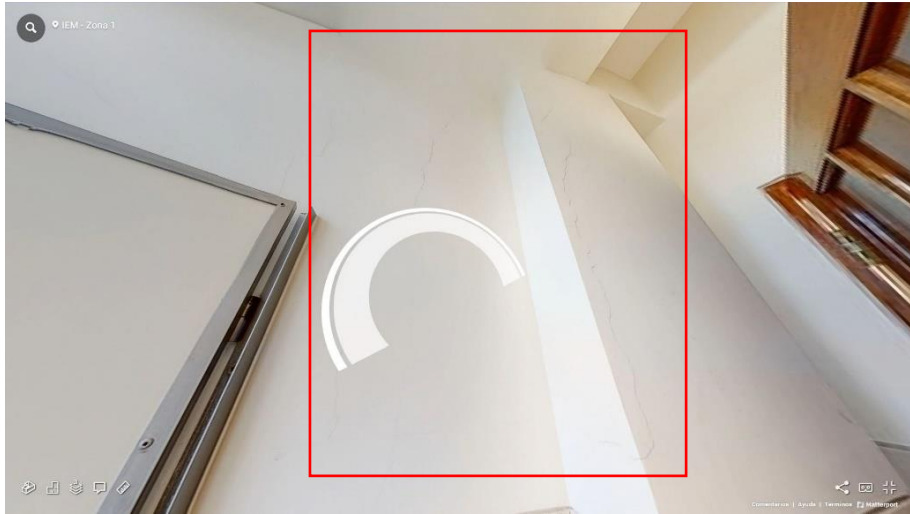




*Fotografía 65 Baño 3 (Fisuras)*



*Fotografía 66 Baño 3 (Fisuras)*



*Fotografía 67 Baño 3 (Fisuras)*



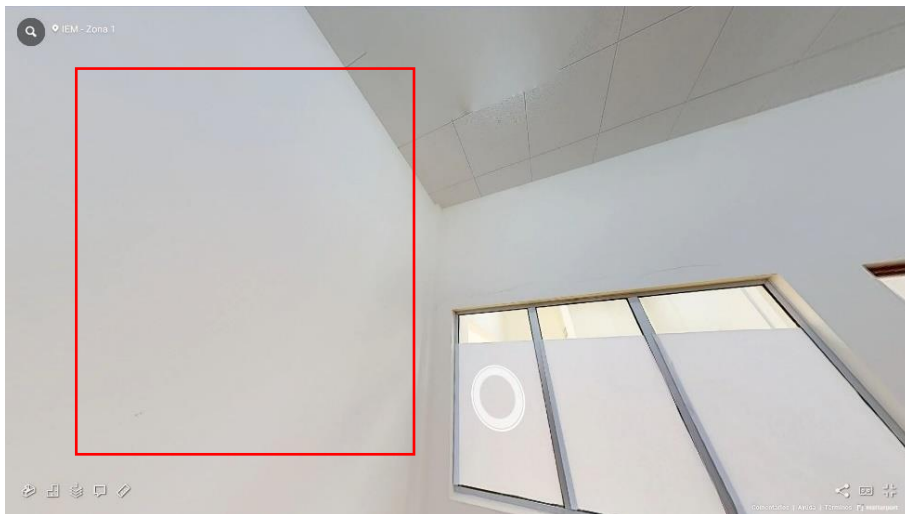
*Fotografía 68 Baño 4 (Uniones de azulejos)*



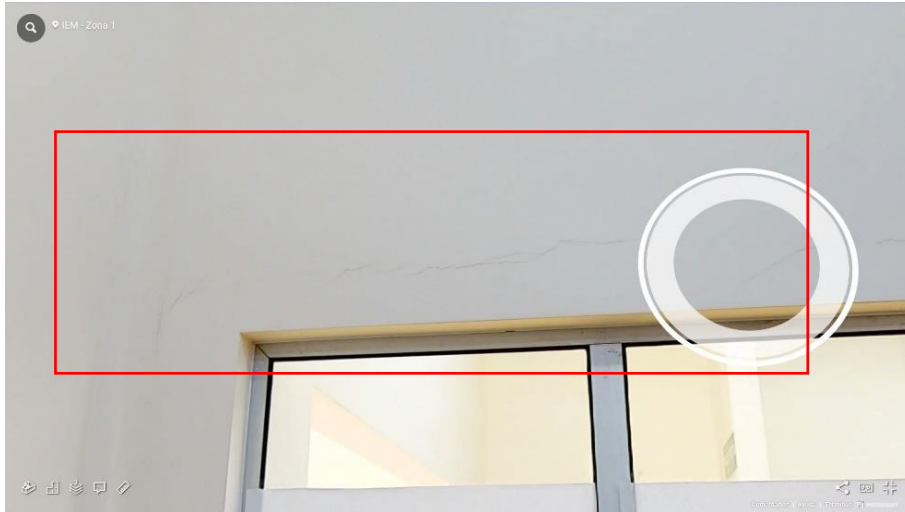
Fotografía 69 Baño 5 (Fisura en tabiquería)



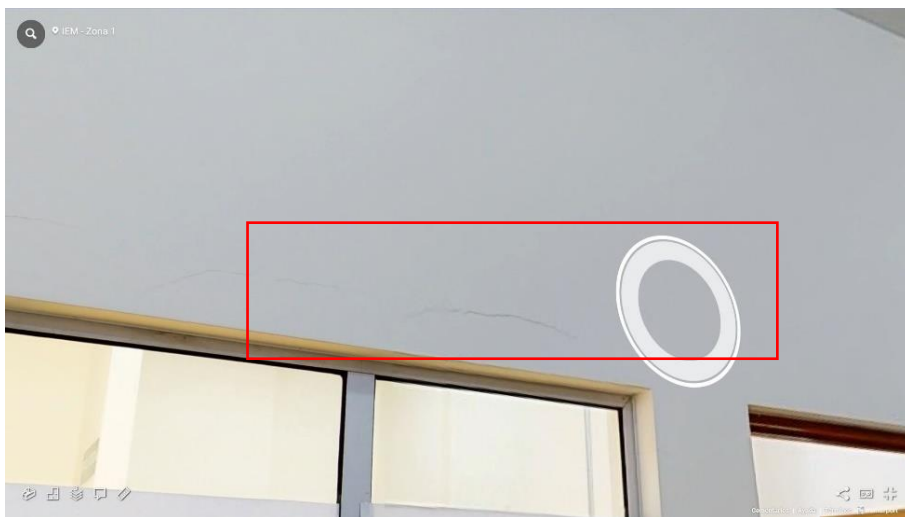
Fotografía 70 Baño 5 (Uniones Azulejos)



Fotografía 71 Cafetería (Fisuras)



Fotografía 72 Cafetería (Fisuras)



Fotografía 73 Cafetería (Fisuras)



Fotografía 74 Cocina (Fisuras)



Fotografía 75 Cocina (Fisuras)



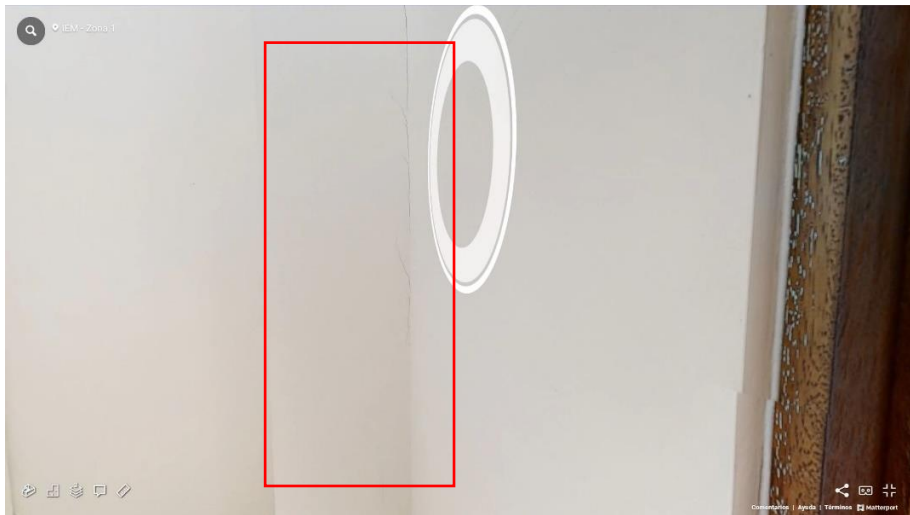
Fotografía 76 Cocina (Fisuras)



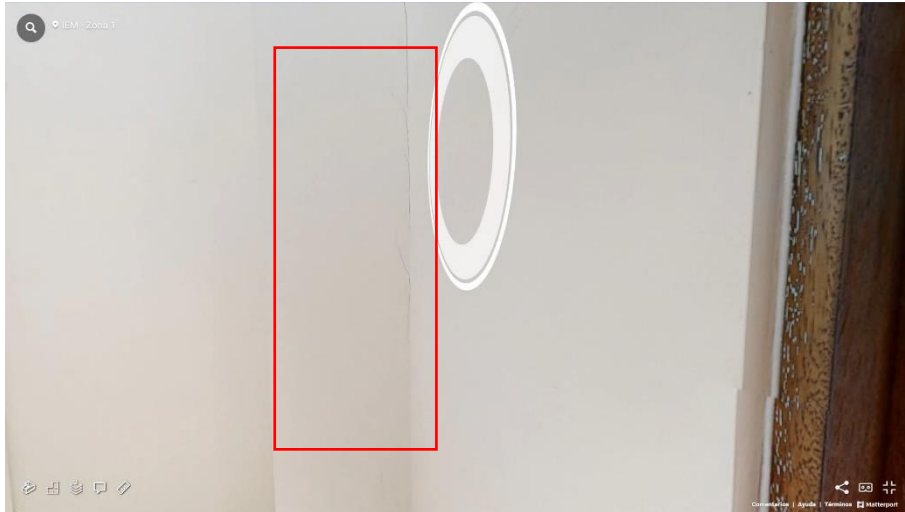
fotografía 77 Cocina (Fisuras)



*Fotografía 78 Cocina (Fisura)*



*Fotografía 79 Deposito 12c (Fisuras)*



*Fotografia 80 Deposito 12c (Fisuras)*



*Fotografia 81 Deposito 12c (Fisuras)*



Fotografía 82 Deposito 12c (Fisuras)



Fotografía 83 Dirección (Fisuras)





Fotografía 84 Hall (Fisuras en viga)



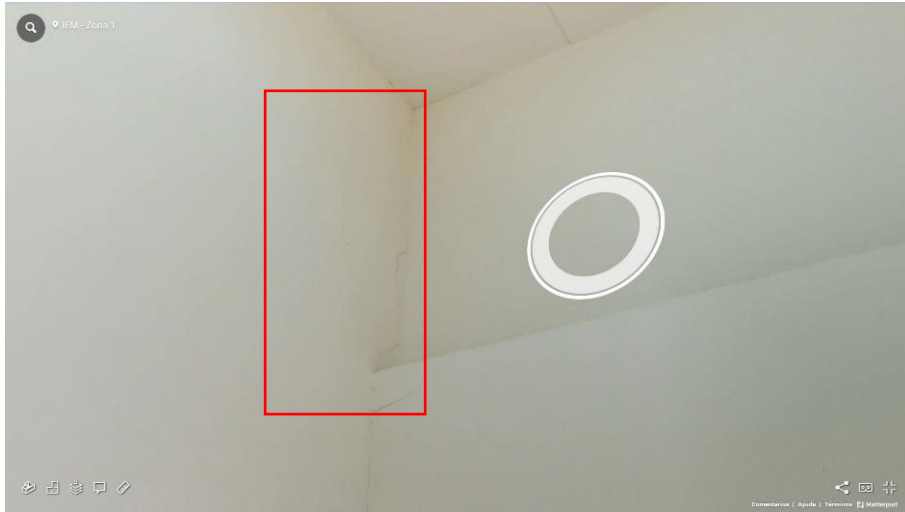
Fotografía 85 Pasillo 1 (Fisuras)



*Fotografía 86 Pasillo 1 (Fisura)*



*Fotografía 87 Pasillo 1 (Fisura)*



*Fotografía 88 Pasillo1 (Fisura)*



*Fotografía 89 Pasillo 1 (Fisura)*



*Fotografía 90 Pasillo 1 (Fisura)*



*Fotografía 91 Pasillo 1 (Fisuras)*



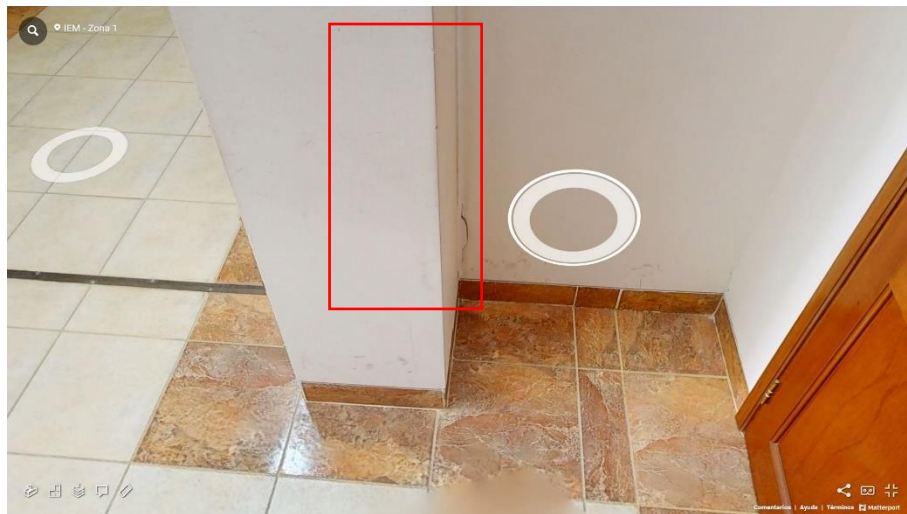
*Fotografía 92 Pasillo 1 (Fisuras)*



*Fotografía 93 Pasillo 1 (Fisura)*



Fotografía 94 Pasillo 1 (Fisura)



Fotografía 95 Pasillo 1 (Fisura en columna)



*Fotografía 96 Sala de Control (Fisuras)*



*Fotografía 97 Sala de Control (Fisura)*



*Fotografía 98 Sala de Control (Fisuras)*



*Fotografía 99 Sala de Control 9 (Techo)*





*Fotografía 100 Sala de Control 9 (Fisuras)*



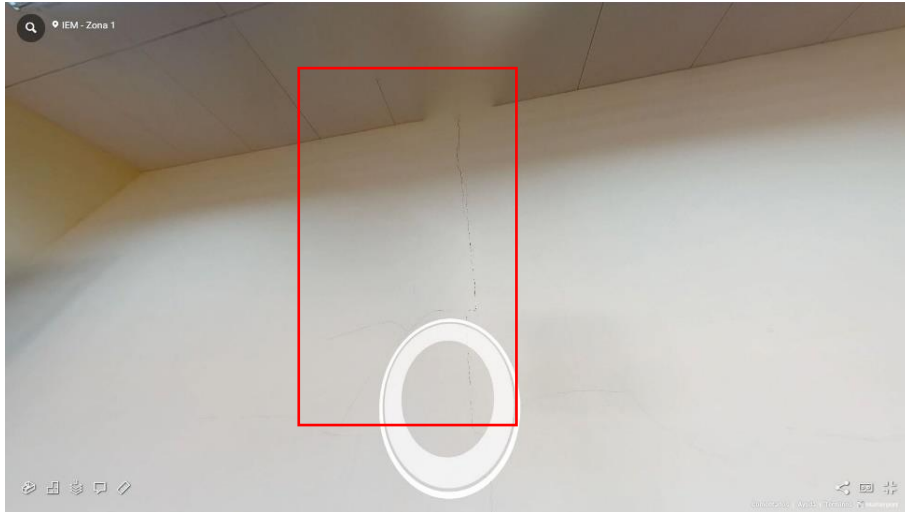
*Fotografía 101 Sala de Reuniones 1 (Fisuras)*



*Fotografía 102 Sala de Reuniones (Fisuras)*



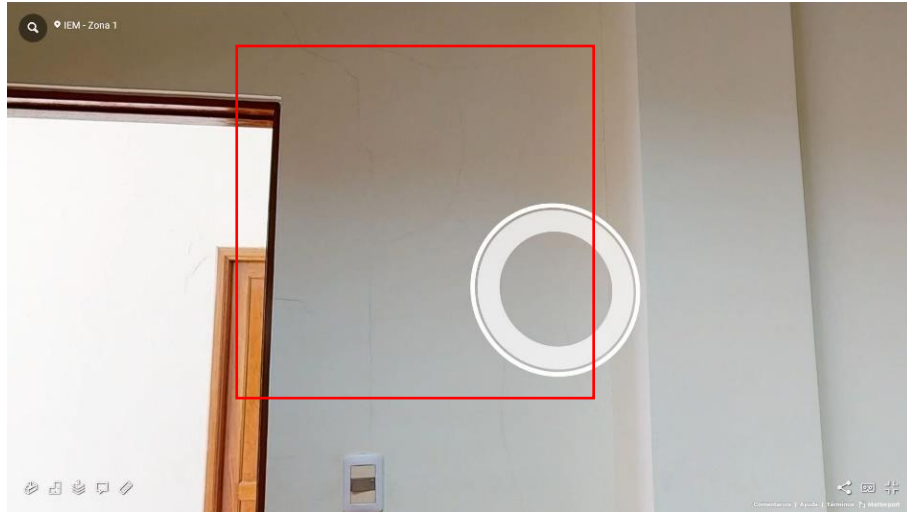
*Fotografía 103 Sala de reuniones (Fisuras)*



*Fotografía 104 Sala de Reuniones (Fisuras)*



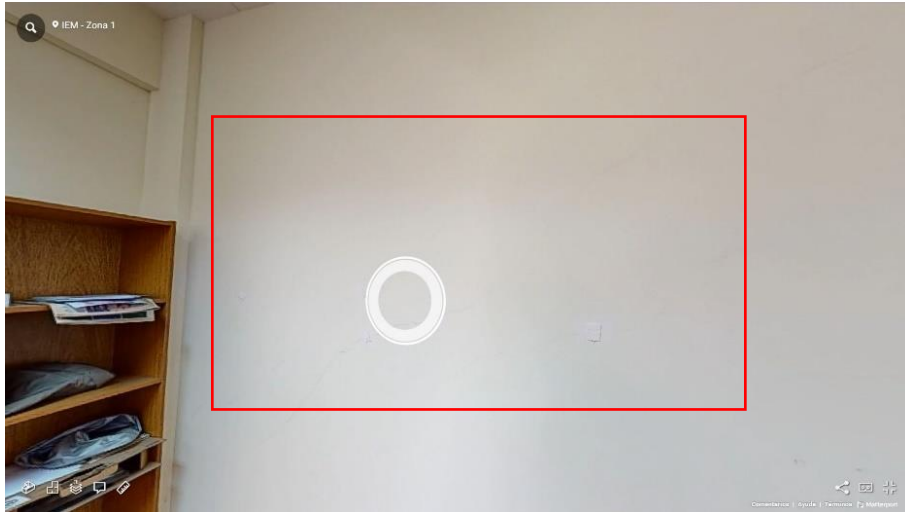
*Fotografía 105 Sala de Reuniones (Fisuras)*



*Fotografía 106 Sala de docentes Hormigones y Estructuras (Fisuras)*



*Fotografía 107 Sala de docentes Químicas y Asfaltos (Fisuras)*



*Fotografía 108 Sala de docentes Químicas y Asfaltos (Fisuras)*



*Fotografía 109 Sala de docentes Químicas y Asfaltos (Fisuras)*



*Fotografía 110 Sala Shaft (Fisuras)*



*Fotografía 111 Sala Shaft (Fisuras y techo falso en mal estado)*



Fotografía 112 Sala Shaft (Fisuras y techo falso en mal estado)



Fotografía 113 Sala Shaft (Fisuras y techo falso en mal estado)



**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS  
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-2751/2024  
La Paz, 05 de septiembre de 2024**

**VISTOS:**

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **03 de septiembre de 2024**, por **GONZALO OMAR ALCAZAR NUÑEZ** con **C.I. N° 8323629 LP** y **JOSUE MISAEL MOREIRA GARCÍA** con **C.I. N° 6739696 LP**, con número de trámite **DA 1586/2024**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: **"IMPLEMENTACIÓN Y MODELADO DE UN GEMELO DIGITAL DE LA INFRAESTRUCTURA DEL INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

**CONSIDERANDO:**

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley N° 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena"*





fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

**POR TANTO:**

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

**RESUELVE:**

**INSCRIBIR** en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: **"IMPLEMENTACIÓN Y MODELADO DE UN GEMELO DIGITAL DE LA INFRAESTRUCTURA DEL INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS"** a favor de los autores y titulares: **GONZALO OMAR ALCAZAR NUÑEZ** con **C.I. N° 8323629 LP** y **JOSUE MISAEL MOREIRA GARCÍA** con **C.I. N° 6739696 LP**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

CASA/lm

Firmado Digitalmente por:  
Servicio Nacional de Propiedad Intelectual - SENAPI  
**CARLOS ALBERTO SORUCO ARROYO**  
**DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS**  
LA PAZ - BOLIVIA



Firma:



rSc4m6PI1Km39M

PARA LA VALIDACIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO INGRESAR A LA PÁGINA WEB [www.senapi.gob.bo/verificacion](http://www.senapi.gob.bo/verificacion) Y COLOCAR CÓDIGO DE VERIFICACIÓN O ESCANEAR CÓDIGO QR.



**UMSA – CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**Autor:** Gonzalo Omar Alcazar Nuñez C.I. 8323629 LP CEL: 78940049

**Dirección:** Zona Sopocachi, calle Alberto Gutierrez No. 1907

**Correo Electrónico:** gonzaloalcazarn91@gmail.com

**UMSA – CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**Autor:** Moreira García Josué Misael C.I. 6739696 LP LP CEL: 73273275

**Dirección:** Zona Alto Miraflores, avenida Tejada Sorzano No. 1079

**Correo Electrónico:** jos23292@outlook.com