

Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción

# **“IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM (3D) EN EL DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA”**

Trabajo Monográfico para optar al título de  
Ingeniero Civil

**Elaborado por:**

**Tutor:**

Br. Elvis Esmir  
Reyes Arauz  
Carnet: 2016-0412U

Br. Efrain Ali  
Cruz Benavides  
Carnet: 2016-0140U

Br. Marcos Danilo  
Huembes Sandino  
Carnet: 2016-0325U

Dra. Ing. Jassy Danisse  
Rivera Solís





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN  
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Managua, 25 de agosto del 2025

**MA. Arq. Marcela Carolina Galán Gaitán**  
**Área de Conocimiento de Arquitectura y Construcción**  
**Directora**

Estimada MA. Arq. Galán Gaitán,

Reciba un cordial saludo de mi parte. Me dirijo a usted para darle a conocer que he revisado el trabajo monográfico titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM (3D) EN EL DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA”**, realizado por los bachilleres: Br. Efrain Ali Cruz Benavidez, Br. Elvis Esmir Reyes Arauz y Br. Marcos Danilo Huembes Sandino, para optar al título de Ingeniero Civil.

Este trabajo monográfico fue desarrollado de forma independiente por los sustentantes. Considero que puede ser sustentado y defendido ante el jurado que usted designe, toda vez que cumple con los objetivos propuestos en su protocolo, así como también suma al avance metodológico de la industria constructiva local en lo que respecta a la implementación de BIM.

Sin más a que hacer referencia, se despide de usted.

Atentamente,

---

**Dr.-Ing. Jassy Danisse Rivera Solís**  
**Tutora**



Área de Conocimiento  
Arquitectura y Construcción

jueves, 30 de enero de 2025

REF/CULM.EST/CIV-ARQ./001-2025

Bachilleres

ELVIS ESMIR REYES ARAUZ

EFRAIN ALI CRUZ BENAVIDES

MARCOS DANILO HUEMBES SANDINO


Estimados Bachilleres:

Por medio de la presente se le (s) comunica que el tema de Trabajo Monográfico: **"IMPLEMENTACION DE METODOLOGIA BIM (3D) EN EL DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA"**, para optar al título de **INGENIERO CIVIL**, ha sido aprobado por esta Dirección, y se le ha asignado como Tutor (a) a (a la) **Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís**.

La fecha límite, para que presente concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **29 de julio de 2025**.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,

  
MA. Arq. Marcela Carolina Galán Gaitán  
Directora  
DACAC



CC: Tutor: Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís  
Archivo



Telf. (505) 8645 4064



Recinto Universitario Simón Bolívar.  
Avenida Universitaria.  
Managua, Nicaragua.



marcela.galan@dacia.uni.edu.ni  
www.uni.edu.ni

20/01/2025  
Ede



## DEDICATORIA

Con profunda gratitud y humildad, dedicamos este trabajo a quienes han sido pilares fundamentales a lo largo de este proceso académico, personal y espiritual.

En primer lugar, agradecemos a **Dios**, fuente de sabiduría, fortaleza y esperanza. Ha sido su guía la que nos ha sostenido en los momentos de incertidumbre, su luz la que ha iluminado nuestro camino cuando todo parecía oscuro, y su amor el que nos ha dado sentido en cada paso que dimos. Cada logro alcanzado es una manifestación de su gracia en nuestras vidas. Sin su compañía constante, este sueño no habría sido posible.

A nuestras **familias**, les dedicamos este logro con el corazón lleno de amor y reconocimiento. Gracias por creer en nosotros incluso cuando nosotros dudábamos. Gracias por cada palabra de aliento, cada abrazo reconfortante y cada sacrificio que hicieron para apoyarnos. Sabemos que este triunfo no es solo nuestro, sino también de ustedes, quienes han estado presentes en silencio o en acción, pero siempre con amor incondicional. A nuestros padres, madres, hermanos y seres queridos: ustedes han sido el motor que nos impulsó a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

A nuestros **amigos**, verdaderos compañeros de viaje en esta etapa tan importante, gracias por su apoyo, su compañía y por compartir risas, desvelos, frustraciones y alegrías. Ustedes han sido más que amigos; han sido una familia elegida, cómplices en el esfuerzo y el crecimiento. Nos sentimos profundamente afortunados de contar con personas tan valiosas en nuestras vidas, que supieron escucharnos, alentarnos y acompañarnos con empatía y cariño cuando más lo necesitábamos.

También queremos dedicar este trabajo a todas las personas que, de una u otra forma, dejaron una huella positiva en nuestro camino académico. A los docentes que compartieron su conocimiento y nos desafiaron a ser mejores, a los compañeros que se convirtieron en aliados, y a aquellos que nos ofrecieron su tiempo, su experiencia o su ejemplo.

Cada página de esta tesis representa no solo un esfuerzo colectivo, sino también una historia compartida de perseverancia, compromiso y superación. Hoy cerramos una etapa con orgullo y gratitud, conscientes de que no llegamos solos hasta aquí.

Finalmente, esta dedicatoria es también un testimonio de que los sueños se construyen con fe, amor, apoyo mutuo y mucha determinación. A todos los que caminaron con nosotros, gracias por ser parte de este logro.

Con cariño y agradecimiento eterno: Efrain Ali Cruz Benavidez, Elvis Esmir Reyes Arauz y Marcos Danilo Huembes Sandino.

*“Encomienda a Jehová tus obras, Y tus pensamientos serán afirmados”  
(Proverbios 16,3)*

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo de tesis propone la implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) en el diseño integral de un edificio académico de dos niveles, ubicado en el municipio de Managua. Esta propuesta surge como respuesta a la necesidad de optimizar los procesos constructivos, mejorar la coordinación interdisciplinaria y reducir los errores en etapas tempranas del proyecto, mediante el uso de tecnologías de modelado tridimensional (3D).

El proyecto fue desarrollado con un enfoque proyectivo y aplicado, integrando las áreas de diseño arquitectónico, estructural, instalaciones sanitarias y eléctricas. Se emplearon herramientas especializadas como AutoCAD, Revit, ETABS, SAFE, Excel y Navisworks, lo cual permitió la generación de un modelo paramétrico completo que facilita la visualización, planificación, análisis estructural y coordinación técnica del edificio.

Entre los principales resultados destacan el modelado 3D del edificio en Revit, el diseño estructural con validación sísmica bajo la norma NSM-2021, la correcta distribución y dimensionamiento de instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, así como la detección de interferencias entre disciplinas mediante la herramienta de coordinación de Navisworks.

El edificio propuesto consta de 24 aulas, 4 baterías sanitarias y 2 escaleras, con una distribución espacial optimizada conforme a las normativas del MINED y MTI. El proceso de diseño se fundamentó en un esquema colaborativo, en el que se integraron los principios del Plan de Ejecución BIM (BEP), priorizando la interoperabilidad, el cumplimiento normativo y la calidad técnica.

Este trabajo constituye un aporte significativo para la difusión y aplicación de la metodología BIM en Nicaragua, sirviendo como proyecto piloto y referencia para futuras iniciativas académicas y gubernamentales en el ámbito de la ingeniería civil y la edificación educativa.

## ÍNDICE

I. GENERALIDADES.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. ANTECEDENTES .....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	5
1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4. OBJETIVOS .....	6
1.4.1. Objetivos específicos.....	6
II. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Edificios educativos.....	7
2.1.1. Definición .....	7
2.1.2. Clasificación de acuerdo con su localización geográfica .....	7
2.1.3. Espacios educativos .....	7
2.2. Metodología BIM .....	11
2.2.1. Definición .....	11
2.2.2. Dimensiones BIM.....	12
2.2.3. Softwares.....	13
2.2.4. Implantación BIM .....	14
2.2.5. LOD (Level Of Development).....	24
2.3. Diseño estructural .....	24
2.3.1. Definición .....	24
2.3.2. Sistema estructural .....	25
2.3.3. Software de modelado (REVIT) .....	25
2.4. Instalaciones sanitarias .....	25

2.4.1. Definición .....	25
2.4.2. Tipos de instalaciones sanitarias .....	26
2.4.3. Diseño de instalaciones hidráulicas.....	26
2.4.4. Diseño de instalaciones sanitarias.....	26
2.4.5. Software de modelado (REVIT).....	27
2.5. Instalaciones eléctricas .....	27
2.5.1. Definición .....	27
2.5.2. Tipos de instalaciones eléctricas .....	27
2.5.3. Diseño de instalaciones eléctricas.....	27
2.6. Detección de Interferencias.....	28
III. DISEÑO METODOLÓGICO .....	29
3.1. Tipo de Investigación .....	29
3.2. Enfoque metodológico.....	29
3.3. Instrumentos de recolección de datos.....	29
3.4. Procesos de Implantación BIM.....	29
3.5. Objetivos BIM.....	30
3.6. Usos BIM.....	31
3.6.1. Coordinación 3D .....	32
3.6.2. Diseño .....	33
3.7. Diseño de Procesos .....	34
3.7.1. Macroproceso (Nivel 1).....	34
3.7.2. Diseño (Nivel 2) .....	35
3.7.3. Modelado 3D (Nivel 2).....	36
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	37

4.1. Diseño Arquitectónico .....	37
4.1.1. Bosquejo Inicial (1D).....	37
4.1.2. Distribución arquitectónica.....	37
4.2. Diseño de instalaciones hidrosanitarias .....	40
4.2.1. Diseño de instalaciones sanitarias destinadas a agua pluvial. ....	40
4.2.2. Diseño de instalaciones sanitarias destinadas a agua residual.....	43
4.2.3. Diseño de instalaciones sanitarias destinadas a agua potable.....	53
4.3. Diseño de instalaciones eléctricas .....	60
4.3.1. Limitantes del diseño .....	60
4.3.2. Descripción de la instalación eléctrica del edificio .....	60
4.3.3. Descripción de los componentes conectados a la red eléctrica .....	60
4.3.4. Diseño de iluminación.....	61
4.3.5. Diseño de tomacorrientes .....	65
4.3.6. Diseño de climatización .....	66
4.3.7. Consumo de corriente por circuitos de iluminación PB y PA.....	67
4.3.8. Consumo de corriente por circuitos de tomacorriente PB y PA. ....	79
4.3.9. Consumo de corriente por climatizadores PB y PA. ....	80
4.3.10. Propuesta de circuitos por panel de distribución .....	82
4.4. Diseño estructural .....	99
4.4.1. Predimensionamiento Estructural .....	99
4.4.2. Modelado en ETABS .....	113
4.4.3. Consideraciones de carga .....	115
4.4.4. Método de la Fuerza Lateral Equivalente .....	128
4.4.5. Dinámico Modal Espectral .....	130
4.4.6. Escalado de Fuerzas .....	131

4.4.7.	Efectos bidireccionales y parámetros de respuesta combinada .....	132
4.4.8.	Participación modal de las masas .....	133
4.4.9.	Combinaciones de carga .....	133
4.4.10.	Diseño de elementos estructurales.....	133
4.4.11.	Revisión de distorsiones.....	139
4.4.12.	Efecto P- $\Delta$ .....	140
4.5.	Diseño de Cimentaciones .....	141
4.5.1.	Capacidad portante del suelo .....	142
4.5.2.	Modelado.....	143
4.5.3.	Diseño de Zapata .....	143
4.6.	Modelado 3D.....	145
4.6.1.	Arquitectura .....	145
4.6.2.	Estructural .....	146
4.6.3.	MEP .....	148
4.7.	Detección de interferencias.....	156
4.7.1.	Modelo Federado.....	156
4.7.2.	Detección de Interferencias .....	158
V.	CONCLUSIONES .....	164
VI.	RECOMENDACIONES .....	166
	BIBLIOGRAFÍA .....	167
	WEBGRAFÍA.....	170
	ANEXOS .....	172

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Aulas tipo .....	9
Figura 2: Servicios sanitarios tipo.....	10
Figura 3: Dimensiones de BIM. ....	12
Figura 4: Softwares BIM.....	14
Figura 5: Procedimiento de implantación BIM .....	16
Figura 6: Usos BIM a lo largo del ciclo de vida del edificio.....	17
Figura 7: Notación para procesos BIM .....	18
Figura 8: Macroproceso o Plan general .....	19
Figura 9: Sección ampliada del plan detallado .....	20
Figura 10: Plan detallado. ....	21
Figura 11: Mapa de procesos con entrada y salida de información .....	23
Figura 12: Esquema de Macroproceso de Implantación .....	34
Figura 13: Esquema del proceso de Diseño (Nivel 2). ....	35
Figura 14: Esquema de Modelado 3D (Nivel 2).....	36
Figura 15: Diseño arquitectónico de escaleras.....	39
Figura 16: Número máximo de unidad de descarga por derivación. ....	48
Figura 17: Representación del sistema de drenaje .....	51
Figura 18: Distribución estructural.....	99
Figura 19: Columnas tipo .....	100
Figura 20: Columnas tipo .....	101
Figura 21: Columna C1 propuesta .....	103
Figura 22: Vigas tipo en la dirección Este -Oeste.....	104

Figura 23: Vigas tipo en la dirección Norte-Sur .....	105
Figura 24: Viga Típica propuesta .....	106
Figura 25: Losas tipo .....	107
Figura 26: Descripción de vigas del panel crítico para el cálculo de $\alpha_f$ .....	109
Figura 27: Franjas de columnas para la dirección Norte-Sur, Este-Oeste. ....	109
Figura 28: Inercia de viga exterior .....	110
Figura 29: Inercia de losa .....	110
Figura 30: Inercia de viga interior .....	111
Figura 31: Inercia de losa con respecto a viga interior .....	111
Figura 32: Columnas estructurales en ETABS .....	113
Figura 33: Vigas Estructurales en ETABS .....	114
Figura 34: Carga viva sobre Nivel 1 .....	115
Figura 35: Carga viva sobre azotea .....	116
Figura 36: Sobrecarga permanente nivel 1 .....	118
Figura 37: Sobrecarga permanente sobre azotea .....	119
Figura 38: Mapa de zonificación sísmica para Nicaragua .....	122
Figura 39: Espectro de respuesta elástico normalizado .....	127
Figura 40: Espectro de respuesta elástico y reducido .....	127
Figura 41: Cortante basal dinámico Eje X y Y .....	130
Figura 42: Nuevo cortante basal dinámico .....	132
Figura 43: Dimensiones propuestas de viga estructural .....	134
Figura 44: Planta Cuantía de acero requerida de viga Nivel: Azotea ( $\text{mm}^2$ ) .....	134
Figura 45: Planta Cuantía de acero requerida de viga Nivel: 1 ( $\text{mm}^2$ ) .....	135



Figura 46: Acero transversal requerido .....	136
Figura 47: Visualización de fallas de la estructura de concreto.....	137
Figura 48: Evaluación de esfuerzo de la losa en la dirección 1.....	138
Figura 49: Evaluación del esfuerzo de losa en la dirección 2.....	138
Figura 50: Módulo de Winkler: SAFE .....	142
Figura 51: Análisis de capacidad admisible del suelo .....	143
Figura 52: Análisis de acero de Zapata Z-1, Acero Inferior .....	144
Figura 53: Análisis de acero por flexión, Contracción y temperatura de Zapata Z-1, Acero Superior .....	144
Figura 54: Análisis de acero por flexión .....	145
Figura 55: Unidades Comunes del modelo .....	146
Figura 56: Tabla de colores para acero de refuerzo.....	147
Figura 57: Modelado 3D del Primer nivel-Costado típico Sur-Oeste .....	148
Figura 58: Unidades de proyecto de REVIT para disciplina eléctrica.....	152
Figura 59: Modelo 3D Luminaria tipo A y tipo B, librería AmancoWavin .....	153
Figura 60: Modelo 3D Tomacorriente, librería AmancoWavin .....	153
Figura 61: Modelo 3D Sistema Panel de control, librería Amancowavin .....	154
Figura 62: Circuito particular de Potencia .....	155
Figura 63: Circuito 2D de potencia planta baja y planta alta .....	156
Figura 64: Modelo Arquitectónico: Navisworks.....	157
Figura 65: Modelo Estructural: Navisworks .....	157
Figura 66: Modelo Eléctrico: Navisworks .....	158
Figura 67: Conteo de interferencias Estructura vs Eléctrico.....	159

Figura 68: Colapso entre columna estructural y tubería Conduit.....	159
Figura 69: Colapso entre viga estructural y la tubería Conduit.....	160
Figura 70: Interferencias Estructural vs Eléctrico .....	161
Figura 71: Colapso entre viga estructural y tubería de agua potable .....	162
Figura 72: Colapso entre losa estructural y tubería de agua potable .....	163

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Espacios educativos.....	8
Tabla 2: Simbología de procesos BIM.....	22
Tabla 3: Objetivos BIM .....	30
Tabla 4: Tabla de Usos BIM .....	31
Tabla 5: Área de edificación expuesta a lluvia .....	41
Tabla 6: Caudal de escorrentía .....	42
Tabla 7: Caudales máximos en bajantes de desagües de aguas de lluvia .....	43
Tabla 8: Aparatos sanitarios conectados en red de desagüe agua residual .....	45
Tabla 9: Unidad de descarga y diámetro mínimo de derivación en los aparatos sanitarios .....	46
Tabla 10: Análisis de sub-ramales de batería sanitaria .....	46
Tabla 11: Diámetro de ventiladores por unidad de peso sobre desagüe .....	47
Tabla 12: Diseño de los ductos horizontales de evacuación del sistema “Batería S. 1” .....	49
Tabla 13: Simbología para Diseño de los ductos horizontales de evacuación del sistema “Batería S. 1” .....	51

Tabla 14: Diámetro de ductos verticales, ductos horizontales y sifones del sistema de drenaje de agua residual del edificio. ....	52
Tabla 15: Red de ventilación .....	52
Tabla 16: Aparatos sanitarios conectados en el sistema hidráulico .....	54
Tabla 17: Caudal de red hidráulica.....	56
Tabla 18: Condiciones particulares del sistema hidráulico.....	57
Tabla 19: Diámetro de líneas principales y secundarias .....	58
Tabla 20: Propuesta de luminaria.....	61
Tabla 21: Propuesta de Lux para interiores .....	62
Tabla 22: Diseño de tomacorrientes planta baja (PB) y planta alta (PA).....	65
Tabla 23: Tabulación empírica para diseño de climatizadores.....	66
Tabla 24: Diseño de climatizadores planta baja (PB) y planta alta (PA) .....	67
Tabla 25: Propuesta de climatizador .....	67
Tabla 26: Consumo de corriente por cada circuito de iluminación (PB).....	68
Tabla 27: Consumo de corriente por cada circuito de iluminación (PA).....	73
Tabla 28: Consumo de corriente por cada circuito de tomacorrientes (PB) .....	79
Tabla 29: Consumo de corriente por cada circuito de tomacorrientes (PA) .....	80
Tabla 30: Consumo de climatizadores (PB).....	81
Tabla 31: Consumo de climatizadores (PA).....	81
Tabla 32: Propuesta de panel de distribución .....	82
Tabla 33: Propuesta de breakers .....	83
Tabla 34: Propuesta de calibre conductor eléctrico AWG .....	83

Tabla 35: Propuesta de circuito para panel 1PB tipo A, circuitos de iluminación y tomacorrientes (PB) .....	84
Tabla 36: Propuesta de circuito para panel 2PB tipo A, circuito de climatizadores planta baja (PB).....	89
Tabla 37: Propuesta de circuito para panel 1PA tipo A, circuitos de iluminación y tomacorrientes (PA) .....	91
Tabla 38: Columnas Tipo .....	100
Tabla 39: Límites del refuerzo longitudinal .....	102
Tabla 40: Descripción de vigas tipo.....	104
Tabla 41: Altura mínima de vigas no preesforzadas .....	105
Tabla 42: Viga típica propuesta.....	106
Tabla 43: Descripción de Losa tipo .....	107
Tabla 44: Espesor mínimo de losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos .....	107
Tabla 45: Condiciones iniciales de Inercia de viga y losa .....	108
Tabla 46 : Tabla resumen de cálculo de $\alpha_{fm}$ .....	112
Tabla 47: Consideraciones de carga viva .....	115
Tabla 48: Tabla resumen carga de paredes actuantes sobre el nivel 1 .....	117
Tabla 49: Sobrecarga permanente en el nivel 1 .....	117
Tabla 50: Sobrecarga permanente para el Nivel de azotea .....	118
Tabla 51: Carga Muerta sobre el edificio.....	119
Tabla 52: Sismo de diseño según categoría de riesgo.....	120
Tabla 53: Factor de importancia.....	120

Tabla 54: Categoría de diseño sísmico basado en el parámetro de aceleración del terreno en roca para período cero $a_0$ PGA.....	121
Tabla 55 Coeficientes y factores de diseño para sistemas resistentes a fuerzas sísmicas. ....	122
Tabla 56: Clasificación por tipo de suelo.....	123
Tabla 57: Factores de amplificación vertical por tipo de suelo. ....	124
Tabla 58: Factor de ajuste espectral FS para $T_b$ y $T_c$ .....	124
Tabla 59: Factores para construcción de espectro elástico .....	125
Tabla 60: Resumen de factores que afectan el espectro .....	126
Tabla 61: Peso sísmico .....	128
Tabla 62: Periodo fundamental .....	129
Tabla 63: Cortante basal dinámico Eje X y Y .....	130
Tabla 64: Escalado de fuerzas eje x .....	131
Tabla 65: Escalado de fuerzas eje y .....	131
Tabla 66: Nuevo cortante basal dinámico .....	132
Tabla 67: Revisión de distorsiones en el eje X.....	139
Tabla 68: Revisión de distorsiones en el eje Y.....	140
Tabla 69: Efecto $P-\Delta$ en Dirección X .....	141
Tabla 70: Efecto $P-\Delta$ en Dirección Y .....	141
Tabla 71: Módulo de Winkler.....	142

# **GENERALIDADES**

## **I. GENERALIDADES**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

El desarrollo de las edificaciones e infraestructura en Nicaragua se encuentra inmerso en un conjunto de desafíos económicos, sociales y medioambientales complejos, por lo cual es importante implementar ciencias más exactas de diseño, medición y gestión para optimizar al máximo los recursos y disminuir los errores que se presentan a lo largo de las fases de un proyecto civil.

Distintas naciones a nivel mundial han elegido las tecnologías de información y el trabajo en red para aspirar a hacer más eficiente la construcción en el sector público, promoviendo el uso de la metodología constructiva denominada Building Information Modeling (Modelado de Información de Construcción) y conocida comúnmente por sus siglas en inglés BIM.

BIM es un conjunto de tecnologías, procesos y políticas que permiten a múltiples partes interesadas diseñar, construir y operar en colaboración fácilmente en el espacio virtual (BIM Dictionary, 2021). A nivel internacional la implementación de esta metodología es prioritaria para desarrollo de proyectos públicos y privados, ya que [los procesos de diseño, construcción y operaciones de una manera más detallada y con colaboraciones a tiempo real.

Esta metodología relaciona decenas de softwares dependiendo de la fase de estudio; entre los más utilizados están Revit y Archicad para modelado (3D), Autodesk 360 y BIMx para visión de modelo, Naviswork para planificación de la obra (4D), Presto y Arquímedes para medición y presupuesto (5D), Green Building Studio para gestión ambiental (6D) y Máximo (IBM) para gestionar el ciclo de vida del edificio.

El objetivo del presente documento es abarcar la implementación BIM, exactamente desde la etapa de diseño hasta la fase de modelado de un edificio de uso académico de dos plantas, ubicado en el municipio de Managua. Se aplicó un trabajo federado entre las disciplinas arquitectónica, estructura, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas.

El modelado 3D se llevó a cabo en el software Revit de Autodesk, con distribución de espacios según las normativas tituladas “Normas y criterios para el diseño de establecimientos escolares” (MINED, 2008), “Vivienda y desarrollos habitacionales urbanos” NTON 12 012 15 (MTI, 2015) y “Normas mínimas de accesibilidad” NTON 12 006 04 (MTI, 2015). Por otra parte, se realizó un análisis modal espectral lineal según la “Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua” (NSM, 2021) para el diseño sismorresistente de edificaciones con elementos diseñados según la norma ACI 318-19 (ACI, 2019) en el Software ETABS de CSI. El modelado de las instalaciones eléctricas y sanitarias se realizó en el apartado MEP de REVIT.

Se pretende que este trabajo genere un edificio prototipo que sirva como referencia de implementación de la metodología mencionada en futuros proyectos académicos.



## **1.2. ANTECEDENTES**

La metodología BIM surge en la necesidad de manejar una gran cantidad de información y gestión de datos en los proyectos más demandantes. Todo comienza en el año 1974 cuando Charles Eastman presentó su investigación “Esquema del Sistema de Descripción de Edificación (Building descripción System)” en donde se sientan las bases de lo que hoy conocemos como “Modelado de Información de Construcción”.

En 1985 Simon J. Ruffle utilizó por primera vez el concepto de Building Model en un artículo en el que planteó la posibilidad de que el diseñador podría enfocarse solamente en el desarrollo creativo como una actividad fundamentalmente humana. Un año después, en 1986, Graphisoft introduce al mercado su producto ArchiCAD, bajo el concepto registrado de “Edificio Virtual”, el cual permitía al usuario almacenar y manejar grandes volúmenes de datos para generar geometría 2D y 3D desde computadoras personales; sin embargo, este concepto no logró posicionarse en el sector (Wiggot, 2021). Asimismo, en 2004 Autodesk lanzó el Autodesk Revit como su solución BIM para arquitectura, posicionándose como el software BIM más utilizado desde entonces.

Actualmente existen muchos países latinoamericanos que han empezado con sus planes para poder implementar BIM a nivel nacional. A pesar de eso la integración de estos procesos en Latinoamérica no se está dando de manera homogénea; por ejemplo, en países como Chile, Colombia o Perú ya es una realidad (Mar, 2021), los cuales tienen mucha aceptación en grandes proyectos públicos y un alto índice de contratación de profesionales de la metodología; sin embargo, países centroamericanos (a excepción de Costa Rica) presentan las primeras luces en el área.

En Nicaragua el primer foro BIM se dio en el 2019 con la colaboración de la UNAN y la UNI Managua y, aunque su implementación no es bastante notoria, el sector privado ya ha empezado a involucrarse más con esta e incluso algunas

organizaciones gubernamentales como el MINED empiezan a solicitar dentro de sus proyectos el uso de tecnologías BIM.

Existen muy pocos estudios de esta metodología en el país; entre estos se pueden mencionar los dos presentados en la Facultad Tecnología de la Construcción de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-FTC) para optar al título de ingeniero Civil llamado “Análisis comparativo entre las metodologías BIM y tradicional implementadas en gestión de tiempo y gestión de costo del proyecto edificio central panadería corazón de oro” (Espino & Rodríguez, 2018) y “Propuesta de implementación de la metodología BIM por medio de un proyecto piloto tipo residencial (Tórrez, Vanegas, & Sándigo, 2021).

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La utilización de la tecnología BIM posibilita la conexión de equipos, flujos de trabajo y datos durante todo el ciclo de vida del proyecto, desde el diseño y la ingeniería hasta la construcción y las operaciones, para descubrir formas de trabajo más eficaces y obtener mejores resultados (Autodesk, s.f.).

A nivel internacional la implementación BIM es una realidad, en Europa por su parte la mayoría de los miembros exige la aplicación de esta metodología en proyectos públicos y privados. En Latinoamérica crece exponencialmente en países como Argentina y Colombia, a diferencia de Brasil, Chile y Perú, donde prácticamente BIM se presenta en todos los proyectos.

Según el Blog Geo, al evaluar el estado de esta metodología en Centroamérica, nuestro país se encuentra en etapa de formación en conocimientos BIM (GEO, 2019); en consecuencia, presenta dificultades para ser oferentes a nivel internacional. A partir de esta evaluación se prevé que los profesionales de las empresas privadas y públicas se encuentran en desventaja clara ante el avance inevitable de la tecnología de la construcción internacional. El Ministerio de Educación (MINED) por su parte no implementa el BIM de manera oficial, por lo cual este documento espera ser un apoyo de la implantación del método hasta un alcance 3D de un edificio académico, respetando todos los estatutos establecidos por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) y la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON).

Se prevé que, si se implementa la tecnología BIM a nivel gubernamental, se incrementará la productividad y eficiencia desde la etapa de diseño hasta la de programación y ejecución del proyecto planteado, partiendo de un plan estratégico secuencial que optimiza los procesos y mejora la calidad de los datos presentes en los modelos de información.

#### **1.4.1. Objetivo general**

- Implementar la metodología BIM (3D) en el diseño Arquitectónico, Estructural, Hidrosanitario y Eléctrico de un edificio de uso académico de dos niveles ubicado en el municipio de Managua.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivos específicos**

- Realizar el diseño Arquitectónico de un edificio de uso académico de dos niveles mediante el Software AutoCAD (2D) de Autodesk.
- Generar un modelo paramétrico utilizando herramientas BIM que permita una visualización 3D e información del proyecto para el diseño Estructural y MEP (Hidrosanitario y Eléctrico).
- Desarrollar el diseño Estructural y MEP (Hidrosanitario y Eléctrico) por medio de los Softwares ETABS, SAFE y EXCEL para su incorporación en el modelado 3D por medio de REVIT.
- Identificar visualmente las interferencias de los modelados a través de la herramienta “Prueba de Interferencias” del Software Navisworks de Autodesk para realizar una correcta coordinación BIM.

# **MARCO TEÓRICO**

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Edificios educativos**

#### **2.1.1. Definición**

Los edificios educativos son instalaciones físicas donde se realizan las funciones y actividades correspondientes al proceso de enseñanza y el aprendizaje (MINED, 2008).

#### **2.1.2. Clasificación de acuerdo con su localización geográfica**

##### **a) Localización urbana**

Los centros de localización urbana están ubicados en zonas urbanas y normalmente el establecimiento opera en más de dos turnos.

##### **b) Localización rural**

Los centros de localización rural operan solamente en turno matutino y están ubicado en zonas rurales.

##### **c) Localización en el perímetro urbano-rural**

Los establecimientos escolares ubicados en fronteras entre zonas normalmente operan un solo turno; sin embargo, con estudios de factibilidad con resultados positivos podrían atender dos.

#### **2.1.3. Espacios educativos**

Los espacios educativos según la función que vayan a desempeñar se clasifican en curriculares y no-curriculares o de apoyo (ver tabla 1).

##### **a) Espacios curriculares**

Los espacios curriculares son aquellos destinados para impartir clases y deben cumplir con las cargas horarias teóricas y prácticas (MINED, 2008).

### b) Espacios no-curriculares

Los espacios no-curriculares son aquellos que no están ligados a actividades curriculares y cuya cuantificación no es función de la matrícula y están destinados a las áreas de administración, servicios e información (MINED, 2008).

**Tabla 1: Espacios educativos**

N/O	Grupo	Espacios educativos	
		Curricular	No - Curricular
1	Locales de enseñanza	Aulas didácticas, laboratorios, talleres, usos múltiples	
2	Dirección		Dirección, Bodega y Sala de maestros
3	Locales comunes		Gimnasios, auditorio, biblioteca, comedor
4	Servicios		Cocina, bodega, cafetería, sanitarios
5	Exteriores		Campos deportivos, canchas, estacionamientos, Plaza cívica

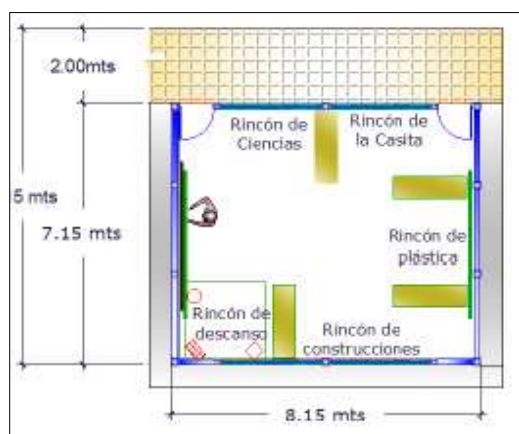
**Fuente: (MINED, 2008)**

### c) Espacios mínimos

#### ➤ Aulas

El área mínima para un aula de clase para educación inicial, primaria y secundaria son 56, 48 y 56 metros cuadrados respectivamente (MINED, 2008). La normativa “Normas y Criterios para el Diseño de Establecimientos Escolares” solamente especifica un área fija para edificaciones escolares rurales. Cada aula debe tener dos puertas. En la figura 1 se presentan las aulas tipo recomendadas por la normativa.

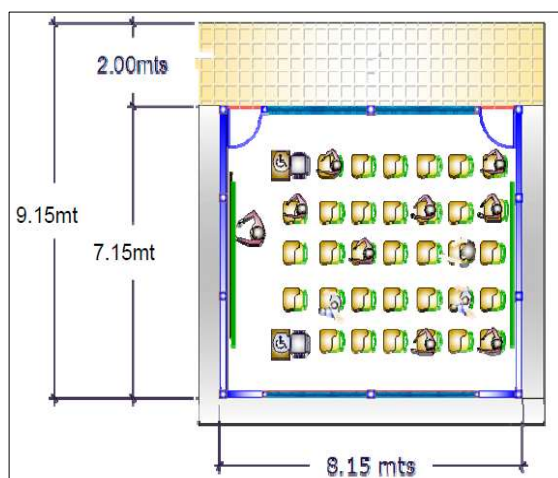
**Figura 1: Aulas tipo**



**a) Aula de educación inicial tipo**



**b) Aula de educación primaria tipo**



**c) Aula de educación**

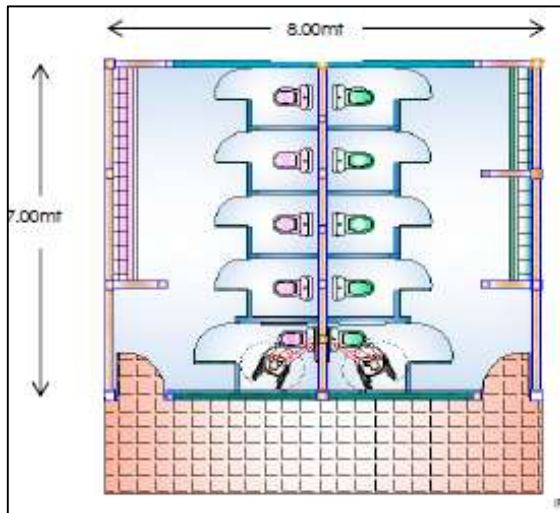
**Fuente: (MINED, 2008)**



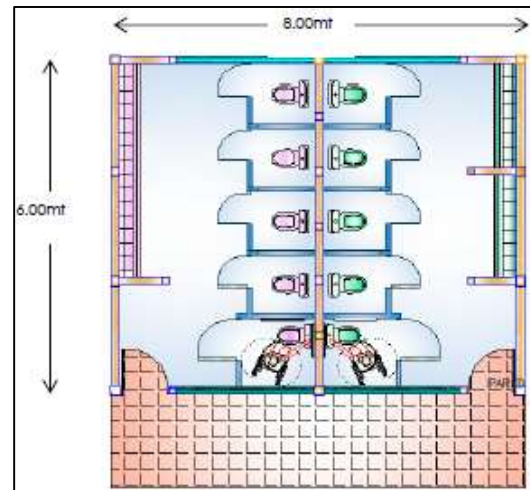
➤ Sanitarios

El área mínima para un servicio sanitario para educación inicial, primaria y secundaria es en promedio 24 metros cuadrados para cada uno (MINED, 2008). En la figura 2 se presentan los servicios sanitarios tipo recomendados por la normativa.

**Figura 2: Servicios sanitarios tipo**



**a) Sanitarios de educación inicial tipo**



**b) Sanitarios de educación primaria tipo**

**Fuente: (MINED, 2008)**

➤ Pasillos

Los pasillos que se generen en el sistema de circulación deben tener un ancho libre mínimo de 2,10 m y una altura libre de obstáculos de 2,40 m (MTI, 2004).

➤ Escaleras

En las normas mínimas de accesibilidad del Ministerio de Transporte e Infraestructura menciona especificaciones para las escaleras de edificios escolares (MTI, 2004):

- En el caso de existir escaleras la huella mínima es de 0,30 m con material antideslizante, la contrahuella de 0,17 como máximo.
- En las zonas de aulas y ambientes que propician la alta concentración de personas el ancho útil debe ser de 1,80 m como mínimo.
- Todas las escaleras deben tener doble pasamanos que van sin interrupción de principio a fin de la escalera. Se colocan 0,90 m el superior y el inferior 0,75 m sobre el nivel del escalón o descanso.
- Los pasamanos se colocarán en un solo lado cuando la escalera es de un metro de ancho y hay pared en uno de sus lados. Si la escalera no tiene pared en ninguno de sus lados se deben colocar pasamanos a ambos lados.
- El número de escalones sin descanso no debe exceder a los doce.
- Un edificio escolar de más de una planta requerirá ser provisto por lo menos de dos escaleras (MINED, 2008).

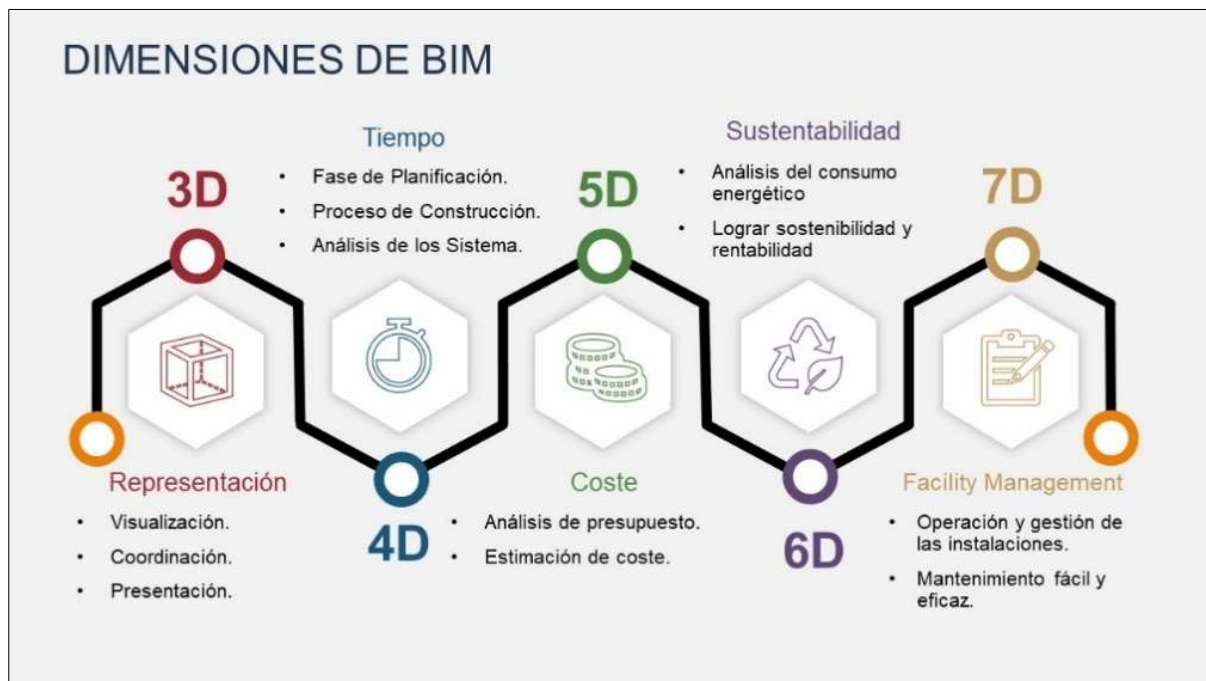
Cabe destacar que el diseño del edificio escolar del presente proyecto se plantea como una estructura separada de las escaleras, por lo cual, solo se limitara al diseño arquitectónico de esta.

## **2.2. Metodología BIM**

### **2.2.1. Definición**

“Building Information Modelling” (BIM) es el uso de una representación digital compartida (modelo de información) de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación y proporcionar una base confiable para la toma de decisiones (ISO 19650, 2018).

**Figura 3: Dimensiones de BIM.**



*Fuente: (CADBIM Surveys)*

### 2.2.2. Dimensiones BIM

#### a) 1D

La primera dimensión es la más básica, se define como la idea y el punto de partida, se toman decisiones preliminares y se plasman los primeros esquemas de realización del proyecto.

#### b) 2D

Consolida la idea mediante dibujos detallados y basados en las respectivas normas y se dimensiona por primera vez el proyecto, definiendo la primera noción de cargas estructurales.

**c) 3D**

Permite visualizar todo el modelo con su geometría y extraer información para revisiones y otros diseños, como estructural, MEP y de climatización.

**d) 4D**

Contempla la secuencia de construcción o evolución de esta con respecto al tiempo. Los modelos 4D además proyectan rutas críticas y gestión inmediata del flujo de la obra, por lo cual permite identificar rápidamente problemas potenciales.

**e) 5D**

Da noción del capital a invertir en el proyecto, con estimaciones más exactas de los costos y con tiempos récord.

**f) 6D**

Está enfocado en mejorar el ciclo de vida del proyecto permitiendo una adecuación correcta del proyecto con su entorno.

**g) 7D**

Trata de un control logístico y operacional para el uso y mantención del edificio.

Cabe delimitar, que, aunque la metodología BIM incorpora 7 diferentes dimensiones, el presente proyecto solo estará abordando hasta BIM (3D).

**2.2.3. Softwares**

Es común que se vea a BIM como un software; sin embargo, no lo es, se apoya de ellos. Es una metodología que incorpora una gran cantidad de información, la cual permite gestionar estos datos por todo el ciclo de vida del proyecto, mientras los softwares solamente aportan a la creación del modelo.

Existen diferentes softwares para diferentes usos, por lo que se desarrolló una plataforma de interoperabilidad entre los distintos softwares con el fin que no existan programas aislados en los que se exportan/importan archivos. Este intercambio entre

plataformas se conoce como Open BIM y permite el intercambio de información en formatos abiertos IFC (*Industry Foundation Classes*).

Actualmente existen decenas de software BIM; sin embargo, solo unos cuantos dominan en el mercado. En la siguiente figura se presentan los más conocidos según su uso en la metodología.

**Figura 4: Softwares BIM**



Fuente: (CATENDA, s.f.)

## 2.2.4. Implantación BIM

### a) Elementos de la implantación BIM

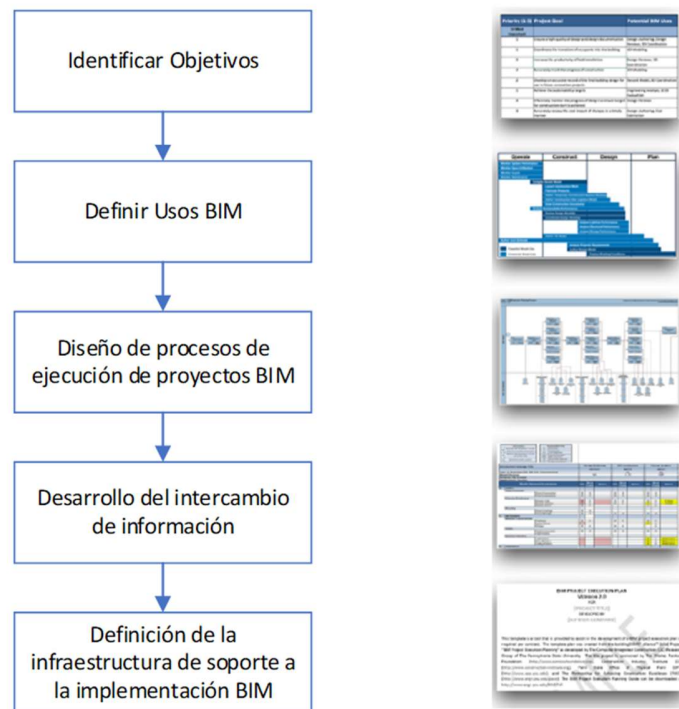
Para la aplicación correcta del método se debe crear una estrategia general de planificación y gestión que se apoya en los siguientes pilares (Moreno, 2018):

- **Procesos:** implementar proceso que se encuentren alineados con el logro de los objetivos planeados.
- **Recursos:** definir claramente las asignaciones del personal, brindar la formación adecuada, dotar el equipamiento y logística necesaria.
- **Estructura organizacional:** definir y establecer una estructura de responsabilidades, organigrama, roles BIM, autoridades y el flujo de la comunicación dentro de la organización.
- **Documentos:** establecer los documentos, plantillas, estilos, librerías de objetos BIM, registros o cualquier tipo de documentación para operación eficiente de procesos.

#### **b) El procedimiento de planeación BIM**

Es una fase crucial en la gestión de proyectos de construcción que permite organizar y coordinar de manera eficiente todos los aspectos relacionados con el modelado digital de una obra. Este proceso implica la definición de objetivos, el establecimiento de roles y responsabilidades, la selección de herramientas tecnológicas adecuadas y la elaboración de un plan de ejecución BIM (BEP, por sus siglas en inglés), que guíe la colaboración entre los distintos actores del proyecto. Una planeación BIM efectiva garantiza una mejor toma de decisiones, optimiza los recursos, reduce errores y mejora la calidad del resultado final desde las etapas iniciales del diseño hasta la operación del activo construido.

**Figura 5: Procedimiento de implantación BIM**



**Fuente: BIM Project Execution Plan (Computer Integrated Construction Research, 2019)**

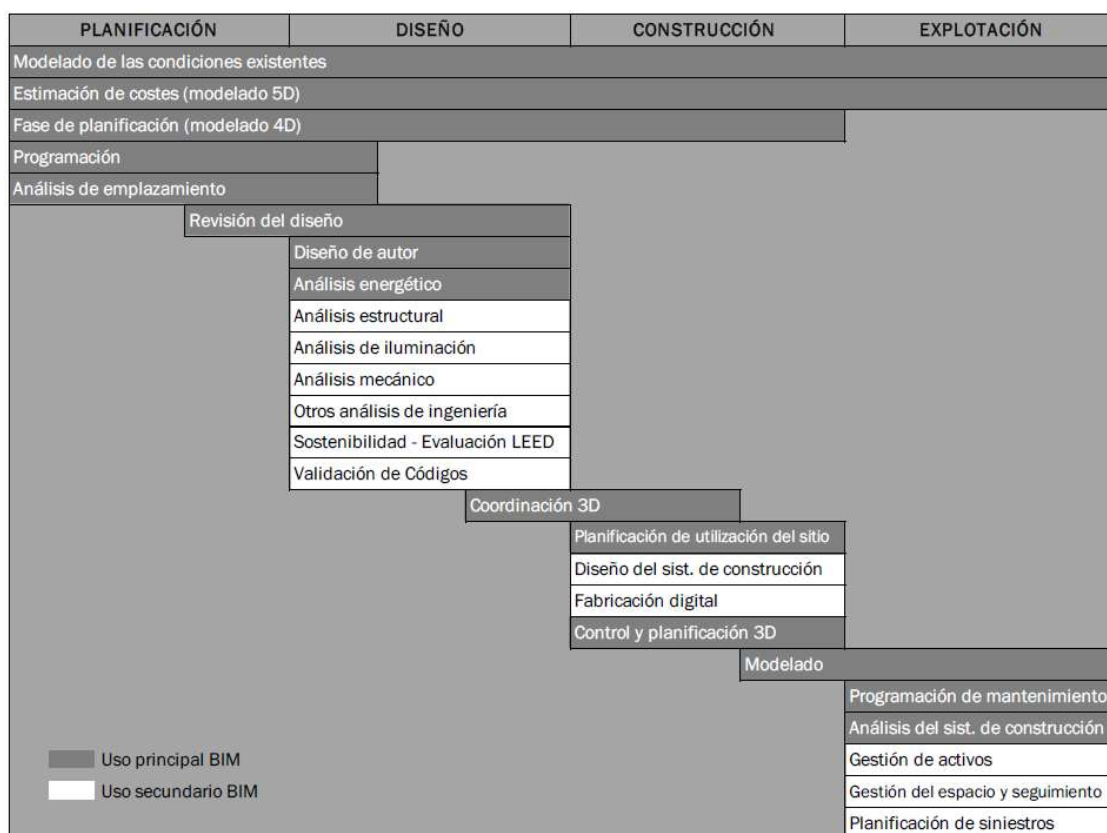
### c) Identificar objetivos BIM

Es importante definir claramente el valor potencial de BIM en el proyecto y para los miembros del equipo del proyecto, a través de la definición de los objetivos generales para la implementación de BIM (Computer Integrated Construction Research, 2019). Estos objetivos podrían basarse en el rendimiento del proyecto, reducción de la duración del cronograma, lograr una mayor productividad de campo, aumentar la calidad o elaborar estimados a través de takeoff automatizados.

### d) Seleccionar los usos BIM

Existen 21 maneras potenciales descritos por la Universidad de Pennsylvania para usar BIM y se clasifican en usos primarios y secundarios (Ver figura 6).

**Figura 6: Usos BIM a lo largo del ciclo de vida del edificio**



**Fuente: BIM Project Execution Plan (Computer Integrated Construction Research, 2019)**

### e) Diseño del proceso de ejecución BIM

- Definición de mapa de proceso.

Se definen dos tipos de mapa de proceso como:

- **Macroproceso:** Es aquel que engloba distintos subprocesos y muestra la secuencia y la interacción entre los principales usos BIM (Testa, 2019).
- **Subproceso:** A diferencia del mapa general, tiene componentes más detallados para la entrega de avances específicos basados en los usos BIM, asignando responsables y objetivos de entrega.



➤ Notación de mapa de procesos.

En la figura 7 se muestra la notación establecida para procesos BIM según la guía de ejecución de un proyecto BIM de la Universidad de Pennsylvania (BIM project execution plan); esta incluye la fase de proyecto, el nombre del proceso, el responsable y el nombre del mapa detallado.

**Figura 7: Notación para procesos BIM**



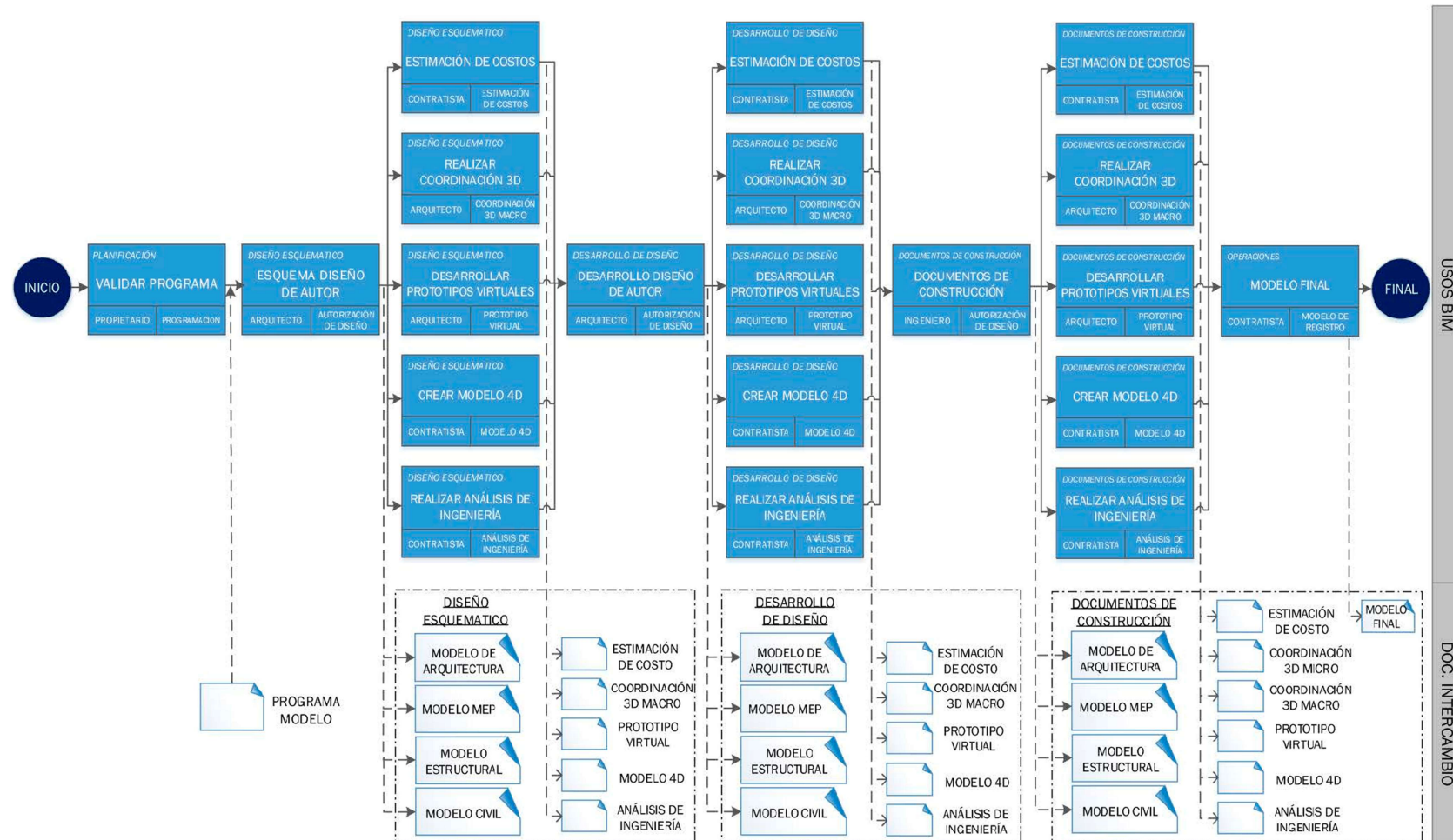
**Fuente:** *BIM Project Execution Plan (COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH, 2019)*

En la figura 8 se presenta un macroproceso basado en utilizando esta notación y una sección ampliada respectivamente.

Un mapa de proceso de uso BIM detallado (Figura 10) incluye tres categorías de información que se representan en el lado izquierdo del mapa de proceso y los elementos se incluyen en las líneas horizontales (denominadas “carriles” en la notación de mapeo BPMN):

- **Información de referencia:** recursos de información estructurados (empresariales y externos) necesarios para ejecutar un uso BIM.
- **Proceso:** una secuencia lógica de actividades que constituyen un uso BIM particular.

**Figura 8: Macroproceso o Plan general**

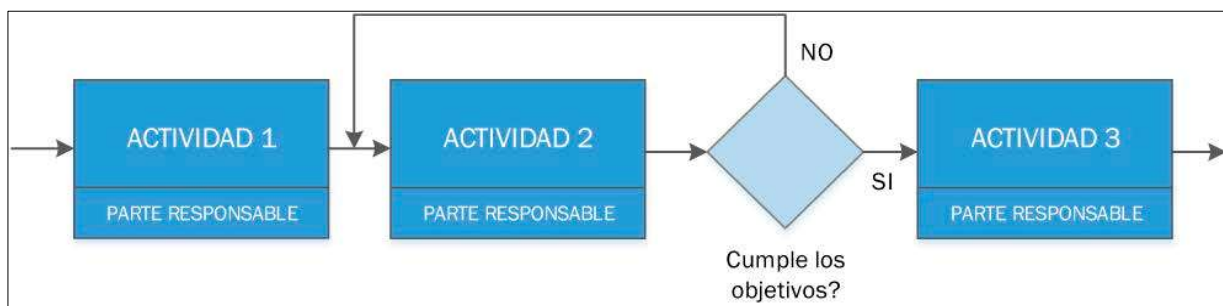


*Fuente: Implementación BIM en la dirección de proyectos de construcción (Testa, 2019)*

- **Intercambio de información:** los entregables BIM de un proceso que pueden ser necesarios como un recurso para procesos futuros.

Como se aprecia en la Figura 9, se pueden añadir puertas de verificación de objetivos en puntos de decisión importantes en el proceso para garantizar que se cumplan los entregables o resultados de un proceso. En función de la decisión tomada se modificará la ruta del proceso (Testa, 2019).

**Figura 9: Sección ampliada del plan detallado**



**Fuente:** *Implementación BIM en la dirección de proyectos de construcción (Testa, 2019).*

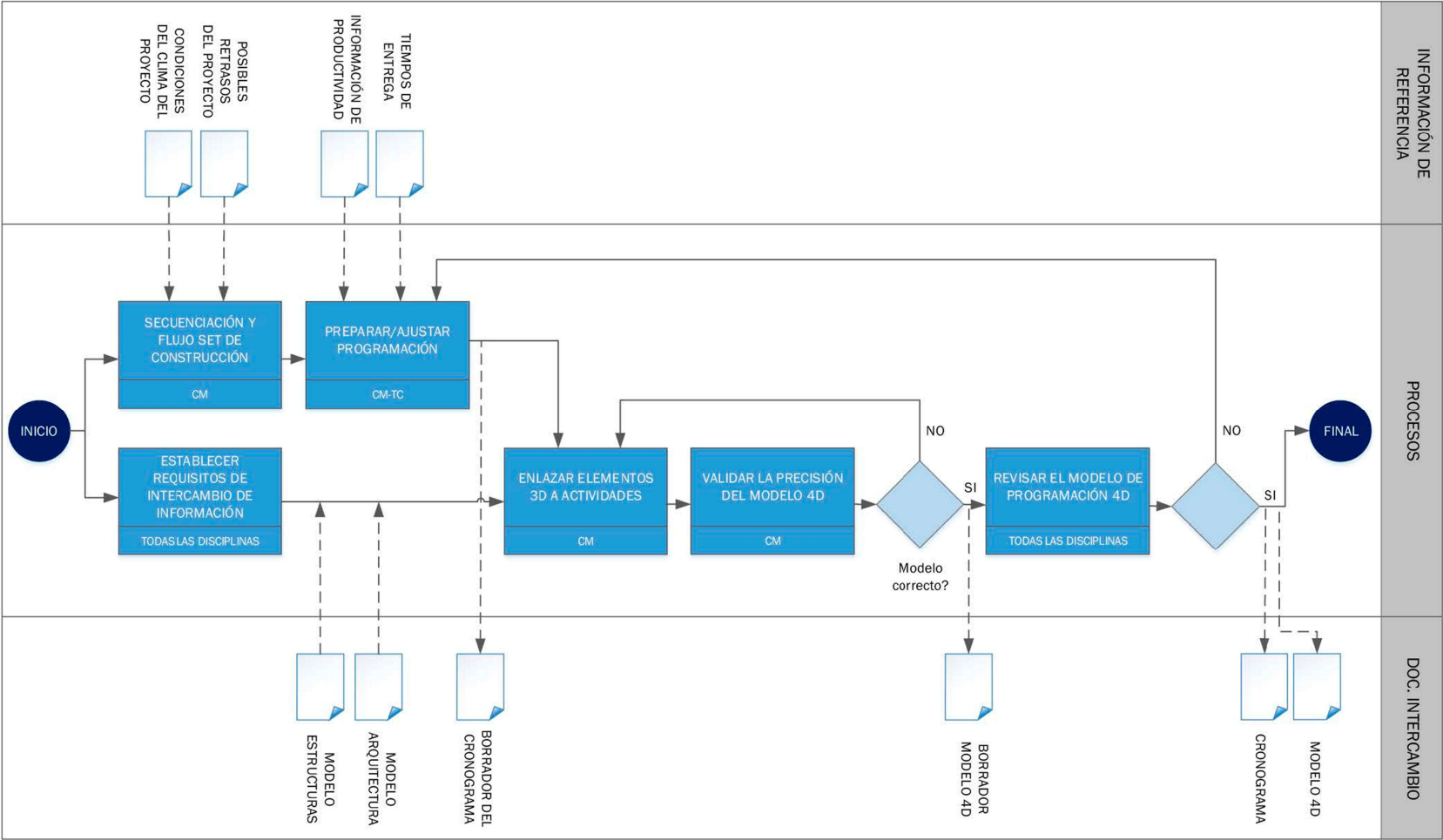
#### ➤ Simbología

Las simbologías utilizadas en los procesos BIM son en gran parte similares a las de los diagramas de flujo tradicionales, ya que ambas representan la secuencia lógica de actividades. Sin embargo, en BIM se incluyen símbolos adicionales que permiten reflejar aspectos propios de esta metodología.

Estas representaciones facilitan la visualización del flujo de información, la coordinación interdisciplinaria y la gestión de datos integrados al modelo. Por ello, la simbología extendida resulta clave para el mapeo preciso de procesos en entornos colaborativos BIM.


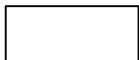
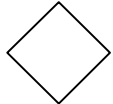

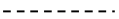


En la Tabla 2 se describe cada uno de los símbolos empleados en dicho mapeo, permitiendo su correcta interpretación a lo largo del proyecto.

Figura 10: Plan detallado.



Fuente: Implementación BIM en la dirección de proyectos de construcción (Testa, 2019).

**Tabla 2: Simbología de procesos BIM**

Elemento	Descripción	Notación
Evento	Es un evento que ocurre en el curso de un proceso. Existen 3, los aplicados en el inicio, a la mitad, y al final.	
Proceso	Simboliza un trabajo o actividad	
Entrada	Es un punto de divergencia y convergencia de un flujo de secuencia. Es equivalente a un cuadro de decisión.	
Línea de secuencia	Se usa para mostrar el orden de un flujo de secuencia.	
Línea de asociación	Se usa para asociar información y procesos con Objetos de datos	
Objeto de asociación de datos	Es un mecanismo para mostrar que datos son requeridos para producir actividades.	
Grupo	Un grupo representa categoría de información. Este tipo de agrupación no afecta el flujo de secuencia de las actividades dentro del grupo.	

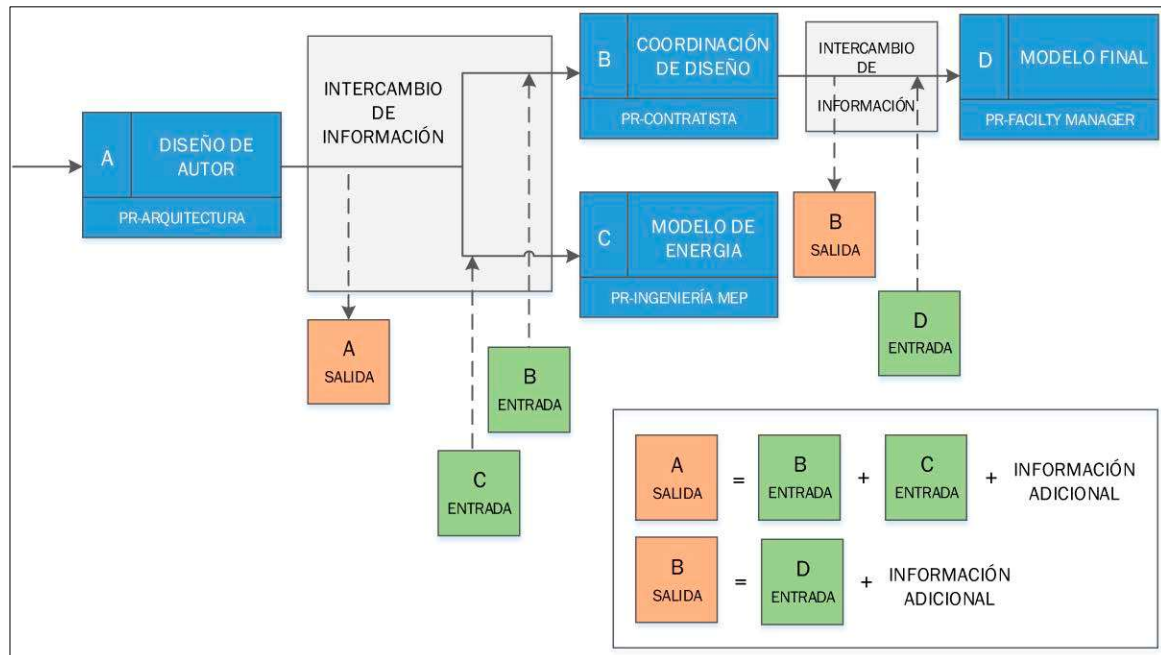
**Fuente:** *BIM Project Execution Plan (COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH, 2019)*

#### **f) Desarrollo del intercambio de información**

Identificar los puntos del intercambio de información que se producen entre los participantes del proyecto. Para definir estos cambios de información se necesita especificar qué información es necesaria para terminar o iniciar un nuevo proceso de uso BIM.

En la figura 11 se muestra un mapa de procesos con entrada y salida de información. En este caso las letras A, B y C especifican un tipo de información previamente definida.

**Figura 11: Mapa de procesos con entrada y salida de información**



*Fuente: Implementación BIM en la dirección de proyectos de construcción (Testa, 2019)*

#### **g) Definición de la estructura de soporte a la implementación BIM**

Luego de que se definan objetivos, usos, procesos y entregables se debe desarrollar la infraestructura necesaria para ejecutar el proceso BIM planeado. Existen 14 categorías específicas que se deben abordar para ayudar la ejecución de procesos de proyectos BIM:

- Descripción general del plan de ejecución BIM
- Información del proyecto
- Contactos clave del proyecto
- Objetivos del proyecto BIM/Usos BIM

- Roles/personal
- Diseño del proceso BIM
- Intercambios de información BIM
- Requisitos de BIM y datos de la instalación
- Procedimientos de colaboración
- Control de calidad del modelo
- Necesidades de infraestructura tecnológica
- Estructura del modelo
- Entregables del proyecto
- Contratación y entrega del modelo

#### **2.2.5. LOD (Level Of Development)**

Es un indicador que nos dice el nivel de desarrollo que en cada caso tiene o se ha de ejecutar en el modelo BIM de cualquier edificación o infraestructura (Grupo BIMnD, s.f.). En Latinoamérica es común el uso de un LOD 200, 300 o 400.

### **2.3. Diseño estructural**

#### **2.3.1. Definición**

El diseño estructural es el campo que realiza los modelados de los componentes de una estructura y se proponen las características físicas-mecánicas para resistir las eventualidades a la que se somete la estructura basándose en normativas que regulan el diseño de estos mismos (Ingegeek, 2021).

El diseño de la estructura se rige bajo códigos nacionales e internacionales de referencia, dentro de los cuales podemos destacar:

- a) Norma mínima de accesibilidad en sus distintos códigos (MTI, 2004).
- b) Norma sismo resistente para la ciudad de Managua (NSM, 2021).
- c) American Concrete Institute (ACI, 2019).
- d) Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería.

### **2.3.2. Sistema estructural**

Los sistemas estructurales son el conjunto de elementos resistentes que, vinculados entre sí, transmiten las cargas de la edificación a los apoyos garantizando el equilibrio, la estabilidad y sin sufrir deformaciones incompatibles.

Los elementos estructurales pueden ser móviles o fijos y se clasifican de acuerdo con su tamaño, geometría, estado de tensión y funcionalidad. Dentro de los principales elementos que constituyen una estructura tenemos: zapatas, losas, vigas, viguetas, columnas, muros y escaleras.

### **2.3.3. Software de modelado (REVIT)**

Revit estructura es el software para modelación estructural de la empresa estadounidense Autodesk, que brinda modelación física y analítica para hacer diseños, coordinación y documentación; como también enlaces bidireccionales a aplicaciones de análisis como Robot Structural, Sap2000, Etabs, etc.

## **2.4. Instalaciones sanitarias**

### **2.4.1. Definición**

Las instalaciones sanitarias son todo el conjunto de tuberías y accesorios de agua fría, agua caliente, desagües, ventilaciones, cajas de registro, aparatos sanitarios, entre otros, que sirven para el abastecimiento de agua potable y el retiro de aguas residuales. El diseño MEP (Mechanical, Electrical, and Plumbing), abarca todas las instalaciones sanitarias, mecánicas, eléctricas y plomería.



#### **2.4.2. Tipos de instalaciones sanitarias**

Las instalaciones sanitarias para las edificaciones se clasifican según el tipo de trabajo que estas desempeñan. Existen dos tipos de instalaciones:

- a) Instalaciones hidráulicas (agua potable).
- b) Instalaciones sanitarias (agua residual y agua pluvial).

#### **2.4.3. Diseño de instalaciones hidráulicas**

(Rodríguez Sosa, 2007) Afirma que “un diseño de sistema de agua debe proveer suficiente cantidad de agua para servir cada aparato o dispositivo, de buena calidad, de manera constante y al menor costo”.

El diseño de estas instalaciones se rige bajo códigos nacionales y libros de referencia, dentro los cuales podemos destacar:

- a) Norma técnica para diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 007-19, 2019).
- b) Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial (Instituto Costarricense de acueductos y alcantarillados, 2017).
- c) Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA).

#### **2.4.4. Diseño de instalaciones sanitarias**

Las instalaciones sanitarias corresponden al sistema de recolección y manejo de aguas residuales y pluviales que trabajan generalmente bajo gravedad. El diseño de estas instalaciones se hace mediante guías de referencia y contemplando normas de referencias, entre las que se puede mencionar:

- a) Norma y diseño de establecimientos escolares (MINED, 2008).
- b) Guía de instalaciones sanitarias en edificios. (Soza, 2007).

#### **2.4.5. Software de modelado (REVIT)**

Revit MEP es un software desarrollado por Autodesk que, al igual que las otras versiones de Revit, sigue la metodología BIM. Las siglas “MEP” representan las siglas en inglés Mechanical (Mecánico), Electrical (Eléctrico) and Plumbing (Plomería).

### **2.5. Instalaciones eléctricas**

#### **2.5.1. Definición**

Se denomina instalación eléctrica a los circuitos eléctricos compuestos por conductores, centros de control, equipos, máquinas y aparatos que conforman un sistema eléctrico, utilizado para generar, transformar y distribuir energía eléctrica para diversos usos y servicios, también es parte de MEP.

#### **2.5.2. Tipos de instalaciones eléctricas**

Estas se clasifican generalmente por la intensidad de la tensión a la que trabajan:

- a) Instalaciones de alta tensión.
- b) Instalaciones de media tensión.
- c) Instalaciones de baja tensión.
- d) Instalaciones de muy baja tensión.

#### **2.5.3. Diseño de instalaciones eléctricas**

El diseño de estas instalaciones se hace mediante guías de referencia y contemplando normas de referencias, entre las que se puede referenciar:

1. Código eléctrico nacional (NEC, 2020).
2. ABC de instalaciones eléctricas (Harper, 2019).
3. Instituto Nicaragüense de Energía (INE).

## **2.6. Detección de Interferencias**

La detección de interferencias en Building Information Modeling (BIM) es un proceso crítico en la gestión de proyectos de construcción, que permite identificar y resolver conflictos espaciales entre los diferentes elementos de un modelo digital antes de su ejecución en obra. Este proceso se basa en la integración de disciplinas como la arquitectura, la ingeniería estructural, las instalaciones eléctricas, mecánicas y de fontanería (MEP), entre otras, en un único modelo tridimensional (3D) colaborativo (Azhar, 2011).

El concepto de detección de interferencias se sustenta en la capacidad del software BIM para superponer modelos y analizar colisiones entre componentes. Estas interferencias pueden ser de tipo "duro" (conflictos físicos directos, como tuberías que atraviesan muros) o "blando" (problemas de mantenimiento o acceso futuro) (Eastman, Teicholz, & Sacks, 2011). La identificación temprana de estos conflictos reduce costos, evita retrasos y mejora la calidad del proyecto (Kymmell, 2008).

La metodología para la detección de interferencias implica la creación de modelos 3D detallados, la configuración de reglas de detección y el uso de herramientas especializadas como Navisworks, Solibri o BIMCollab. Estas herramientas permiten realizar análisis automatizados y generar reportes que facilitan la toma de decisiones (Hardin, 2009). Además, la interoperabilidad entre software es clave, ya que los modelos deben ser compatibles con estándares como IFC (Industry Foundation Classes) para garantizar la precisión del análisis (Succar, 2009).

La detección de interferencias en BIM es una práctica esencial en la construcción moderna, que optimiza la coordinación entre disciplinas y contribuye a la eficiencia del proyecto. Su implementación requiere tanto herramientas tecnológicas avanzadas como un enfoque federado entre los actores involucrados.

# **DISEÑO METODOLÓGICO**

### **III. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Este trabajo se enmarca dentro de una investigación proyectiva y aplicada, ya que tiene como propósito desarrollar e implementar una propuesta metodológica basada en la metodología BIM, aplicada directamente al diseño y desarrollo completo de un edificio de índole académica en Nicaragua.

Dado su carácter proyectivo, se orienta hacia la solución de un problema práctico a través de una propuesta concreta, mientras que su enfoque aplicado permite trasladar los conocimientos teóricos del modelado BIM a un contexto real, asegurando que los resultados puedan tener una utilidad directa en futuros proyectos educativos.

#### **3.2. Enfoque metodológico**

Se adopta un enfoque cualitativo, sustentado en la revisión y aplicación de normativas, guías técnicas y procesos BIM. La metodología se diseñó en función del cumplimiento de objetivos específicos del proyecto y se aplicó a lo largo de todas las etapas del desarrollo del edificio.

#### **3.3. Instrumentos de recolección de datos**

Se empleó exclusivamente revisión documental, la cual abarcó: Normativas y estándares internacionales de metodología BIM, Normativas y estándares nacionales de educación primaria y secundaria. Manuales y guías de implementación BIM, Ejemplos de Planes de Ejecución BIM (BEP) y Casos de estudios similares.

#### **3.4. Procesos de Implantación BIM**

El proceso de Implantación BIM abarca: Identificar objetivos, definir usos BIM, diseño de procesos de ejecución BIM y aplicación Práctica.

### 3.5. Objetivos BIM

**Tabla 3: Objetivos BIM**

Prioridad (1-3)	Objetivo	Uso Potencial BIM
1	Crear un modelo único de base de datos del proyecto para poder emitir la documentación.	Modelado 3D, Diseño
1	Representa virtualmente el edificio, conteniendo la información relativa a la arquitectura, estructura y MEP.	Modelado 3D, Diseño
1	Realizar un Análisis de detección de interferencias en el software Navisworks de Autodesk.	Modelado 3D
1	Revisar si el esquema 2D cumple con requisitos según las normas correspondientes.	Diseño
2	Crear un proyecto piloto para trabajos similares.	
2	Realizar un análisis sísmico a través del método modal espectral lineal de la estructura para verificar la vulnerabilidad sísmica utilizando “Reglamento sísmico de Managua 2022” a partir del software ETABS.	Diseño

***Fuente: Elaboración Propia***

En la tabla 3 se presenta los Objetivos BIM que se abordaron en este estudio considerando solamente objetivos en dos rangos (1 y 2).

### 3.6. Usos BIM

En la tabla siguiente se muestran los usos BIM y las etapas del proyecto que abarca el presente estudio.

**Tabla 4: Tabla de Usos BIM**

Diseño	Construcción
Diseño	
Diseño arquitectónico	
Diseño Estructural	
Diseño MEP	
Coordinación de modelos	
Revisión de modelos	

**Fuente: Elaboración Propia**

Cada uso BIM describe y se relaciona con un objetivo de tal forma que se establezcan los recursos, y competencias necesarias para alcanzar el valor potencial máximo esperado de este.

El BIM Project Execution Planning Guide, Version 3.0 (Computer Integrated Construction Research, 2019) ha estandarizado estos usos, y ha establecido los requisitos para encontrar la máxima respuesta en su aplicación. A partir de estos parámetros establecidos en la guía de la Universidad de Pennsylvania se adecuarán a los objetivos descritos en la tabla 3 y se describirá uno a uno, considerando esto la estrategia para alcanzar el máximo valor potencial.

En este caso solamente se consideran 4 usos BIM de primer nivel, y 3 de segundo nivel, aunque se debe tener claro valor que tendrán los usos de segundo nivel en este estudio se enfocará principalmente en los de primer nivel.

### 3.6.1. Coordinación 3D

Coordinación 3D
<b>Descripción</b>
Usar un software de coordinación 3D para compilar un modelo federado de modelos de diseño para realizar la detección automatizada de choques 3D para identificar posibles problemas de coordinación junto con la realización de un análisis visual para identificar posibles problemas de diseño espacial. El modelo compuesto puede incluir elementos de diseño permanentes, elementos de construcción temporales y elementos operativos potenciales, incluidos espacios libres u otros muebles.
<b>Valor potencial</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Reduce o elimina los conflictos de campo y reduce el costo del proyecto</li><li>2. Reduce el cronograma del proyecto</li><li>3. Aumenta la calidad del proyecto</li><li>4. Aumenta la productividad de la fuerza laboral</li><li>5. Reduce los residuos de construcción</li><li>6. Reduce las solicitudes de información generadas en el campo</li><li>7. Aumenta la fiabilidad espacial y permite mayores niveles de prefabricación y modulación</li><li>8. Mejora la calidad de la información as-built</li></ol>
<b>Recursos necesarios</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Modelo diseñado</li><li>2. Software de revisión</li></ol>
<b>Competencias necesarias</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Capacidad para manipular, navegar y revisar un modelo 3D</li><li>2. Capacidad para manejar un modelo 3D</li></ol>



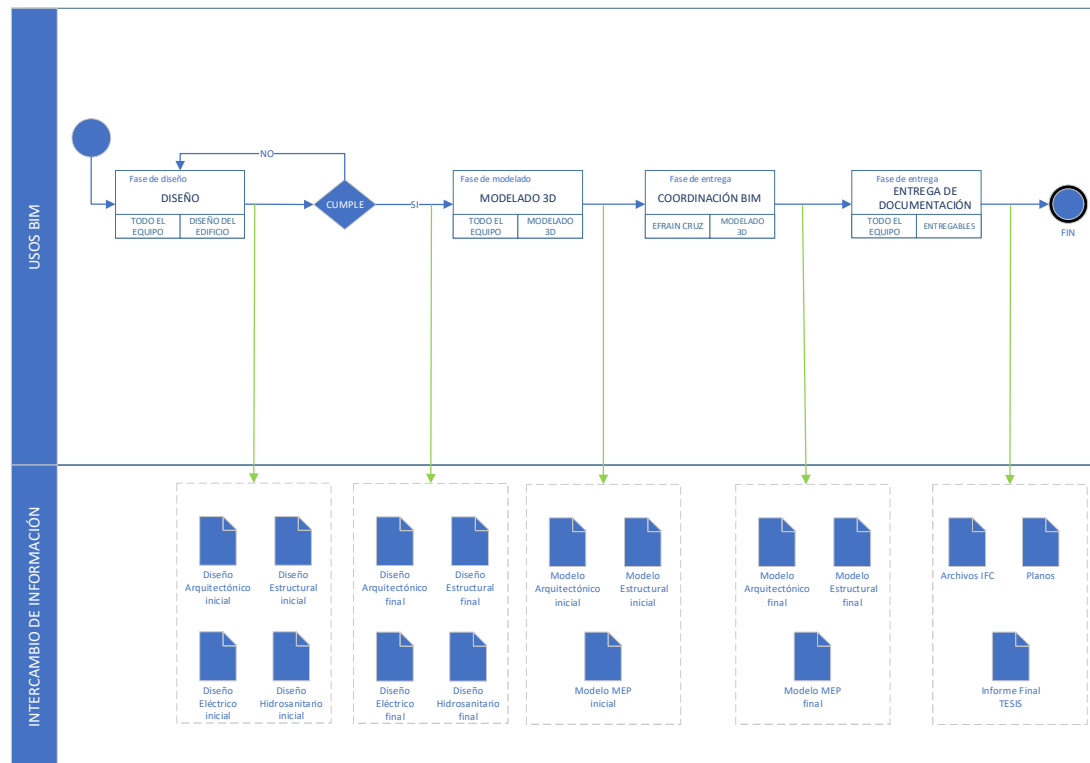
### 3.6.2. Diseño

Diseño
<b>Descripción</b>
Uso de software de autoría BIM para desarrollar un modelo con 3D e información de atributos adicionales para el diseño de una instalación aprovechando una biblioteca de elementos de diseño paramétrico.
<b>Valor potencial</b>
1. Transparencia del diseño para todas las partes interesadas
Mejorar el control y el control de calidad del diseño, el costo y el cronograma.
2. Habilite una potente visualización del diseño.
3. Permita una verdadera colaboración entre las partes interesadas del proyecto y los usuarios BIM.
4. Mejorar el control y la garantía de calidad.
<b>Recursos necesarios</b>
1. Software de diseño
<b>Competencias necesarias</b>
1. Capacidad para crear, manipular, navegar y revisar un modelo 3D
2. Conocimiento de los medios y métodos de construcción.

### 3.7. Diseño de Procesos

#### 3.7.1. Macroproceso (Nivel 1)

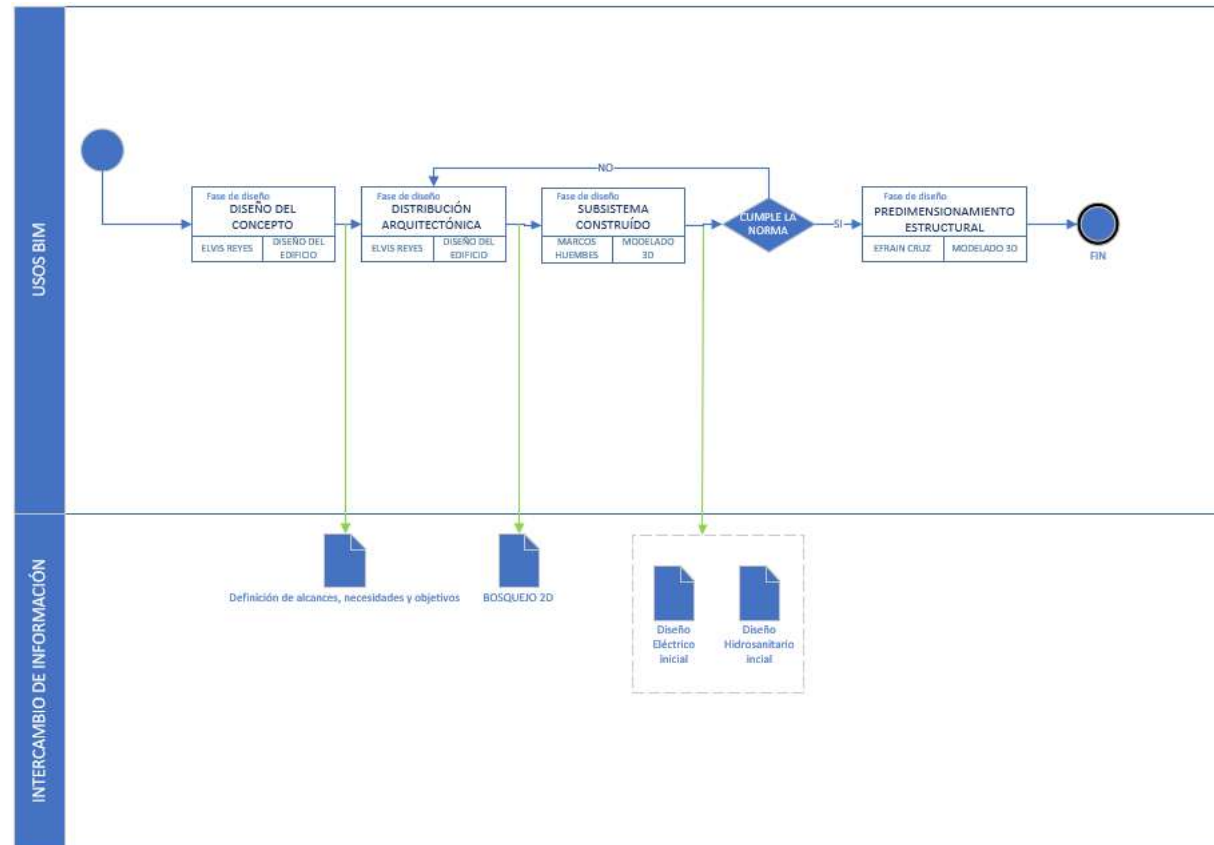
Figura 12: Esquema de Macroproceso de Implantación



Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.2. Diseño (Nivel 2)

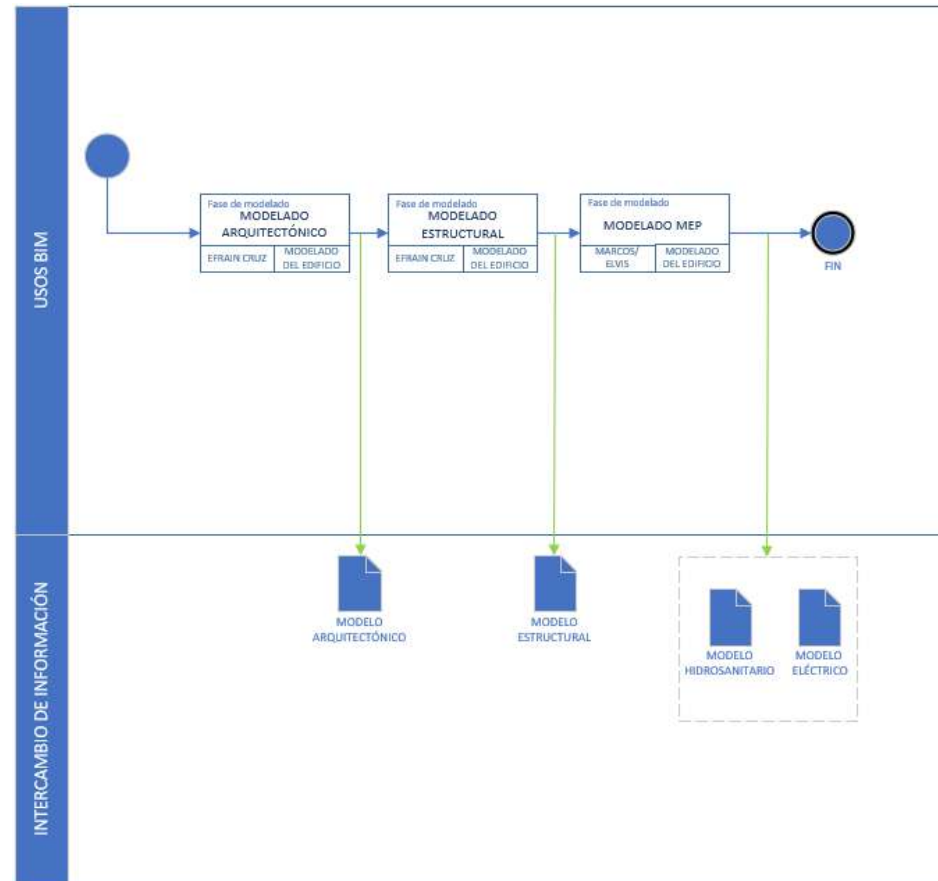
Figura 13: Esquema del proceso de Diseño (Nivel 2).



Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.3. Modelado 3D (Nivel 2)

Figura 14: Esquema de Modelado 3D (Nivel 2)



*Fuente: Elaboración Propia*

# **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

## **IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. Diseño Arquitectónico**

#### **4.1.1. Bosquejo Inicial (1D)**

Se diseñó un edificio escolar apto para estudiantes que conste de 24 aulas de clase y que sea un prototipo que se pueda implementar en todo el municipio de Managua en escuelas públicas y privadas.

#### **4.1.2. Distribución arquitectónica**

##### **a) Diseño de plano arquitectónico inicial 2D con AutoCAD**

El complejo educativo adoptará una configuración basada en marcos rígidos, con dimensiones de 57.15 m de longitud y 30.15 m de ancho, presentando una elevación de 7 m. El planteamiento de diseño obedecerá las directrices establecidas en las "Normas y Criterios para el Diseño de Establecimientos Escolares" (MINED, 2008)

En su estructura, el inmueble estará compuesto por un total de 24 aulas diseñadas para un nivel educativo de secundaria con una capacidad para 35 estudiantes, 4 servicios sanitarios equipados para solventar 6 secciones cada uno, además de 2 escaleras.

##### **➤ Diseño de aulas**

En relación al diseño de las dimensiones de las aulas, se tomó en cuenta lo descrito en la sección 10 de las Normas y Criterios para el diseño de Establecimientos Escolares (MINED, 2008) donde describe que las aulas posean una dimensión mínima de 56 m<sup>2</sup>, 2 puertas de acceso de 0.90 m de ancho cada una, que la orientación solar del aula se encuentre con las ventanas de frente a la dirección norte, para evitar que la luz del sol penetre directamente el salón de clases, que posea una buena iluminación y una muy buena ventilación.

Para el diseño de las dimensiones del edificio, se optó por una estructura simétrica, para reducir los efectos de excentricidad en las columnas, puesto que será un edificio de 2 niveles, por lo que se propone una dimensión de 9 x 9 m medidos a partir de sus ejes, con una separación de 3 m entre columnas y una elevación de 3.5 m para la

primera y segunda planta, con un techo de losa de concreto (Ver Anexo: Plano Arquitectónico: 1 y 2).

➤ Diseño de servicios sanitarios.

El edificio contará con 4 baños diseñados para satisfacer las necesidades de 6 aulas cada uno. En cuanto a su diseño, estos baños poseen una dimensión de 52 m<sup>2</sup>, con una longitud de 9.15 m y un ancho de 6.15 m.

La Normas y Criterios para el diseño de Establecimientos Escolares, en la sección 10.6.e.7, establece que se debe colocar como mínimo un inodoro cada 2 aulas y un urinario por salón en el caso de los alumnos de género masculino, por otra parte, para las féminas hay solamente un inodoro por aula, además se recomienda un lavamanos cada 2 servicios higiénicos.

Tomando como referencia lo anterior, el baño destinado para varones está equipado con 4 lavamanos, 4 urinarios y 3 inodoros, uno de los cuales está diseñado para personas con movilidad reducida. Por otro lado, el baño destinado para damas cuenta con 4 lavamanos y 6 inodoros, incluyendo uno adaptado para personas con movilidad reducida (Ver Anexo: Plano Arquitectónico: 3).

➤ Diseño de pasillos

El cálculo para determinar el ancho de los pasillos se llevará a cabo según lo estipulado por el MINED en la sección 10.7.d.1:

$$\text{Ancho total de salida} = 40 \frac{\text{Ocupantes}}{\text{Aula}} * 24 \text{ Aulas} * 0.2 \frac{\text{In}}{\text{Ocupante}} = 192 \text{ In}$$

$$\text{Ancho de salida} = \frac{\text{Ancho total de salida}}{\# \text{ de salidas}} = \frac{192 \text{ In}}{4} = 48 \text{ In}$$

$$\text{Ancho de pasillo} = \text{Ancho de salida} + 24 \text{ In} = 72 \text{ In} = 1.83 \text{ m}$$

A pesar de que la NTON, en su sección 6.26.b.4, estipula que el ancho mínimo de los pasillos en edificios educativos debe ser de 2.10 m (MTI, 2004), sin embargo, el MINED en la sección 10.7.d.2, permite un ancho mínimo para los corredores de 1.83 m.

Dado que se deben tener en cuenta las consideraciones relacionadas con la longitud de los pasillos y el hecho de que el edificio constará de 2 plantas, se ha tomado la decisión de establecer un corredor con un ancho de 3 m, para mantener la simetría entre los espaciamientos de las columnas.

#### ➤ Diseño de escaleras

El edificio constará con 2 escaleras, tal como lo establece el MINED en la sección 10.7.e. La separación entre escaleras será de 33.15 m, siendo menor que el espaciado máximo de 46 m estipulado en las Normas y Criterios para el diseño de Establecimientos Escolares

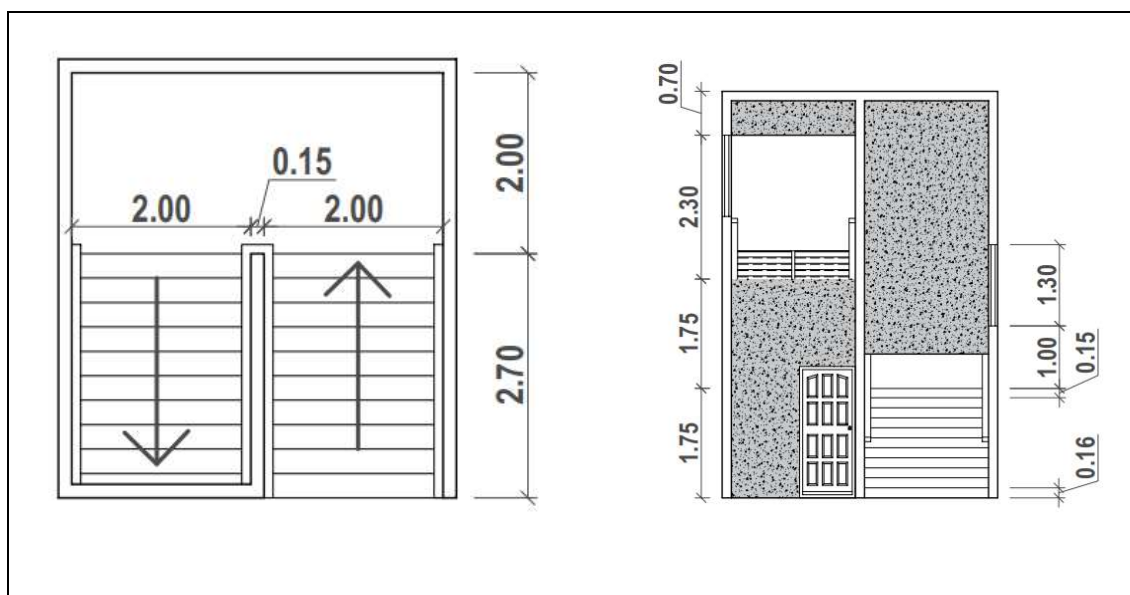
El cálculo para el ancho de escaleras se realizará según lo estipulado por el MINED en la sección 10.7.e.3:

$$\text{Ancho total de salida} = 40 \frac{\text{Ocupantes}}{\text{Aula}} * 12 \text{ Aulas} * 0.3 \frac{\text{In}}{\text{Ocupante}} = 144 \text{ In}$$

$$\text{Ancho de escalera} = \frac{\text{Ancho total de salida}}{\# \text{ de escaleras}} = \frac{144 \text{ In}}{2} = 72 \text{ In} = 1.83 \text{ m}$$

Según lo indicado en la sección 10.7.e.4 del mismo, se establece un ancho mínimo de 1.80 metros para las escaleras. Considerando los cálculos previos, se ha decidido que el ancho de las escaleras será de 2 m.

**Figura 15: Diseño arquitectónico de escaleras**





## **4.2. Diseño de instalaciones hidrosanitarias**

### **4.2.1. Diseño de instalaciones sanitarias destinadas a agua pluvial.**

#### **a) Limitantes del diseño**

Al ser un proyecto piloto no hay datos consistentes sobre precipitaciones exactas del área de ubicación del proyecto, además se considera que hay conexión directa del desagüe del edificio hacia el sistema de drenaje pluvial de la comunidad.

#### **b) Instalaciones sanitarias destinadas a agua pluvial**

Soza (2007) afirma que “Es el sistema de canaletas y/o tuberías que recoge el agua proveniente de las precipitaciones pluviales que caen sobre techos, patios y/o zonas pavimentadas de una edificación, y lo evacúa hacia un sistema de disposición adecuado.”

El diseño de estas depende de parámetros puntuales de la zona y la estructura, tales como:

- Frecuencia de lluvias.
- Área de edificación expuesta a lluvia.
- Intensidad de la precipitación pluvial.
- Caudal de escorrentía.
- Sistema de disposición final con que cuenta la ciudad o lugar donde se encuentra la edificación.

#### **c) Descripción de las instalaciones sanitarias destinadas a agua pluvial**

Las instalaciones cuentan con un sistema simple de manejo de agua pluvial, estas se derivan mediante conductos horizontales que sirven como ductos de recolección y conductos verticales para las bajadas de estas aguas.

#### **d) Parámetros de diseño.**

- Frecuencia de lluvias.

El periodo de diseño oscila de 1 a 40 años, para tener un dato conservador se trabajará con un periodo de retorno de 10 años.

➤ Área de edificación expuesta a lluvia.

El área de recolección de lluvia está compuesta por los paños de losa de techo del edificio.

**Tabla 5: Área de edificación expuesta a lluvia**

<b>Descripción</b>	<b>Long. Mayor m</b>	<b>Long. Menor m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Área m²</b>
A.R. 01	45.000	33.352	5.825	228.20
A.R. 02	18.000	6.348	5.825	70.91
A.R. 03	45.000	33.352	5.825	228.20
A.R. 04	18.000	6.348	5.825	70.91
A.R. 05	56.652	45.000	5.825	296.06
A.R. 06	29.650	18.000	5.825	138.78
A.R. 07	56.652	45.000	5.825	296.06
A.R. 08	29.650	18.000	5.825	138.78

**Fuente: Elaboración Propia**

**e) Intensidad de la precipitación pluvial.**

Según la Revista de Ingeniería y Arquitectura N° 2 del año 2023 elaborada por la Universidad Americana – UAM (Universidad Americana (UAM), 2023), la intensidad de lluvia en la estación del aeropuerto de Managua con un periodo de retorno de 10 años y un tiempo de duración de 1 hora es de 221.64 mm/h, este dato se obtuvo en base a la precipitación máxima anual captada en la estación del aeropuerto de Managua comprendida entre los años 1958 y 2020, según la base de datos del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) (Ver Anexo: Plano Arquitectónico: 04).

#### f) Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía "C", es una medida de la proporcionalidad de la lluvia que se convierte en escorrentía. según Normas de La Alcaldía de Managua, para Techos y calles de asfalto y concreto es de 0.90. (Alcaldia de Managua, 2004)

#### g) Caudal de escorrentía

El caudal de escorrentía (Q en m³/s) es directamente proporcional al área de captación pluvial.

$$Q = A * I * C$$

**Tabla 6: Caudal de escorrentía**

Descripción	Área m²	N° de bajantes	I mm/h	C	Q		Desc. bajante l/s
					m³/s	l/s	
A.R. 01	228.2	4	221.64	0.90	0.012645	12.645	3.161
A.R. 02	70.91	2	221.64	0.90	0.003929	3.929	1.965
A.R. 03	228.2	4	221.64	0.90	0.012645	12.645	3.161
A.R. 04	70.91	2	221.64	0.90	0.003929	3.929	1.965
A.R. 05	296.06	8	221.64	0.90	0.016405	16.405	2.051
A.R. 06	138.78	3	221.64	0.90	0.00769	7.690	2.563
A.R. 07	296.06	8	221.64	0.90	0.016405	16.405	2.051
A.R. 08	138.78	3	221.64	0.90	0.00769	7.690	2.563
<b>TOTAL</b>	<b>1,467.90 m²</b>	<b>34</b>					

*Fuente: Elaboración Propia*

#### h) Diseño de drenaje pluvial

Según las Normas de la Alcaldía de Managua, para los diámetros de los bajantes de desagüe, se deberá cumplir con los parámetros de la tabla 7.

Para un caudal máximo de 3.161 l/s por bajante, según las normativas de la alcaldía de Managua, se recomienda colocar bajantes de 4" de diámetro.

**Tabla 7: Caudales máximos en bajantes de desagües de aguas de lluvia**

Diámetros		Caudales máximos
(mm)	(In)	(l/s)
50	2	0.9
63.5	3	1.65
75	3	2.5
100	4	5.1
125	5	8.95
150	6	14.1
200	8	28.95

*Fuente: (Alcaldía de Managua, 2004)*

#### **4.2.2. Diseño de instalaciones sanitarias destinadas a agua residual**

##### **a) Limitantes del diseño**

Nula información del terreno y nula información de la red de sistema alcantarillado sanitario, se asume que existe

##### **b) Instalaciones sanitarias destinadas a aguas residuales**

Las instalaciones sanitarias son el conjunto de tuberías de conducción, conexiones, obturadores hidráulicos en general como son las trampas tipo P, tipo S, sifones, coladeras, etc., necesarios para la evacuación y ventilación de las aguas negras generadas durante el uso de la edificación.

Según (Soza, 2007) “Las instalaciones sanitarias se dividen en tres clases según el uso del edificio y el servicio que este brinda:

- Primera clase: ésta es de uso privado y se aplica para instalaciones en vivienda, cuartos de baño privado, hoteles o instalaciones similares, destinados a una familia o una persona.
- Segunda clase: ésta es la llamada de uso semipúblico, corresponde a instalaciones en edificios de oficinas, fábricas, o similares, en donde los muebles son usados por un número limitado de personas que ocupan la edificación.

- Tercera clase: a esta clase corresponden las instalaciones de uso público, donde no existe límite en el número de personas ni en el uso, tal es el caso de los baños públicos, sitios de espectáculos y similares.”

El sistema propuesto será de segunda clase con red única y separada del drenaje pluvial.

### **c) Componentes de las instalaciones sanitarias**

Estas instalaciones están diseñadas para recolectar y redirigir las aguas residuales hacia la red general de drenaje, mediante un sistema de evacuación compuesto por tres elementos principales: tuberías de evacuación, sifones o trampas, y tuberías de ventilación. Las tuberías de evacuación, a su vez, se clasifican en tres tipos según la fase del proceso en la que intervienen:

- Ramales o derivaciones: son ductos horizontales que se encargan de recolectar el agua servida por los diferentes aparatos sanitarios hacia el pie de las columnas.
- Columnas: son ductos verticales que encargan de dirigir las aguas recolectadas por los ramales y que posterior sean recogidas por los albañales.
- Albañales o colectoras: tuberías horizontales que llevan el agua servida de una edificación hacia la red municipal de drenaje.

### **d) Condiciones de red de drenaje.**

- Propuesta de pendiente mínima de tuberías con materiales fecales o grasosas de 3%, y máxima del 33%.
- Ubicación de cajas de registro máximo 10 metros lineales de tubería.
- Propuesta de tubería PVC.

**e) Descripción de las instalaciones y aparatos sanitarios conectados a la red de aguas residuales**

El edificio de dos plantas contará con cuatro baterías sanitarias tipo, dos por cada nivel y ubicadas en puntos extremos.

Las baterías sanitarias cumplen con las condiciones mínimas establecidas por la normativa (MINED, 2008). Se usarán derivaciones colectivas para las derivaciones de la red y el tamaño de las tuberías se establecerán de forma ascendente. Dos parámetros importantes del prediseño son la unidad de descarga y diámetros mínimos de las conexiones, Según (Soza, 2007) en el apartado 5.2 “Calculo de instalaciones de drenaje”, la unidad de descarga de cada aparato sanitario hace referencia a la descarga de un lavabo común en uso doméstico correspondiente a un caudal de 20 litros por minuto, de donde se genera una tabla con unidades de descarga y diámetros mínimos en dependencia de la clase de la instalación sanitaria y el aparato sanitario.

Las baterías tipo cuentan con los siguientes aparatos:

**Tabla 8: Aparatos sanitarios conectados en red de desagüe agua residual**

El edificio cuenta con 4 baterías sanitarias tipo:

Descripción de batería tipo			
Aparato Sanitario	Unidad de Descarga (UD)	Clase	Cantidad
Inodoro	5	2da	9
Urinario	2		4
Lavatorio	2		8
Bebedero	1		4

***Fuente: Elaboración Propia***

**Tabla 9: Unidad de descarga y diámetro mínimo de derivación en los aparatos sanitarios**

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Lavabo	1	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	4	4	1 ¼	2	2
Bidet	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Cuarto de baño completo	7	----	----	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 ¼	2	2
Urinario suspendido	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Urinario vertical	----	4	4	----	2	2
Fregadero de viviendas	3	----	----	1 ¼	----	----
Fregadero de restaurante	----	8	8	----	3	3
Lavadero (ropa)	3	3	----	1 ¼	1 ¼	----
Vertedero	----	8	8	4	4	----
Bebedero	1	1	1	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Lavaplatos de Casa	2	----	----	1 ½	----	----
Lavaplatos comercial	----	4	----	----	----	2

**Fuente: (Soza, 2007)**

El análisis del diámetro para cada sub-ramal se realizó por medio de la tabla 9 “*Unidad de descarga y diámetro mínimo de derivación en los aparatos sanitarios*”, de donde se obtuvieron los siguientes datos de diámetros mínimos.

**Tabla 10: Análisis de sub-ramales de batería sanitaria**

Aparato Sanitario	Cantidad	UD	φ min (in)	Sub-ramal
Inodoro	9	5	3	1-I-(1-9)
Urinario	4	2	1.25	1-U-(1-4)
Lavatorio	8	2	1.25	1-L-(1-8)
Bebedero	4	1	1.25	1-B-(1-4)

**Fuente: Elaboración Propia**

Se usarán redes de ventilación de tipo simple ubicadas sobre las columnas de descarga de aguas residuales, constituidas por tuberías verticales de un mismo diámetro con el fin de crear una comunicación con el aire exterior y evitar el sifonamiento del sistema. Según (Soza, 2007) el dimensionamiento de estas depende directamente del diámetro de las columnas y la distancia de la tubería proyectada, con el que se utiliza la siguiente tabla:

**Tabla 11: Diámetro de ventiladores por unidad de peso sobre desagüe**

Diámetro de desagüe vertical	Unidades de peso conectadas.	Diámetro de Ventiladores Requeridos								
		1 ¼	1 ½	2"	2	3"	4"	5"	6"	8"
		Máxima longitud del ventilador en pies								
1 ¼	2	3								
1 ½	8	5	15							
1 ½	10	3	10							
2	12	3	75	20						
2	20	2	50	15						
2 ½	42		30	10	30					
3	10		30	10	20	60				
3	30			60	20	50				
3	6			50	80	40				
4	100			35	10	26	100			
4	200			30	90	25	900			
4	500			20	70	18	700			
5	200				35	80	350	100		
5	500				30	70	300	900		
5	1100				20	50	200	700		
6	350				25	50	200	400	130	
6	620				15	30	125	300	110	
6	960					24	100	250	100	
6	1900					20	70	200	700	

**Fuente: (Soza, 2007)**

#### **f) Diseño de la red de recolección de aguas residuales**

(Soza, 2007) Establece que “Las derivaciones o ramales se calculan a partir del conocimiento del número de descarga a las que dará servicio dicha tubería, esto se logra con la suma de las unidades de descarga de todos los muebles sanitarios que va a desalojar la derivación.”



El análisis de un sistema de batería sanitaria se analiza desde los sub-ramales hasta la tubería principal, posterior el análisis de la red global de drenaje (Ver Anexo: Plano Batería Sanitaria tipo: 01).

Las dimensiones de los ramales y sub-ramales que recolectan las aguas servidas de los aparatos sanitarios se diseñaron según la unidad de descarga que este transporte y la pendiente propuesta de la tubería, para lo que se requiere de siguiente tabla de “Diámetro de las derivaciones en colector”. Teniendo por datos ramales, sub-ramales, unidad de descarga, pendiente de tuberías y diámetros de estas conectados de manera directa se procede a proponer los diámetros nominales de las derivaciones:

**Figura 16: Número máximo de unidad de descarga por derivación.**

Derivación en colector		Número máximo de unidades de descarga			
mm	pulg.	Derivación horizontal s=0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 ½	1	1	1	1
38	1 ½	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 ½	10	12	15	18
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	114
125	5	144	180	234	280
150	6	264	330	440	580
200	8	696	870	1150	1680
250	10	1392	1740	2500	3600
300	12	2400	3000	4200	6500
350	14	4800	6000	8500	135000

**Fuente: Elaboración Propia**

**Tabla 12: Diseño de los ductos horizontales de evacuación del sistema “Batería S. 1”**

Ramal	Sub-ramales		UD	UD total		Pendiente %			φ min propuesto (in)			
	Ramal	Ramal		ramal	1er S.	ramal	1er S.	ramal	1er S.	2do S.		
R4	1-I-7	-	5	15	-	3	-	3	3	-		
	1-I-8	-	5				-		3	-		
	1-I-9	-	5				-		3	-		
R7	1-U-1	-	2	8	-	2	-	2.5	1.25	-		
	1-U-2	-	2				-		1.25	-		
	1-U-3	-	2				-		1.25	-		
	1-U-4	-	2				-		1.25	-		
R9	R5	1-B-3	1	10	2	1	1	2.5	1.5	1.25		
		1-B-4	1							1.25		
	R6	1-L-5	2		8		1		1	2.5	2.5	1.25
		1-L-6	2									1.25
		1-L-7	2									1.25
		1-L-8	2									1.25

Ramal	Sub-ramales		UD	UD total		Pendiente %		ϕ min propuesto (in)		
	Ramal	Ramal		ramal	1er S.	ramal	1er S.	ramal	1er S.	2do S.
R8	R1	1-L-1	2	40	8		1		2.5	1.25
		1-L-2	2							1.25
		1-L-3	2							1.25
		1-L-4	2							1.25
	R2	1-B-1	1		2	1		1.5	1.25	
		1-B-2	1						1.25	
	R3	1-I-1	5		30	3	3	3	3	
		1-I-2	5						3	
		1-I-3	5						3	
		1-I-4	5						3	
		1-I-5	5						3	
		1-I-6	5						3	

**Fuente: Elaboración Propia**

Teniendo por datos ramales, sub-ramales, unidad de descarga, pendiente de tuberías y diámetros de sub-ramales conectados de manera directa a los estos se procede a proponer los diámetros nominales de las derivaciones mostrados en la tabla 12.

La definición de nomenclatura de las derivaciones en el sistema propuesto para una batería sanitaria se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 13: Simbología para Diseño de los ductos horizontales de evacuación del sistema “Batería S. 1”**

Derivación	Información
S-1	Sifón o caja de registro del sistema recolector de aguas residuales de una batería sanitaria
R4, R7, R8, R9	Ramales de conexión directa al sifón de una batería sanitaria con pendientes y diámetros varios
R1, R2, R3, R5, R6, 1-I-(1-9), 1-U-(1-4), 1-L-(1-8), 1-B-(1-4)	Sub-ramales conectados a ramales de una batería sanitaria con pendientes y diámetros varios

*Fuente: Elaboración Propia*

La representación gráfica del sistema de drenaje completo se muestra en la siguiente imagen:

**Figura 17: Representación del sistema de drenaje**



*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 14: Diámetro de ductos verticales, ductos horizontales y sifones del sistema de drenaje de agua residual del edificio.**

<b>Elemento de Evacuación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>UD acum.</b>	<b>Pend. %</b>	<b>φ Propuesto (in)</b>	<b>Información</b>
Sifón	S1	73	-	-	sifón batería sanitaria 1
	S2	73	-	-	sifón batería sanitaria 2
	S3	73	-	-	sifón batería sanitaria 3
	S4	73	-	-	sifón batería sanitaria 4
Columna	C 1-3	73	-	4	columna conexión Bat. San. 1 y Bat. San. 2
	C 2-4	73	-	4	columna conexión Bat. San. 2 y Bat. San. 4
Conexión de sifones	CS 1-2	146	3	5	conexión de sifón S1 y S2
Ramal principal	RP	292	3	6	Ramal principal que conecta el agua residual del sistema con sistema de alcantarillado sanitario

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 15: Red de ventilación**

<b>Elemento de Ventilación</b>		<b>Columna a Ventilar</b>	<b>φ de Columna</b>	<b>φ Elemento de Ventilación</b>	<b>Información</b>
<b>Símbolo</b>	<b>longitud (ft)</b>				
V 1	14	C 1-3	4	2	ventilación de columna C 1-3
V 2	14	C 2-4	4	2	ventilación de columna C 2-4

*Fuente: Elaboración Propia*

El diseño de los ductos verticales (columnas), ductos horizontales principales (conexión de sifones) y sifones del sistema se analiza mediante la misma ideología conociendo el número de descarga acumulada del sistema, así lo plantea (Soza, 2007) para el cálculo de diámetros de ductos de agua residuales.

El diseño de red de ventilación cuenta con dos tuberías verticales ubicadas sobre C 1-3 y C 2-4.

#### **4.2.3. Diseño de instalaciones sanitarias destinadas a agua potable**

##### **a) Limitantes del diseño**

No se cuenta con información detallada sobre el sistema de agua potable de la comunidad, por lo que se asume la existencia de un sistema que cubre las necesidades mínimas del edificio.

Se establece una presión mínima de diseño de 15 mca para el sistema hidráulico.

El análisis del diseño se realizará considerando un suministro de agua potable por gravedad.

La red hidráulica no contempla el caudal requerido para sistemas contra incendios, ya que el edificio forma parte de un complejo escolar que ya cuenta con una red específica para este propósito.

El tanque de almacenamiento se tratará como un diseño independiente, debido a la falta de información y posibles eventualidades.

La red contra incendios no se incluye en este diseño, ya que se considera como un sistema independiente del edificio y se encuentra integrada en el complejo escolar, el cual ya dispone de infraestructura para este propósito.

##### **b) Instalaciones hidráulicas**

Las instalaciones hidráulicas comprenden el conjunto de tuberías, accesorios, válvulas, equipos, griferías y aparatos sanitarios que conforman el sistema de suministro de agua potable en una edificación, con el objetivo de garantizar la protección de la salud, la seguridad y el bienestar de los usuarios.

Según Rodríguez Sosa (2007), “un diseño de sistema de agua debe proveer suficiente cantidad de agua para servir cada aparato o dispositivo, de buena calidad, de manera constante y al menor costo”.

El sistema propuesto funcionará exclusivamente con tuberías para agua fría. Tanto las tuberías como los accesorios serán de PVC, adecuados para este tipo de instalación.

### **c) Condiciones hidráulicas de la red**

La red se diseñará mediante el “método de Hunter” o “teoría de la probabilidad de gastos en las tuberías”, donde se estiman las siguientes condiciones de diseño:

- Presión máxima estática menor a 70 mca.
- Presión mínima de entrada a aparatos sanitarios de 2 mca (Soza, 2007).
- Rango de velocidad permisible entre 0.6 m/s a 3 m/s (INAA).
- Presión mínima en aparato sanitario más alejado de la fuente principal será de 8 lb/in<sup>2</sup> según (MINED, 2008).

### **d) Condiciones sobre instalación de aparatos sanitarios en la red**

La altura de conexión de cada aparato sanitario serán los contemplados en “Normas y criterios para el diseño de establecimientos escolares” (MINED, 2008), donde se establece que para establecimientos escolares de nivel secundario se hará uso de las normas mínimas de accesibilidad (NTON 12006-04, 2004).

**Tabla 16: Aparatos sanitarios conectados en el sistema hidráulico**

<b>Aparato sanitario</b>	<b>Altura sobre NPT</b>
Lavamanos	1.0 m
Inodoros	0.3 m
Urinarios	1.0 m
Bebederos	0.8 m

**Fuente: (NTON 12006-04, 2004)**

#### **e) Descripción de la red a agua potable del edificio**

El agua suministrada abastecerá el consumo de cuatro baterías sanitarias y los bebederos del edificio.

El diámetro de los ramales será de manera descendiente, desde la conexión del edificio hasta los aparatos conectados. La dotación del edificio será la designada por las (MINED, 2008) a como lo contempla (NTON 09 007-19, 2021) en su apartado 6.2.3. Consumo comercial, industrial, público e institucional.

La unidad de descarga (UM) para emplear el “método de Hunter” se obtendrán mediante la referencia (Soza, 2007).

La red hidráulica está compuesta por líneas principales (tuberías no conectadas a los accesorios) y líneas secundarias (tuberías conectadas a los accesorios).

#### **f) Diseño de la red de agua potable.**

La red de distribución de agua de un edificio se debe diseñar para que todos los aparatos sanitarios funcionen correctamente y satisfaga las demandas máximas del edificio.

El caudal de entrada de la red se estima mediante la dotación estimada del edificio, mientras que la distribución de tuberías internas será mediante el gasto probable planteado según el “método de Hunter”.

El cálculo del caudal de entrada del edificio se genera mediante la dotación que contempla el (MINED, 2008) en su apartado 9.8.a.3 donde se establece una dotación de 15 galones por alumno por día; el número de ocupantes se proyecta a capacidad máxima de 870 personas.

El diseño de las líneas de conducción de la red mediante el método probabilístico de Hunter, plantea el uso de los consumos de cada aparato sanitario nombrados “Unidad de Gasto” para el diseño de los diámetros de líneas de conducción partiendo desde los ramales extremos con menor consumo a los ramales principales, teniendo en cuenta el factor de uso proporcionado en este método para calcular el ducto a utilizarse y sus características hidráulicas.



**Tabla 17: Caudal de red hidráulica**

<b>CAUDAL DE ENTRADA DE LA RED INTERNA</b>			
Dotación	15	gal/alumno/día	Dotación
	56.775	lts/alumno/día	
Alumnos	870	-	Alumnos
Q	0.572	lts/seg	Caudal

***Fuente: Elaboración Propia***

El diseño de las líneas de conducción de la red mediante el método probabilístico de Hunter, plantea el uso de los consumos de cada aparato sanitario nombrados “Unidad de Gasto” para el diseño de los diámetros de líneas de conducción partiendo desde los ramales extremos con menor consumo a los ramales principales, teniendo en cuenta el factor de uso proporcionado en este método para calcular el ducto a utilizarse y sus características hidráulicas.

Los sub-ramales se generaron del extremo hacia la tubería principal.

El gasto de los aparatos sanitarios se obtuvo mediante la Tabla III. “Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios (aparatos de uso público)” establecidos en (Soza, 2007); los gastos sobre las tuberías se obtienen mediante forma acumulativa hacia la red principal.

Factor de uso sobre la cantidad de aparatos sanitarios conectados a la tubería se obtuvieron mediante la Tabla IX. “Factores de uso” con referencia (Soza, 2007).

El método de Hunter plantea un gasto probable sobre una sección tubular como el producto del gasto sobre la tubería que generan los aparatos conectados y el factor de uso.

El diámetro calculado hace referencia a las leyes de continuidad planteadas por Bernoulli partiendo de una velocidad propuesta que incluya en el rango permitido mediante (INAA).

Las pérdidas en el sistema serán calculadas mediante las fórmulas de Hazen Williams.

El coeficiente de rugosidad del Cloruro de Polivinilo (PVC) “C” será de 150 a como se contempla en (NTON 09 003-99, 1999).

Los coeficientes de perdidas menores en accesorios se tomaron de la Tabla 9.2 “Factores K para accesorios” según (Irving H. Shames, 1995).

Teniendo en cuenta todas las condiciones mencionadas y como referencia a (Soza, 2007), se realizó el análisis de las líneas principales y secundarias que abastecen el sistema hidráulico del edificio para una batería sanitaria tipo, obteniéndose el resultado de diámetros para el sistema presentado en la tabla 19.

El análisis de las condiciones y parámetros hidráulicos del sistema para las baterías sanitarias del edificio se realizó en Microsoft Excel que se encuentra en anexos del mismo documento en cuestión.

La representación gráfica de la distribución del sistema hidráulico para una batería sanitaria tipo se muestra en anexos (Ver Anexos: Planos Hidrosanitarios: 01 y 02).

**Tabla 18: Condiciones particulares del sistema hidráulico**

Dato	Magnitud	Unidad	Observación
1 UG	5	gpm	Unidad de Gasto
	0.315	lps	
C	150	-	Coeficiente de rugosidad (PVC)
Vmin	0.6	m/s	velocidad mínima
Vprop	3	m/s	velocidad propuesta
Vmáx	3	m/s	velocidad máxima
V	1.14E-06	m <sup>2</sup> /s	viscosidad cinemática
g	9.81	m/s <sup>2</sup>	gravedad
P inicial	15	mca	presión inicial al sistema de A. P.

**Fuente: Elaboración Propia**

**Tabla 19: Diámetro de líneas principales y secundarias**

Línea	Nodo Inicial	Nodo Final	Aparato conectado	D propuesto (in)	Tipo de línea	Observación
<b>1</b>	-	-	-	1	Principal	Línea principal
1	N1-3	N1-5	B1	1	Secundaria	Conexión bebedera a línea 1
			B2	1	Secundaria	Conexión bebedera a línea 1
<b>2</b>	-	-	-	1.25	Principal	Línea principal
2	N1-3	N1-4	L1	0.75	Secundaria	Conexión lavamanos a línea 2
			L2	0.75	Secundaria	Conexión lavamanos a línea 2
			L3	0.75	Secundaria	Conexión lavamanos a línea 2
			L4	0.75	Secundaria	Conexión lavamanos a línea 2
<b>3</b>	-	-	-	1	Principal	Línea principal
3	N1-6	N1-8	B3	1	Secundaria	Conexión bebedera a línea 3
			B4	1	Secundaria	Conexión bebedera a línea 3
<b>4</b>	-	-	-	1.25	Principal	Línea principal
4	N1-6	N1-7	L5	0.75	Secundaria	Conexión lavamanos a línea 4
			L6	0.75	Secundaria	Conexión lavamanos a línea 4
			L7	0.75	Secundaria	Conexión lavamanos a línea 4
			L8	0.75	Secundaria	Conexión lavamanos a línea 4
<b>1</b>	<b>N1-3</b>	<b>N1-5</b>	-	0.75	Principal	Línea principal

Línea	Nodo Inicial	Nodo Final	Aparato conectado	D propuesto (in)	Tipo de línea	Observación
3	N1-7	N1-9	-	0.75	Principal	Línea principal
5	N1-2	N1-3	-	1.25	Principal	Línea principal
6	N1-2	N1-6	-	1.25	Principal	Línea principal
7	-	-	-	2.75	Principal	Línea principal
7	N1-1	N1-2	I1	1.25	Secundaria	Conexión inodora a línea 7
			I2	1.25	Secundaria	Conexión inodora a línea 7
			I3	1.25	Secundaria	Conexión inodora a línea 7
			I4	1.25	Secundaria	Conexión inodora a línea 7
			I5	1.25	Secundaria	Conexión inodora a línea 7
			I6	1.25	Secundaria	Conexión inodora a línea 7
			I7	1.25	Secundaria	Conexión inodora a línea 7
			I8	1.25	Secundaria	Conexión inodora a línea 7
			I9	1.25	Secundaria	Conexión inodora a línea 7
			U1	1	Secundaria	Conexión urinaria a línea 7
			U2	1	Secundaria	Conexión urinaria a línea 7
			U3	1	Secundaria	Conexión urinaria a línea 7
			U4	1	Secundaria	Conexión urinaria a línea 7
8	NPB	N1-1	-	2.75	Principal	Línea principal

*Fuente: Elaboración Propia*

### **4.3. Diseño de instalaciones eléctricas**

#### **4.3.1. Limitantes del diseño**

El edificio al estar ubicado a un complejo de edificios cuenta con un suministro directo de corriente a los paneles de distribución. El centro de carga del edificio estará ubicado en la parte externa próxima al edificio y las caídas de tensión se consideran nulas.

#### **4.3.2. Descripción de la instalación eléctrica del edificio**

La instalación eléctrica del edificio empieza a partir de la acometida que proviene de la red de distribución y termina en una de las muchas líneas que alimentan cualquier dispositivo eléctrico de la construcción. Esta instalación está formada por los siguientes tramos:

- Red de distribución.
- Protección de alimentación.
- Línea principal.
- Centro de carga.
- Sub-paneles.
- Circuito o línea que alimenta los equipos eléctricos.
- Puesta a tierra.

El suministro eléctrico se realizará desde una fuente que proporciona corriente alterna Bifásica al centro de carga general.

#### **4.3.3. Descripción de los componentes conectados a la red eléctrica**

Los consumidores de corriente eléctrica se pueden dividir en grupos según su funcionamiento:

- Iluminación y accesorios.
- Climatización.

- Aparatos electrónicos.
- Varios.

#### 4.3.4. Diseño de iluminación

El diseño de iluminación está delimitado por la NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE DE ACCESIBILIDAD NTON 12 006-04 que contempla en su apartado” 6.21. Iluminación de interiores “los niveles de LUX mínimos recomendados para interiores.

Se generó la tabla de cálculos que incluyen tipo y cantidad de iluminación planteada en el diseño de los diversos espacios de la estructura, teniendo una misma propuesta para los niveles de planta baja (PB) y planta alta (PA).

**Tabla 20: Propuesta de luminaria**

<b>Tipo</b>	<b>Información</b>	<b>Observación</b>
A	LUMINARIA EMPOTRABLE LED REDONDO ACE 9" 18W 6000K 1600LM 100-240V ACE	catálogo de SINSA
B	LUMINARIA EMPOTRABLE BLANCO LED 25000HRS 100V-240V REDONDO SYLVANIA:5": 9W:6000K:500LM	catálogo de SINSA

***Fuente: Elaboración Propia***

**Tabla 21: Propuesta de Lux para interiores**

Espacio	Área (m²)	Ocupación	Lux Min (Lm/ m²)	Lúmenes Min (Lm)	Propuesta De Luminaria		No. De Luminarias	Propuesta
					tipo	lúmenes		
1	81	Salón de clase	700	56700	A	1600	35.4	36
2	81	Salón de clase	700	56700	A	1600	35.4	36
3	81	Salón de clase	700	56700	A	1600	35.4	36
4	81	Salón de clase	700	56700	A	1600	35.4	36
5	81	Salón de clase	700	56700	A	1600	35.4	36
6	81	Salón de clase	700	56700	A	1600	35.4	36

<b>Espacio</b>	<b>Área (m²)</b>	<b>Ocupación</b>	<b>Lux Min (Lm/ m²)</b>	<b>Lúmenes Min (Lm)</b>	<b>Tipo</b>	<b>Lúmenes</b>	<b>No. De Luminarias</b>	<b>Propuesta</b>
7	81	Salón de clase	700	56700	A	1600	35.4	36
8	81	Salón de clase	700	56700	A	1600	35.4	36
9	81	Salón de clase	700	56700	A	1600	35.4	36
10	81	Salón de clase	700	56700	A	1600	35.4	36
11	81	Salón de clase	700	56700	A	1600	35.4	36
12	81	Salón de clase	700	56700	A	1600	35.4	36



<b>Espacio</b>	<b>Área ( m²)</b>	<b>Ocupación</b>	<b>Lux Min (Lm/ m²)</b>	<b>Lúmenes Min (Lm)</b>	<b>Tipo</b>	<b>Lúmenes</b>	<b>No. De Luminarias</b>	<b>Propuesta</b>
13	27	Lectura de texto	700	18900	A	1600	11.8	12
14	27	Lectura de texto	700	18900	A	1600	11.8	12
15	54	Batería sanitaria	500	27000	A	1600	16.9	20
16	54	Batería sanitaria	500	27000	A	1600	16.9	20
17	189	Pasillo	300	56700	B	500	113.4	124
18	189	Pasillo	300	56700	B	500	113.4	124

***Fuente: Elaboración Propia***

#### 4.3.5. Diseño de tomacorrientes

El diseño de tomacorrientes depende del uso de los espacios y de la cantidad de personas proyectadas, en general se puede considerar la instalación de un tomacorriente por cada cuatro personas; los tomacorrientes son de estilo doble.

La tabla 22 muestra la cantidad de tomacorrientes necesario en los diferentes espacios, el diseño de planta baja (PB) y planta alta (PA) son congruentes.

**Tabla 22: Diseño de tomacorrientes planta baja (PB) y planta alta (PA)**

<b>Espacio</b>	<b>Personas Proyectadas</b>	<b>Toma/Persona</b>	<b>No. De Tomacorrientes</b>	<b>Propuesta</b>
1	36	0.25	9	10
2	36	0.25	9	10
3	36	0.25	9	10
4	36	0.25	9	10
5	36	0.25	9	10
6	36	0.25	9	10
7	36	0.25	9	10
8	36	0.25	9	10
9	36	0.25	9	10
10	36	0.25	9	10
11	36	0.25	9	10
12	36	0.25	9	10
13	18	0.25	4.5	6
14	18	0.25	4.5	6
15	10	0.25	2.5	4
16	10	0.25	2.5	4
17	22	0.25	5.5	6
18	22	0.25	5.5	6

**Fuente: Elaboración Propia**

#### 4.3.6. Diseño de climatización

Los ambientes climatizados serán los doce salones de clase que mantienen las mismas características.

El diseño involucra generadores de calor, cantidad de personas y espacio dentro del área de diseño, sin embargo, existen métodos empíricos de diseño que involucran únicamente el área en planta del espacio diseñado mediante tabulación:

**Tabla 23: Tabulación empírica para diseño de climatizadores**

ÁREA (m2)	Ambiente Residencial	Ambiente Comercial
9 m2	7.000 BTU	7.000 BTU
12 m2	7.000 BTU	9.000 BTU
15 m2	9.000 BTU	12.000 BTU
20 m2	12.000 BTU	16.000 BTU
25 m2	15.000 BTU	20.000 BTU
30 m2	18.000 BTU	24.000 BTU
35 m2	21.000 BTU	28.000 BTU
40 m2	24.000 BTU	32.000 BTU
45 m2	27.000 BTU	36.000 BTU
50 m2	30.000 BTU	40.000 BTU
60 m2	36.000 BTU	48.000 BTU
70 m2	42.000 BTU	56.000 BTU
80 m2	48.000 BTU	64.000 BTU
90 m2	54.000 BTU	72.000 BTU
100 m2	60.000 BTU	80.000 BTU

***Fuente: Elaboración Propia***

Se generó una tabla de cálculos de los BTU necesario para climatizar las áreas analizadas, en donde PB y PA tienen diseños congruentes.

**Tabla 24: Diseño de climatizadores planta baja (PB) y planta alta (PA)**

Espacio	Área (m <sup>2</sup> )	BTU	Propuesta de Climatizador		No. de Climatizador	Propuesta
			Tipo	BTU		
1	81	48600	A	12000	4.1	4
2	81	48600	A	12000	4.1	4
3	81	48600	A	12000	4.1	4
4	81	48600	A	12000	4.1	4
5	81	48600	A	12000	4.1	4
6	81	48600	A	12000	4.1	4
7	81	48600	A	12000	4.1	4
8	81	48600	A	12000	4.1	4
9	81	48600	A	12000	4.1	4
10	81	48600	A	12000	4.1	4
11	81	48600	A	12000	4.1	4
12	81	48600	A	12000	4.1	4

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 25: Propuesta de climatizador**

Tipo	Información	Observación
A	TCL Aire Acondicionado Inverter TAC12CSA2I16 12000BTU	Catalogado

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.3.7. Consumo de corriente por circuitos de iluminación PB y PA

La intensidad de corriente eléctrica (I) en un circuito se calcula mediante la ley de Ohm, donde la intensidad de corriente es el resultado de dividir voltaje entre resistencia. En un sistema en paralelo las intensidades de corriente se suman y el voltaje permanece con la misma magnitud.

Se generó una tabla de cálculos de intensidad de corriente para cada circuito planteado en los dos niveles de la estructura:

**Tabla 26: Consumo de corriente por cada circuito de iluminación (PB)**

Espacio	Circuito	Cantidad de Elementos	Sistema Paralelo				Observación
			V parcial	P parcial	I parcial	I total	
1	C 01	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
1	C 02	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
2	C 03	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
2	C 04	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
3	C 05	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
3	C 06	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
4	C 07	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
4	C 08	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo

Espacio	Circuito	Cantidad de Elementos	Sistema Paralelo				Observación
			V parcial	P parcial	I parcial	I total	
5	C 09	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
5	C 10	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
6	C 11	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
6	C 12	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
7	C 13	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
7	C 14	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
8	C 15	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
8	C 16	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo

Espacio	Circuito	Cantidad de Elementos	Sistema Paralelo				Observación
			V parcial	P parcial	I parcial	I total	
9	C 17	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
9	C 18	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
10	C 19	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
10	C 20	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
11	C 21	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
11	C 22	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
12	C 23	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
12	C 24	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo

Espacio	Circuito	Cantidad de Elementos	Sistema Paralelo				Observación
			V parcial	P parcial	I parcial	I total	
13	C 25	12	110	18	0.2	2.4	1 circuito compuesto por 12 elementos conectados en paralelo
14	C 26	12	110	18	0.2	2.4	1 circuito compuesto por 12 elementos conectados en paralelo
15	C 27	10	110	18	0.2	2	1 circuito compuesto por 10 elementos conectados en paralelo
15	C 28	10	110	18	0.2	2	1 circuito compuesto por 10 elementos conectados en paralelo
16	C 29	10	110	18	0.2	2	1 circuito compuesto por 10 elementos conectados en paralelo
16	C 30	10	110	18	0.2	2	1 circuito compuesto por 10 elementos conectados en paralelo
17	C 31	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
17	C 32	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo



Espacio	Circuito	Cantidad de Elementos	Sistema Paralelo				Observación
			V parcial	P parcial	I parcial	I total	
17	C 33	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
17	C 34	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
17	C 39	12	110	18	0.2	2.4	1 circuito compuesto por 12 elementos conectados en paralelo
18	C 35	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
18	C 36	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
18	C 37	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
18	C 38	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
18	C 40	12	110	18	0.2	2.4	1 circuito compuesto por 12 elementos conectados en paralelo

**Fuente: Elaboración Propia**

**Tabla 27: Consumo de corriente por cada circuito de iluminación (PA)**

Espacio	Circuito	Cantidad de Elementos	Sistema Paralelo				Observación
			V parcial	P parcial	I parcial	I total	
1	C 01	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
1	C 02	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
2	C 03	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
2	C 04	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
3	C 05	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
3	C 06	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
4	C 07	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
4	C 08	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo

Espacio	Circuito	Cantidad de Elementos	Sistema Paralelo				Observación
			V parcial	P parcial	I parcial	I total	
5	C 09	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
5	C 10	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
6	C 11	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
6	C 12	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
7	C 13	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
7	C 14	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
8	C 15	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
8	C 16	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo

Espacio	Circuito	Cantidad de Elementos	Sistema Paralelo				Observación
			V parcial	P parcial	I parcial	I total	
9	C 17	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
9	C 18	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
10	C 19	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
10	C 20	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
11	C 21	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
11	C 22	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
12	C 23	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
12	C 24	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo

Espacio	Circuito	Cantidad de Elementos	Sistema Paralelo				Observación
			V parcial	P parcial	I parcial	I total	
11	C 21	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
11	C 22	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
12	C 23	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
12	C 24	18	110	18	0.2	3.6	1 circuito compuesto por 18 elementos conectados en paralelo
13	C 25	12	110	18	0.2	2.4	1 circuito compuesto por 12 elementos conectados en paralelo
14	C 26	12	110	18	0.2	2.4	1 circuito compuesto por 12 elementos conectados en paralelo
15	C 27	10	110	18	0.2	2	1 circuito compuesto por 10 elementos conectados en paralelo
15	C 28	10	110	18	0.2	2	1 circuito compuesto por 10 elementos conectados en paralelo

Espacio	Circuito	Cantidad de Elementos	Sistema Paralelo				Observación
			V parcial	P parcial	I parcial	I total	
16	C 29	10	110	18	0.2	2	1 circuito compuesto por 10 elementos conectados en paralelo
16	C 30	10	110	18	0.2	2	1 circuito compuesto por 10 elementos conectados en paralelo
17	C 31	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
17	C 32	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
17	C 33	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
17	C 34	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
17	C 39	12	110	18	0.2	2.4	1 circuito compuesto por 12 elementos conectados en paralelo
18	C 35	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo

Espacio	Circuito	Cantidad de Elementos	Sistema Paralelo				Observación
			V parcial	P parcial	I parcial	I total	
18	C 36	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
18	C 37	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
18	C 38	28	110	18	0.2	5.6	1 circuito compuesto por 28 elementos conectados en paralelo
18	C 40	12	110	18	0.2	2.4	1 circuito compuesto por 12 elementos conectados en paralelo

***Fuente: Elaboración Propia***

#### 4.3.8. Consumo de corriente por circuitos de tomacorriente PB y PA.

Se genero una tabla de cálculos de intensidad de corriente para cada circuito planteado en los niveles de la estructura:

**Tabla 28: Consumo de corriente por cada circuito de tomacorrientes (PB)**

Espacio	Circuito	Cantidad De Tomas	Sistema Paralelo			
			V Parcial	P Parcial	I Parcial	I Total
1	CT 1	10	110	180	1.6	16
2	CT 2	10	110	180	1.6	16
3	CT 3	10	110	180	1.6	16
4	CT 4	10	110	180	1.6	16
5	CT 5	10	110	180	1.6	16
6	CT 6	10	110	180	1.6	16
7	CT 7	10	110	180	1.6	16
8	CT 8	10	110	180	1.6	16
9	CT 9	10	110	180	1.6	16
10	CT 10	10	110	180	1.6	16
11	CT 11	10	110	180	1.6	16
12	CT 12	10	110	180	1.6	16
13	CT 13	6	110	180	1.6	9.6
14	CT 14	6	110	180	1.6	9.6
15	CT 15	4	110	180	1.6	6.4
16	CT 16	4	110	180	1.6	6.4
17	CT 17	6	110	180	1.6	9.6
18	CT 18	6	110	180	1.6	9.6

***Fuente: Elaboración Propia***



**Tabla 29: Consumo de corriente por cada circuito de tomacorrientes (PA)**

Espacio	Circuito	Cantidad de Tomas	Sistema Paralelo			
			V Parcial	P Parcial	I Parcial	I Total
1	CT 1	10	110	180	1.6	16
2	CT 2	10	110	180	1.6	16
3	CT 3	10	110	180	1.6	16
4	CT 4	10	110	180	1.6	16
5	CT 5	10	110	180	1.6	16
6	CT 6	10	110	180	1.6	16
7	CT 7	10	110	180	1.6	16
8	CT 8	10	110	180	1.6	16
9	CT 9	10	110	180	1.6	16
10	CT 10	10	110	180	1.6	16
11	CT 11	10	110	180	1.6	16
12	CT 12	10	110	180	1.6	16
13	CT 13	6	110	180	1.6	9.6
14	CT 14	6	110	180	1.6	9.6
15	CT 15	4	110	180	1.6	6.4
16	CT 16	4	110	180	1.6	6.4
17	CT 17	6	110	180	1.6	9.6
18	CT 18	6	110	180	1.6	9.6

***Fuente: Elaboración Propia***

#### **4.3.9. Consumo de corriente por climatizadores PB y PA.**

La tabla 24 muestra la intensidad de corriente para cada circuito planteado en los dos niveles de la estructura

**Tabla 30: Consumo de climatizadores (PB)**

Espacio	Circuito	Cantidad de Climatizadores	Sistema Paralelo			
			V Parcial	P Parcial	I Parcial	I Total
1	CC 1	4	220	1000	4.5	18
2	CC 2	4	220	1000	4.5	18
3	CC 3	4	220	1000	4.5	18
4	CC 4	4	220	1000	4.5	18
5	CC 5	4	220	1000	4.5	18
6	CC 6	4	220	1000	4.5	18
7	CC 7	4	220	1000	4.5	18
8	CC 8	4	220	1000	4.5	18
9	CC 9	4	220	1000	4.5	18
10	CC 10	4	220	1000	4.5	18
11	CC 11	4	220	1000	4.5	18
12	CC 12	4	220	1000	4.5	18

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 31: Consumo de climatizadores (PA)**

Espacio	Circuito	Cantidad de Climatizadores	Sistema Paralelo			
			V Parcial	P Parcial	I Parcial	I Total
1	CC 1	4	220	1000	4.5	18
2	CC 2	4	220	1000	4.5	18
3	CC 3	4	220	1000	4.5	18
4	CC 4	4	220	1000	4.5	18
5	CC 5	4	220	1000	4.5	18
6	CC 6	4	220	1000	4.5	18
7	CC 7	4	220	1000	4.5	18
8	CC 8	4	220	1000	4.5	18

Espacio	Circuito	Cantidad de Climatizadores	Sistema Paralelo			
			V Parcial	P Parcial	I Parcial	I Total
9	CC 9	4	220	1000	4.5	18
10	CC 10	4	220	1000	4.5	18
11	CC 11	4	220	1000	4.5	18
12	CC 12	4	220	1000	4.5	18

**Fuente: Elaboración Propia**

#### **4.3.10. Propuesta de circuitos por panel de distribución**

Los paneles de distribución contarán con las características necesarias que requieran las instalaciones, estas serán: amperaje máximo, fases a conectar, capacidad de espacios y voltaje.

**Tabla 32: Propuesta de panel de distribución**

Tipo	Información	Observación
A	Tablero CHP 3F CON prevista para main CH 120-240V:30espacios: empotrar:225AMP	Inventario de SINSA
B	centro de carga 42 espacios 3F C/main 3X150 S/ cubierta SQD	

**Fuente: Elaboración Propia**

La distribución de los circuitos será de tal manera que las fases tengan intensidades de consumo similares y compartan espacios o funciones en común. La capacidad del breakers a instalar depende de la intensidad de corriente que ocupen los circuitos conectados, para lo que se hizo una propuesta de breakers a utilizarse descrita en la siguiente tabla:

**Tabla 33: Propuesta de breakers**

Tipo	Información	Observación
A	Breaker enchufable 1P bticino:15AMP	catálogo de Sinsa
B	Breaker enchufable 1P 120-240V square D:20AMP	
C	Breaker enchufable 1P CH 120-240V:30AMP	
D	Breaker enchufable 1P 120-240V square D:40AMP	
E	Breaker enchufable 1P bticino:50AMP	

**Fuente:** *Elaboración Propia*

El calibre y la distribución de colores de los conductores eléctricos serán los recomendados por (NEC, 2020) con la ayuda de la tabla 34.

**Tabla 34: Propuesta de calibre conductor eléctrico AWG**

Cable de cobre RHW, THW o THWN a 75°C	
Calibre	Amperaje máximo (Amax)
14	15
12	20
10	30
8	50

**Fuente:** *Elaboración Propia*

Se generó una tabla de distribución de circuitos en los cuatro paneles propuestos de la siguiente manera:

**Tabla 35: Propuesta de circuito para panel 1PB tipo A, circuitos de iluminación y tomacorrientes (PB)**

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
							Fase	Neutro	Tierra	
Numeral	Tipo						Negro	Blanco	Verde	
1	C	1	C 01	3.6	21.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sistema de iluminación espacios 1, 2 y 3
		1	C 02	3.6		110				
		2	C 03	3.6		110				
		2	C 04	3.6		110				
		3	C 05	3.6		110				
		3	C 06	3.6		110				
2	C	4	C 07	3.6	21.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sistema de iluminación espacios 4, 5 y 6
		4	C 08	3.6		110				
		5	C 09	3.6		110				
		5	C 10	3.6		110				
		6	C 11	3.6		110				
		6	C 12	3.6		110				
3	C	7	C 13	3.6	21.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sistema de iluminación espacios 7, 8 y 9
		7	C 14	3.6		110				
		8	C 15	3.6		110				
		8	C 16	3.6		110				
		9	C 17	3.6		110				

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
Numeral	Tipo						Fase Negro	Neutro Blanco	Tierra Verde	
		9	C 18	3.6		110				
4	C	10	C 19	3.6	21.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sistema de iluminación espacios 10, 11 y 12
		10	C 20	3.6		110				
		11	C 21	3.6		110				
		11	C 22	3.6		110				
		12	C 23	3.6		110				
		12	C 24	3.6		110				
5	C	13	C 25	2.4	24.8	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sistema de iluminación espacios 13 y 17
		17	C 31	5.6		110				
		17	C 32	5.6		110				
		17	C 33	5.6		110				
		17	C 34	5.6		110				
6	C	14	C 26	2.4	24.8	110	1 #12	1 #12	1 #12	

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
Numeral	Tipo						Fase Negro	Neutro Blanco	Tierra Verde	
6		18	C 35	5.6	24.8	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sistema de iluminación espacios 14 y 18
		18	C 36	5.6		110				
		18	C 37	5.6		110				
		18	C 38	5.6		110				
7	A	15	C 27	2	6.4	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sistema de iluminación espacios 15 y 17
		15	C 28	2		110				
		17	C 39	2.4		110				
8	A	16	C 29	2	6.4	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sistema de iluminación espacios 16 y 18
		16	C 30	2		110				
		18	C 40	2.4		110				
9	B	1	CT 1	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 1
10	B	2	CT 2	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 2

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
Numeral	Tipo						Fase Negro	Neutro Blanco	Tierra Verde	
11	B	3	CT 3	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 3
12	B	4	CT 4	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 4
13	B	5	CT 5	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 5
14	B	6	CT 6	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 6
15	B	7	CT 7	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 7
16	B	8	CT 8	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 8
17	B	9	CT 9	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 9
18	B	10	CT 10	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 10



Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
Numeral	Tipo						Fase Negro	Neutro Blanco	Tierra Verde	
19	B	11	CT 11	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 11
20	B	12	CT 12	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 12
21	A	13	CT 13	9.6	9.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 13
22	A	14	CT 14	9.6	9.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 14
23	A	15	CT 15	6.4	6.4	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 15
24	A	16	CT 16	6.4	6.4	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 16
25	A	17	CT 17	9.6	9.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 17
26	A	18	CT 18	9.6	9.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sist. Toma espacio 18

**Tabla 36: Propuesta de circuito para panel 2PB tipo A, circuito de climatizadores planta baja (PB)**

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
							Fase	Neutro	Tierra	
Numeral	Tipo						Negro	Blanco	Verde	
27	C	1	CC 1	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	Sist. de Climatización espacio 1
28	C	2	CC 2	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	Sist. de Climatización espacio 2
29	C	3	CC 3	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	Sist. de Climatización espacio 3
30	C	4	CC 4	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	Sist. de Climatización espacio 4
31	C	5	CC 5	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	Sist. de Climatización espacio 5

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
							Fase	Neutro	Tierra	
Numeral	Tipo						Negro	Blanco	Verde	
32	C	6	CC 6	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	Sist. de Climatización espacio 6
33	C	7	CC 7	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	Sist. de Climatización espacio 7
34	C	8	CC 8	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	Sist. de Climatización espacio 8
35	C	9	CC 9	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	Sist. de Climatización espacio 9
36	C	10	CC 10	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	Sist. de Climatización espacio 10

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
Numeral	Tipo						Fase Negro	Neutro Blanco	Tierra Verde	
37	C	11	CC 11	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	Sist. de Climatización espacio 11
38	C	12	CC 12	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	Sist. de Climatización espacio 12

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 37: Propuesta de circuito para panel 1PA tipo A, circuitos de iluminación y tomacorrientes (PA)**

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
Numeral	Tipo						Fase Negro	Neutro Blanco	Tierra Verde	
1	C	1	C 01	3.6	21.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	Sistema de iluminación espacios 1, 2 y 3
		1	C 02	3.6		110				
		2	C 03	3.6		110				
		2	C 04	3.6		110				
		3	C 05	3.6		110				
		3	C 06	3.6		110				

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
							Fase	Neutro	Tierra	
Numeral	Tipo					Negro	Blanco	Verde		
2	C	4	C 07	3.6	21.6	110				Sistema de iluminación espacios 1, 2 y 3
		4	C 08	3.6		110				
		5	C 09	3.6		110	1 #12	1 #12	1 #12	
		5	C 10	3.6		110				
		6	C 11	3.6		110				
		6	C 12	3.6		110				
3	C	7	C 13	3.6		110				Sistema de iluminación espacios 4, 5 y 6
		7	C 14	3.6		110				
		8	C 15	3.6	21.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	
		8	C 16	3.6		110				
		9	C 17	3.6		110				
		9	C 18	3.6		110				
4	C	10	C 19	3.6		110				sistema de iluminación espacios 10, 11 y 12
		10	C 20	3.6		110	1 #12	1 #12	1 #12	
		11	C 21	3.6		110				
		11	C 22	3.6		110				
		12	C 23	3.6		110				
		12	C 24	3.6		110				

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
Numeral	Tipo						Fase Negro	Neutro Blanco	Tierra Verde	
5	C	13	C 25	2.4	21.6	110				Sistema de iluminación espacios 13 y 17
		17	C 31	5.6		110				
		17	C 32	5.6		110	1 #12	1 #12	1 #12	
		17	C 33	5.6		110				
		17	C 34	5.6		110				
6	C	14	C 26	2.4		110				Sistema de iluminación espacios 14 y 18
		18	C 35	5.6		110				
		18	C 36	5.6	21.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	
		18	C 37	5.6		110				
		18	C 38	5.6		110				
7	C	15	C 27	2	6.4	110				sistema de iluminación espacios 15 y 17
		15	C 28	2		110	1 #12	1 #12	1 #12	
		17	C 39	2.4		110				
8	C	16	C 29	2	6.4	110	1 #12	1 #12	1 #12	sistema de iluminación espacios 16 y 18
		16	C 30	2		110				
		18	C 40	2.4		110				
9	B	1	CT 1	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 1

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
							Fase	Neutro	Tierra	
Numeral	Tipo						Negro	Blanco	Verde	
10	B	2	CT 2	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 2
11	B	3	CT 3	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 3
12	B	4	CT 4	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 4
13	B	5	CT 5	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 5
10	B	2	CT 2	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 2
11	B	3	CT 3	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 3
12	B	4	CT 4	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 4
13	B	5	CT 5	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 5
14	B	6	CT 6	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 6

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
							Fase	Neutro	Tierra	
Numeral	Tipo						Negro	Blanco	Verde	
15	B	7	CT 7	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 7
16	B	8	CT 8	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 8
17	B	9	CT 9	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 9
18	B	10	CT 10	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 10
19	B	11	CT 11	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 11
20	B	12	CT 12	16	16	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 12
21	A	13	CT 13	9.6	9.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 13
22	A	14	CT 14	9.6	9.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 14
23	A	15	CT 15	6.4	6.4	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 15



Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
							Fase	Neutro	Tierra	
Numeral	Tipo						Negro	Blanco	Verde	
24	A	16	CT 16	6.4	6.4	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 16
25	A	17	CT 17	9.6	9.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 17
26	A	18	CT 18	9.6	9.6	110	1 #12	1 #12	1 #12	sist. Toma espacio 18
27	C	1	CC 1	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	sist. de Climatización espacio 1
28	C	2	CC 2	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	sist. de Climatización espacio 2
29	C	3	CC 3	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	sist. de Climatización espacio 3
30	C	4	CC 4	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	sist. de Climatización espacio 4

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
Numeral	Tipo						Fase	Neutro	Tierra	
							Negro	Blanco	Verde	
31	C	5	CC 5	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	sist. de Climatización espacio 5
32	C	6	CC 6	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	sist. de Climatización espacio 6
33	C	7	CC 7	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	sist. de Climatización espacio 7
34	C	8	CC 8	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	sist. de Climatización espacio 8
35	C	9	CC 9	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	sist. de Climatización espacio 9

Breaker		Espacio	Circuito	I (AMP) Intensidad	I Total	V (Voltios) Voltaje	Líneas De Alimentación (THWN)			Descripción Del Sistema Y Área De Protección
Numeral	Tipo						Fase	Neutro	Tierra	
							Negro	Blanco	Verde	
36	C	10	CC 10	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	sist. de Climatización espacio 10
37	C	11	CC 11	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	sist. de Climatización espacio 11
38	C	12	CC 12	18	18	220	2 #10	1 #10	1 #12	sist. de Climatización espacio 12

***Fuente: Elaboración Propia***

#### 4.4. Diseño estructural

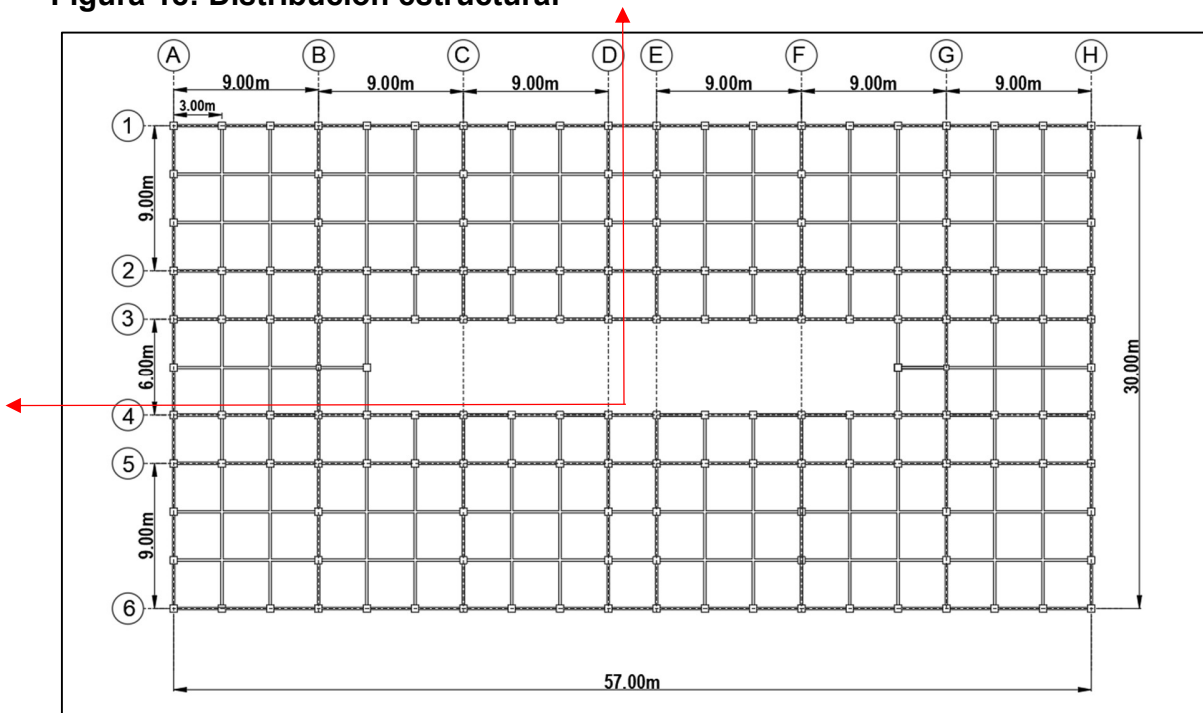
Se propone un sistema estructural de marcos dúctiles de concreto con losas macizas donde su diseño estructural estará compuesto primeramente de un predimensionamiento según el ACI 318-19, considerando la sección de la norma correspondiente para cada elemento. Una vez se obtengan estas medidas iniciales se procederá a modelar, analizar y diseñar en el programa ETABS de CSI.

Es importante recalcar que el edificio contará con un sistema de diafragma rígido, con una azotea.

##### 4.4.1. Predimensionamiento Estructural

Se propone una distribución estructural inicial a como se muestra en la figura 18, nótese que la estructura es totalmente simétrica, por lo cual se definirán losas, columnas, vigas y zapatas tipo a partir de sección noreste del edificio a como sigue:

**Figura 18: Distribución estructural**

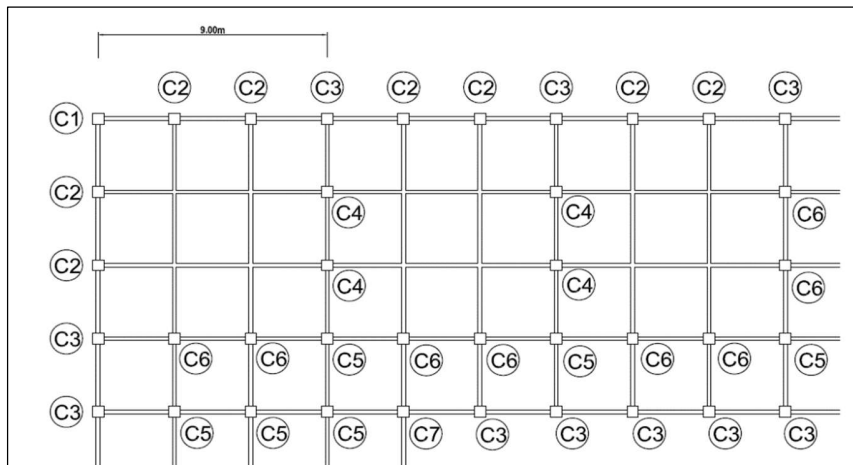


**Fuente: Elaboración Propia**

### a) Columnas

Debido a que en el código ACI no establece dimensiones mínimas para estos elementos se propone una columna típica de 35cmx35cm como sección de prueba inicial la cual será el punto de partida para la propuesta final de cada columna tipo.

### Figura 19: Columnas tipo



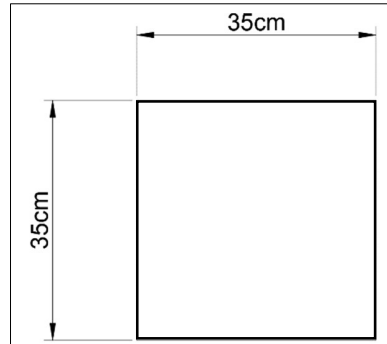
**Fuente: Elaboración Propia**

### Tabla 38: Columnas Tipo

Ítem	Descripción	Símbolo	Ancho propuesto (m)	Alto propuesto (m)	Observación
1	Columna esquinera	C1	0.35	0.35	Columna tipo: propuesta para análisis inicial de la estructura.
2	Columna de borde	C2	0.35	0.35	
3	Columna de borde	C3	0.35	0.35	
4	Columna interior	C4	0.35	0.35	
5	Columna interior	C5	0.35	0.35	
6	Columna interior	C6	0.35	0.35	
7	Columna interior	C7	0.30	0.30	

**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 20: Columnas tipo**



**Fuente: Elaboración Propia**

Para esta sección de prueba se propondrá una cuantía de acero que satisfaga la mínima y máxima como lo establece la sección 10.6.1.1, un número y separación de varillas que cumpla la sección 10.73.1 y la 25.2.3 respectivamente del ACI 318-19 para ser modelado consecuentemente en el software ETABS de CSI, y diseñar a partir de este las columnas de la estructura.

➤ Acero mínimo y máximo

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

$$A_g * 0.01 \leq \rho \leq A_g * 0.08$$

Donde:  $A_g = a * b = 0.35m * 0.35m = 0.123 m^2$

$$0.123 m^2 * 0.01 \leq \rho \leq 0.123 m^2 * 0.08$$

$$0.0012 m^2 \leq \rho \leq 0.0098 m^2$$

$$1225 mm^2 \leq \rho \leq 9800 mm^2$$

Por lo anterior se proponen 8 varillas de 1" (25mm) de diámetro con un  $F_y = 60ksi$  (Grado 60), las cuales acumulan un área de acero total de  $4080 mm^2$  Cumpliendo así el rango

de acero mínimo y máximo, además supera el número de varillas mínimas (4) descrito en la sección 10.7.3.1 del ACI 318-19.

➤ Separación.

La sección 25.2.3 Establece que la separación mínima como:

$$S_{min} = \max(40mm, 1.5 d_b) = \max(40mm, 1.5 * 25mm) = 40mm$$

La separación propuesta para 8 varillas se calcula como sigue:

$$S = \frac{b - 2 * \text{recubrimiento} - \text{no. varillas} * d_b - 2 * d_{bT}}{\text{No. Varillas} - 1}$$

$$S = \frac{350mm - 2 * 40mm - 3 * 25mm - 2 * 9.5mm}{3 - 1}$$

$$S = 88 mm$$

Por lo cual cumple el espaciamiento mínimo ya que 88mm es mayor a 40mm

**Tabla 39: Límites del refuerzo longitudinal**

Ítem	Descripción	Símbolo	UM	Magnitud	Observación
1	Ancho de columna	Ag	m	0.35	Propuesto
2	Alto de columna	b	m	0.35	Propuesto
3	Área bruta	Ag	m <sup>2</sup>	0.12	
4	Cuantía mínima	ρ <sub>min</sub>	mm <sup>2</sup>	1,225.00	Sección 10.6.1.1. ACI 318-19
5	Cuantía Máxima	ρ <sub>max</sub>	mm <sup>2</sup>	9,800.00	Sección 10.6.1.1. ACI 318-19
6	Cuantía Propuesta	ρ	mm <sup>2</sup>	4,080.00	8 varillas 1" corrugada-G 60
7	Diámetro de ref. long.	d <sub>b</sub>	mm	25.00	Varilla 1" Grado 60
8	Separación mínima	S <sub>min</sub>	mm	40.00	
9	Recubrimiento		mm	40.00	Tabla 20.5.1.3.1-ACI318-19
10	Diámetro de ref. trans	d <sub>bT</sub>	mm	9.50	Varillas de 3/8" Grado 60
11	Separación propuesta	S	mm	88.00	

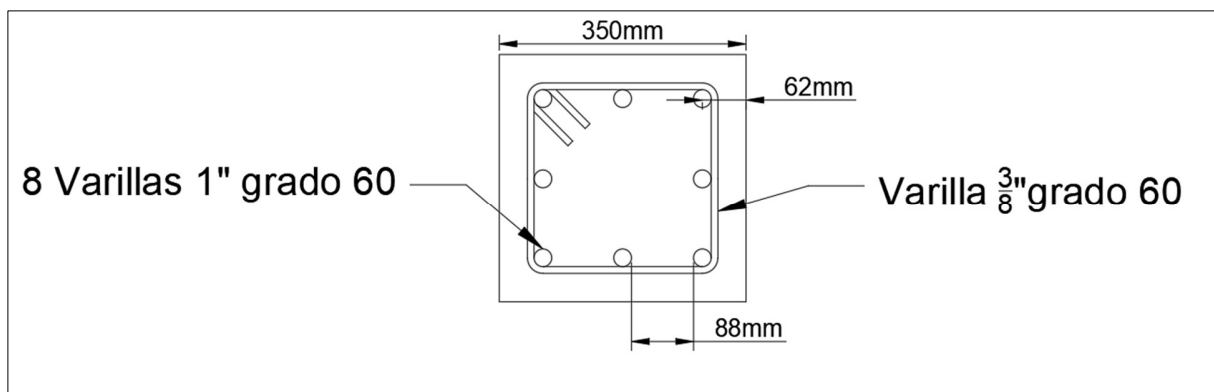
**Fuente: Elaboración Propia**

➤ Refuerzo Transversal (Estribos)

Se proponen estribos 3/8" (9.5mm) Grado 60. cumpliendo así la sección 25.7.2.2 del ACI318-19, así mismo el espaciamiento máximo de los estribos según 25.7.2.1. es el menor entre 16 veces el diámetro de la barra longitudinal, 48 veces la barra de estribos o la base de menor de la columna, dando como resultado que la Separación máxima debe ser 350mm, por lo cual es posible proponer un solo estribo de 350mmx350mm con una esquina de estribo con ángulo interior de 135°.

A partir de la separación de las varillas longitudinales de 88mm se cumple la separación máxima entre una varilla apoyada lateralmente establecida en la sección 25.7.2.3 de 150mm.

**Figura 21: Columna C1 propuesta**



*Fuente: Elaboración Propia*

**b) Vigas**

El sistema fusible de la estructura será propuesto a partir de la viga más crítica del sistema, es decir, la viga con el claro con magnitud mayor. En la tabla siguiente se muestra que el claro mayor de las vigas tipo es 9 metros y corresponde a la Viga V1 (ver Figura 22 y 23)

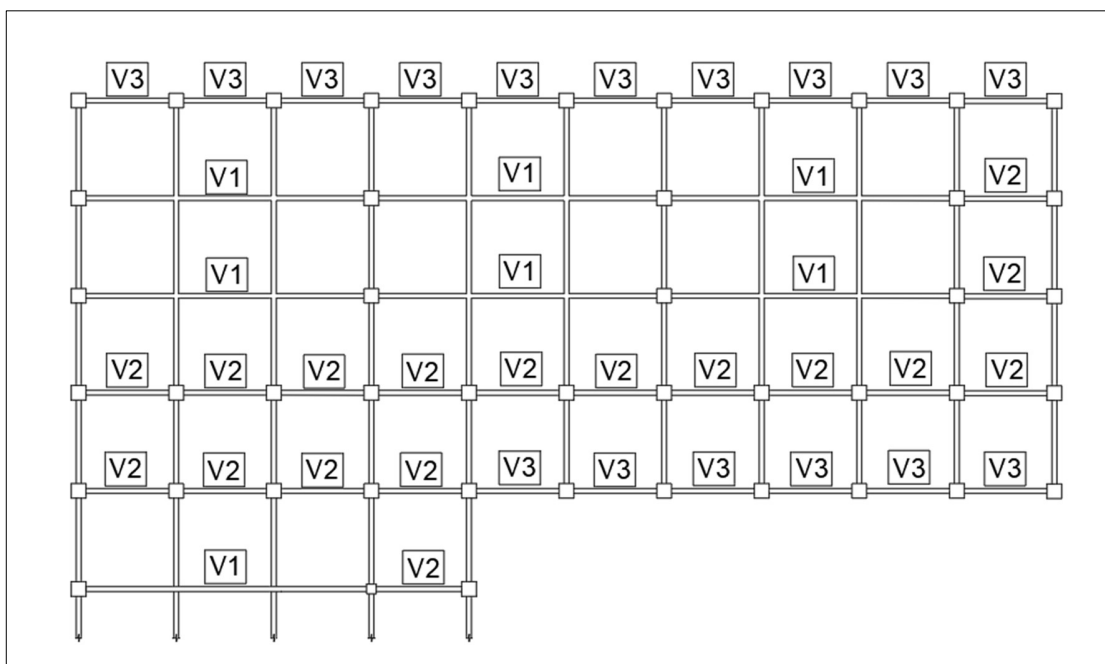


**Tabla 40: Descripción de vigas tipo**

Ítem	Descripción	Símbolo	Claro libre (m)	Ancho propuesto (m)	Observación
1	Viga interior	V1	9.00	0.35	Viga en condición crítica
2	Viga interior	V2	3.00	0.35	
3	Viga perimetral	V3	3.00	0.35	
3	Viga interior	V4	6.00	0.35	

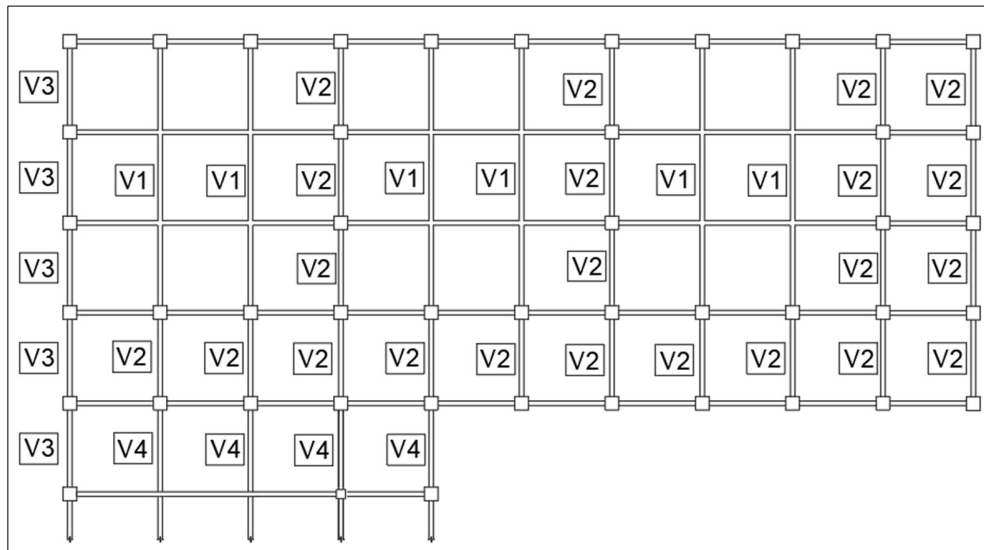
*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 22: Vigas tipo en la dirección Este -Oeste**



*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 23: Vigas tipo en la dirección Norte-Sur**



**Fuente: Elaboración Propia**

- Altura mínima de la viga según la sección 9.3.1.1 del ACI 318-19

**Tabla 41: Altura mínima de vigas no preesforzadas**

<b>Tabla 9.3.1.1 — Altura mínima de vigas no preesforzadas</b>	
<b>Condición de apoyo</b>	<b>Altura mínima, <math>h</math> <sup>(1)</sup></b>
Simplemente apoyada	$\ell/16$
Con un extremo continuo	$\ell/18.5$
Ambos extremos continuos	$\ell/21$
En voladizo	$\ell/8$

<sup>(1)</sup> Los valores son aplicables al concreto de peso normal y  $f_y = 420$  MPa.  
Para otros casos, la altura mínima  $h$  debe modificarse de acuerdo con 9.3.1.1.1 a 9.3.1.1.3, según corresponda.

**Fuente: (ACI, 2019)**

Se tomará la condición número 2 de la tabla 9.3.1.1 del ACI 318-19, tomando en cuenta que es la condición crítica de la viga V1, Con un extremo continuo.

$$h = \frac{l}{18.5} = \frac{9.0 \text{ m}}{18.5} = 0.49 \text{ m}$$

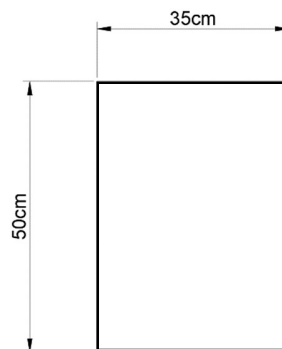
Se propone una viga de una altura  $h = 0.50\text{m}$  y un ancho  $a = 0.35\text{m}$

**Tabla 42: Viga típica propuesta**

Ítem	Descripción	Símbolo	UM	Magnitud	Observación
1	Claro	$l$	m	9.00	
2	Ancho de la viga	$a$	m	0.35	Ancho propuesto
3	Alto de viga mínimo	$h_{\min}$	m	0.49	ACI 318-19. 9.3.1.1 caso 2
4	Alto de viga propuesto	$h$	m	0.50	

*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 24: Viga Típica propuesta**



*Fuente: Elaboración Propia*

### c) Losa de entrepiso y azotea

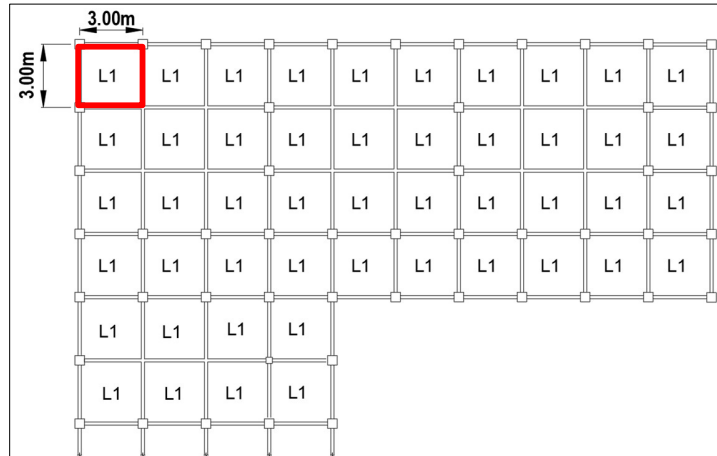
Se propone una losa bidireccional con vigas con relación entre los claros igual a 1, en la cual se muestra solamente una losa tipo, que será de la que dependa el espesor de todo el sistema colector de cargas descrita según la tabla 43.

**Tabla 43: Descripción de Losa tipo**

Ítem	Descripción	Símbolo	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Observación
1	Losa	L1	3.00	3.00	9.00	Losa bidireccional con vigas

*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 25: Losas tipo**



*Fuente: Elaboración Propia*

El espesor mínimo de la losa se calculará según la sección 8.3.1.2 ACI 318-19.

**Tabla 44: Espesor mínimo de losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos**

**Tabla 8.3.1.2 — Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados**

$\alpha_{fm}^{[1]}$	Espesor mínimo, $h$ , mm	
$\alpha_{fm} \leq 0.2$	Se aplica 8.3.1.1	(a)
$0.2 < \alpha_{fm} \leq 2.0$	Mayor de:	$h = \frac{\ell_n \left( 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)}$
		125
$\alpha_{fm} > 2.0$	Mayor de:	$h = \frac{\ell_n \left( 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$
		90

*Fuente: (ACI, 2019)*

Primeramente, se calculará el  $\alpha_f$  de la viga como lo establece la sección 8.10.2.7 del CI 318-14 que la define de la siguiente manera:

$$\alpha_f = \frac{E_{CB} * I_B}{E_{CS} * I_S}$$

Donde:

$E_{CB}$  = Módulo de elasticidad de la viga

$E_{CS}$  = Módulo de elasticidad de la losa

$I_B$  = Momento de Inercia de la viga

$I_S$  = Momento de Inercia de la losa

En este caso los módulos de elasticidad tienen la misma magnitud, por lo cual, la ecuación se simplifica a la expresión:

$$\alpha_f = \frac{I_B}{I_S}$$

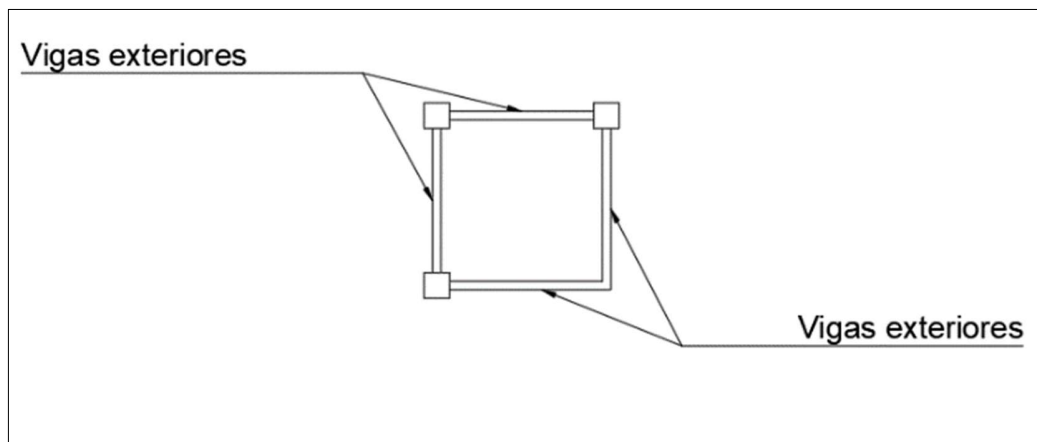
Las inercias de losa y viga se tomarán del panel esquinero el cual tiene las condiciones críticas de los apoyos (señalado de color rojo en figura 25), las inercias se calcularán en el software AutoCad de Autodesk para la exactitud del cálculo a partir de las siguientes consideraciones:

**Tabla 45: Condiciones iniciales de Inercia de viga y losa**

Ítem	Descripción	Símbolo	UM	Magnitud	Observación
1	Espesor propuesto	hl	m	0.10	Propuesta inicial
2	Altura de la viga	hv	m	0.50	
3	Base de la viga	av	m	0.35	

**Fuente: Elaboración Propia**

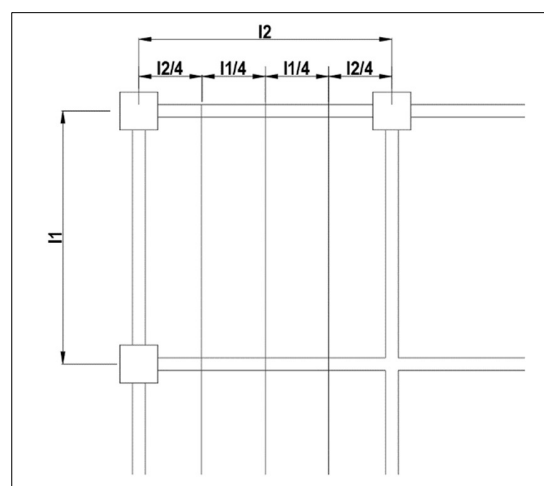
**Figura 26: Descripción de vigas del panel crítico para el cálculo de  $\alpha_f$**



**Fuente: Elaboración Propia**

Por otra parte, se tomará las franjas de columnas considerando que las magnitudes de las franjas de Norte a Sur y Este a Oeste serán las mismas ya que  $l_1=l_2=3$  metros según la figura siguiente:

**Figura 27: Franjas de columnas para la dirección Norte-Sur, Este-Oeste.**



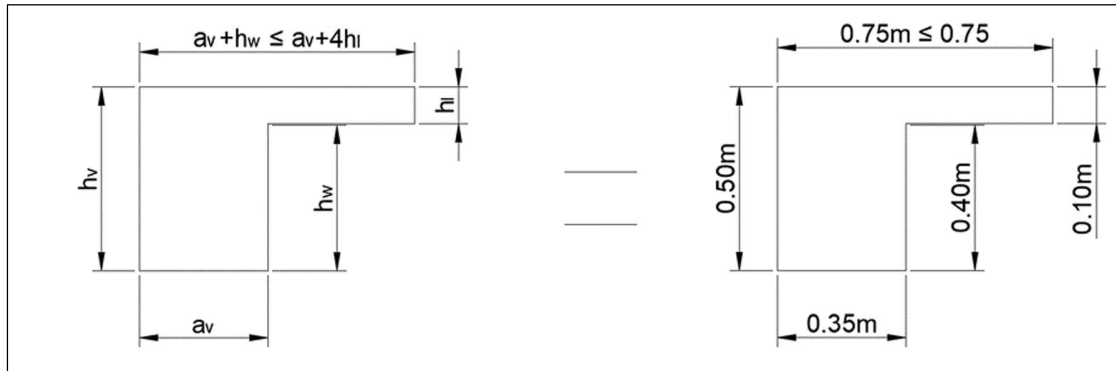
**Fuente: Elaboración Propia**

➤ Viga exterior

✓  $I_b$

Según la sección 13.2.4 del ACI318-14 se puede definir el ancho efectivo de la viga como:

**Figura 28: Inercia de viga exterior**

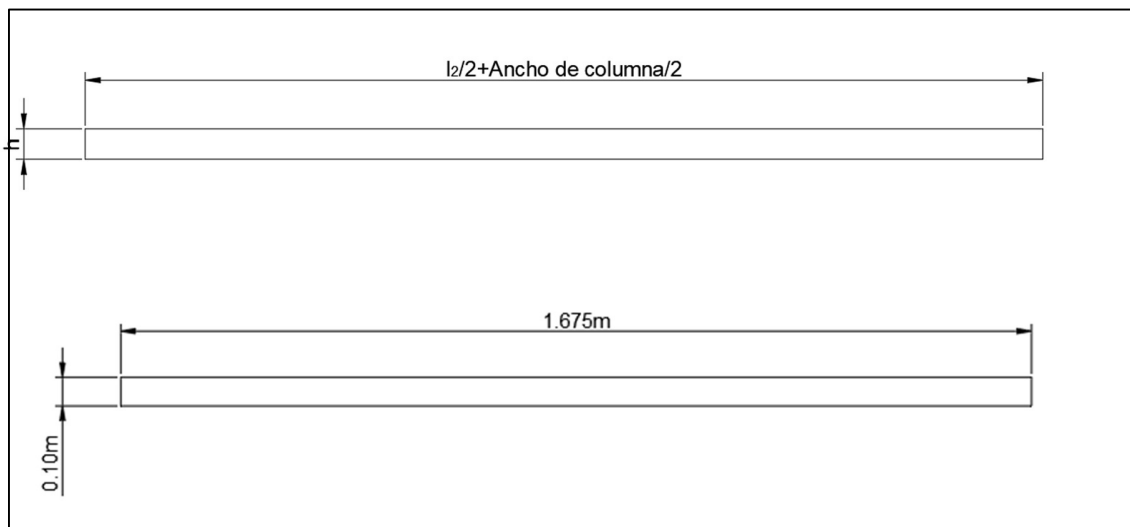


**Fuente: Elaboración Propia**

A partir de estas dimensiones se calcula la  $I_b = 0.0033 \text{ m}^4$

✓  $I_s$

**Figura 29: Inercia de losa**



**Fuente: Elaboración Propia**

A partir de estas dimensiones se calcula la  $I_s = 0.0003 \text{ m}^4$

Cálculo de  $\alpha_f$  para las vigas exteriores.

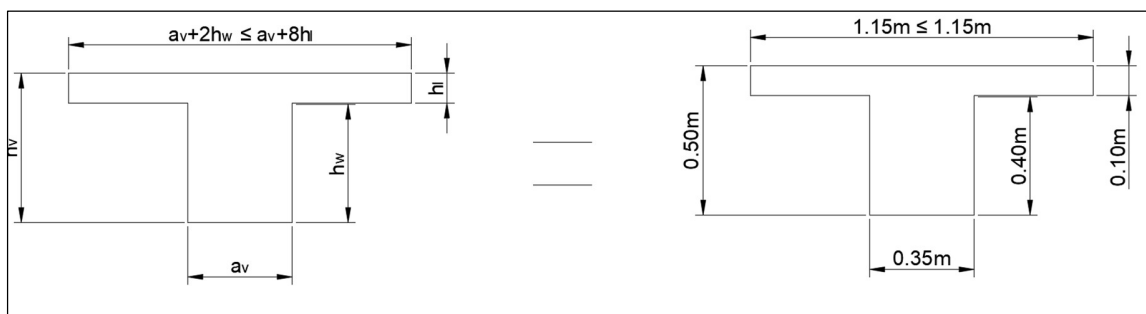
$$\alpha_{f_{ext}} = \frac{I_B}{I_S} = \frac{0.0033}{0.001} = 33$$

➤ Viga interior

✓  $I_b$

Según la sección 13.2.4 del ACI318-14 se puede definir el ancho efectivo de la viga como:

**Figura 30: Inercia de viga interior**

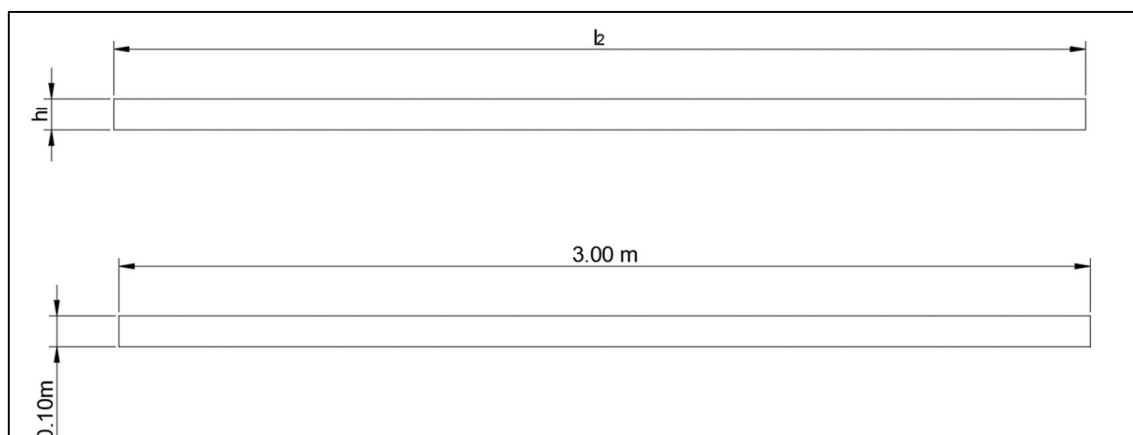


**Fuente: Elaboración Propia**

A partir de estas dimensiones se calcula la  $I_b = 0.0059 \text{ m}^4$

✓  $I_s$

**Figura 31: Inercia de losa con respecto a viga interior**



**Fuente: Elaboración Propia**



A partir de estas dimensiones se calcula la  $I_s = 0.0059 \text{ m}^4$

Cálculo de  $\alpha_f$  para las vigas interiores.

$$\alpha_{fint} = \frac{I_B}{I_s} = \frac{0.0059}{0.002} = 29.5$$

$$\alpha_{fint} = 29.5$$

Según la sección 8.3.1.2 el término  $\alpha_{fm}$  se define como el promedio de los  $\alpha_f$  de las vigas de borde.

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_{fext} + \alpha_{fint}}{2} = \frac{33 + 29.5}{2} = 31.25$$

**Tabla 46 : Tabla resumen de cálculo de  $\alpha_{fm}$**

Ítem	Descripción	Símbolo	UM	Magnitud	Observación
1	Espesor propuesto	$h_l$	m	0.10	Propuesta inicial
2	Altura de la viga	$h_v$	m	0.50	
3	Base de la viga	$a_v$	m	0.35	
4	Inercia de losa	$I_{sint}$	m <sup>4</sup>	0.0002	Viga Interior
5	Inercia de viga	$I_{bint}$	m <sup>4</sup>	0.0059	Viga Interior
6	Inercia de losa	$I_{sext}$	m <sup>4</sup>	0.0033	Viga exterior
7	Inercia de viga	$I_{bext}$	m <sup>4</sup>	0.0001	Viga exterior
8	$\alpha_f$ -Vigas exteriores	$\alpha_{fext}$	-	33.00	
9	$\alpha_f$ -Vigas interiores	$\alpha_{fint}$	-	29.50	
10	$\alpha_{fm}$	$\alpha_{fm}$	-	31.25	

**Fuente: Elaboración Propia**

- Espesor mínimo de Losa

Considerando un  $f_y = 420 \text{ MPa}$  propuesto y un  $\beta = 1$  según la sección 8.3.1.2. se concluye que:

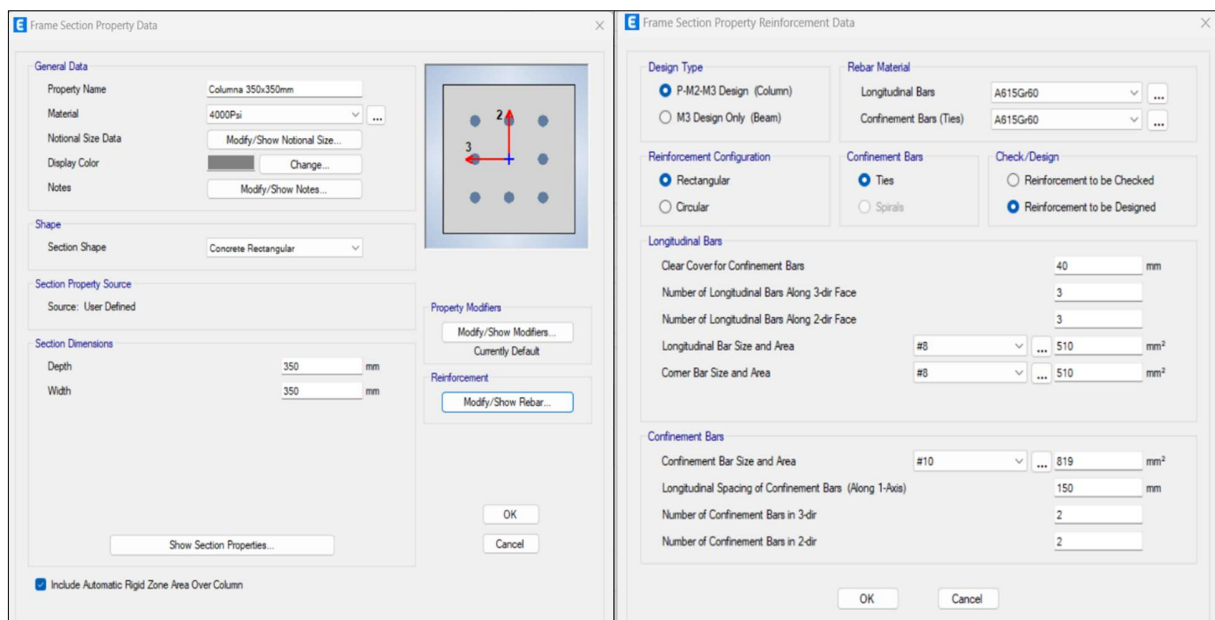
$$h_{lmin} = \frac{l_n(0.8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} = \frac{3m * (0.8 + \frac{420 \text{ MPa}}{1400})}{36 + 9 * 1} = 0.073 \text{ m}$$

Considerando que el espesor de la losa mínimo es de 7.33cm se propone un espesor de losa maciza de 12.5 cm, para cuestión de predimensionamiento inicial.

#### 4.4.2. Modelado en ETABS

##### a) Definición de columnas estructurales para diseño

**Figura 32: Columnas estructurales en ETABS**



**Fuente: Elaboración Propia**

## b) Definición de vigas estructurales para diseño

Figura 33: Vigas Estructurales en ETABS

Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: Viga 500x350mm

Material: 4000Psi

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 500 mm

Width: 350 mm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

☒ Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK Cancel

Frame Section Property Reinforcement Data

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: A615Gr60

Confinement Bars (Ties): A615Gr60

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 50 mm

Bottom Bars: 50 mm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 0 mm<sup>2</sup>

Top Bars at J-End: 0 mm<sup>2</sup>

Bottom Bars at I-End: 0 mm<sup>2</sup>

Bottom Bars at J-End: 0 mm<sup>2</sup>

OK Cancel

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.3. Consideraciones de carga

##### a) Cargas Gravitacionales

###### ➤ Carga viva

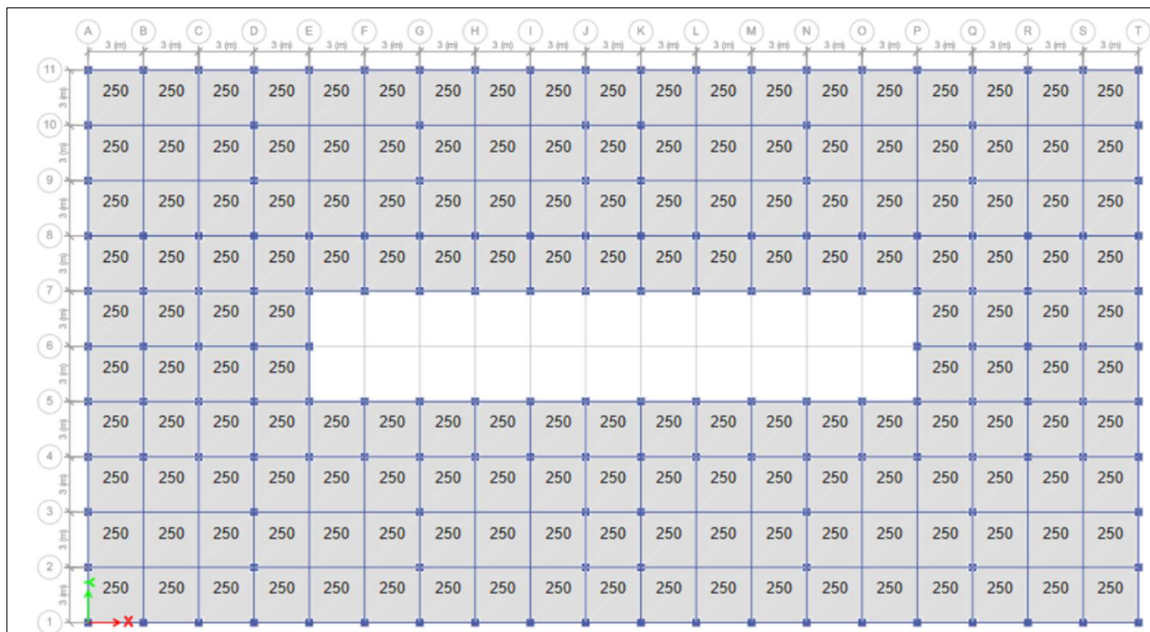
Según la tabla 7.1.1. de la Norma Sismorresistente para la ciudad de Managua (NSM, 2021) para una escuela secundaria o universidad se establece una carga viva de 250 kg/m<sup>2</sup>, además se contará con una azotea transitable, por lo cual la carga viva sobre la azotea será de 100 kg/m<sup>2</sup> como se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 47: Consideraciones de carga viva**

Ítem	Descripción	Símbolo	UM	Magnitud	Observación
1	Nivel 1	CV <sub>E</sub>	Kg/m <sup>2</sup>	250.00	Tabla 7.1.1 NSM,2022
2	Azotea	CV <sub>A</sub>	Kg/m <sup>3</sup>	100.00	

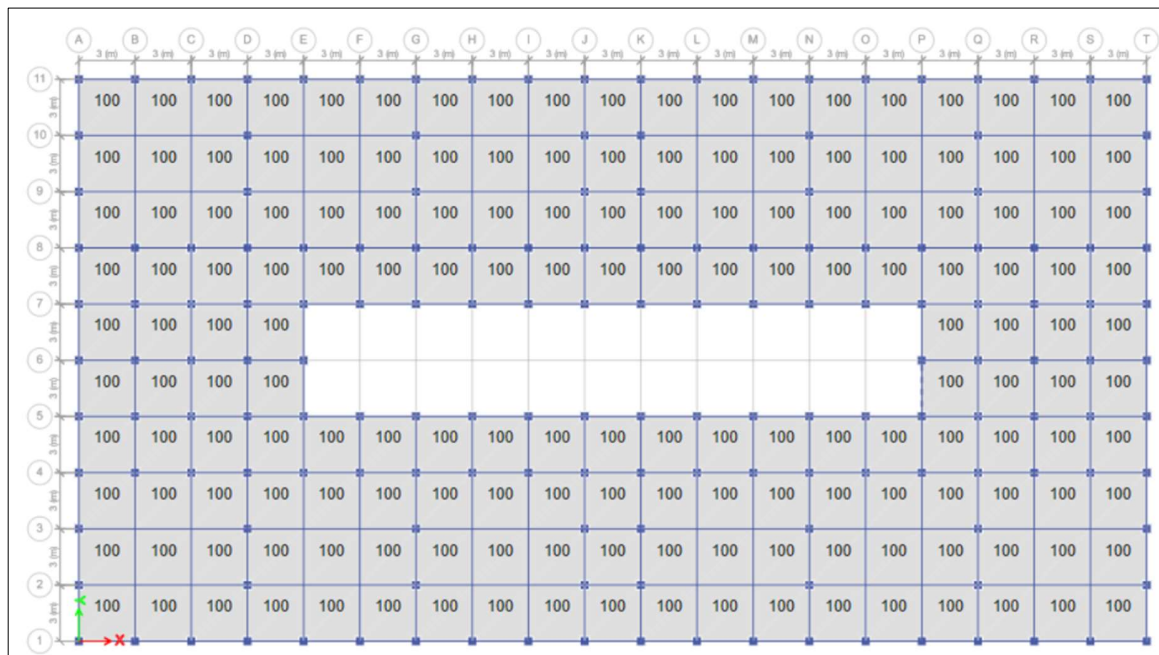
*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 34: Carga viva sobre Nivel 1**



*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 35: Carga viva sobre azotea**



**Fuente: Elaboración Propia**

➤ Sobrecarga permanente

La sobre carga permanente se tomará en la tabla 7.4.1. de la Norma Sismorresistente de la ciudad de Managua (NSM, 2021) donde establece los pesos en kg por m<sup>2</sup> de construcción; sin embargo, cargas como paredes que actúa sobre el nivel 1 se deben distribuir sobre el sistema colector a como sigue:

$$SCP_p = \frac{\text{Longitud de paredes} * \text{Altura de paredes} * \text{Peso por } m^2}{\text{Área de Losas}}$$

$$SCP_p = \frac{653.60 \text{ m} * 3.50 \text{ m} * 140 \text{ kg}/m^2}{1512 \text{ m}^2}$$

$$SCP_p = 211.81 \text{ kg}/m^2$$

**Tabla 48: Tabla resumen carga de paredes actuantes sobre el nivel 1**

Ítem	Descripción	Símbolo	UM	Magnitud	Observación
1	Longitud de Pared		m	653.60	Bloque de cemento de 10x20x40
2	Altura de pared		m	3.50	
3	Área total del edificio		m <sup>2</sup>	1512.00	
4	Carga por área de pared		Kg/m <sup>2</sup>	140.00	
5	Carga distribuida en la losa	SCP <sub>P</sub>	Kg/m <sup>2</sup>	211.81	

**Fuente: Elaboración Propia**

A partir de esta carga se muestra la tabla 50, la cual muestra el resumen de las cargas permanente según la tabla 7.4.1. de la Norma sismorresistente de la Ciudad de Managua (NSM, 2021), con una carga estimada de acabados e instalaciones de 80 kg/m<sup>2</sup>, considerada por los autores.

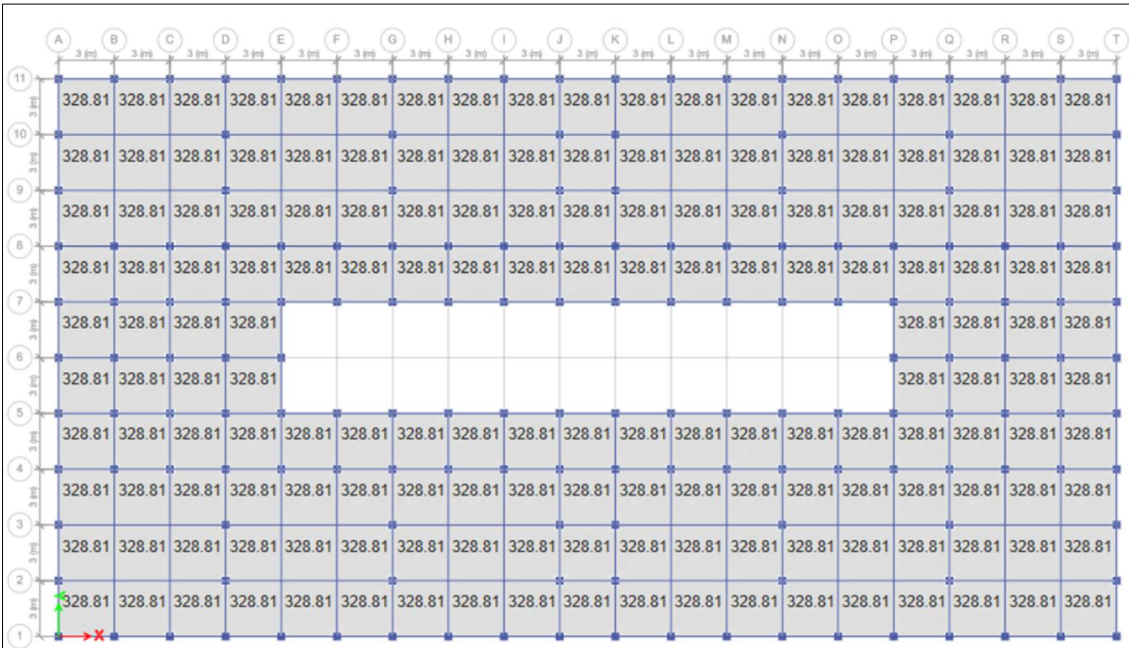
**Tabla 49: Sobrecarga permanente en el nivel 1**

Ítem	Descripción	Símbolo	UM	Magnitud	Observación
1	Cielo Raso	SCP <sub>CR</sub>	Kg/m <sup>2</sup>	7.00	Fibrocemento liso 6 mm con perfiles de aluminio
2	Cubierta de pisos	SCP <sub>CP</sub>	Kg/m <sup>2</sup>	30.00	Ladrillo de cerámica
3	Pared	SCP <sub>P</sub>	Kg/m <sup>2</sup>	211.81	Bloque de 10x20x40
4	Acabados e instalaciones	SCP <sub>AC</sub>	Kg/m <sup>2</sup>	80.00	Estimado por el autor
TOTAL				328.81	Kg/m <sup>2</sup>

**Fuente: (NSM, 2021)**

A partir de la tabla anterior se concluye que la sobrecarga permanente tendrá un total de 328.81 kg/m<sup>2</sup> para el nivel 1.

Figura 36: Sobrecarga permanente nivel 1



Fuente: Elaboración Propia

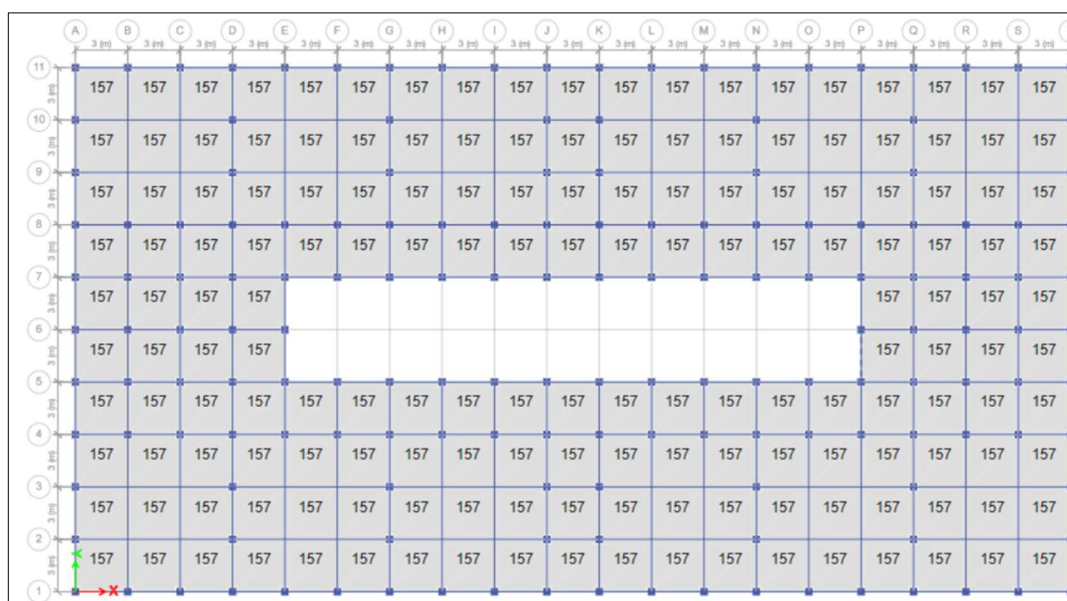
Tabla 50: Sobrecarga permanente para el Nivel de azotea

Ítem	Descripción	Símbolo	UM	Magnitud	Observación
1	Cielo Raso	SCP <sub>CR</sub>	Kg/m <sup>2</sup>	7.00	Fibrocemento liso 6 mm con perfiles de aluminio
2	Pendiente de azotea	SCP <sub>S</sub>	Kg/m <sup>2</sup>	110.00	Para un espesor de 10cm de mortero
3	Acabados e instalaciones	SCP <sub>AC</sub>	Kg/m <sup>2</sup>	40.00	Estimado por el autor
TOTAL				157.00	Kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia

A partir de la tabla anterior se concluye que la sobrecarga permanente tendrá un total de 157.00 kg/m<sup>2</sup> para el nivel de azotea.

**Figura 37: Sobrecarga permanente sobre azotea**



**Fuente: Elaboración Propia**

➤ Carga muerta

La carga muerta se calculará a partir del modelado en el software ETABS y se detalla a como sigue:

**Tabla 51: Carga Muerta sobre el edificio**

Ítem	Descripción	Símbolo	UM	Magnitud	Observación
1	Nivel 1	CM <sub>E</sub>	Kg/m <sup>2</sup>	837.62	A partir del Software ETABS de CSI
2	Azotea	CM <sub>A</sub>	Kg/m <sup>3</sup>	1675.04	

**Fuente: Elaboración Propia**

**b) Cargas Sísmica**

En este estudio se realizará un análisis sísmico espectral lineal, ya que, aunque se trate de una estructura regular de menos de 12 metros de alto, según la página 31 de la Norma Sismorresistente para la ciudad de Managua no es permitido el Análisis de fuerza Lateral Equivalente para una estructura clasificada como tipo III.



➤ Clasificación de la estructura y de la amenaza sísmica

- Clasificación por grupo de importancia

Esta estructura es una escuela secundaria gubernamental que se ubica en el grupo de importancia: “Estructuras de ocupación especial” y se determinó en la Tabla 5.2.2. de la Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua, que corresponden a una categoría de riesgo, la cual, se encuentra directamente relacionada a un sismo de diseño como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 52: Sismo de diseño según categoría de riesgo**

Grupo de Importancia	Categoría de Riesgo	Sismo de diseño
Estructuras no destinadas a habitación	I	Sismo de servicio
Estructura de ocupación normal	II	Sismo de diseño
Estructuras de ocupación especial	III	Sismo extremo I
Estructuras esenciales	IV	Sismo extremo II

*Fuente: (NSM, 2022)*

- Factor de Importancia

El factor de importancia se asignó según la Tabla 5.2.1. de la Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua, teniendo en cuenta la categoría de riesgo determinada en la sección 6.3.1. de este documento.

**Tabla 53: Factor de importancia**

Categoría de Riesgo	I
I	0.75
II	1.0
III	1.3
IV	1.65

*Fuente (NSM, 2022)*

- Clasificación por irregularidad

Según la sección 5.4 de la Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua (NSM, 2022) las estructuras se clasifican como regulares e irregulares y a partir de esta clasificación se tomará un factor que “penalizará” al diseño con el fin de equilibrar la respuesta ante posibles comportamientos estructurales deficientes. En este caso la estructura se clasifica como “Regular” ya que sus parámetros están dentro de los límites que expone la Tabla 5.4.2 y 5.4.3 de dicha norma, a partir de lo anterior  $\phi_p=1$  y  $\phi_E=1$ .

- Clasificación por categoría de diseño sísmico

La categoría de diseño sísmico se determina según la Tabla 5.3.1. de la Norma Sismorresistente (NSM, 2022) para la Ciudad de Managua, haciendo uso de la categoría de riesgo asociado a su grupo de importancia y Zonificación sísmica. Para la ciudad de Managua la isoaceleración es igual a  $a_0 = 0.367$ , según el anexo 14.2 de la NSM-22.

**Tabla 54: Categoría de diseño sísmico basado en el parámetro de aceleración del terreno en roca para período cero  $a_0$  PGA.**

PGA	Categoría de riesgo	
Valores de $a_0$ en g	I,II	III,IV
$a_0 \leq 0.10$	A	B
$0.10 < a_0 < 0.15$	B	C
$0.15 < a_0 < 0.30$	C	D
$0.30 \leq a_0$	D	D

*Fuente (NSM, 2022)*

- Coeficientes y factores de diseño para sistemas resistentes a fuerzas sísmicas para las edificaciones

El sistema estructural utilizado en la estructura son 1. Marcos de momento especiales de concreto armado, esto nos permite determinar los coeficientes y factores que modifican la respuesta sísmica según la Tabla 5.5.1 de la NSM-22:

**Tabla 55 Coeficientes y factores de diseño para sistemas resistentes a fuerzas sísmicas.**

Sistema Estructural	Coeficiente de modificación de respuesta $R^a$	Factor de Sobre-resistencia, $\Omega_o^b$	Coeficiente de deflexión $C_d$	Distorsión Máxima de piso $\gamma_{max}$
B. SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MARCOS ARRIOSTRADOS				
Marcos de momento especiales de concreto armado	8	3	5.5	0.020

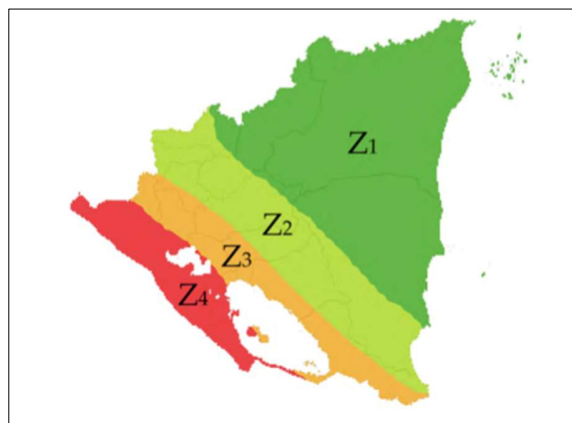
*Fuente: (NSM, 2022)*

➤ Parámetros de la acción sísmica

- Zonificación Sísmica para Nicaragua

La peligrosidad sísmica de Nicaragua se define por medio de la figura 6.2.1. de la Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua, donde podemos determinar que la ciudad de Managua está ubicada en la zona  $Z_4$ .

**Figura 38: Mapa de zonificación sísmica para Nicaragua**



*Fuente: (NSM, 2022), Sección 6.2*

- Clasificación de sitio

La clasificación de sitio se determina según la Tabla 6.3.1. de la NSM-22, teniendo un suelo muy denso y roca blanda, por lo tanto, es Tipo C.

**Tabla 56: Clasificación por tipo de suelo**

Clasificación del sitio	Descripción	Definición		
		Velocidad de onda de corte $V_s \left( \frac{m}{s} \right)$	Resistencia de penetración estándar $\bar{N}$	Resistencia al corte del suelo sin drenar $S_u \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$
A	Roca rígida	$V_s > 1500$	$N/A$	$N/A$
B	Roca	$760 < V_s \leq 1500$	$N/A$	$N/A$
C	Suelo muy denso y roca blanda	$360 < V_s \leq 760$	$\bar{N} > 50$	$S_u \geq 1.0$
D	Suelo Rígido	$180 < V_s \leq 360$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$0.5 \leq S_u \leq 1.0$
E	Suelo Blando	$V_s > 180$	$\bar{N} < 15$	$S_u < 0.5$
E	-	<p>Además, se considera un suelo tipo E, cualquier capa de suelo con más de 3m que tenga las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Índice de Plasticidad <math>PI &gt; 20</math></li> <li>✓ Contenido de humedad <math>w \geq 40\%</math></li> <li>✓ Resistencia al cortante sin drenar <math>S_u &lt; 0.2 \left( \frac{kg}{cm^2} \right)</math></li> </ul>		

*Fuente: (NSM, 2022)*

- Factores de amplificación por tipo de suelo (FAS)

Se determina según la Tabla 6.4.1.de la NSM-22, utilizando el Tipo de Suelo y la Zona Sísmica obtenidos anteriormente.

**Tabla 57: Factores de amplificación vertical por tipo de suelo.**

Zonificación Sísmica	Tipo de Suelo				
	A	B	C	D	E
$Z_1$	0.8	1	1.4	1.7	2.2
$Z_2$	0.8	1	1.4	1.6	2.0
$Z_3$	0.8	1	1.4	1.5	Ver nota
$Z_4$	0.8	1	1.3	1.4	Ver nota

*Fuente: (NSM, 2022)*

- Factor de ajuste espectral por comportamiento de los suelos

Se determina según la Tabla 6.5.1. de la NSM-22, haciendo uso de la clasificación del sitio.

**Tabla 58: Factor de ajuste espectral FS para Tb y Tc.**

Clasificación del sitio	$FS_{tb}$	$FS_{tc}$
A	1	5/6
B	1	1
C	1	4/3
D	2	5/3

*Fuente (NSM, 2022)*

- Espectro de respuesta elástico

Una vez obtenidos los parámetros sísmicos, se procede a elaborar un espectro normalizado de respuesta elástica según la figura 6.7-1 de la NSM-22.

$$A_{(T)} = \begin{cases} A_0 \left[ 1 + \frac{T}{FS_{Tb} * T_b} (\beta - 1) \right] & 0 \leq T \leq FS_{Tb} * T_b \\ \beta A_0 & FS_{Tb} * T_b \leq T \leq FS_{Tc} * T_c \\ \beta A_0 * \left( \frac{FS_{Tc} * T_c}{T} \right)^p & FS_{Tc} * T_c \leq T \leq T_d \\ \beta A_0 * \left( \frac{FS_{Tc} * T_c}{T} \right)^p * \left( \frac{T_d}{T} \right)^q & T_d \leq T \end{cases}$$

Donde:

$$\blacksquare A_0 = a_0 F_{as} I = 0.3667 * 1.3 * 1.3 = 0.619723$$

Y a partir de la sección 6.7:

**Tabla 59: Factores para construcción de espectro elástico**

Descripción	Equivalencia
$A_0 =$	0.619723
$\beta =$	2.4
$p =$	0.8
$q =$	2
$T_b =$	0.05
$T_c =$	0.3
$T_d =$	2
$FS_{Tb} * T_b$	0.05
$FS_{Tc} * T_c$	0.4

*Fuente: Elaboración Propia*

- Espectro reducido de diseño

Según la sección 6.9 de la NSM-22, el espectro reducido para diseño es el que resulta de la división de las ecuaciones del espectro de diseño elástico y el factor de comportamiento sísmico ( $R_0 = R \Phi_p \Phi_E$ ). Excepto para la primera rama ascendente, cuyo valor se muestra en la siguiente ecuación:

$$A_{(T)} = \left[ \frac{A_0 T}{FS_{Tb} * T_b} \left( \frac{\beta}{R_0} - 1 \right) \right] + A_0 \quad \text{Ecuación 22}$$

Válido para los períodos comprendidos  $0 \leq T \leq FS_{tb} * T_b$ , obteniendo lo siguiente:

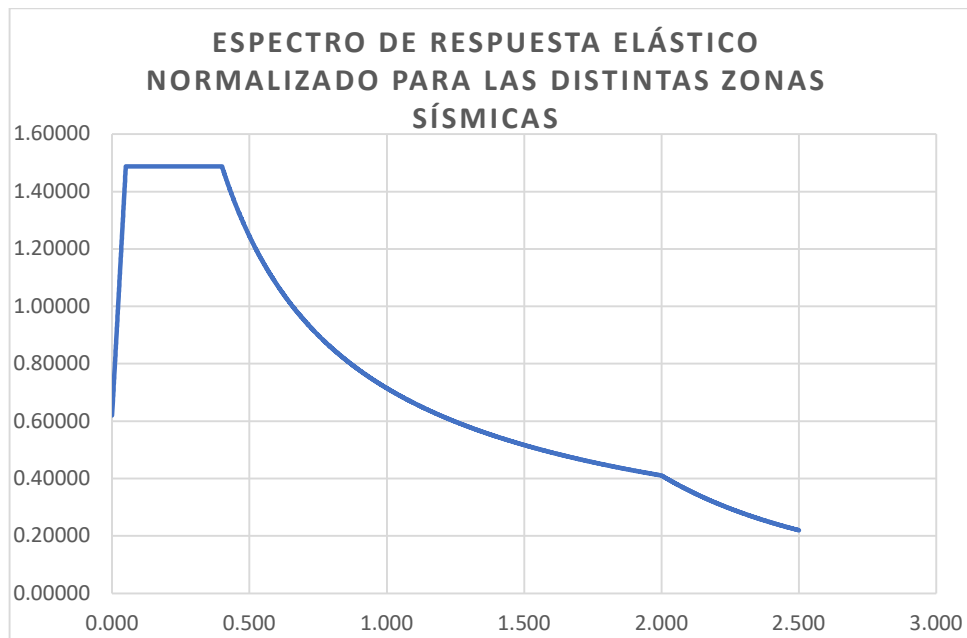
**Tabla 60: Resumen de factores que afectan el espectro**

Descripción	Equivalencia	Referencia
Uso=	Escuela Secundaria	
Grupo de importancia	III	tabla 5.1.1
I=	1.3	tabla 5.2.1
CDS=	D	tabla 5.3.1
$\varphi_p$ =	1	5.4.2
$\varphi_E$ =	1	5.4.3
R=	8	tabla 5.5.1
$\Omega_0$ =	3	tabla 5.5.1
Cd=	5.5	tabla 5.5.1
Ymax=	0.02	tabla 5.5.1
Z=	z4	figura 6.2.1
$a_0$ =	0.3667	figura 6.2.2
Suelo=	C	tabla 6.3.1
Fas=	1.3	tabla 6.4.1
FS*Tb=	1	tabla 6.5.1
FS*Tc=	1.33	tabla 6.5.1
R <sub>0</sub> =	8	sección 6.6

**Fuente: Elaboración Propia**

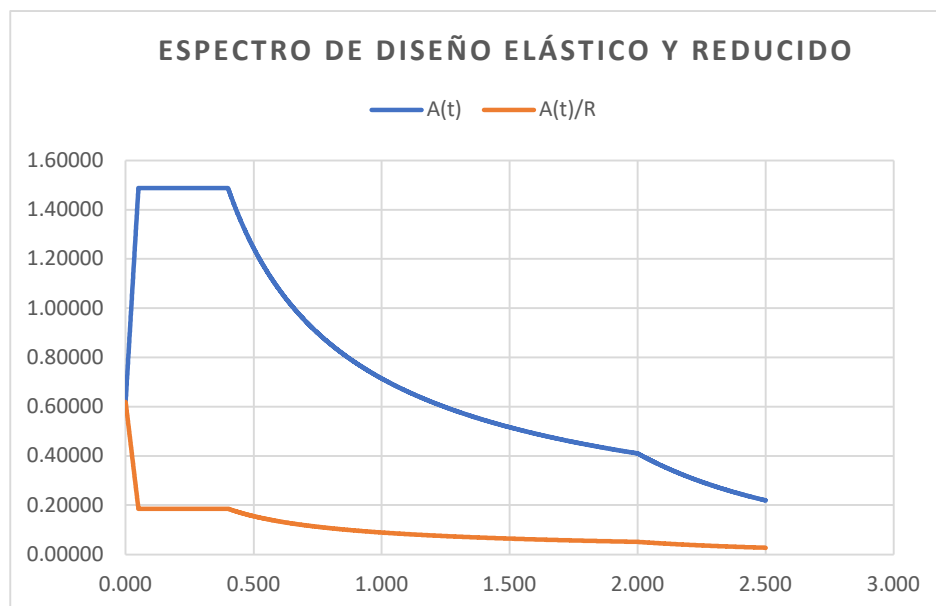
- Gráficas de espectro de diseño

**Figura 39: Espectro de respuesta elástico normalizado**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 40: Espectro de respuesta elástico y reducido**



**Fuente: Elaboración Propia**



#### 4.4.4. Método de la Fuerza Lateral Equivalente

➤ Peso sísmico efectivo

Según la sección 9.6 de la NSM-22, el peso sísmico efectivo es igual a:

$$W = CM + 0.15CV$$

Dicho detalle se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 61: Peso sísmico**

Nivel	Área trib. (m <sup>2</sup> )	PP (kg x10 <sup>3</sup> )	CMS I (kg/m <sup>2</sup> )	CMSI (kg)	CV (kg/m <sup>2</sup> )	CV (kg)	CVR (kg/m <sup>2</sup> )	CVR (kg)	CMT+0.15CV (kg)
2	1140	955	157	178980	100	114000	15.0	17100	1150964
1	1140	1,910	329	374843	250	285000	37.5	42750	2327135

*Fuente: Elaboración Propia*

El peso sísmico efectivo es 3478.10Ton

➤ Fuerza de corte basal

$$V_b = C_s * W$$

Donde:

$V_b$ : Fuerza Cortante actuando a nivel basal.

$C_s$ : Coeficiente de diseño para la fuerza sísmica, cuyo valor se calcula según el método de análisis sísmico empleado.

$W$ : Peso sísmico efectivo.

Según la sección 8.2.1.3 de la Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua, el coeficiente de diseño para la fuerza sísmica se define de la siguiente manera:

$$C_s = \begin{cases} \frac{\beta A_o}{R_o} & 0 \leq T \leq F_{S_{T_c}} * T_c \\ \frac{\beta A_o}{R_o} \left( \frac{F_s T_c}{T} \right)^p & F_{S_{T_c}} * T_c \leq T \leq T_d \\ \frac{\beta A_o}{R_o} \left( \frac{F_s T_c}{T} \right)^p \left( \frac{T_d}{T} \right)^q & T_d \leq T \end{cases}$$

Es posible calcular el periodo fundamental a partir del modelo en el software ETABS y verificar el porcentaje de participación modal de las masas:

**Tabla 62: Periodo fundamental**

Modo	Periodo (s)	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	0.3430	0.0000	0.9319	0.0000	0.0000	0.9319	0.0000
2	0.3360	0.9361	0.0000	0.0000	0.9361	0.9319	0.0000
3	0.3300	0.0000	0.0000	0.0000	0.9361	0.9319	0.0000
4	0.1290	0.0000	0.0681	0.0000	0.9361	1.0000	0.0000
5	0.1280	0.0639	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000
6	0.1250	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000

**Fuente: Elaboración Propia**

A partir de lo anterior se concluye que el periodo fundamental en el eje X equivale a 0.3360 segundos, ya que en ese periodo actúa más del 90% de la masa participativa, así mismo para el eje Y equivale a 0.3430 segundos, por lo cual ambos aplican para la opción “a” de sección 8.2.1.3 de la Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua y equivalen al mismo periodo con una magnitud igual a:

$$C_s = \frac{\beta A_o}{R_o} = \frac{2.40 * 0.619723}{8} = 0.1859169$$

$$V_b = (0.1859169)(3,478.10 \text{ tonf}) = 646.64 \text{ tonf}$$

El cortante basal estático es de 646.64 tonf para el eje X y eje Y.

#### 4.4.5. Dinámico Modal Espectral

La sección 8.2.2. de la NSM-22 establece que el análisis debe de incluir el número suficiente de modos de vibración de manera que se alcance por lo menos la participación modal del 90% de la masa sísmica en cada dirección ortogonal.

Para un correcto comportamiento sísmico debido a su configuración en planta se debe cumplir que los primeros 3 modos serán trasnacionales (X e Y) y torsionales, en ese orden (NSM, 2021). En este caso se tomarán 6 modos, equivalente a 3 para los dos niveles.

Se considerará la estructura como un diafragma rígido, ya que consta de un techo como una azotea transitable con una losa maciza.

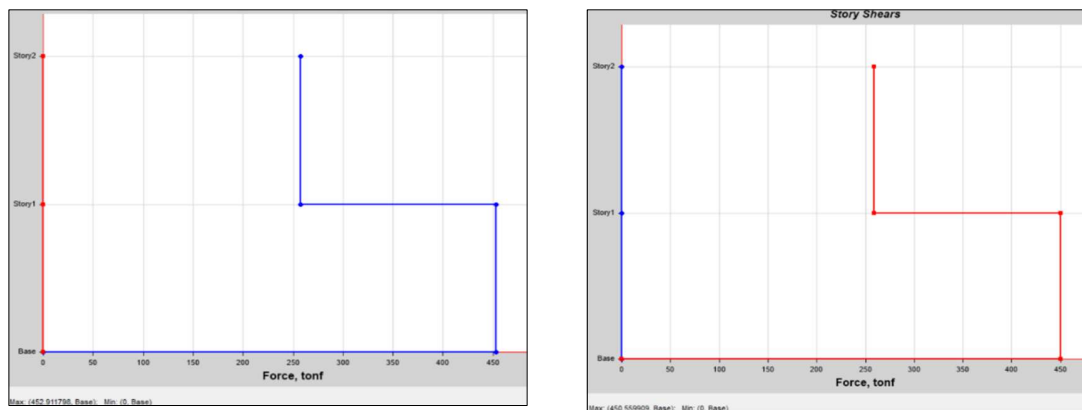
A partir de la ejecución de este análisis en el software ETABS se concluye que el cortante basal dinámico en “X” y “Y” equivale a 452.91 y 450.56 tonf según las tabla siguientes extraídas del software ETABS de CSI.

**Tabla 63: Cortante basal dinámicoo Eje X y Y**

Cortante basal dinámico: Eje X				Cortante basal dinámico: Eje Y			
Nivel	Elevación (m)	Fx (tonf)	Vt. (tonf)	Nivel	Elevación (m)	Fy (tonf)	Vt. (tonf)
Azotea	7.0	257.72	257.72	Azotea	7	258.91	258.91
Nivel 1	3.5	195.19	452.91	Nivel 1	3.5	191.65	450.56

*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 41: Cortante basal dinámico Eje X y Y**



*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.4.6. Escalado de Fuerzas

Según la sección 8.2.2.7 de la Norma Sismorresistente de la ciudad de Managua se debe escalar el cortante basal dinámico cuando este sea menor que el 100% del cortante basal estático, Así que se escaló según el detalle siguiente:

a) Eje X

**Tabla 64: Escalado de fuerzas eje x**

No.	Descripción	Simbología	Magnitud	UM	Observación.
1	Cortante basal estático	$V_b$	646.64	Tonf	8.2.2.7, NSM 2022
2	Cortante basal dinámico	$V_t$	452.91	Tonf	
3	Factor de escala		1.43	Tonf	Se obtiene a partir del cociente entre el cortante estático entre el dinámico

*Fuente: Elaboración Propia*

b) Eje Y

**Tabla 65: Escalado de fuerzas eje y**

No.	Descripción	Simbología	Magnitud	UM	Observación.
1	Cortante basal estático	$V_b$	646.64	Tonf	8.2.2.7, NSM 2022
2	Cortante basal dinámico	$V_t$	450.56	Tonf	
3	Factor de escala		1.44	Tonf	Se propone a partir del cociente entre el cortante estático entre el dinámico

*Fuente: Elaboración Propia*

A partir de lo anterior se puede calcular el nuevo cortante basal dinámico, el cual se presente en la tabla 66.

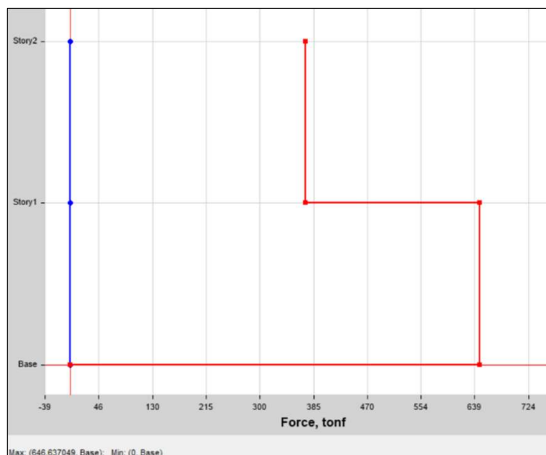
**Tabla 66: Nuevo cortante basal dinámico**

Cortante basal dinámico: Eje X			
Nivel	Elevación (m)	Fx (tonf)	Vt. (tonf)
Azotea	7	367.96	367.96
Nivel 1	3.5	278.68	646.64

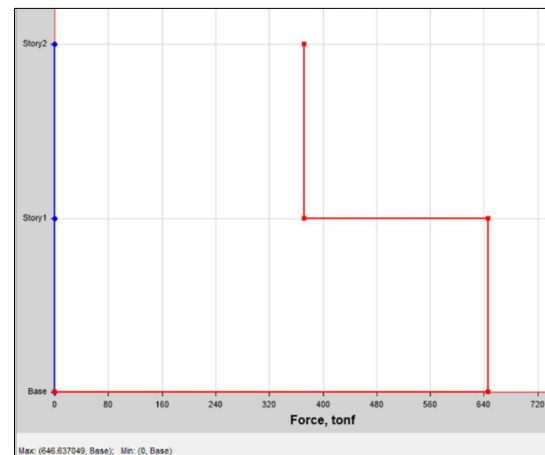
*Fuente: Elaboración Propia*

Cortante basal dinámico: Eje Y			
Nivel	Elevación (m)	Fy (tonf)	Vt. (tonf)
Azotea	7	371.59	371.59
Nivel 1	3.5	275.05	646.64

**Figura 42: Nuevo cortante basal dinámico**



*Fuente: Elaboración Propia*



A partir de lo anterior el cortante basal dinámico en ambas direcciones es mayor al cortante basal estático, cumpliendo lo establecido en la sección 8.2.2.7 de la NSM,2022.

#### 4.4.7. Efectos bidireccionales y parámetros de respuesta combinada

Se definieron dos fuerzas sísmicas, una en dirección X y Y, considerando efectos bidireccionales bajo el efecto de la raíz cuadrada (SRSS) y utilizando el método de combinación cuadrática completa (CQC) para cálculo de parámetro de respuesta combinada como lo define la sección 8.2.2.4. y la sección 8.2.2.5. de la NSM, 2022 respectivamente.

#### **4.4.8. Participación modal de las masas**

Se concluye que se cumple con la sección 8.2.2.2. de la Norma Sísmica de Managua donde establece la participación de más del 90% de la masa (Ver tabla 62)

#### **4.4.9. Combinaciones de carga**

Se utilizarán las combinaciones de carga para diseño por resistencia LRFD definidas en la sección 7.5 y 7.5.3., de la Norma Sismorresistente de la ciudad de Managua de 2022

1. 4 CM
2. 1.2 CM + 1.6 CV + 0.5 CVT + CCV
3. 1.2 CM + 1.6 (CVT o CCV) + CV
4. 1.2 CM + V + CV + 0.5 (CVT o CCV)
5. 0.9 CM + V
6. 2 CM + Ev + Eh + CV + 0.2 CCV
7. 0.9 CM – Ev + Eh

En el caso de la acción sísmica Horizontal se considerará el 100% en una dirección y el 30%, considerando así efectos bidireccionales y se considerará un componente vertical según el espectro de diseño.

#### **4.4.10. Diseño de elementos estructurales**

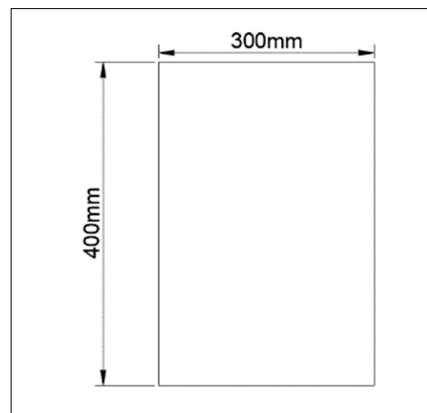
##### **a) Vigas**

El diseño de vigas se llevará a cabo según especificaciones de la norma ACI 318-19, y se ejecutará en el software ETABS de CSI a como sigue:

##### **➤ Evaluación del predimensionamiento**

Las vigas propuestas inicialmente para este edificio arrojaron resultados de diseño de acero mínimo para el nivel uno y dos, por lo cual, se debe hacer una propuesta más económica, la que implica reducción de altura, y acero de refuerzo, por lo cual se evaluará la siguiente sección:

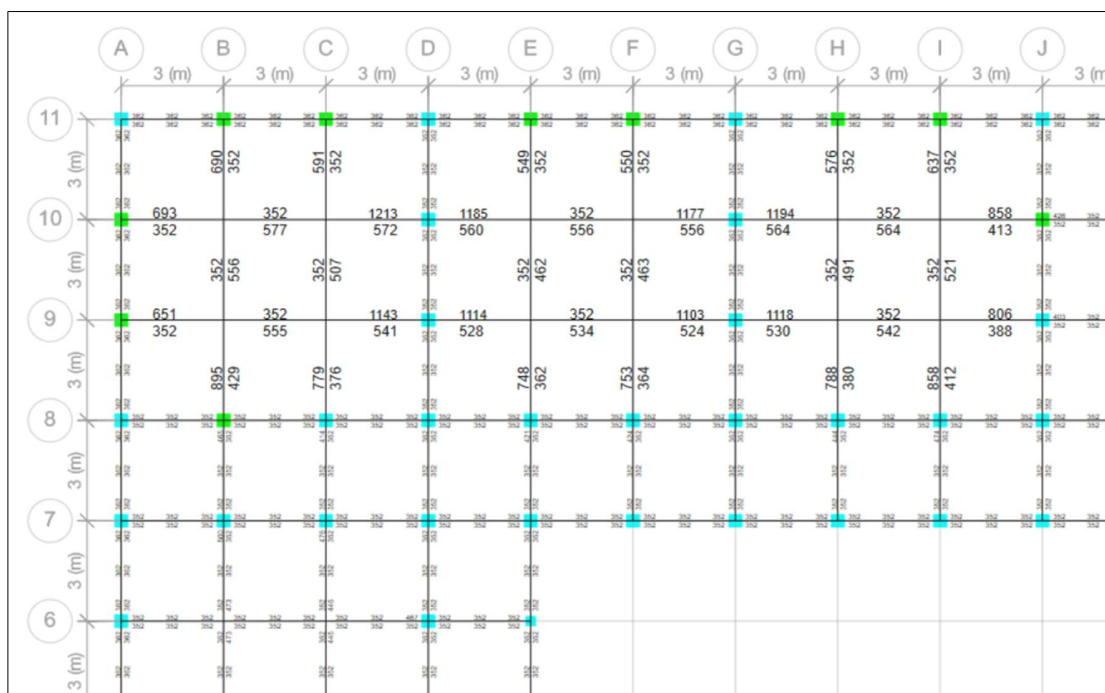
**Figura 43: Dimensiones propuestas de viga estructural**



**Fuente: Elaboración Propia**

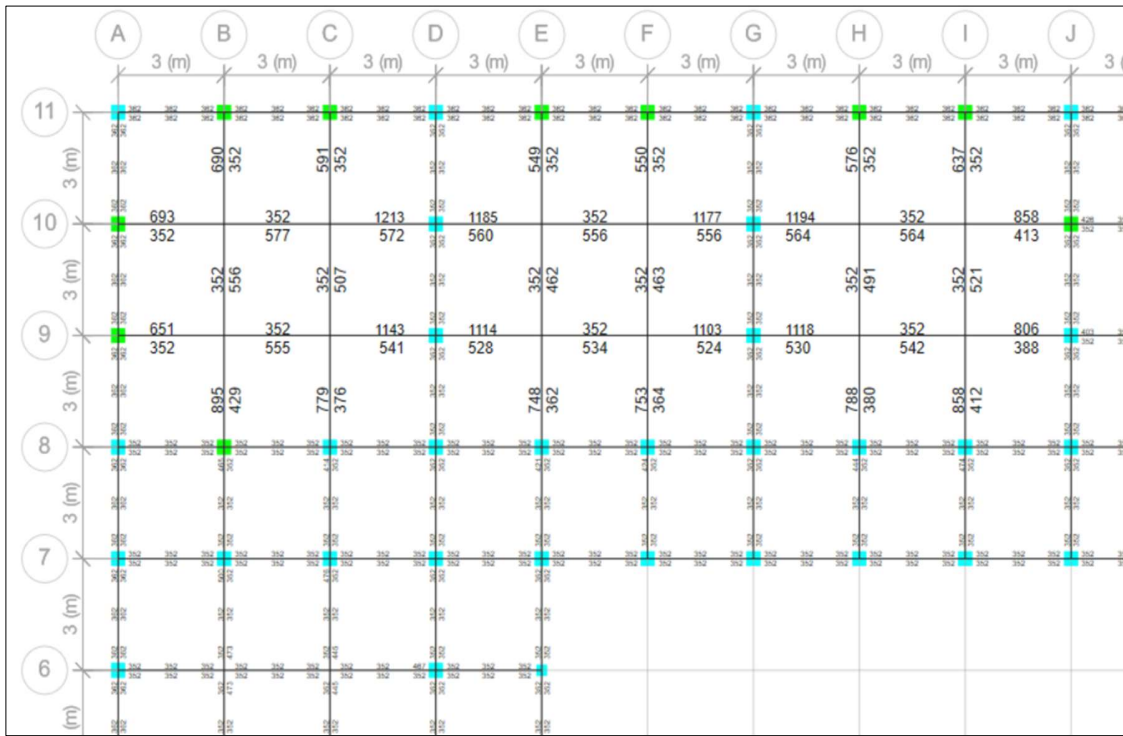
Al evaluar la sección presentada en la imagen anterior se presentan requerimiento de acero longitudinal para la parte superior e inferior de la viga detallado como sigue:

**Figura 44: Planta Cuantía de acero requerida de viga Nivel: Azotea (mm<sup>2</sup>)**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 45: Planta Cuantía de acero requerida de viga Nivel: 1 (mm<sup>2</sup>)**



**Fuente: Elaboración Propia**

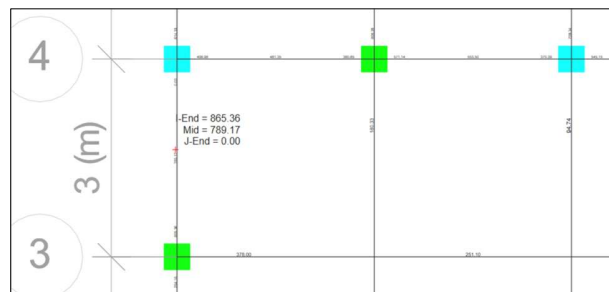
A partir de los resultados anteriores es evidente que las cuantías son más altas en el punto donde las vigas tienen un claro de 9m y la situación crítica se presenta en la viga ubicada en el eje 10, entre C y D; además, se describe como un acero superior con un área mínima de 1213 mm<sup>2</sup> y acero inferior de 572mm<sup>2</sup> (Ver Anexo: Planos estructurales: E4.1)

Para esta sección se propondrán 3 varillas de 1" como refuerzo superior de la viga, las cuales equivalen a 1530 mm<sup>2</sup>, esto satisface la cuantía requerida según el análisis, (1211 mm<sup>2</sup>) lo cual es el acero demandado, por otro lado, para la parte inferior de la viga se proponen dos varillas de ¾" que equivalen a 568mm<sup>2</sup> lo cual sobrepasa lo requerido según el análisis (571 mm<sup>2</sup>). Una separación mínima de varillas que cumpla la sección 25.2.1 del ACI 318-19, la cual equivale a 25mm, donde claramente es superada por los 82.5mm y 150 que presenta la columna propuesta, así mismo supera el número de varillas mínimas (4) descrito en la sección 10.7.3.1 del ACI 318-19.



Se proponen estribos 3/8" (9mm) Grado 60. cumpliendo así la sección 25.7.2.2 del ACI318-19, así mismo el espaciamiento máximo de los estribos según 25.7.2.1. es el menor entre 16 veces el diámetro de la barra longitudinal, 48 veces la barra de estribos o la base de menor de la columna, dando como resultado que la Separación máxima debe ser 480mm, por lo cual la separación propuesta está dentro de los parámetros. Las vigas tendrán una distribución de estribos con el primero a 5 cm de la cara de la columna, y el resto distribuida cada 150mm la cual cumple en todas las iteraciones la exigencia crítica del ETABS la cual equivale a 904.65mm<sup>2</sup>/m.

**Figura 46: Acero transversal requerido**



**Fuente: Elaboración Propia**

## b) Columnas

El diseño de columnas se llevará a cabo según especificaciones de la norma ACI 318-19, y se ejecutará en el software ETABS de CSI a como sigue:

### ➤ Evaluación del predimensionamiento

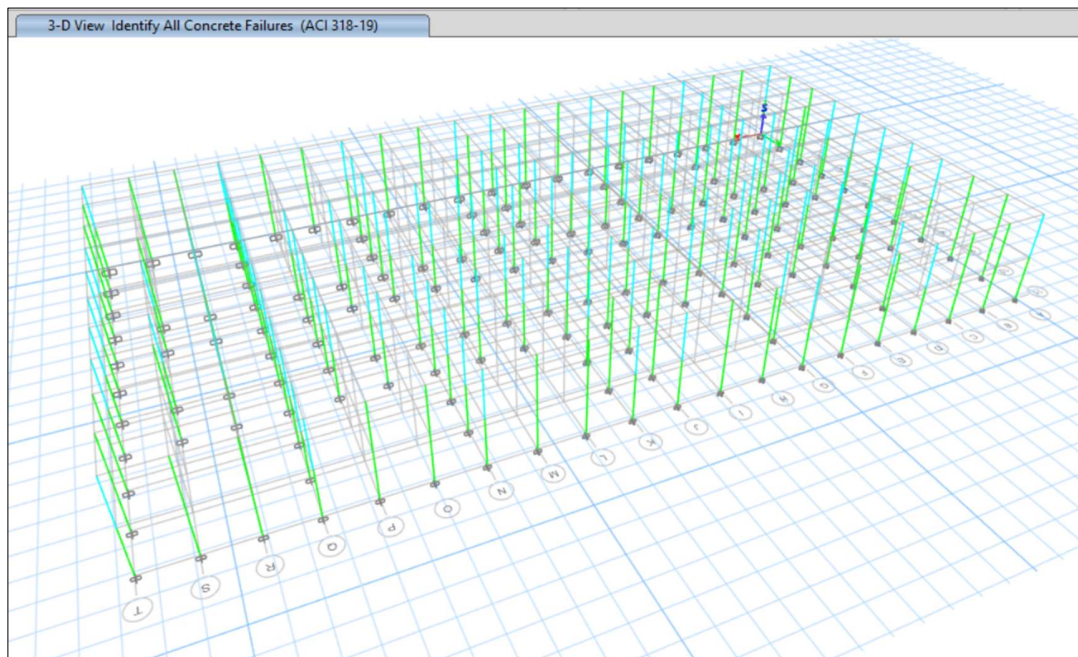
Las columnas propuestas inicialmente para este edificio están sobre esforzadas según los resultados del análisis llevado a cabo en ETABS, por lo cual es necesario proponer una sección un poco más robusta (Ver Anexo: Plano estructural E4.3)

Para esta sección se propondrán 8 varillas de 1 1/8" las cuales equivalen a 5160 mm<sup>2</sup> la cual satisface la cuantía mínima y máxima equivalentes a 1600 y 12800mm<sup>2</sup>, respectivamente, lo que equivale al 1% y 8% respectivamente, como lo establece la sección 10.6.1.1 del ACI 318-19. Así mismo presenta una separación mínima de varillas

que cumpla la sección 25.2.3 del ACI 318-19, la cual equivale a 43mm, donde claramente es superada por los 104.2mm que presenta la columna propuesta, por otra parte supera el número de varillas mínimas (4) descrito en la sección 10.7.3.1 del ACI 318-19.

Se proponen estribos 1/2" (12.5mm) Grado 60. cumpliendo así la sección 25.7.2.2 del ACI318-19, así mismo el espaciamiento máximo de los estribos según 25.7.2.3 es 150 mm, por lo cual los 104.2mm no supera el establecido por la norma.

**Figura 47: Visualización de fallas de la estructura de concreto**



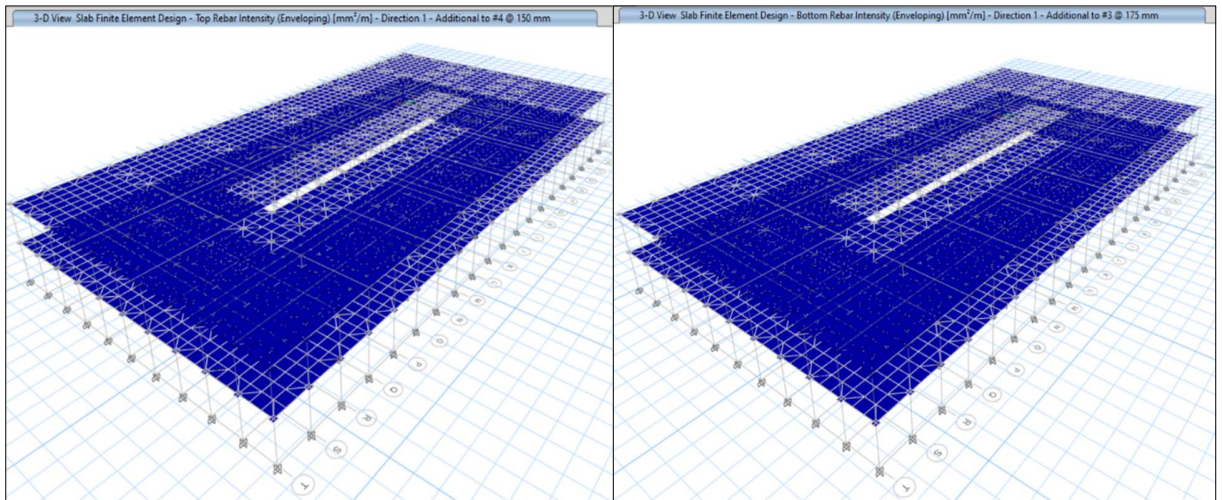
**Fuente: Elaboración Propia**

### **c) Losa de Concreto**

Inicialmente se propuso una Losa Maciza de 12.5cm como sistema colector correspondiente al nivel 1 y Azotea, luego de un proceso iterativo se propuso un refuerzo #4 (12.5 mm) en la parte superior de la Losa con una separación de 150mm y un refuerzo #3(9.8 mm) en la parte inferior con una separación de 175mm. A continuación, se presentan los resultados del Análisis en el Software ETABS a partir de un diseño de elementos finitos.

Dirección 1: Evaluación del esfuerzo superior #4 (12.5 mm) e inferior #3(9.8 mm)

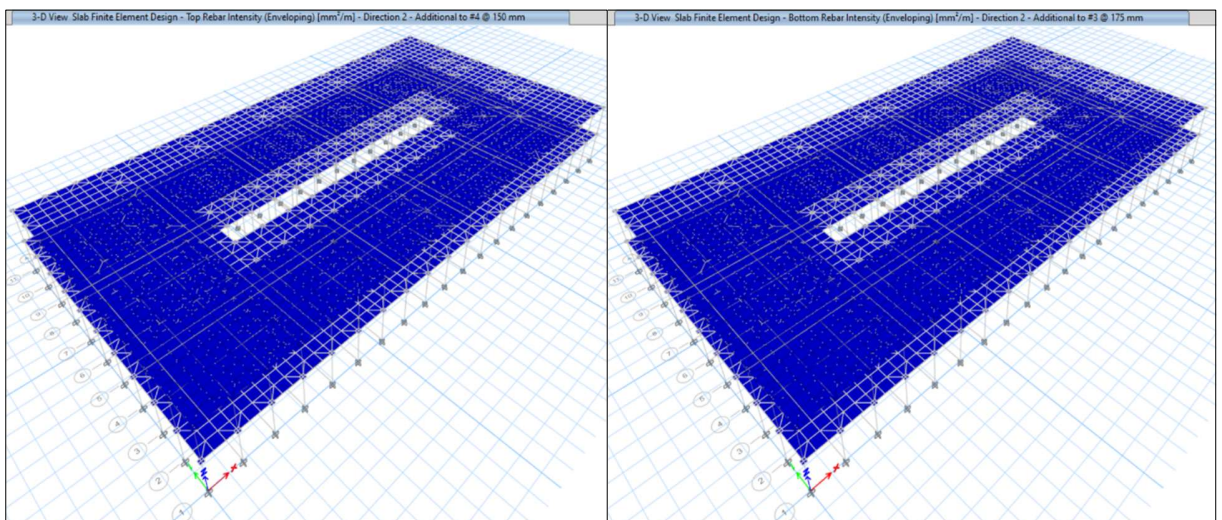
**Figura 48: Evaluación de esfuerzo de la losa en la dirección 1.**



**Fuente: Elaboración Propia**

Dirección 2: Evaluación del esfuerzo superior #4 (12.5 mm) e inferior #3(9.8 mm)

**Figura 49: Evaluación del esfuerzo de losa en la dirección 2**



**Fuente: Elaboración Propia**

➤ Verificación

El acero mínimo por Flexión según la sección 8.6.1.1 del ACI equivale al 0.18% de la sección bruta, en este caso tomando un ancho unitario de 1 metro, el área bruta es de  $100000\text{mm}^2$ , lo que equivale a un área de acero de al menos  $180\text{mm}^2$  en la sección, por lo cual los  $1400\text{mm}^2$  propuestos cumplen con el requisito, con respecto al espaciamiento mínimo, según la sección 25.2.1 del ACI 318-19 es 25mm, lo cual es claramente superado por los 150mm propuestos para la parte superior (La menor separación) , como revisión final, para la separación máxima, según la sección 8.7.2.2 del acero en las secciones críticas es de 200mm, dicha longitud es superior a los 175mm propuestos (La mayor separación), por lo cual cumple las condiciones mínimas del ACI 318-19.

Así mismo es importante aclarar que se respetarán las longitudes de desarrollo necesarias descritas en la sección 8.7.4.1.1 del ACI 318-19, y se reflejará en el modelado.

#### 4.4.11. Revisión de distorsiones

Se verificarán las distorsiones según los valores máximos mostrados en la tabla 5.5.1 de la Norma Sismorresistente para la ciudad de Managua con los valores de la distorsión con el desplazamiento amplificado. Los desplazamientos laterales elásticos se multiplicarán por el coeficiente de deflexión con el objetivo obtener un desplazamiento amplificado, dicho coeficiente se presenta en la tabla del reglamento mencionado anteriormente y equivale a 5.5 para Marcos Especiales de Concreto Armado.

**Tabla 67: Revisión de distorsiones en el eje X**

Nivel	$h_i$ (cm)	$T_x$ (cm)- no amplificado	$\delta T_x$ (cm)	$\Delta T_x$ (cm)	$\gamma_i$	$\gamma_{\text{máx}}$	Condición
1	350	0.340	1.8722	1.8722	0.00535	0.020	Cumple
2	350	0.594	3.2648	1.3926	0.00398	0.020	Cumple

**Fuente: Elaboración Propia**

**Tabla 68: Revisión de distorsiones en el eje Y**

Nivel	hi (cm)	T <sub>y</sub> (cm)- no amplificado	δT <sub>y</sub> (cm)	ΔT <sub>y</sub> (cm)	γ <sub>i</sub>	γ <sub>máx</sub>	Condición
1	350	0.401	2.2033	2.2033	0.00630	0.02	Cumple
2	350	0.712	3.91435	1.71105	0.00489	0.02	Cumple

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.4.12. Efecto P-Δ

Según la sección 9.5 de la NSM-22, los efectos P-Δ deberán de tomarse en cuenta en las dos direcciones principales de la estructura para determinar el factor de incremento y la evaluación de la estabilidad global de la estructura.

No se considerará el análisis cuando el coeficiente de estabilidad  $\theta$  sea igual o menor que 0.1.

$$\theta = \frac{P_i \Delta_i I}{V_i h_i C_d}$$

Donde:

$P_i$  = Suma de la carga vertical total sin mayorar, incluyendo el peso muerto y la carga viva del piso i y de todos los pisos localizados sobre el piso i.

$\Delta_i$  = Deriva de piso

$I$  = Factor de importancia

$V_i$  = Cortante sísmico del piso i

$h_i$  = Altura del piso i

$C_d$  = Coeficiente de deflexión

**Tabla 69: Efecto P- $\Delta$  en Dirección X**

Nivel	Pi	$\Delta$	V	h	Cd	$\theta$	Obs
	Ton	cm	Ton	cm			
1	1133.96	1.9905	339.61	350.00	5.50	0.00449	NO P $\Delta$
2	1150.67	1.4839	248.22	350.00	5.50	0.00465	NO P $\Delta$

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 70: Efecto P- $\Delta$  en Dirección Y**

Nivel	Pi	$\Delta$	V	h	Cd	$\theta$	Obs
	Ton	cm	Ton	cm			
1.00	1133.96	2.0730	339.61	350.00	5.50	0.00467	NO P $\Delta$
2.00	1150.67	1.6269	248.22	350.00	5.50	0.00509	NO P $\Delta$

*Fuente: Elaboración Propia*

A partir de lo anterior descrito el diseño propuesto cumple las condiciones establecidas en las Norma Nacionales e internacionales.

#### **4.5. Diseño de Cimentaciones**

El análisis se inicia con la recopilación de datos geotécnicos, obtenidos a partir de estudios de campo y laboratorio, que permiten entender el comportamiento del terreno ante la carga estructural, sin embargo, el edificio presentado no presenta una localización específica, por lo que se considerará una capacidad carga ( $q$ ) del suelo equivalente a  $2\text{kg/cm}^2$ , la cual corresponde a la mínima aproximada de un suelo conformado con material selecto y compactado al 95%. El diseño de la cimentación se llevará a cabo mediante el Software SAFE de CSI, y se realizará a partir de las reacciones conseguidas del diseño estructural de losas, vigas y columnas.



Luego de definir la capacidad portante del suelo de este estudio, se debe calcular el módulo de reacción del suelo, o módulo de Winkler, según la tabla siguiente (Morrison, 1933) este equivale a  $4\text{kg/cm}^3$  para un esfuerzo admisible de  $2\text{kg/cm}^2$ .

### Tabla 71: Módulo de Wrinkler

Esf Adm (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Winkler (Kg/Cm <sup>3</sup> )	Esf Adm (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Winkler (Kg/Cm <sup>3</sup> )	Esf Adm (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Winkler (Kg/Cm <sup>3</sup> )
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		

**Fuente: (Morrison, 1933)**

**Figura 50: Módulo de Wrinkler: SAFE**

S

Area Spring Property Data

General Data

Property Name

SOIL1

Display Color

Change...

Property Notes

Modify/Show Notes...

Property

Subgrade Modulus (Compression Only)

4

kgf/cm<sup>2</sup>

Nonlinear Option (Nonlinear Cases Only)

☐ None (Linear)
 ☐ Tension Only
 ☒ Compression Only

**Fuente: Elaboración Propia**

#### 4.5.2. Modelado

Para el modelado de las zapatas se realizará mediante el software SAFE de CSI, y se importará la plantillas, reacciones y patrones de carga existentes en el modelo ya analizado en ETABS, se propondrá una zapata aislada por columna con dimensiones de 1.20 metros de ancho, 1.80 de largo y 0.45 metros de alto, así mismo un pedestal con una sección cuadrada de 0.40m de lado, ambas secciones definidas de concreto de 3000psi.

#### 4.5.3. Diseño de Zapata

Se consideran las combinaciones de carga establecidas en el capítulo 7 de la Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua, (NSM,2022), teniendo en cuenta cargas últimas y cargas de servicio.

El suelo establecido cumple la demanda de cargas del edificio, como se puede observar en la imagen siguiente, extraída del software SAFE, y correspondiente al costado Noroeste típico del edificio, se obtiene un resultado de  $3.08\text{kg/cm}^2$  de esfuerzo máximo sobre el suelo, por lo anterior se concluye que el suelo con  $4\text{kg/cm}^2$  cumple la demanda de cargas impuesta

**Figura 51: Análisis de capacidad admisible del suelo**

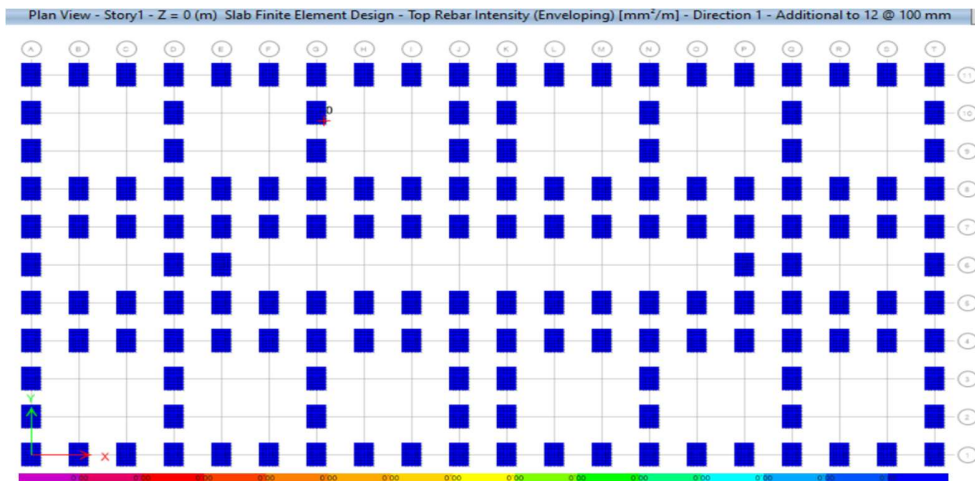


**Fuente: Elaboración Propia**



Para acero de refuerzo se proponen varillas de  $\frac{1}{2}$ " o 12mm espaciadas cada 100mm para el acero inferior, y para el acero superior varillas de  $\frac{3}{8}$ " o 10mm espaciadas cada 150mm, establecido así por medio de un proceso iterativo en el software SAFE de CSI, cumpliendo así todos límites de ACI 318-19.

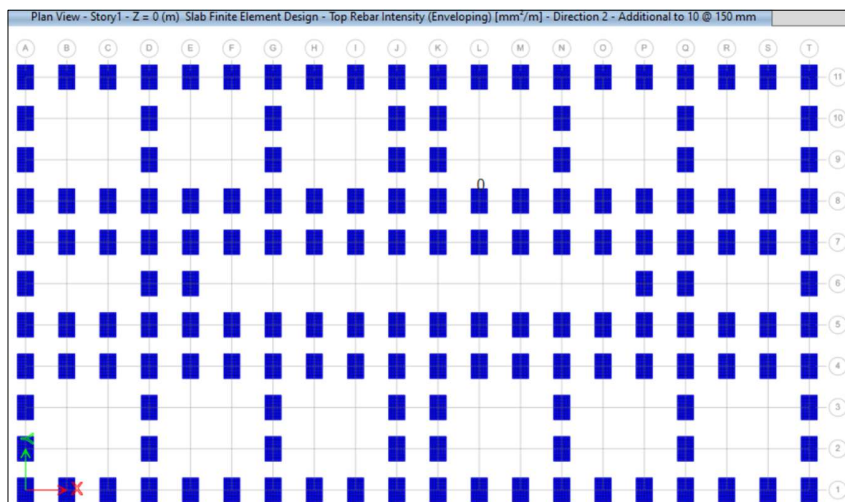
**Figura 52: Análisis de acero de Zapata Z-1, Acero Inferior**



**Fuente: Elaboración Propia**

En la figura 53 se presenta el resultado de este análisis por el método de los elementos finitos.

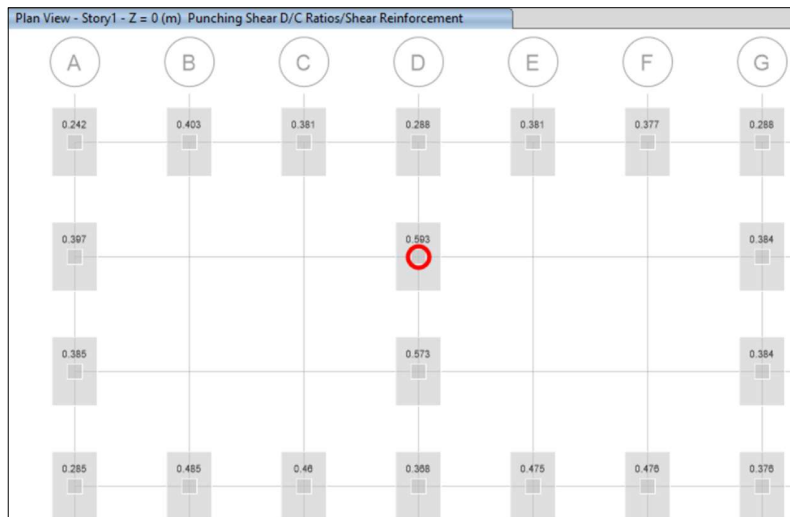
**Figura 53: Análisis de acero por flexión, Contracción y temperatura de Zapata Z-1, Acero Superior**



**Fuente: Elaboración Propia**

Así mismo se verifica el cociente de Demanda/ Capacidad del punzonamiento de la columna sobre las zapatas, este se realizó a partir del Software SAFE de CSI y se presentó un valor máximo de 0.593, dicha cantidad es menor que 1, por lo cual el diseño cumple satisfactoriamente.

**Figura 54: Análisis de acero por flexión**



**Fuente: Elaboración Propia**

## 4.6. Modelado 3D

### 4.6.1. Arquitectura

Una vez establecido el diseño arquitectónico, se inició la creación de un modelo paramétrico en 3D en el software REVIT. Este enfoque es el punto de partida para finalizar correctamente los diseños estructurales y MEP del proyecto ya que facilita la detección y resolución de posibles conflictos, generando así, una estructura digital con información más precisa y completa, ya que en este modelo ya se establece la ubicación específica de espacios arquitectónicos relevantes (baños, aulas, pasillos, etc)

#### a) Modelo virtual de aulas.

El edificio cuenta con 24 aulas, las cuales poseen un área utilizable de 77.83 m<sup>2</sup>, 2 puertas de acceso (P-1) y 6 ventanas (V-1 y V-2) ( Ver Anexo: Planos Arquitectónicos:1-8)

#### b) Modelo virtual de servicios sanitarios.

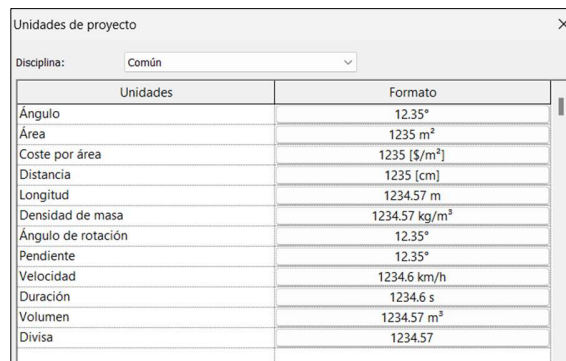
El edificio contará con 4 baños, divididos en varones y mujeres (Ver Anexo: Planos Arquitectónicos: 3) .

#### 4.6.2. Estructural

##### a) Unidades del Modelo

Las Unidades de modelo estarán definidas por el Sistema Internacional (SI), sin embargo, el diámetro de barra se aproximará al 1/8" más próximo, ya que, es el término más usado en la construcción de nuestro país.

**Figura 55: Unidades Comunes del modelo**



Unidades	Formato
Ángulo	12.35°
Área	1235 m²
Coste por área	1235 [\$/m²]
Distancia	1235 [cm]
Longitud	1234.57 m
Densidad de masa	1234.57 kg/m³
Ángulo de rotación	12.35°
Pendiente	12.35°
Velocidad	1234.6 km/h
Duración	1234.6 s
Volumen	1234.57 m³
Divisa	1234.57

**Fuente: Elaboración Propia**

##### b) Modelado de elementos estructurales de concreto

El análisis y diseño de los elementos estructurales es el punto de partida para el modelado, ya que, estos definieron dimensiones de acero de refuerzo y componentes de concreto correspondiente a cada parte de la estructura del edificio; sin embargo, se debe insertar el modelo arquitectónico para evitar malas coordinaciones entre las distintas disciplinas de modelado.

A partir de lo anterior se procedió a modelar las dimensiones de los elementos de la estructura.

➤ Acero de refuerzo

El acero de refuerzo que se utilizará en este modelo será barras de 3/8" (9mm), 1/2" (12.5mm), 3/4" (19mm), 1" (25.4mm), 1 1/8" (29mm).

**Figura 56: Tabla de colores para acero de refuerzo**

Item	Descripción	Color
1	Acero de 1/2"	Yellow
2	Acero de 3/8"	Magenta
3	Acero de 3/4"	Red
4	Acero de 1"	Green
5	Acero de 1 1/8"	Dark Blue
6	Acero para estribos 3/8"	Olive Green

**Fuente: Elaboración Propia**

➤ Cimentación

Ya que se desconoce el tipo de suelo del sitio donde estará ubicado el edificio se propuso una Zapata Z1, la cual estará sujeta a cambios según el estudio geotécnico del sitio de izado del edificio, mientras tanto se propone una zapata rectangular de 1.20m x 1.80m x 0.45m, (Ver Anexo: Planos Estructurales: E3.1 y E3.2).

➤ Columnas

Se modeló la columna típica C1 según el resultado del diseño estructural, y se definen las longitudes de los ganchos según lo establece la tabla 25.3.1 del ACI 318-19 (ACI, 2019) (Ver Anexo: Planos Estructurales: E4.3, E6).

➤ Vigas

El modelado de las vigas típicas V1 se llevó a cabo mediante el resultado del diseño estructural con acero de 1" en la parte superior y de 3/4" en la parte inferior, así mismo se incluyeron estribos de 3/8" (Ver Anexo: Planos Estructurales: E3.1, E6).

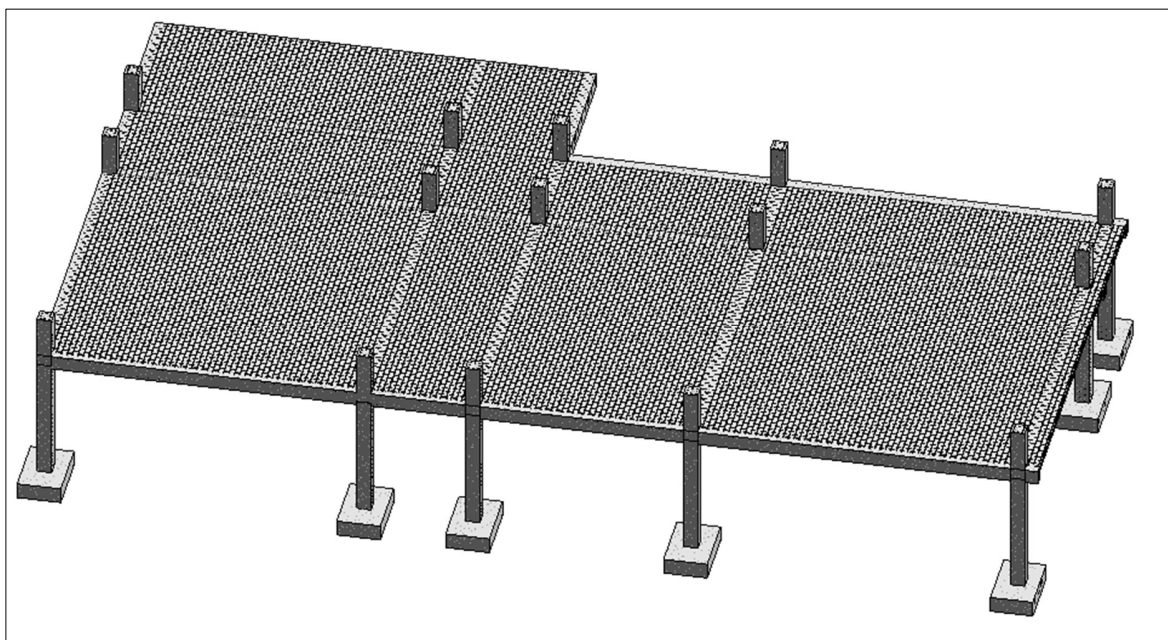
#### ➤ Losas

La Losa maciza L1 fue modelada con dos mallas con aceros de 3/8" y 1/2" en la parte inferior y superior respectivamente, cabe recalcar que este acero tiene separaciones entre 150mm y 175mm, así mismo tiene una longitud de desarrollo sobre las vigas perimetrales de los niveles 1 y 2(Ver Anexo: Planos Estructurales: E4.1 E4.3,E6, ).La Interacción de los elementos estructurales en las vigas perimetrales se ubicará in situ (Ver Anexo: Planos Estructurales: E4.1)

#### **Modelo 3D-Estructural**

El modelo estructural es la representación de toda la información implantada en el proyecto, este involucra las tablas de planificación correspondiente a la cantidad de material que se utilizará en la construcción de las Cimientos, Columnas, Vigas y Losas.

**Figura 57: Modelado 3D del Primer nivel-Costado típico Sur-Oeste**



*Fuente: Elaboración Propia*

#### **4.6.3. MEP**

Con base en los diseños sanitario, hidráulico y eléctrico que integran el sistema MEP, el modelado de dichas disciplinas en el entorno BIM se llevó a cabo utilizando el software

Revit. El proceso comenzó con la vinculación del modelo arquitectónico en formato Revit, lo cual permitió una adecuada coordinación espacial y facilitó la ubicación precisa de elementos, accesorios y componentes propios de cada especialidad.

Los sistemas fueron modelados empleando familias descargadas de la biblioteca de AmancoWavin, la cual proporciona elementos normalizados y compatibles con las especificaciones técnicas comúnmente utilizadas en proyectos desarrollados en Nicaragua.

#### **a) Sanitario**

##### **➤ Modelo sanitaria**

El modelado del sistema sanitario del edificio se desarrolló a partir del diseño correspondiente, empleando la disciplina “Plumbing” dentro del entorno de modelado en Revit. Este enfoque permitió estructurar con precisión las baterías sanitarias y demás componentes del sistema, garantizando su adecuada integración con el modelo general del proyecto.

##### **➤ Modelo de elementos sanitarios**

Utilizando la biblioteca de familias de AmancoWavin, se procedió a incorporar al modelo los distintos elementos que conforman el sistema sanitario, tales como tuberías, accesorios, cajas de registro y demás componentes.

Todos estos elementos fueron seleccionados conforme a las especificaciones establecidas en el diseño técnico, asegurando la correspondencia entre el modelo digital y el diseño proyectado.

Los componentes sanitarios modelados fueron adaptados para reflejar fielmente las configuraciones establecidas en los planos de diseño, manteniendo tanto la geometría como los criterios técnicos de instalación. A continuación, se presentan representaciones gráficas que ilustran los elementos implementados en el modelo.

##### **➤ Modelo 2D primer nivel y segundo nivel**

Con la ubicación definida de los aparatos sanitarios en el modelo, se procedió a la trazabilidad de las redes de tuberías sanitarias, incorporando las pendientes correspondientes según el diseño, así como la inserción de codos, cajas de registro y demás accesorios requeridos.

A partir de este modelado, se generaron las representaciones gráficas de la “batería sanitaria tipo” para el primer y segundo nivel del edificio, las cuales permiten visualizar la configuración y disposición de los elementos del sistema sanitario con mayor detalle(Ver Anexo: Plano Batería Sanitaria:1).

➤ **Modelo 3D sistema sanitario Batería tipo**

Con base en la guía establecida durante el modelado inicial, se procedió a la incorporación de los elementos verticales del sistema sanitario, tales como bajantes y ventilaciones, completando así la configuración tridimensional de la “batería sanitaria tipo”. Esta etapa permitió consolidar el modelo 3D integral del sistema, cuya representación se muestra en los anexos (Ver Anexo: Planos Hidrosanitarios: 3).

**b) Hidráulico**

➤ **Modelo hidráulico**

El modelo hidráulico del edificio fue desarrollado a partir del diseño correspondiente, utilizando la disciplina “Plumbing” dentro del entorno de modelado BIM en Revit. Este modelo incluye las redes de suministro de agua potable asociadas a las baterías sanitarias y otros puntos de consumo.

**Modelo de elementos hidráulicos**

Con base en el diseño hidráulico y utilizando la biblioteca de familias de AmancoWavin, se cargaron en el proyecto los distintos componentes del sistema, tales como tuberías, codos, válvulas y otros accesorios necesarios para la distribución del agua potable en la edificación.

Todos estos elementos fueron seleccionados conforme a las especificaciones técnicas detalladas en el diseño, garantizando su compatibilidad y funcionalidad dentro del modelo.

Los elementos sanitarios previamente incorporados en el modelo fueron utilizados como referencia para el trazado de las líneas de alimentación del sistema hidráulico, asegurando así la correcta conexión entre los puntos de suministro y consumo.

#### Modelo hidráulico de batería tipo

A partir de la ubicación de los aparatos sanitarios ya definidos en el modelo sanitario, se procedió al trazado y modelado de las líneas de alimentación de agua potable, incorporando los accesorios hidráulicos correspondientes, como codos, válvulas y cajas de paso.

De esta etapa se obtuvieron las representaciones gráficas de la configuración hidráulica para el primer y segundo nivel del edificio, las cuales ilustran la disposición y conexión de los componentes que conforman la batería hidráulica tipo (Ver Anexo: Planos Hidrosanitarios:3, 4).

#### ➤ Modelo 3D sistema Hidráulico Batería tipo

Teniendo la guía del modelado se procede a completar el diseño de los elementos verticales para culminar el modelo 3D completo del edificio (Ver Anexo: Planos Hidrosanitarios:3, 4).

#### ➤ Modelo 3D sistema sanitario e hidráulico del edificio

Una vez completado el modelado de los sistemas sanitario e hidráulico correspondientes a la “batería sanitaria tipo”, se procedió a la integración de ambos sistemas mediante la generación de las conexiones entre las baterías sanitarias, conforme a lo establecido en los planos de diseño hidrosanitario.



Como resultado de esta etapa, se obtuvo la representación gráfica del sistema hidrosanitario en su conjunto, la cual refleja la configuración tridimensional completa y coherente del modelo edificio (Ver Anexo: Planos Hidrosanitarios:3, 4).

### c) Eléctrico

Se utilizaron unidades de medida del Sistema Internacional según correspondía. Esta configuración se muestra en la Figura 58.

**Figura 58: Unidades de proyecto de REVIT para disciplina eléctrica**

Unidades	Formato
Costo (energía)	1235 [\$/ (W.h)]
Costo (potencia)	1235 [\$/W]
Actual	1235 A
Factor de demanda	12.35%
Eficacia	1235 lm/W
Frecuencia	1235 Hz
Iluminancia	1235 lx
Luminancia	1235 cd/m <sup>2</sup>
Flujo luminoso	1235 lm
Intensidad luminosa	1235 cd
Potencial eléctrico	1235 V
Potencia	1235 W
Densidad de potencia	1234.57 W/m <sup>2</sup>
Potencia por longitud	1235 [W/m]
Resistividad eléctrica	1234.5679 ohmio-m
Temperatura	1235 °C
Vataje	1235 W
Diámetro de cable	1234.57 mm

**Fuente: Elaboración Propia**

#### ➤ Definición de Elementos para Canalizaciones y Accesorios

Los elementos utilizados para el modelado fueron descargados de bibliotecas especializadas, principalmente la librería de AmancoWavin, que proporciona tuberías y accesorios comunes en el contexto nacional (Nicaragua), con medidas en pulgadas fraccionarias.

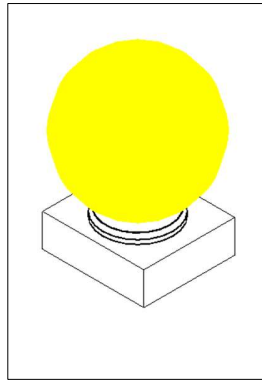
Para los paneles de distribución se emplearon familias de 48 espacios, y los sistemas de iluminación se modelaron utilizando elementos del catálogo de SINSIA. Tomacorrientes, interruptores y otros accesorios fueron seleccionados en base a lo especificado en el diseño eléctrico. Todos estos componentes fueron incorporados al proyecto como familias personalizadas que replican las características funcionales y geométricas del diseño original.

➤ Modelado de elementos eléctricos

A partir del posicionamiento de los paneles de control, luminarias, tomacorrientes y demás accesorios, se procedió a la generación de los circuitos eléctricos de iluminación y fuerza, conforme a los esquemas definidos en el diseño. Estos circuitos fueron estructurados y conectados dentro del modelo BIM, permitiendo una representación integral y coherente del sistema eléctrico del edificio.

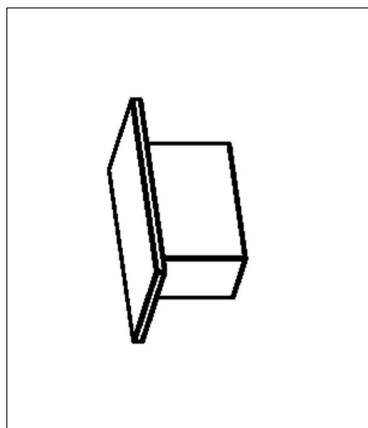
Los elementos modelados de mayor importancia se muestran en las siguientes graficas:

**Figura 59:Modelo 3D Luminaria tipo A y tipo B, librería AmancoWavin**



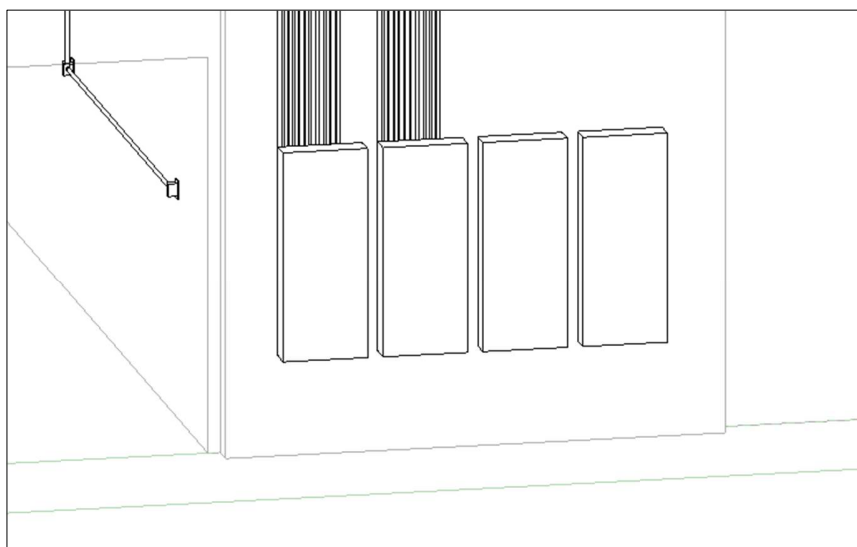
*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 60: Modelo 3D Tomacorriente, librería AmancoWavin**



*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 61: Modelo 3D Sistema Panel de control, librería Amancowavin**



***Fuente: Elaboración Propia***

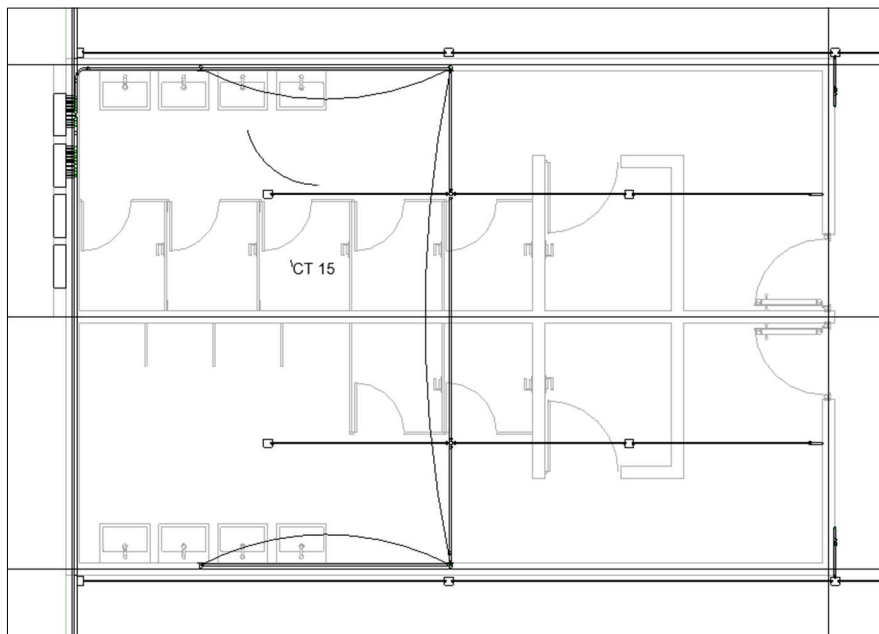
Los circuitos de iluminación fueron definidos conforme a lo establecido en el diseño eléctrico del proyecto. En el entorno virtual de Revit, estos se modelaron agrupando los accesorios de iluminación correspondientes para conformar los distintos circuitos eléctricos.

Cada agrupación fue organizada de acuerdo con criterios funcionales y de carga, permitiendo una representación clara del sistema de iluminación. A continuación, se presenta la representación de uno de los circuitos individuales que integran el sistema eléctrico general del edificio(Ver Anexo: Planos Eléctricos: 5).

#### ➤ Circuitos de Potencia

Los circuitos de potencia fueron desarrollados en base a las especificaciones del diseño eléctrico del proyecto. En el entorno de modelado BIM, dichos circuitos se generaron agrupando la cantidad de tomacorrientes correspondientes dentro de áreas específicas del edificio, considerando criterios de carga y distribución espacial.

**Figura 62: Circuito particular de Potencia**



***Fuente: Elaboración Propia***

Cada circuito fue conectado a su respectivo panel de control, conforme a lo indicado en los planos eléctricos. La siguiente figura ilustra un ejemplo representativo de uno de los circuitos de potencia modelados dentro del sistema eléctrico general.

➤ **Distribución de Circuitos de Iluminación y Potencia**

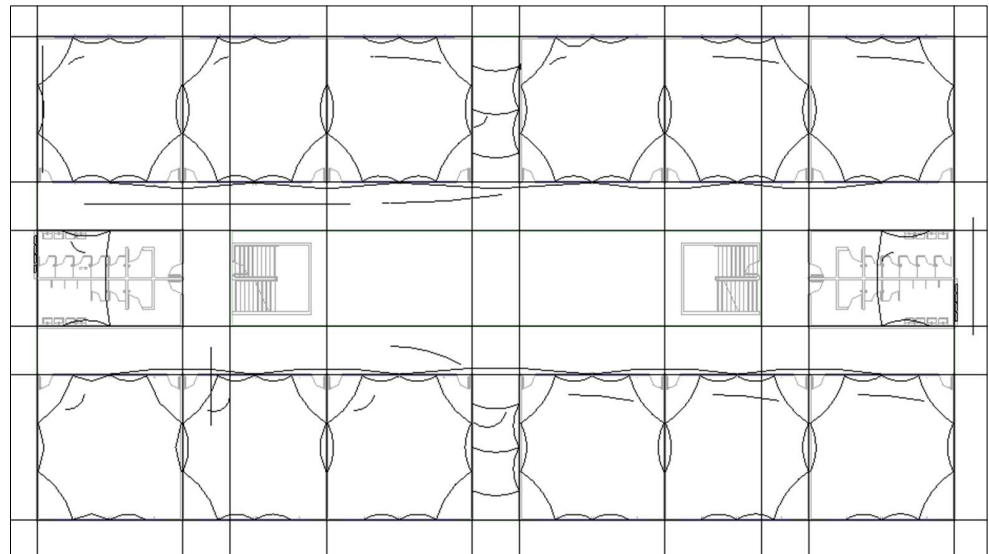
Los circuitos de iluminación y fuerza fueron distribuidos en el modelo conforme a lo especificado en el diseño eléctrico, asignándolos a los paneles respectivos. Estos circuitos fueron organizados y balanceados con el objetivo de asegurar un flujo de corriente eficiente, minimizando caídas de tensión y garantizando la seguridad y funcionalidad del sistema.

➤ **Modelado Eléctrico de Aulas, Pasillos y Otros Espacios**

Una vez modelados los circuitos de iluminación y potencia, se procedió a la incorporación de las canalizaciones, interruptores y demás dispositivos eléctricos asociados. Esta etapa del modelado se desarrolló tanto en la planta baja como en la planta alta del edificio.

En el Anexo, se presentan las vistas en planta (2D) de los circuitos eléctricos correspondientes a los espacios específicos, incluyendo aulas, pasillos y otras áreas funcionales del proyecto (Ver Anexo: Planos Eléctricos: 05).

**Figura 63: Circuito 2D de potencia planta baja y planta alta**



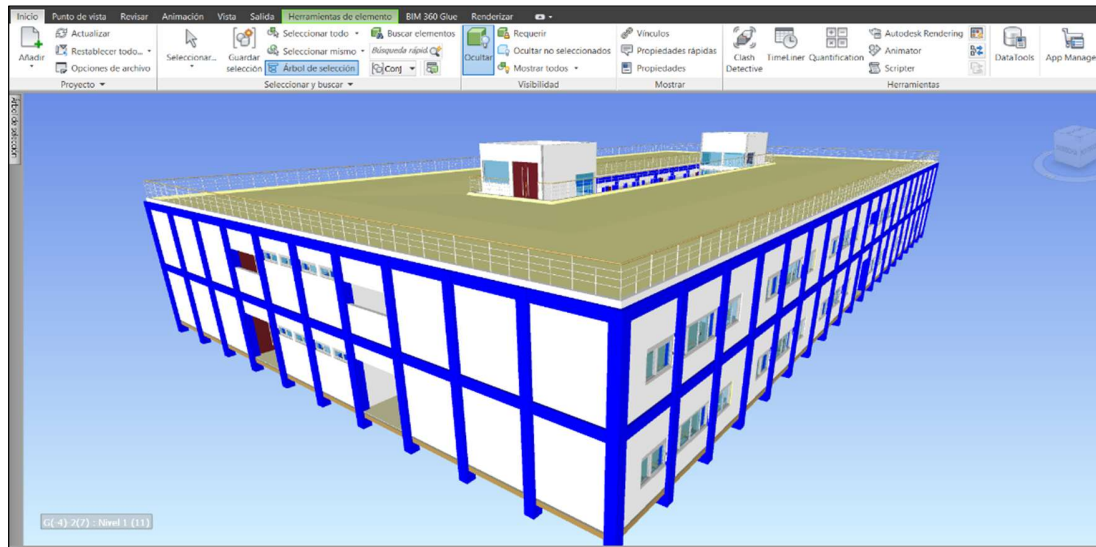
**Fuente:** *Elaboración Propia*

#### **4.7. Detección de interferencias**

##### **4.7.1. Modelo Federado**

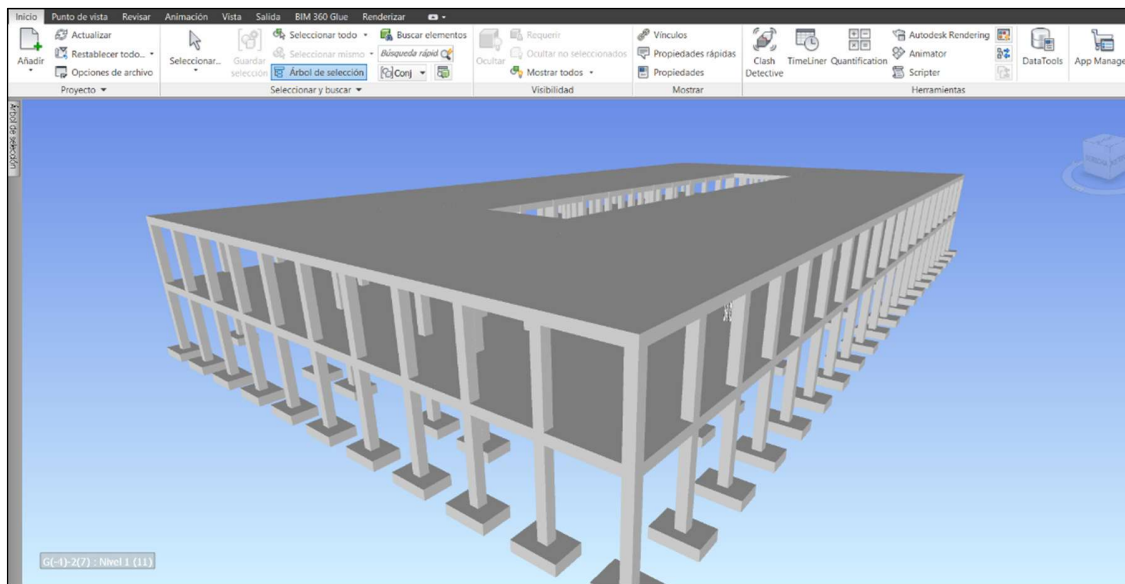
El software Navisworks de Autodesk permite relacionar todas las disciplinas de un proyecto y analizar la interacción entre ellas, de esta forma se reducen los errores en la etapa constructiva de los edificios. Para este proyecto piloto se insertaron las 4 Disciplinas (Arquitectura, Estructura, Eléctrico e Hidrosanitario) para llevar a cabo un análisis de detección de interferencias entre los modelos.

**Figura 64: Modelo Arquitectónico: Navisworks**



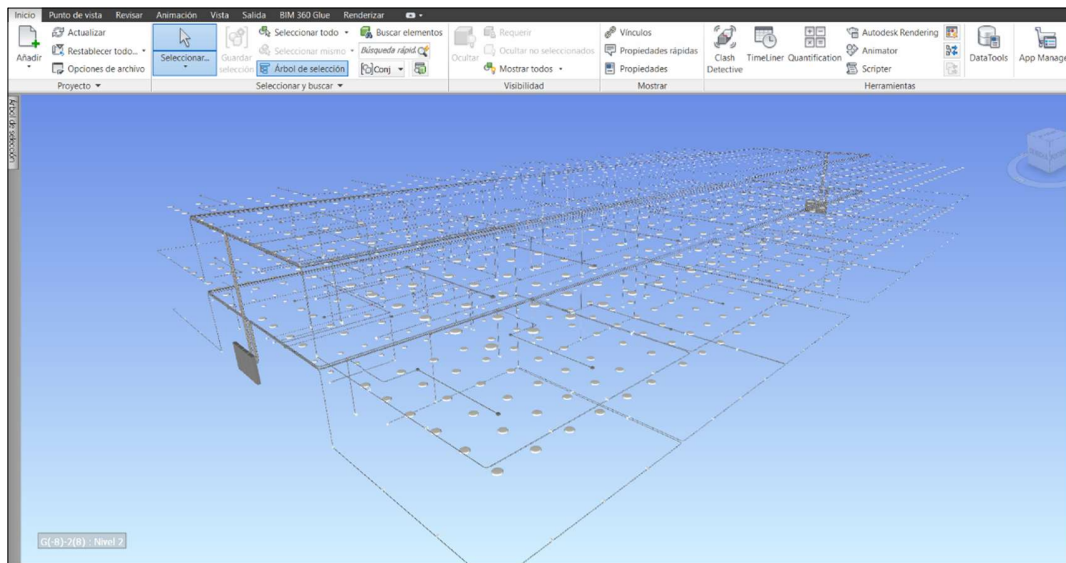
**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 65: Modelo Estructural: Navisworks**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 66: Modelo Eléctrico: Navisworks**



***Fuente: Elaboración Propia***

#### **4.7.2. Detección de Interferencias**

La herramienta “Clash Detection” del software Navisworks permite localizar los puntos críticos en la colaboración de dos modelos, así mismo es posible clasificar cada una de estas interferencias como Nueva, Activa, Revisado, Aprobado y Resuelto, En este caso cada estado aprobado significa que el problema puede resolverse en el sitio o la influencia de este no tiene un impacto significativo en el diseño.

##### **➤ Modelo Estructural Vs Modelo Eléctrico**

Al ejecutar la detección de interferencias ente el modelo Estructural y Eléctrico se presentan 302 conflictos, los cuales en su totalidad involucran las tuberías eléctricas con elementos estructurales como columnas y vigas, así mismo, es posible observar (Ver figura 68) que la influencia de la sección transversal de la tubería no tiene influencia significativa sobre la capacidad de carga de la columna de concreto.

Figura 67: Conteo de interferencias Estructura vs Eléctrico

Clash Detective

Test 1 Última ejecución: domingo, 17 de i

Conflictos: Total: 302

Nombre	Estado	Confli...	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Re
Test 1	Terminado	302	0	0	0	302	0

Añadir prueba Restablecer todo Compactar todo Suprimir todo Actualizar todo

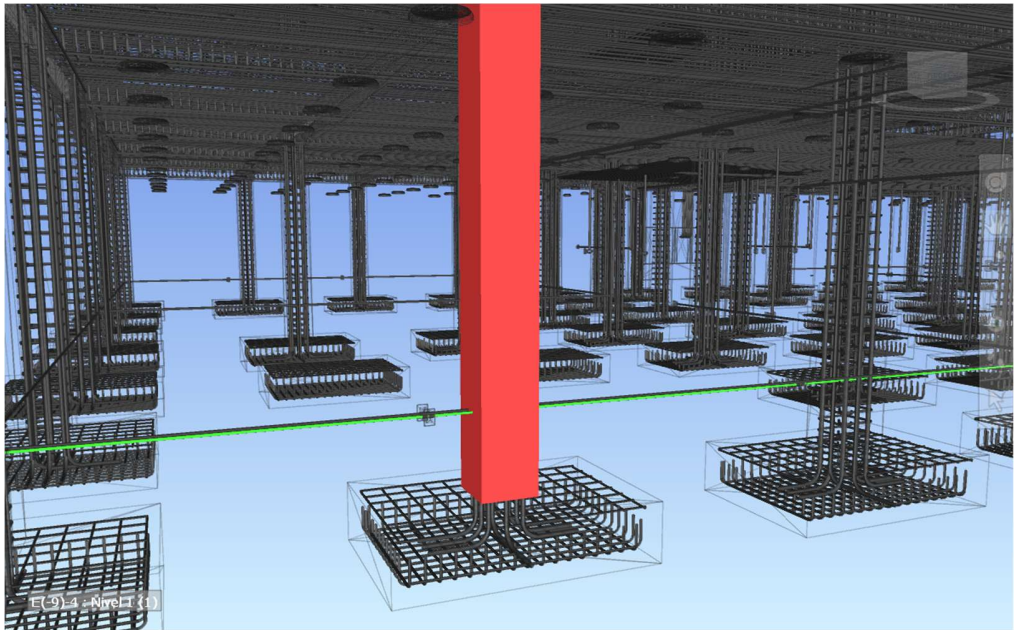
Reglas Seleccionar Resultados Informe

Nuevo grupo [Iconos] Asignar [Iconos] Ninguno [Iconos]

Nombre	Estado	Nivel	Intersec...	Encontrado	Aprobado..
Conflicto1	Aprobado	Nivel 1	F(5)-3(3)	19:02:15 17-11-2024	efrac
Conflicto2	Aprobado	Nivel 1	F(5)-2(-3)	19:02:15 17-11-2024	efrac
Conflicto3	Aprobado	Nivel 1	D(8)-3(1)	19:02:15 17-11-2024	efrac
Conflicto4	Aprobado	Nivel 1	D(14)-4(2)	19:02:15 17-11-2024	efrac
Conflicto5	Aprobado	Nivel 1	E(-9)-3(1)	19:02:15 17-11-2024	efrac
Conflicto6	Aprobado	Nivel 1	D(11)-3(1)	19:02:15 17-11-2024	efrac
Conflicto7	Aprobado	Nivel 1	D(2)-3(1)	19:02:15 17-11-2024	efrac
Conflicto8	Aprobado	Nivel 1	F(10)-4(8)	19:02:15 17-11-2024	efrac
Conflicto9	Aprobado	Nivel 1	F(2)-4(8)	19:02:15 17-11-2024	efrac
Conflicto10	Aprobado	Nivel 1	E(2)-4(8)	19:02:15 17-11-2024	efrac

Fuente: Elaboración Propia

Figura 68: Colapso entre columna estructural y tubería Conduit.



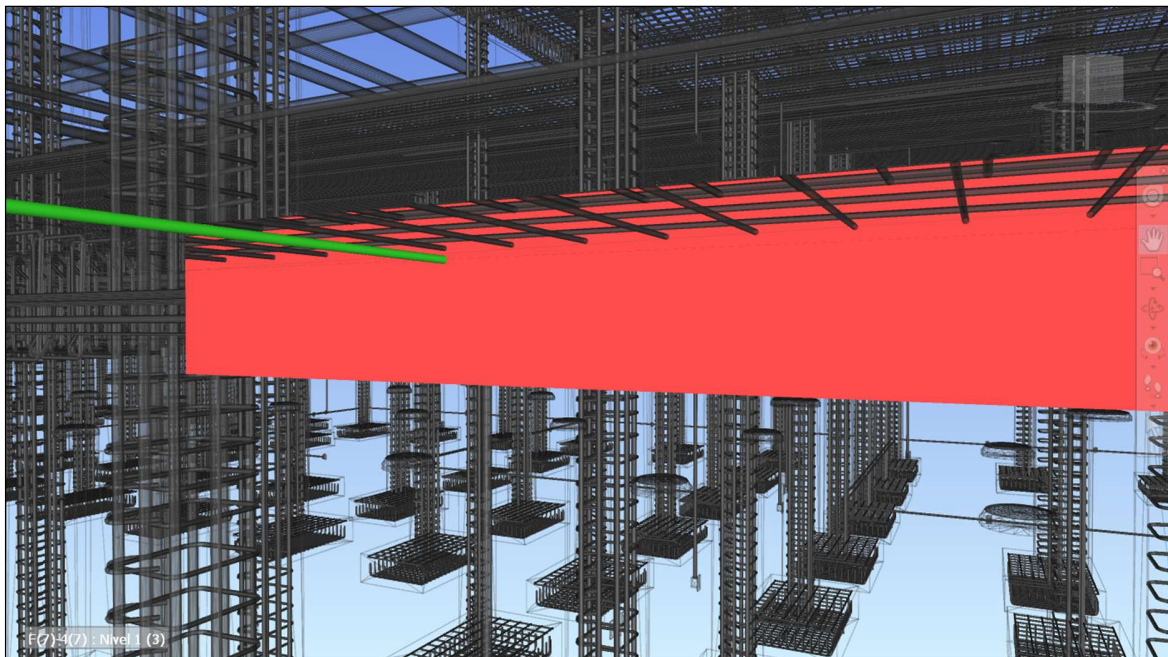
Fuente: Elaboración Propia



Considerando que la sección transversal del tubo que traspasa la columna estructural es de 0.005 metros cuadrados (en el caso de una sección 40x40cm), en el caso de dos unidades como se presenta la situación crítica como se presenta en la figura 68, lo cual equivale a 0.01m<sup>2</sup>, esto representa el 6.25% de la sección transversal total de la columna. Lo anterior no representa un impacto significativo en el comportamiento estructural de la columna ya que no influye en el área de acero y el porcentaje de reducción de la sección transversal es mínimo.

En el caso de que se presentara una viga, siguiendo el mismo procedimiento se presenta una reducción máxima de 4.1% de su sección transversal, lo cual no es una disminución significativa de área de concreto en una zona de la viga específica. Cabe recalcar que la ubicación de la tubería no afecta la posición del acero estructural en ningún caso.

**Figura 69: Colapso entre viga estructural y la tubería Conduit**



**Fuente: Elaboración Propia**

Las interferencias presentadas entre el modelo estructural y el modelo Eléctrico no presentan problemas significativos en el sistema de funcionamiento de la estructura, por lo cual los 302 conflictos se clasificarán como aprobados. Cabe recalcar que en caso de haber conflictos entre estribos y tubería se deberá duplicar uno para seguir con el patrón de la configuración estructural establecida en los planos.

#### ➤ Modelo Estructural Vs Modelo Eléctrico

Al ejecutar la detección de interferencias ente el modelo Estructural y MEP se presentan 283 conflictos, los cuales en su mayoría involucran los paneles divisorios de las áreas de los baños del edificio que fueron modelados en el archivo de REVIT -MEP con elementos estructurales como columnas y viga, así mismo las tuberías de agua potable presentan interferencias en las vigas de concreto del segundo nivel a como se aprecia en la figura 71.

**Figura 70: Interferencias Estructural vs Eléctrico**

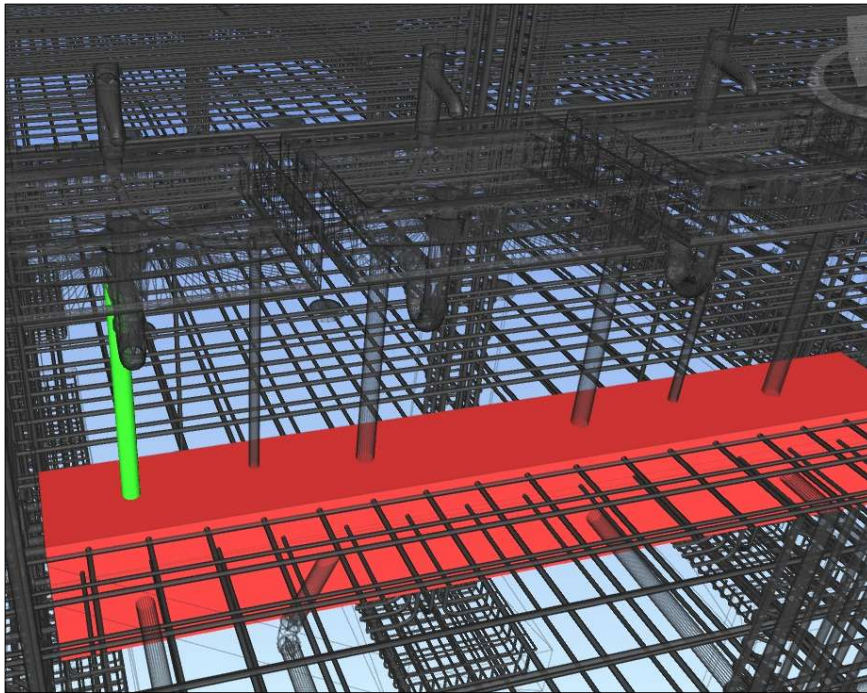
Nombre	Estado	Confl...	Nuevo	Activo	Re
Test 1	Antiguo	290	0	0	0
Estructural - MEP	Terminado	283	0	0	0

Nombre	Estado	Nivel	Intersec...	Encon
Conflicto1	Aprobado	Nivel 1 (6)	F(11)-2(-...	15:05:1
Conflicto2	Aprobado	Nivel 1 (6)	F(8)-2(-1...	15:05:1
Conflicto3	Aprobado	Nivel 1 (6)	D(2)-2(-...	15:05:1
Conflicto4	Aprobado	Nivel 1 (6)	D-2(-14)	15:05:1
Conflicto5	Aprobado	Nivel 1 (3)	F(11)-2(-...	15:05:1
Conflicto6	Aprobado	Nivel 1 (3)	F(8)-2(-1...	15:05:1
Conflicto7	Aprobado	Nivel 1 (3)	D(2)-2(-...	15:05:1
Conflicto8	Aprobado	Nivel 1 (3)	D-2(-14)	15:05:1
Conflicto9	Aprobado	Nivel 1 (6)	D(2)-2(-...	15:05:1
Conflicto10	Aprobado	Nivel 1 (6)	D(2)-2(-...	15:05:1

**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura 71: Colapso entre viga estructural y tubería de agua potable**

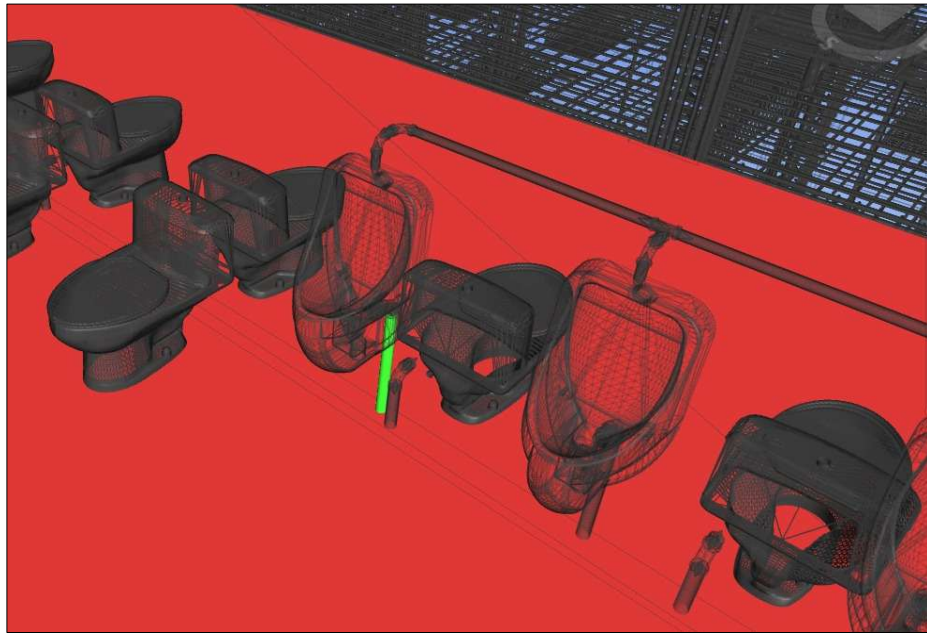


***Fuente: Elaboración Propia***

Considerando que la sección transversal del tubo que traspasa la viga estructural es de 0.002 metros cuadrados, en el caso de una unidad como se presenta la situación crítica como se presenta en la figura 71, lo cual equivale a  $0.002 \text{ m}^2$ , esto representa el 1.16% de la sección transversal total de la viga. Lo anterior no representa un impacto significativo en el comportamiento estructural de este elemento ya que no influye en el área de acero y el porcentaje de reducción de la sección transversal es mínimo.

Al instalar tubería, existen un número importante de interferencias sobre la losa de concreto, las cuales deben realizarse para alcanzar a realizar las instalaciones de agua potable y residual, por tanto, consideran una reducción en el área de concreto sobre la losa, esta reducción no representa una limitante de resistencia considerable, al solamente abarcar el 2% del área bruta total del elemento sobre este elemento estructural, así mismo no debe afectar en nada el área de acero del elemento. (ver figura 72)

**Figura 72: Colapso entre losa estructural y tubería de agua potable**



***Fuente: Elaboración Propia***

Las interferencias presentadas entre el modelo estructural y el modelo MEP no presentan problemas significativos en el sistema de funcionamiento de la estructura, por lo cual los 283 conflictos se clasificarán como aprobado. Cabe recalcar que en caso de haber conflictos entre estribos y tubería se deberá duplicar una unidad de estribos para seguir con el patrón de la configuración estructural establecida en los planos.

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **V. CONCLUSIONES**

La implementación de la metodología BIM (3D) en el diseño de un edificio prototipo en Managua ha demostrado ser una herramienta eficaz para optimizar el proceso de planificación, diseño y coordinación de proyectos constructivos. A lo largo del desarrollo del presente estudio, se logró evidenciar cómo el enfoque digital y federado del BIM permite generar modelos más precisos, reducir errores de diseño, anticipar interferencias y mejorar la calidad de la documentación técnica.

La aplicación del BIM permitió abordar integralmente las disciplinas arquitectónica, estructural, hidrosanitaria y eléctrica, integrándolas en un modelo tridimensional coherente y coordinado. Esto se logró gracias al uso de herramientas especializadas como Revit, ETABS y Navisworks, las cuales facilitaron el diseño detallado, los análisis estructurales y la detección anticipada de colisiones entre elementos constructivos.

El modelo del edificio educativo propuesto cumple con los lineamientos establecidos por el Ministerio de Educación (MINED) y el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), y responde a las exigencias funcionales, espaciales y normativas propias del contexto nicaragüense. El enfoque utilizado priorizó la accesibilidad, la eficiencia estructural, la sostenibilidad del diseño y la viabilidad técnica del proyecto.

Uno de los logros más relevantes del estudio fue la detección de interferencias entre disciplinas a través del uso de Navisworks, lo cual permitió realizar correcciones tempranas que, en un contexto real, evitarían problemas constructivos y sobrecostos. Asimismo, el análisis estructural bajo normativa sismorresistente nacional demostró que el edificio diseñado es apto para resistir las fuerzas sísmicas previstas para la ciudad de Managua.

Este trabajo no solo permitió alcanzar los objetivos específicos planteados, sino que también ofrece una guía práctica y técnica para la implementación BIM en el diseño de edificaciones educativas hasta un nivel 3D. Además, promueve la formación de profesionales con capacidades en nuevas tecnologías constructivas, lo cual es esencial para reducir la brecha tecnológica existente en el sector de la ingeniería civil del país.

En conclusión, la experiencia adquirida en esta investigación demuestra que la metodología BIM no es solo una herramienta de modelado, sino una estrategia integral de gestión de información, que contribuye significativamente a mejorar la calidad, eficiencia y sostenibilidad de los proyectos de edificación en Nicaragua.

## **VI. RECOMENDACIONES**

En función del desarrollo y resultados obtenidos en el presente estudio, se proponen las siguientes recomendaciones, orientadas a fortalecer la implementación de la metodología BIM en proyectos educativos y a promover su aplicación en el contexto nacional:

### **1. Fomentar la formación profesional en la metodología BIM.**

Se recomienda que las facultades de ingeniería y arquitectura incorporen sistemáticamente en sus programas académicos contenidos relacionados con BIM.

### **2. Impulsar políticas institucionales para el uso de BIM en proyectos públicos.**

Es necesario que las organizaciones gubernamentales como el ministerio de educación (MINED) y Ministerio de transporte e Infraestructura (MTI) integren paulatinamente el uso de BIM en sus procesos de licitación y normativas.

### **3. Ampliar el alcance de futuros estudios a dimensiones superiores de BIM.**

El presente documento se centró en la implementación de BIM hasta una dimensión 3D. Se recomienda que se lleven a cabo futuros proyectos con dimensiones de hasta 7D.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- ACI. (2019). *Building code requirements for structural concrete*.
- Alcaldía de Managua. (2004). *Reglamento de drenaje pluvial para el área de municipio de Managua*. Managua.
- Arias, F. G. (2006). *EL PROYECTO de investigación*. Bolivia: Episteme.
- Azhar, S. (2011). *Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. Leadership and Management in Engineering*.
- CADBIM Surveys. (n.d.). Dimensiones BIM.
- CNC. (n.d.). Cámara nicaraguense de la construcción.
- Comisión Nacional de Infraestructura. (2008). *Normas y criterios para el Diseño de Establecimientos Escolares*.
- Computer Integrated Construction Research. (2019). *BIM Project Execution Planning Guide*.
- Cordero, Z. R. (2009). La investigación aplicada. *Revista Educación*.
- Eastman, C., Teicholz, P., & Sacks, P. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*.
- Espino, D. E., & Rodríguez, P. J. (2018). *Análisis comparativo entre las metodologías BIM y tradicional implementadas en gestión de tiempo y gestión de costo del proyecto Edificio Central Panadería Corazón de Oro*. Managua.
- Hardin, B. (2009). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows*.
- Harper, G. E. (2019). *El ABC de las instalaciones eléctricas*.
- INAA. (n.d.). Instituto nicaraguense de acueductos y alcantarillados.

INE. (n.d.). Instituto nicaraguense de energia.

Infraestructura, M. d. (2022). *NSM*. Managua.

Instituto Costarricense de acueductos y alcantarillados. (2017). *Norma tecnica para diseño y construccion de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial*.

Irving H. Shames. (1995). *mecánica de fluidos*.

Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*. McGraw-Hill.

MINED. (2008). Normas y Criterios para diseño de establecimientos escolares.

Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2022). *Norma Sismoresistente para la Ciudad de Managua*. Managua.

Moreno, D. B. (2018). *Guía para implementaar y gestionar proyectos BIM*. COSTOS S.A.C.

Morrison, N. (1933). *Interacción Suelo-Estructura: Semi espacio de Winkler*. Barcelona.

MTI. (2004). Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense de Accesibilidad.

MTI. (2004). *Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense de Accesibilidad*.

MTI. (2004). Normas mínimas de accesibilidad.

MTI. (2008). *programa de inversiones publicas*.

MTI. (2015). Normas mínimas de accesibilidad.

MTI. (2015). *Vivienda y desarrollos habitacionales urbanos*.

NEC. (2020). *Codigo electrico nacional*.

NSM, M. (2021). *Norma Sismorresistente para la ciudad de Managua*.

NTON 09 003-99. (1999). *Normas tecnicas para el diseño de abastecimiento y potabilizacion del agua*.

- NTON 09 007-19. (2019). *Normas tecnicas para el diseño de abastecimiento y potabilizacion del agua.*
- NTON 09 007-19. (2021). *Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.*
- NTON 12006-04. (2004). *Normas minimas de accesibilidad.*
- Perez Torrez, L. C., Meza Vanegas, K. B., & Guerrero Sándigo, A. J. (2021). *Propuesta de implementación de la metodología BIM por medio de un proyecto piloto tipo residencial.* Managua.
- PMI. (2013). *Guia de los fundamentos para la direccion de proyectos.*
- Reboreado, A. (2016). *Diseño estructural.*
- Rodríguez Sosa, J. (2007). *Evaluacion de proyectos de desarrollo local.*
- Sánchez Henao, J. C. (1997). *Eficacia organizacional.*
- Soza, L. C. (2007). *Guia para las instalaciones sanitarias en edificios.*
- Succar, B. (2009). *Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders. Automation in Construction.*
- Testa, R. F. (2019). Implementación BIM en la dirección de proyectos de construcción.
- Tórrez, P., Vanegas, M., & Sándigo, G. (2021). *Propuesta de Implementación de la Metodología BIM por medio de un proyecto piloto tipo Residencial.*
- Universidad Americana (UAM). (2023). Ingeniería y Arquitectura. *Ingeniería y Arquitectura N.2.*

## WEBGRAFÍA

Autodesk. (n.d.). *Autodesk*. Retrieved from Autodesk: <https://www.autodesk.mx/solutions/bim/benefits-of-bim#:~:text=Entre%20las%20ventajas%20de%20BIM,eficaces%20y%20obtener%20mejores%20resultados.>

*BIM Dictionary*. (2021, Abril 11). Retrieved from BIM Dictionary: <https://bimdictionary.com/en/building-information-modelling/2>

CATENDA. (n.d.). *CATENDA*. Retrieved from CATENDA: <https://catenda.com/fr/>

Formacad. (n.d.). *Formacad*. Retrieved from <https://formacad.es/historia-del-cad-y-sus-origenes/>

Geo. (2019, 04). *Geo*. Retrieved from Geo: <https://www.geofumadas.com/avance-e-implementacion-de-bim-caso-centroamerica/>

Grupo BIMnD. (n.d.). *BIMnD*. Retrieved from BIMnD: <https://www.bimnd.es/lod-la-metodologia-bim/>

Ingegeek. (2021). <https://www.ingegeek.site/2021/12/07/sistemas-estructurales-de-concreto-armado/>.

Lugo, S. O. (n.d.). *Alpha Consultoría*. Retrieved from Alpha Consultoría: <https://www.alpha-consultoria.com/que-es-microsoft-project-y-para-que-sirve/>

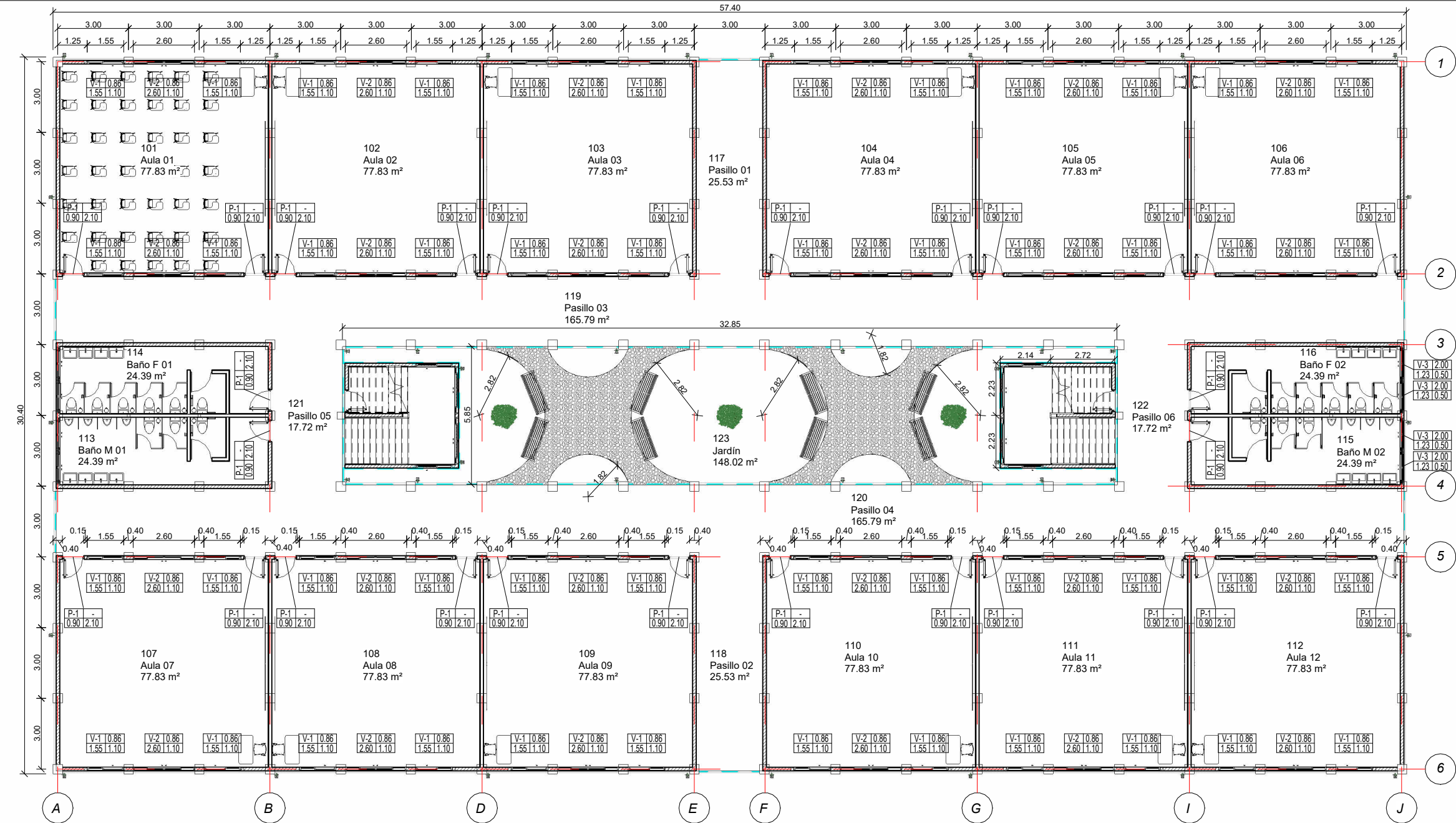
Mar, M. (2021, 09 19). *KONSTRUEDU.COM*. Retrieved from KONSTRUEDU.COM: <https://konstruedu.com/es/blog/contexto-bim-en-latinoamerica-bim-ya-es-una-realidad>

Rock Content. (2019, 04). *Rock Content*. Retrieved from BIM: conoce los impactos de esta innovadora tecnología: <https://rockcontent.com/es/blog/bim/>

SCS ARQUITECTO. (n.d.). *SCS ARQUITECTO*. Retrieved from SCS ARQUITECTO: <https://scsarquitecto.cl/etapas-proyecto-arquitectura-anteproyecto/>

Wiggot, R. (2021, octubre 15). *Wiggot*. Retrieved from Wiggot:  
<https://wiggot.com/archivos/sistema-bim-como-funciona-para-que-sirve/#:~:text=BIM%20surgi%C3%B3%20en%20el%20siglo%20XX&text=Con%20la%20llegada%20de%20las,el%20potencial%20de%20estas%20herramientas>.

# **ANEXOS**



1 Nivel 1 Etiquetado  
1 : 200



2 Sur-Exterior  
1 : 200

TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE ESPACIOS - 1ra PLANTA					
Ítem	Nombre	Nivel	Perímetro	Área	Comentarios
101	Aula 01	Nivel 1	37.38 m	77.83 m²	
102	Aula 02	Nivel 1	37.38 m	77.83 m²	
103	Aula 03	Nivel 1	37.38 m	77.83 m²	
104	Aula 04	Nivel 1	37.38 m	77.83 m²	
105	Aula 05	Nivel 1	37.38 m	77.83 m²	
106	Aula 06	Nivel 1	37.38 m	77.83 m²	
107	Aula 07	Nivel 1	37.38 m	77.83 m²	
108	Aula 08	Nivel 1	37.38 m	77.83 m²	
109	Aula 09	Nivel 1	37.38 m	77.83 m²	
110	Aula 10	Nivel 1	37.38 m	77.83 m²	
111	Aula 11	Nivel 1	37.38 m	77.83 m²	
112	Aula 12	Nivel 1	37.38 m	77.83 m²	
113	Baño M 01	Nivel 1	32.48 m	24.39 m²	
114	Baño F 01	Nivel 1	32.48 m	24.39 m²	
115	Baño M 02	Nivel 1	32.48 m	24.39 m²	
116	Baño F 02	Nivel 1	32.48 m	24.39 m²	
117	Pasillo 01	Nivel 1	24.84 m	25.53 m²	
118	Pasillo 02	Nivel 1	24.84 m	25.53 m²	
119	Pasillo 03	Nivel 1	132.73 m	165.79 m²	
120	Pasillo 04	Nivel 1	132.73 m	165.79 m²	
121	Pasillo 05	Nivel 1	18.70 m	17.72 m²	
122	Pasillo 06	Nivel 1	18.70 m	17.72 m²	
123	Jardín	Nivel 1	97.19 m	148.02 m²	
Nivel 1: 23			1,028.17 m	1,597.58 m²	

TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE PUERTAS - 1ra PLANTA					
Familia	Tipo	Nivel	Altura	Anchura	Recuento
Puerta de madera 2.10 x 0.90 m					
Nivel 1: 28					28

TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE VENTANAS - 1ra PLANTA				
Familia	Tipo	Nivel	Altura de antepecho	Recuento
Ventada con 2 puertas deslizables				
V-3		Nivel 1	2.00 m	8
Ventana con 1 puerta deslizable				
V-1		Nivel 1	0.86 m	48
Ventada con 2 puertas deslizables				
V-2		Nivel 1	0.86 m	24
Nivel 1: 80				80

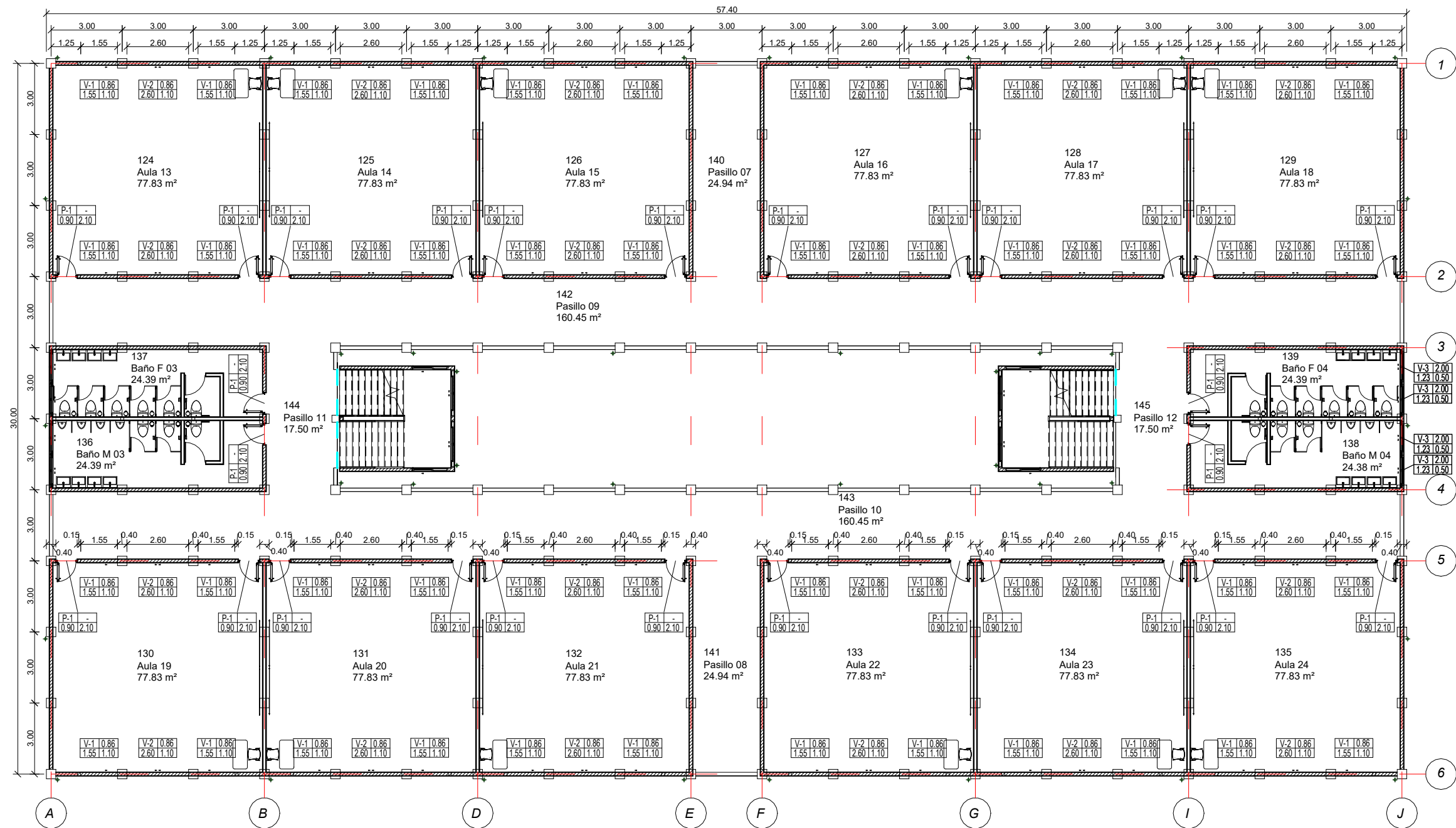
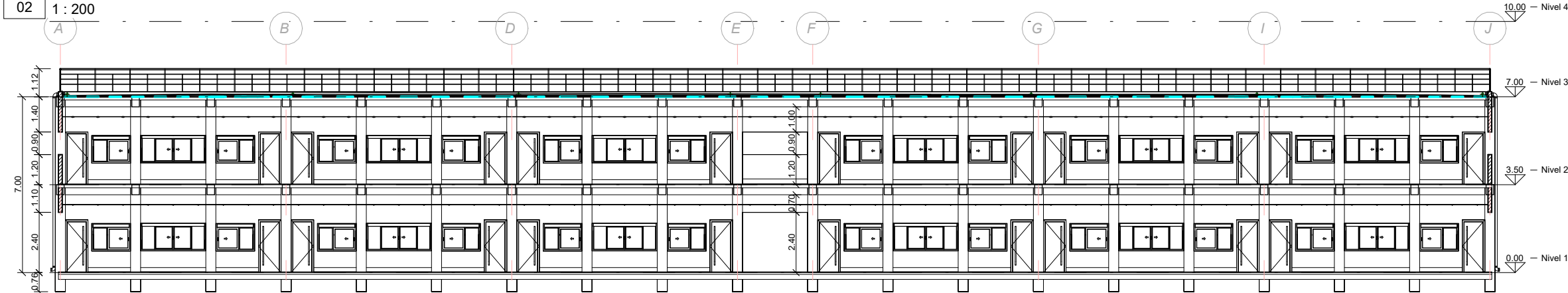


TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE ESPACIOS - 2da PLANTA					
Ítem	Nombre	Nivel	Perímetro	Área	Comentarios
124	Aula 13	Nivel 2	37.38 m	77.83 m²	
125	Aula 14	Nivel 2	37.38 m	77.83 m²	
126	Aula 15	Nivel 2	37.38 m	77.83 m²	
127	Aula 16	Nivel 2	37.38 m	77.83 m²	
128	Aula 17	Nivel 2	37.38 m	77.83 m²	
129	Aula 18	Nivel 2	37.38 m	77.83 m²	
130	Aula 19	Nivel 2	37.38 m	77.83 m²	
131	Aula 20	Nivel 2	37.38 m	77.83 m²	
132	Aula 21	Nivel 2	37.38 m	77.83 m²	
133	Aula 22	Nivel 2	37.38 m	77.83 m²	
134	Aula 23	Nivel 2	37.38 m	77.83 m²	
135	Aula 24	Nivel 2	37.38 m	77.83 m²	
136	Baño M 03	Nivel 2	32.48 m	24.39 m²	
137	Baño F 03	Nivel 2	32.48 m	24.39 m²	
138	Baño M 04	Nivel 2	32.50 m	24.38 m²	
139	Baño F 04	Nivel 2	32.46 m	24.39 m²	
140	Pasillo 07	Nivel 2	24.38 m	24.94 m²	
141	Pasillo 08	Nivel 2	24.38 m	24.94 m²	
142	Pasillo 09	Nivel 2	128.62 m	160.45 m²	
143	Pasillo 10	Nivel 2	128.62 m	160.45 m²	
144	Pasillo 11	Nivel 2	18.47 m	17.50 m²	
145	Pasillo 12	Nivel 2	18.70 m	17.50 m²	
Nivel 2: 22			921.63 m	1,437.27 m²	

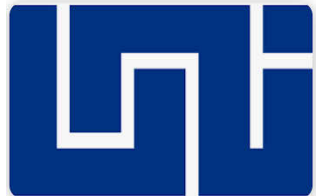
TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE PUERTAS - 2da PLANTA					
Familia	Tipo	Nivel	Altura	Anchura	Recuento
Puerta de madera 2.10 x 0.90 m	P-1	Nivel 2	2.10 m	0.90 m	28
Nivel 2: 28					28

TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE VENTANAS - 2da PLANTA				
Familia	Tipo	Nivel	Altura de antepecho	Recuento
Ventada con 2 puertas deslizables	V-3	Nivel 2	2.00 m	8
Ventana con 1 puerta deslizable	V-1	Nivel 2	0.86 m	48
Ventada con 2 puertas deslizables	V-2	Nivel 2	0.86 m	24
Nivel 2: 80				80

1 Nivel 2 Etiquetado  
02 1 : 200



2 Sur-Interior  
02 1 : 200



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

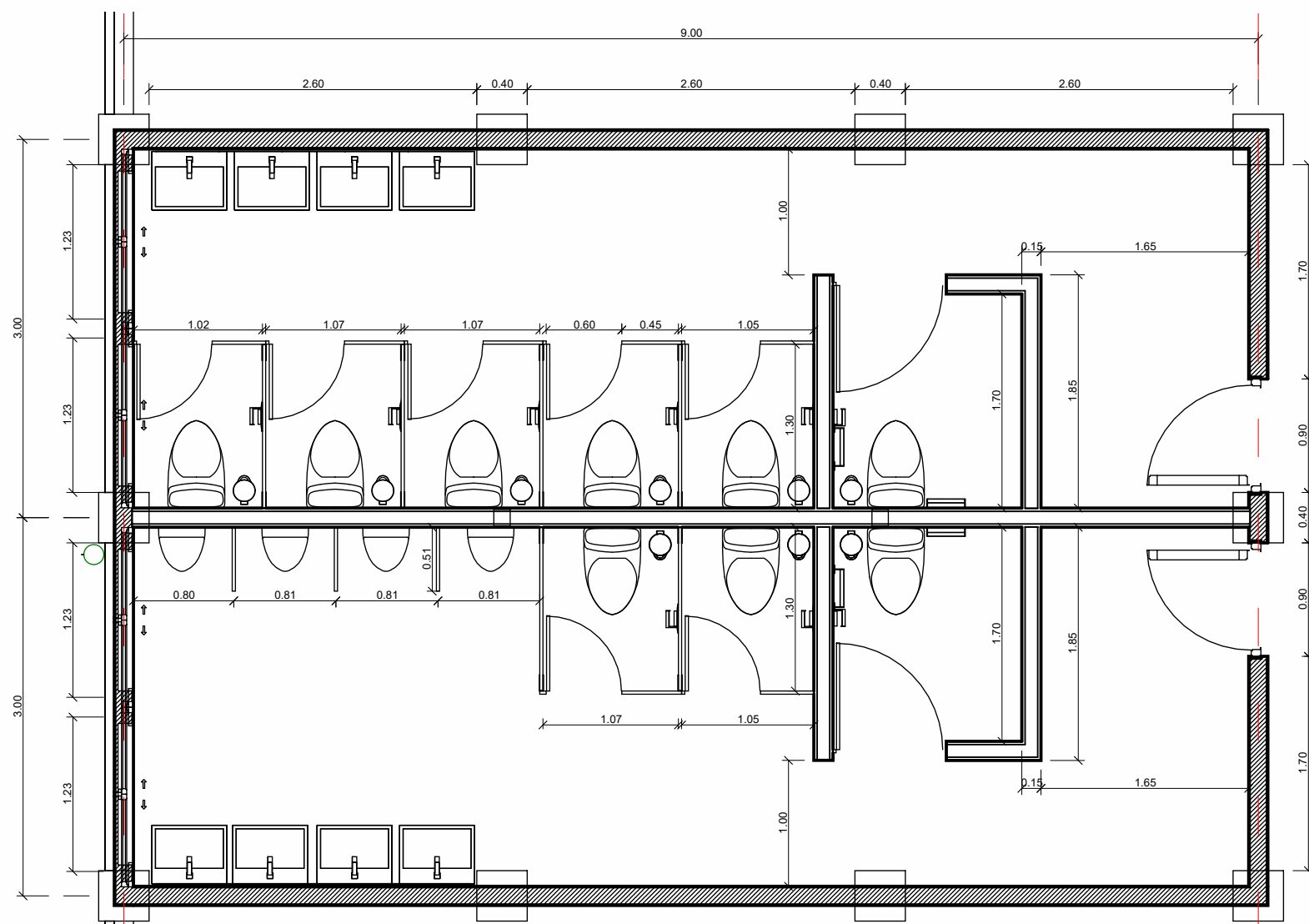
## TESIS

IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL  
MUNICIPIO DE MANAGUA

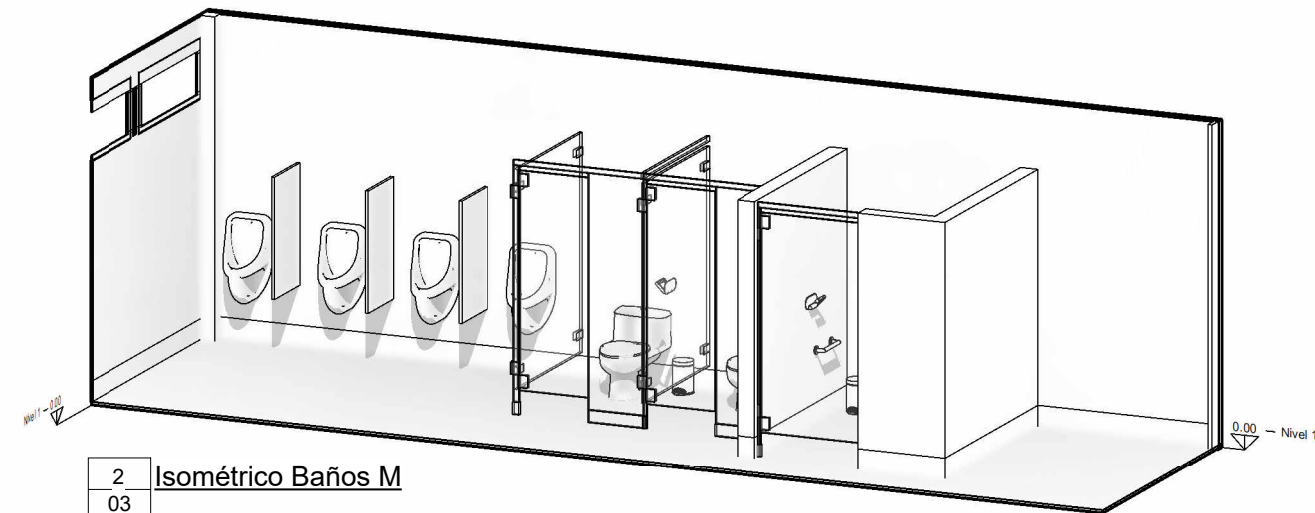
## Espacios Arq. 2da. Planta

Número de proyecto	0001	02
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Ing. Elvis Esmir Reyes Arauz	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	
Escala		1 : 200

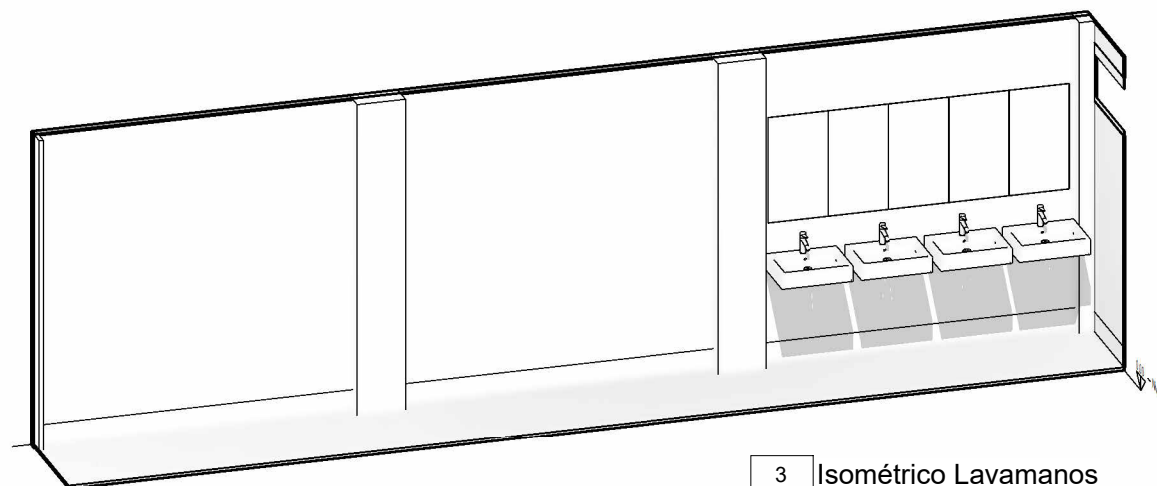




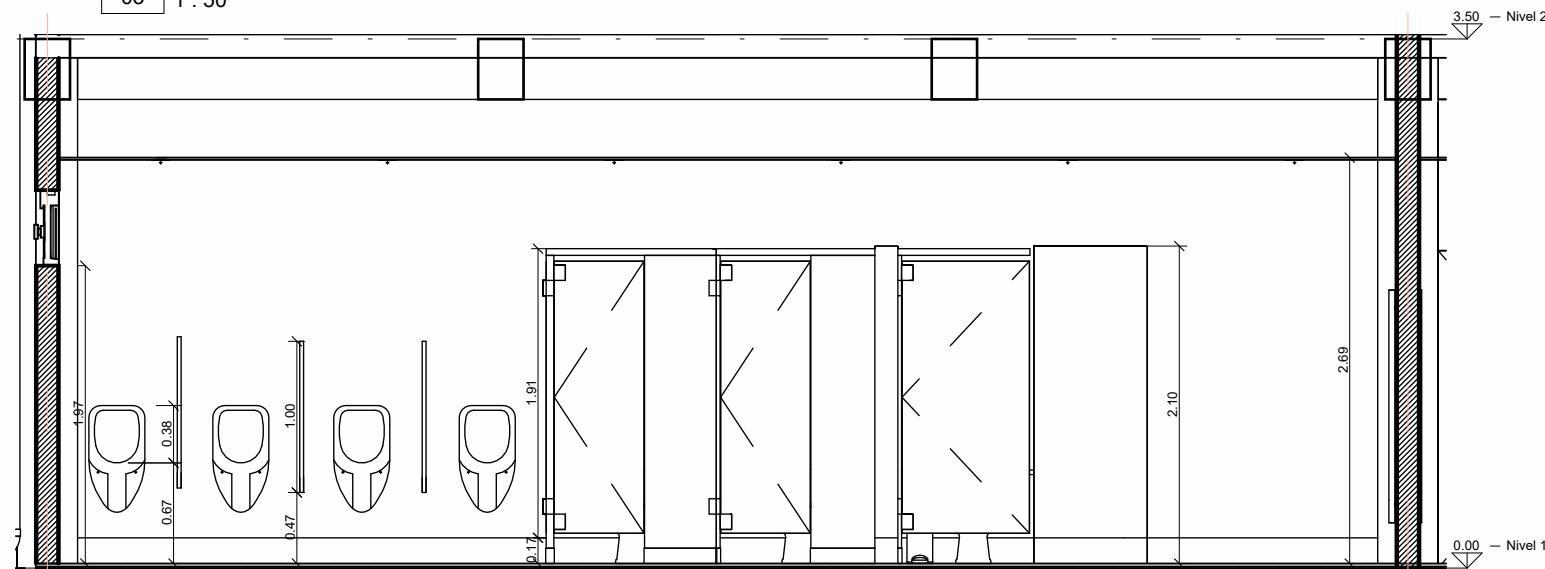
1 Baños  
03 1 : 50



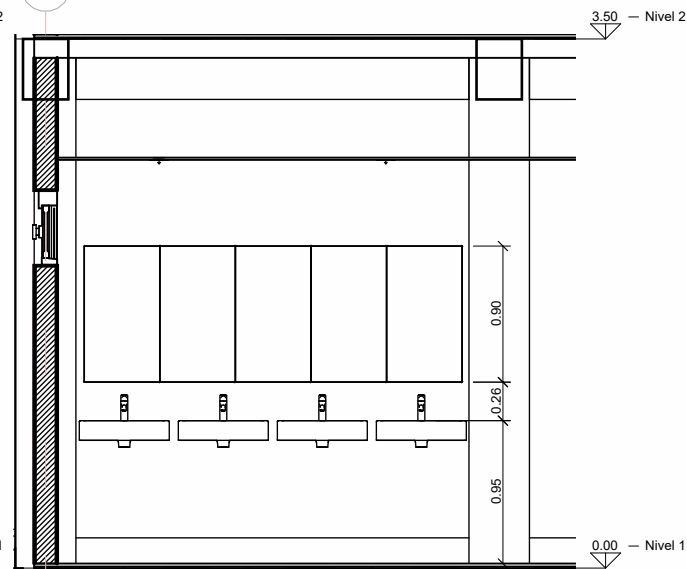
2 Isométrico Baños M  
03



3 Isométrico Lavamanos  
03



4 Sanitarios  
03 1 : 50



5 Lavamanos  
03 1 : 50

TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE APARATOS SANITARIOS			
Descripción	Nivel	Recuento	Comentarios
Lavamanos	Nivel 1	16	
Inodoro	Nivel 1	18	
Urinario	Nivel 1	8	
Baranda	Nivel 1	8	
Espejo	Nivel 1	20	
Porta rollos	Nivel 1	18	
Papelera	Nivel 1	18	
Mampara de baño	Nivel 1	18	
Lavamanos	Nivel 2	16	
Inodoro	Nivel 2	18	
Urinario	Nivel 2	8	
Baranda	Nivel 2	8	
Espejo	Nivel 2	20	
Porta rollos	Nivel 2	18	
Papelera	Nivel 2	18	
Mampara de baño	Nivel 2	18	



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

## TESIS

IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL  
MUNICIPIO DE MANAGUA

## Diseño de Baños

Número de proyecto	0001	03
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Ing. Elvis Esmir Reyes Arauz	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala 1 : 50

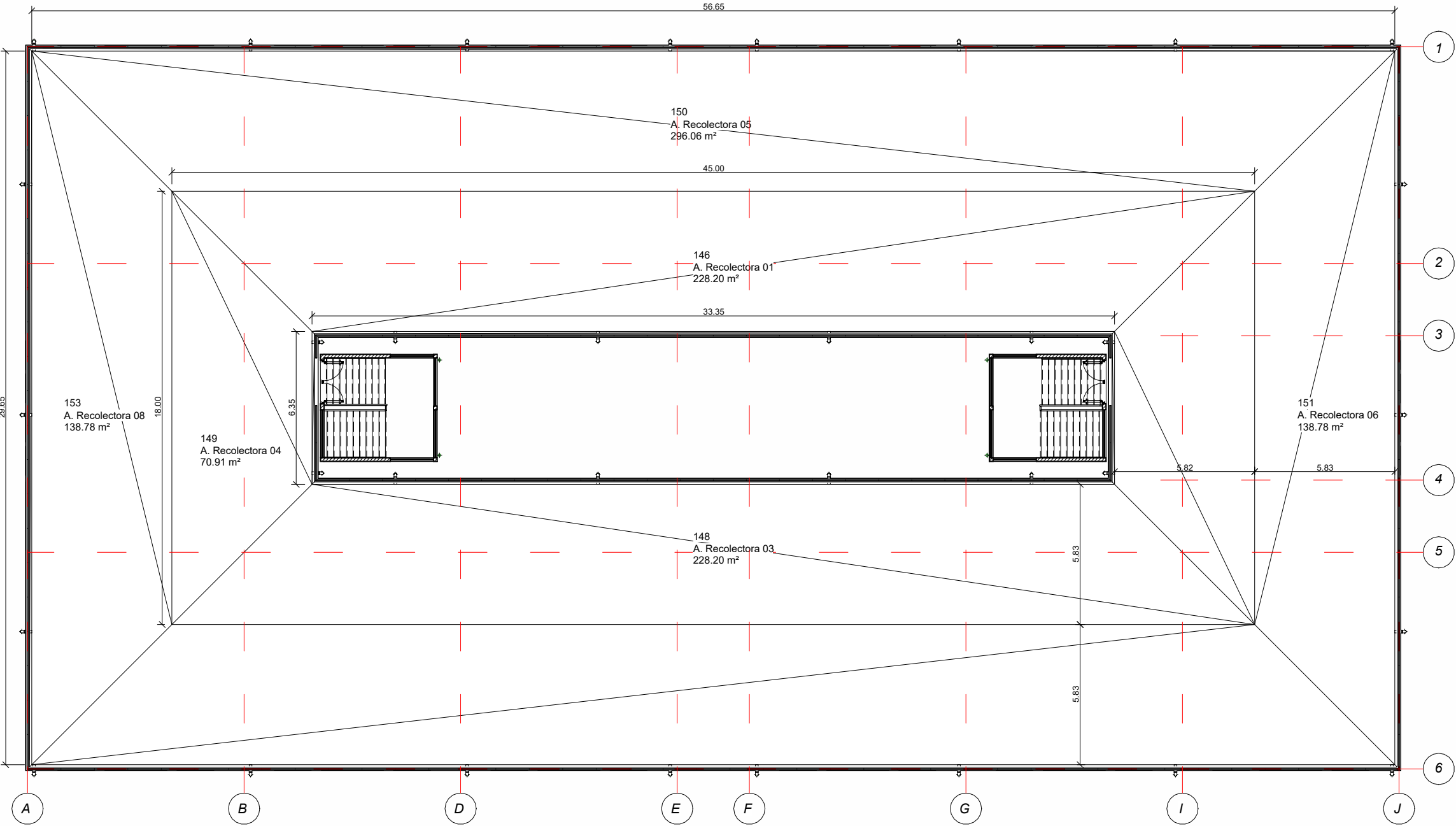
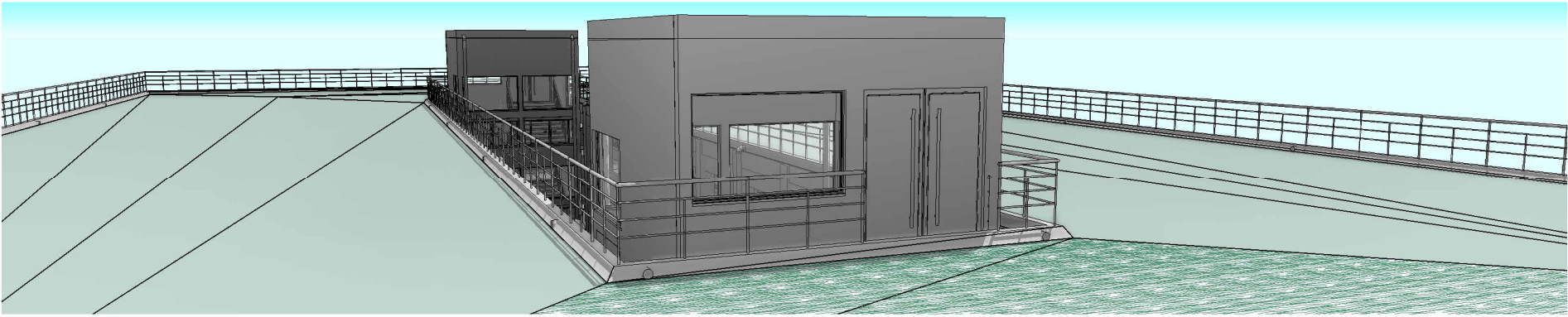
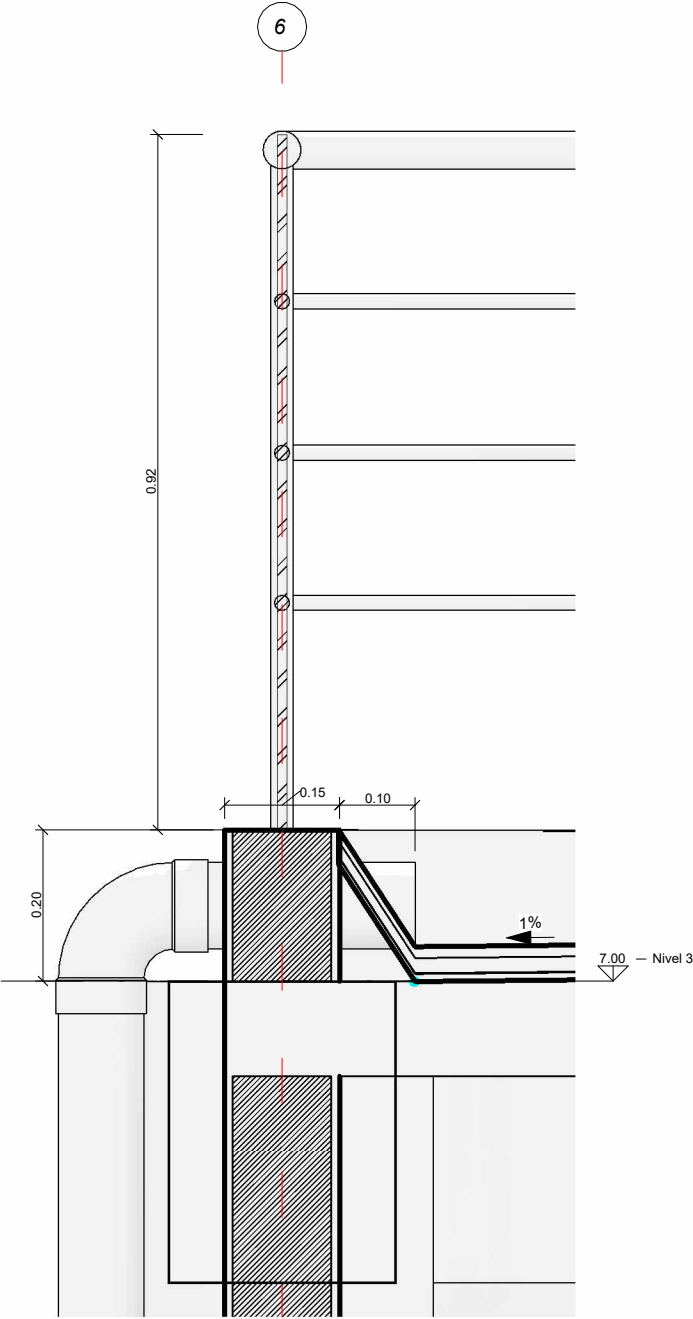


TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE ESPACIOS - TECHO					
Ítem	Nombre	Nivel	Perímetro	Área	Comentarios
146	A. Recolectora 01	Nivel 3	94.71 m	228.20 m²	
147	A. Recolectora 02	Nivel 3	40.82 m	70.91 m²	
148	A. Recolectora 03	Nivel 3	94.83 m	228.20 m²	
149	A. Recolectora 04	Nivel 3	40.71 m	70.91 m²	
150	A. Recolectora 05	Nivel 3	118.12 m	296.06 m²	
151	A. Recolectora 06	Nivel 3	64.12 m	138.78 m²	
152	A. Recolectora 07	Nivel 3	118.13 m	296.06 m²	
153	A. Recolectora 08	Nivel 3	64.13 m	138.78 m²	
Nivel 3: 8			635.57 m	1467.89 m²	



1 Nivel 3 Etiquetado  
04 1 : 200

3 Vista 3D Techo  
04

2 Detalle de Desague  
04 1 : 10



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

### TESIS

IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL  
MUNICIPIO DE MANAGUA

### Diseño de Techo

Número de proyecto	0001
Fecha	25/08/2025
Dibujado por	Ing. Elvis Esmir Reyes Arauz
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís

04

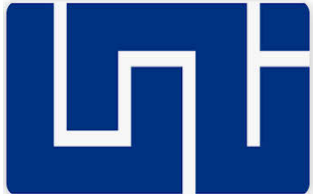
Escala





1  
05

Aula 01



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

TESIS

IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL  
MUNICIPIO DE MANAGUA

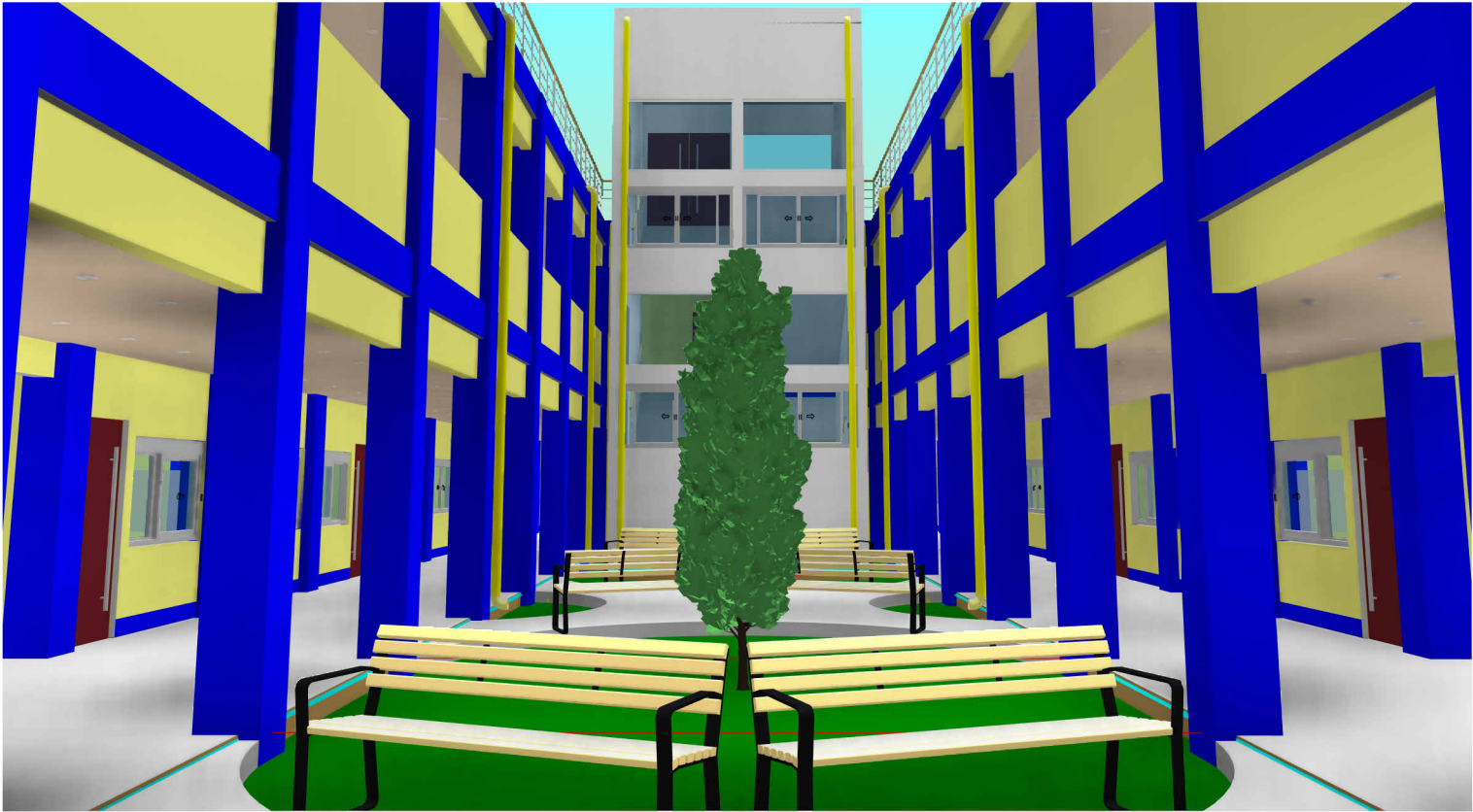
Isométrico - Aula

Número de proyecto	0001
Fecha	25/08/2025
Dibujado por	Ing. Elvis Esmir Reyes Arauz
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís

05

Escala

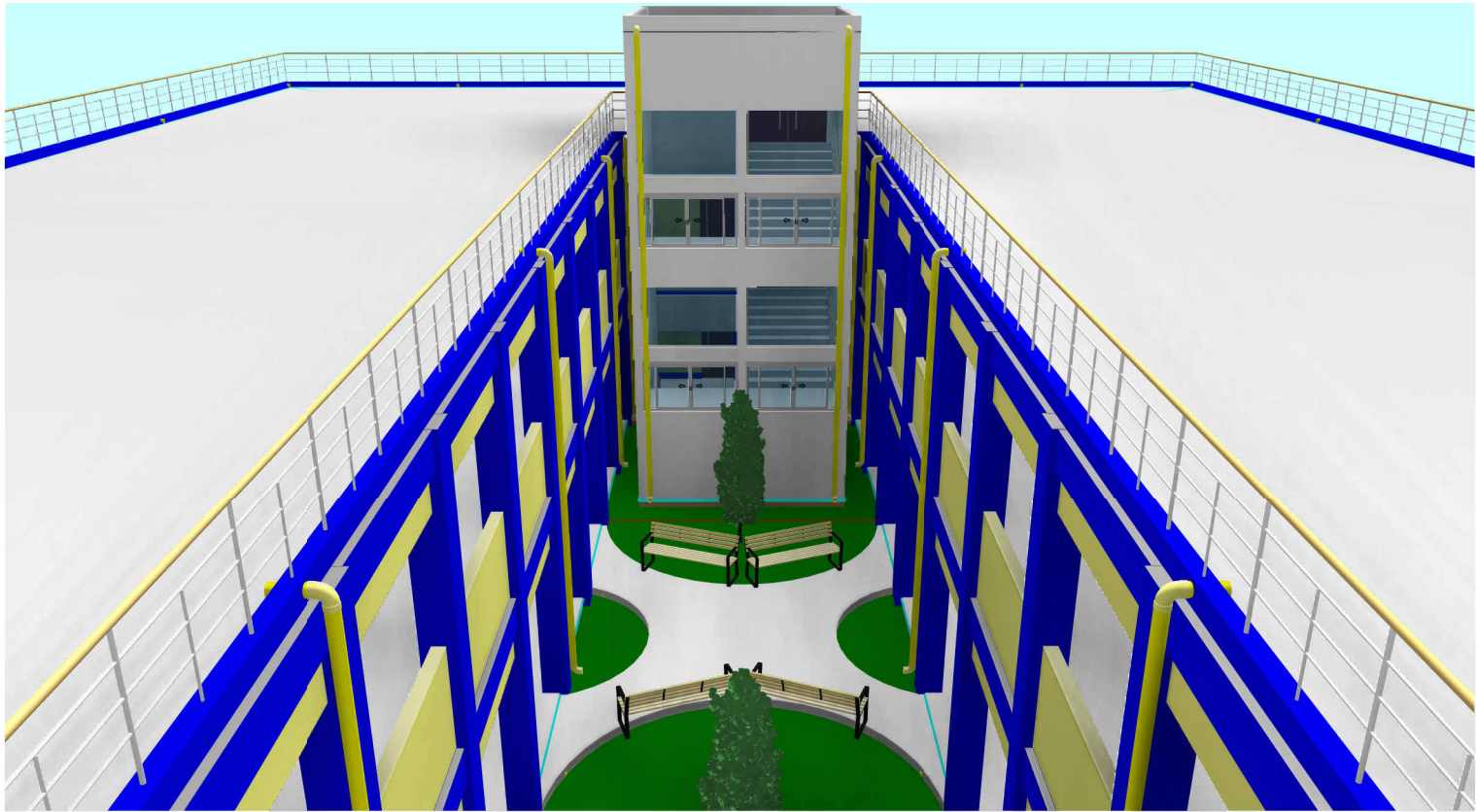




1

06

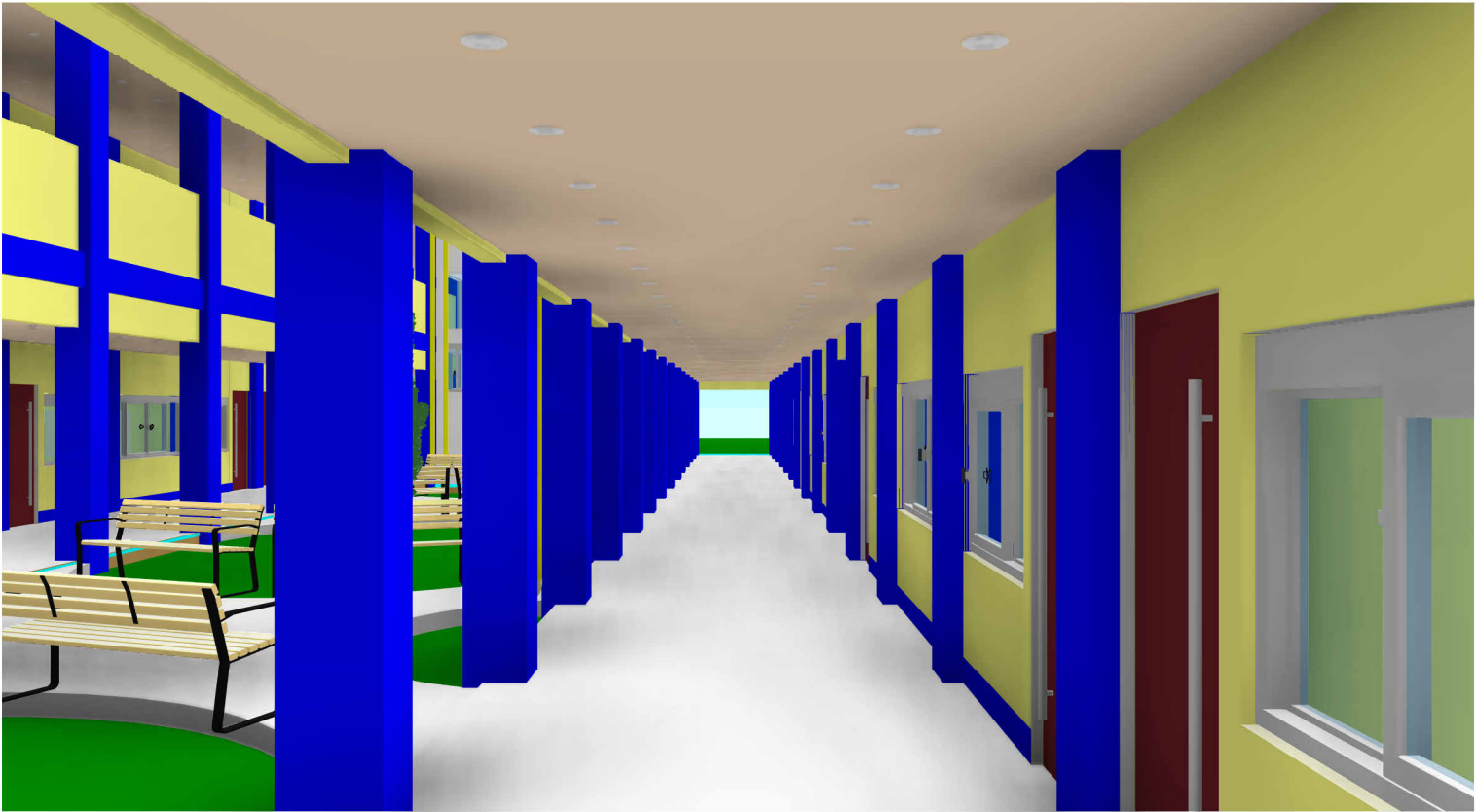
Jardin Central



2

06

Vista de Techo



3

06

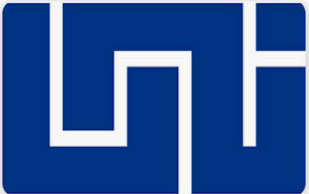
Vista Pasillo 04



4

06

Vista Pasillo 06



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

TESIS

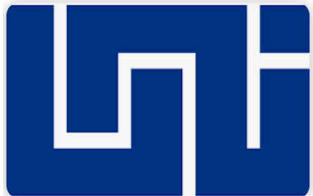
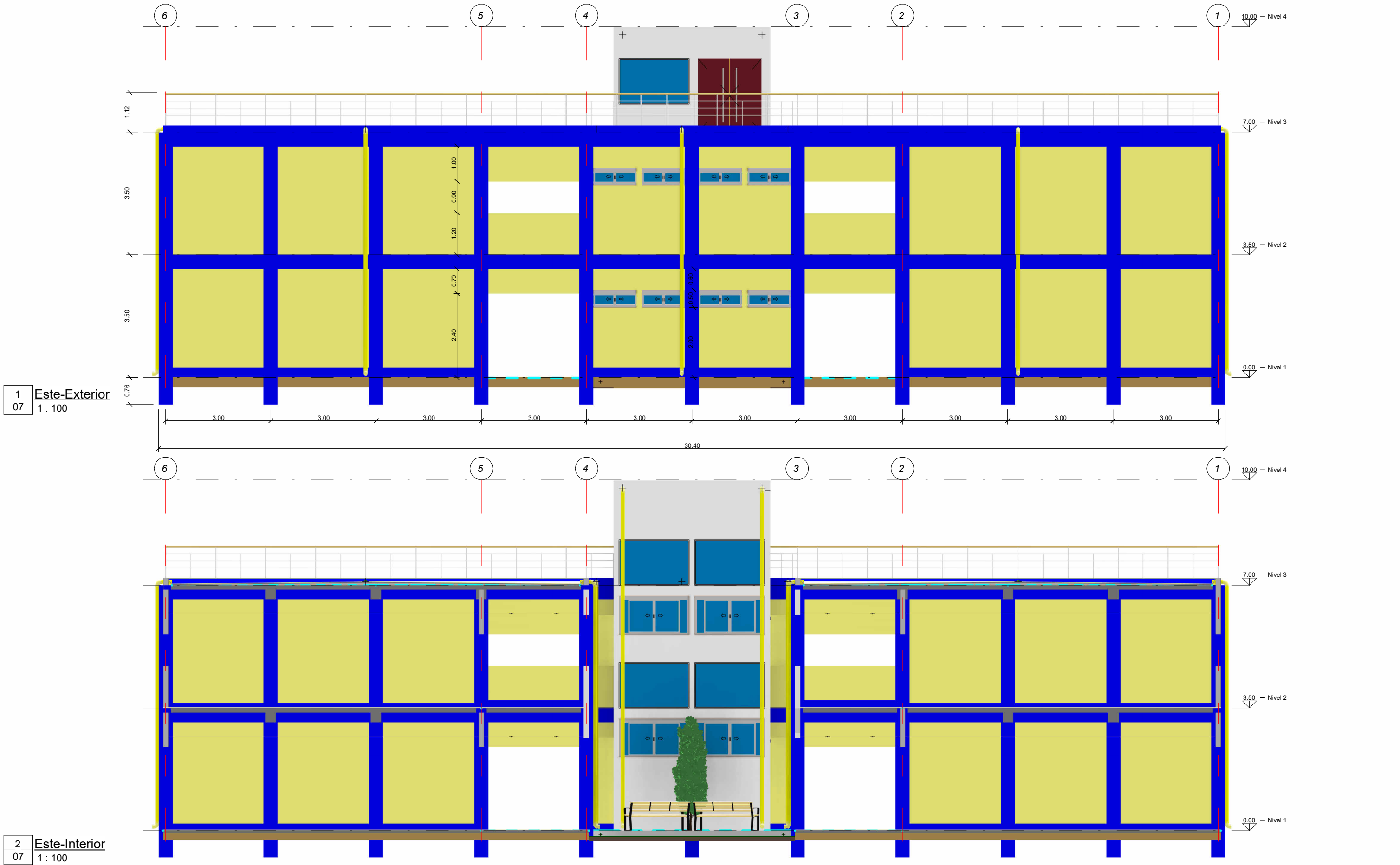
IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL  
MUNICIPIO DE MANAGUA

Isométrico - Vistas

Número de proyecto	0001
Fecha	25/08/25
Dibujado por	Ing. Elvis Esmir Reyes Arauz
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís

06

Escala



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

TESIS

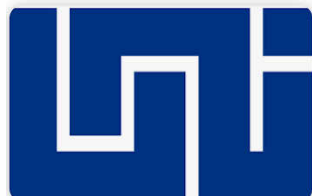
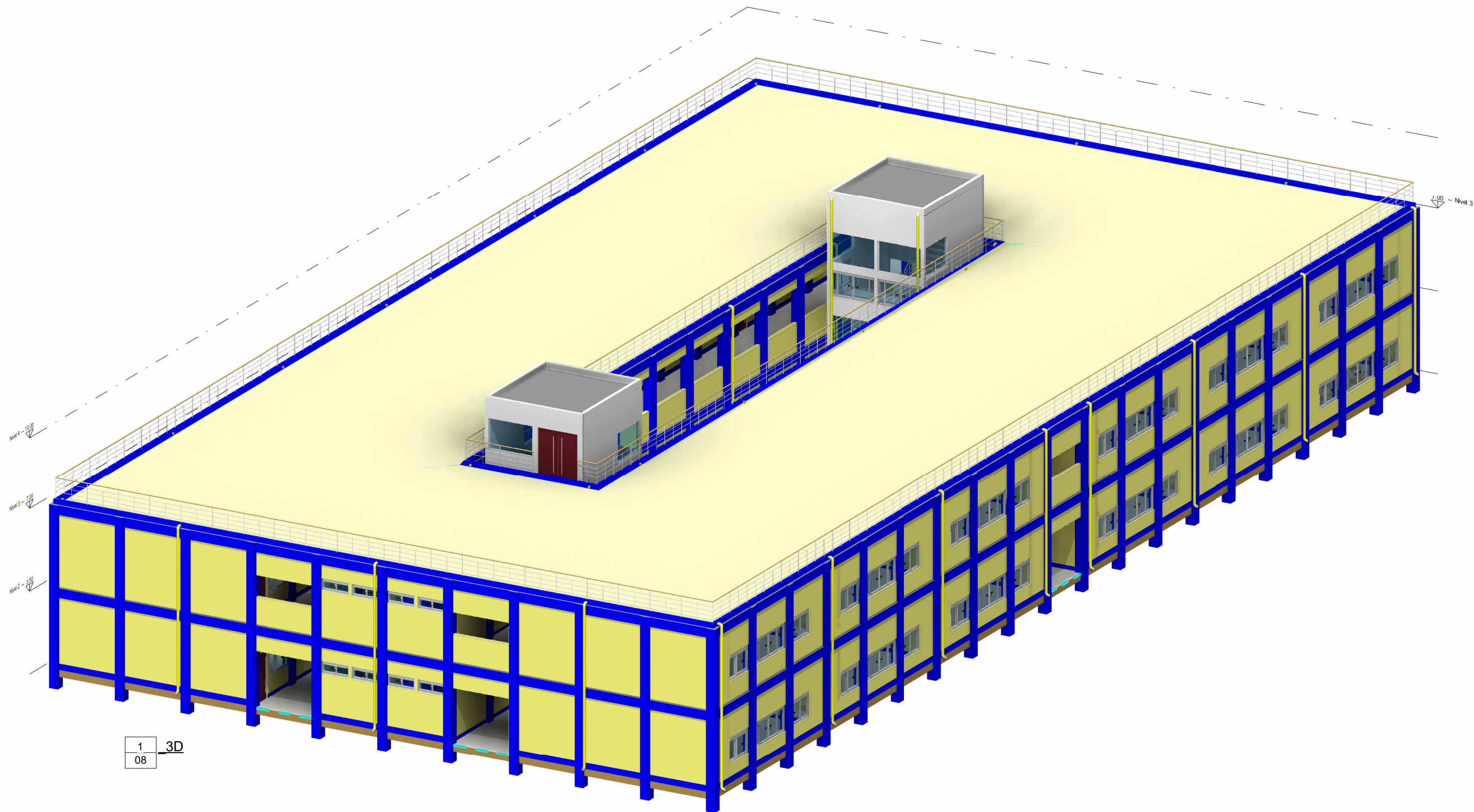
IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL  
MUNICIPIO DE MANAGUA

Alzados

Número de proyecto	0001
Fecha	25/08/2025
Dibujado por	Ing. Elvis Esmir Reyes Arauz
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís

07
Escala 1 : 100





UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

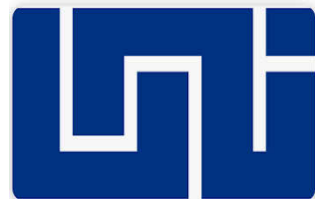
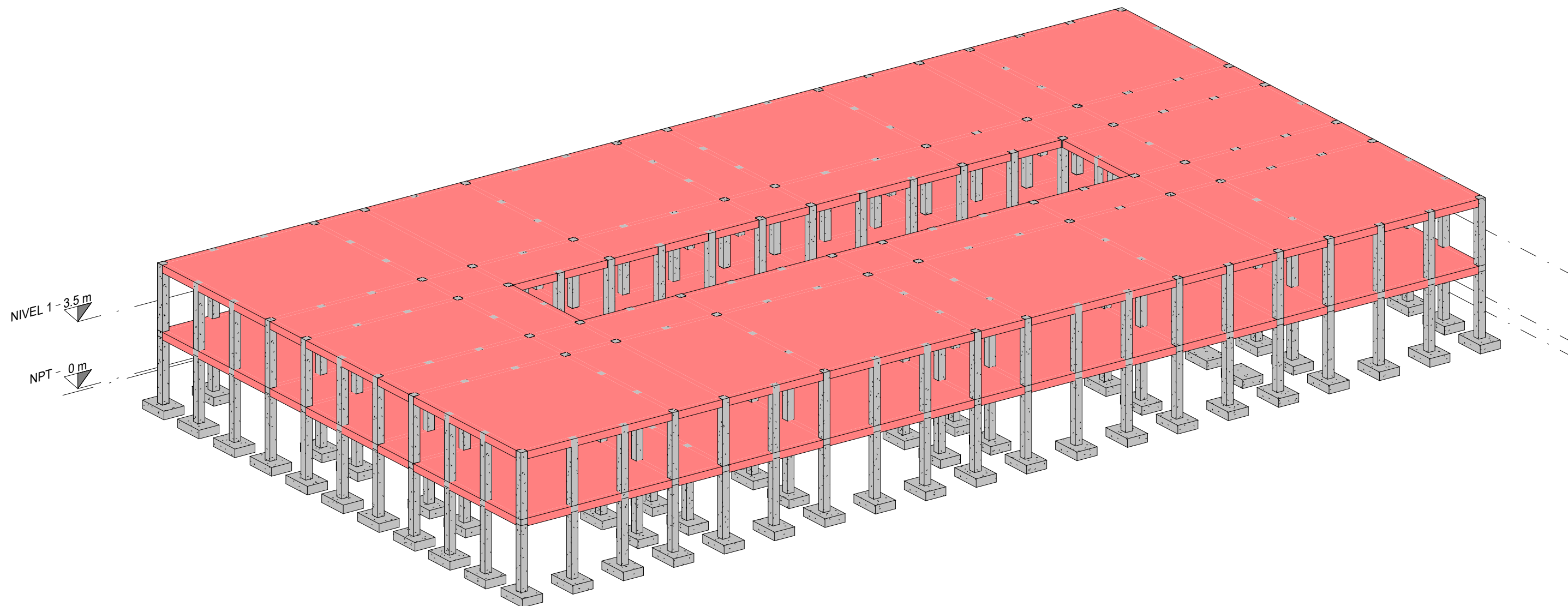
#### TESIS

IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL  
MUNICIPIO DE MANAGUA

#### Modelo 3D

Número de proyecto	0001	08
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Ing. Elvis Esmir Reyes Arauz	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala

# EDIFICIO 1-ESCUELA SECUNDARIA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

Alcaldía de Managua

Edificio 1-Escuela Secundaria en Managua

PRESENTACIÓN

Número de proyecto	0001
Fecha	25/08/2025
Dibujado por	Br Efraín Ali Cruz
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís

E1
Escala

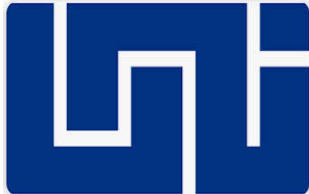
# ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TABLA NO. 1  
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: CONCRETO

Descripción	Resistencia a la compresión (PSI)	Condición	Observación
Concreto para Vigas	4000	Premezclado con control de temperatura. Rev máximo: 6" Aditivo: A convenir	Moldeado in situ (con un periodo por mixer de 2h)
Concreto para Columnas			
Concreto para Losas			

TABLA NO. 2  
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: ACERO DE REFUERZO

Diámetro de Varilla (pulg)	Diámetro de Varilla (mm)	Grado	NORMA	Condición
1 1/8"	29	60	ASTM A-705	CORRUGADA
1"	25	60	ASTM A-705	CORRUGADA
3/4"	19	60	ASTM A-705	CORRUGADA
1/2"	12.5	60	ASTM A-705	CORRUGADA
3/8"	9	60	ASTM A-705	CORRUGADA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

Alcaldía de Managua

Edificio 1-Escuela Secundaria en Managua

ESPECIFICACIONES

Número de proyecto	0001
Fecha	25/08/2025
Dibujado por	Br Efrain Ali Cruz
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís

E2

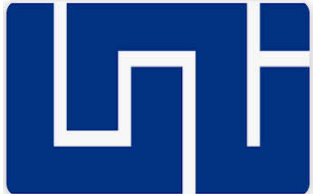
Escala 1 : 1



# ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TABLA NO. 3  
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: ENSAYOS DE LABORATORIO

DESCRIPCIÓN	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	OBSERVACIÓN
CONCRETO			
Granulometría de agregados	-	-	Agregado Grueso y Agregado fino
Diseño de Mezcla	-	-	Mezcla de 4000 PSI
Pruebas de Compresión: 7, 14, 28,56 días	4000 PSI	-	La última muestra se considerará como testigo
Prueba de revenimiento	2"	6"-8"	Máximo varía dependiendo del uso, Tol: 1"
Prueba de temperatura	-	32°C	
ACERO DE REFUERZO			
Tensión	60 KSI	-	Se tomará una muestra cada 10 Ton, para cada tipo



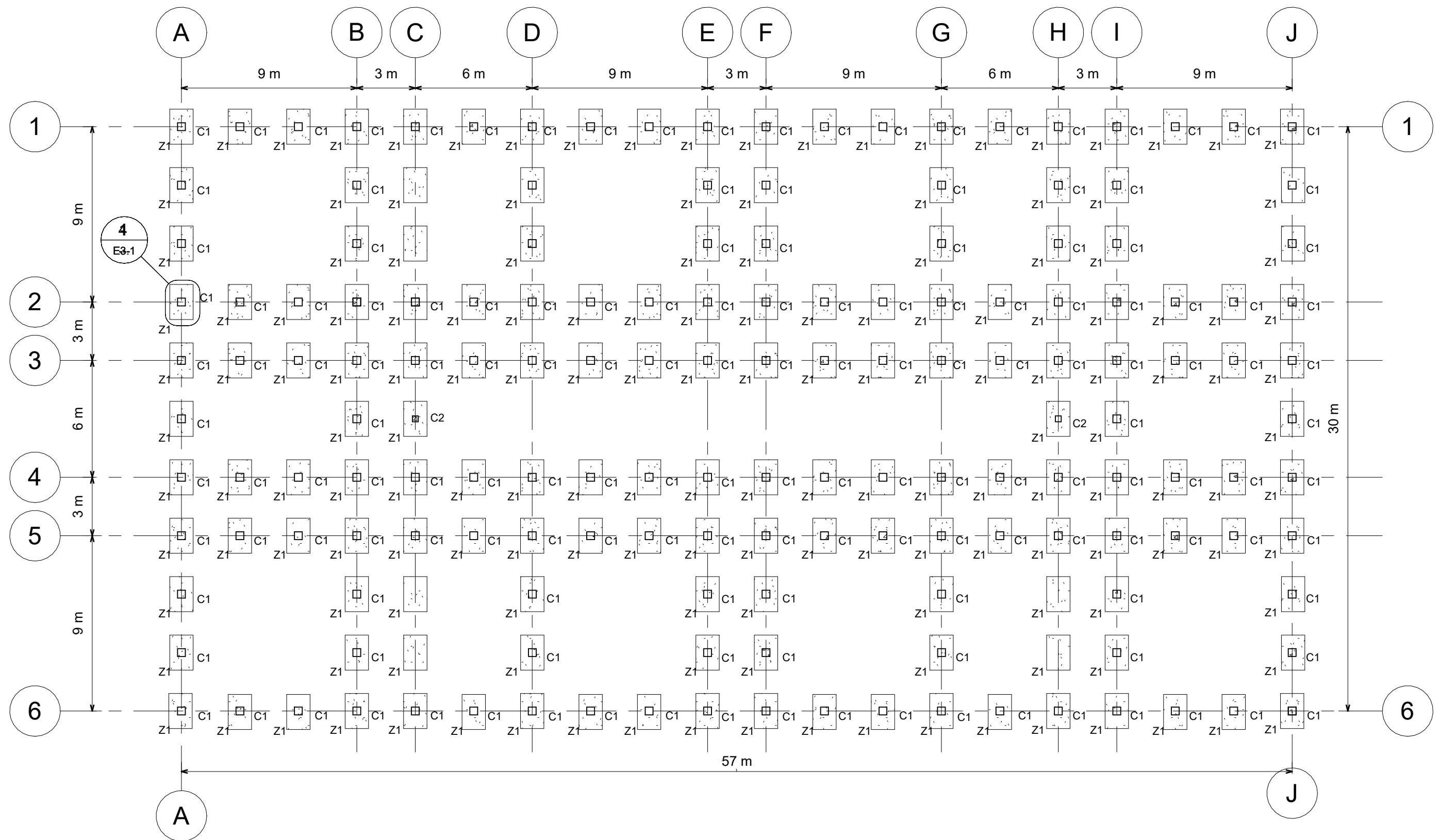
UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

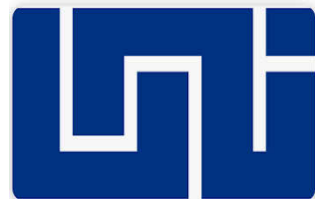
Alcaldía de Managua

Edificio 1-Escuela Secundaria en Managua

ESPECIFICACIONES			
Número de proyecto	0001	E2.1	
Fecha	25/08/2025		
Dibujado por	Br Efrain Ali Cruz		
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala	1 : 1



1 NIVEL DE FONDO DE CIMENTACION  
1 : 200



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

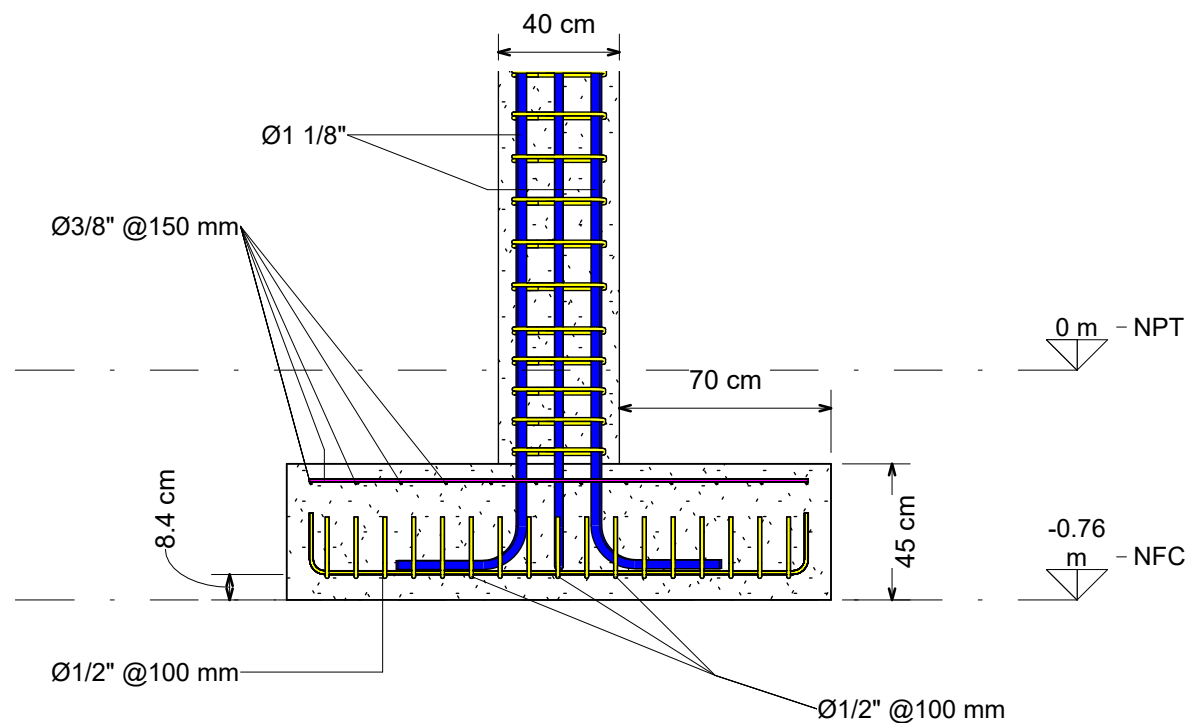
N.º	Descripción	Fecha

Alcaldía de Managua

Edificio 1-Escuela Secundaria en Managua

CIMENTACIÓN

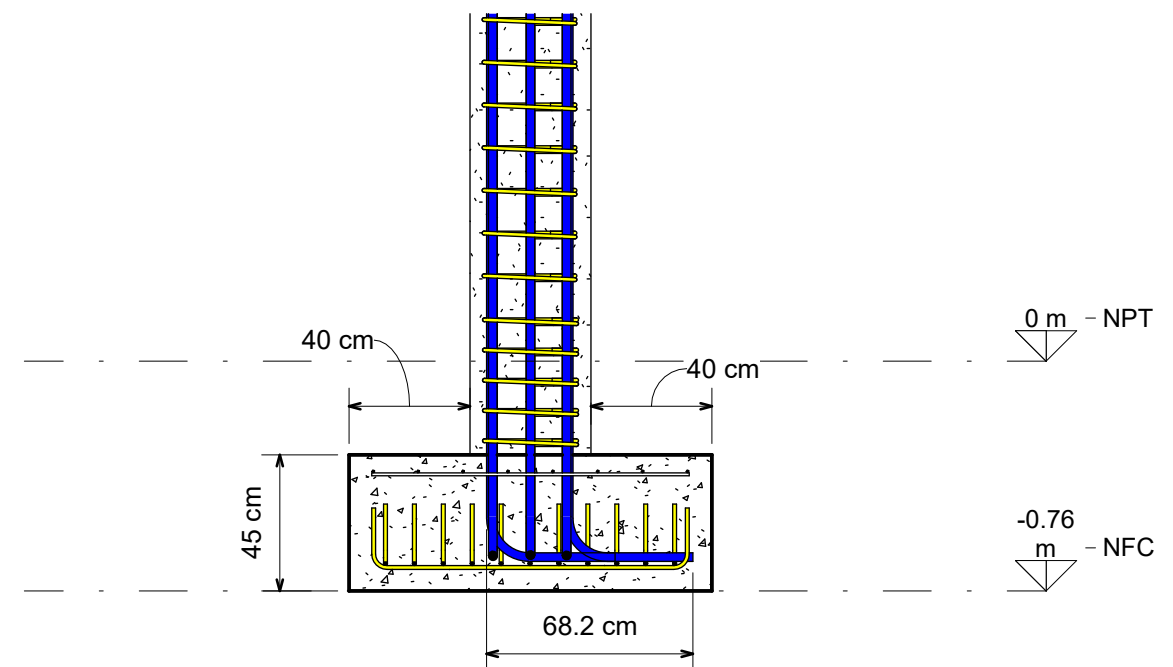
Número de proyecto	0001	E3
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Br Efrain Ali Cruz	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	
Escala	1 : 200	



2

SECCIÓN DE ZAPATA-Z1

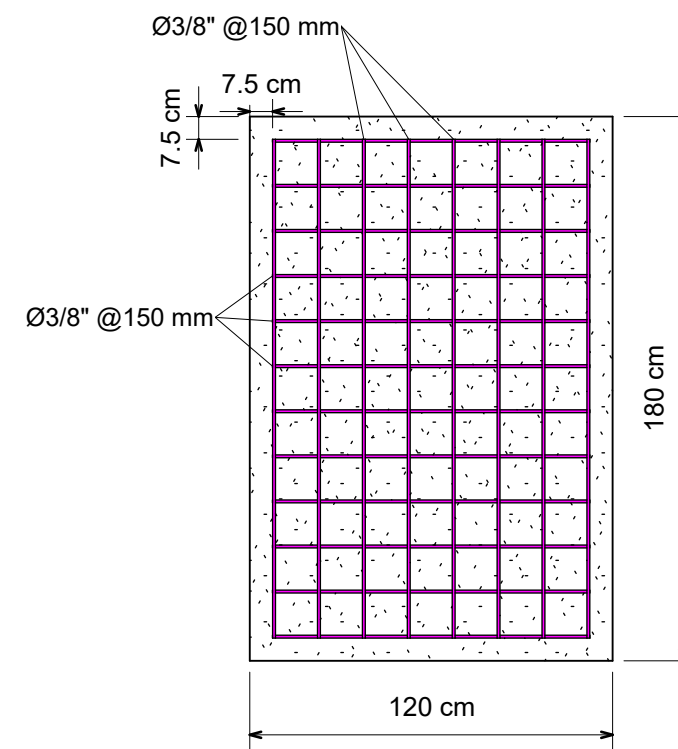
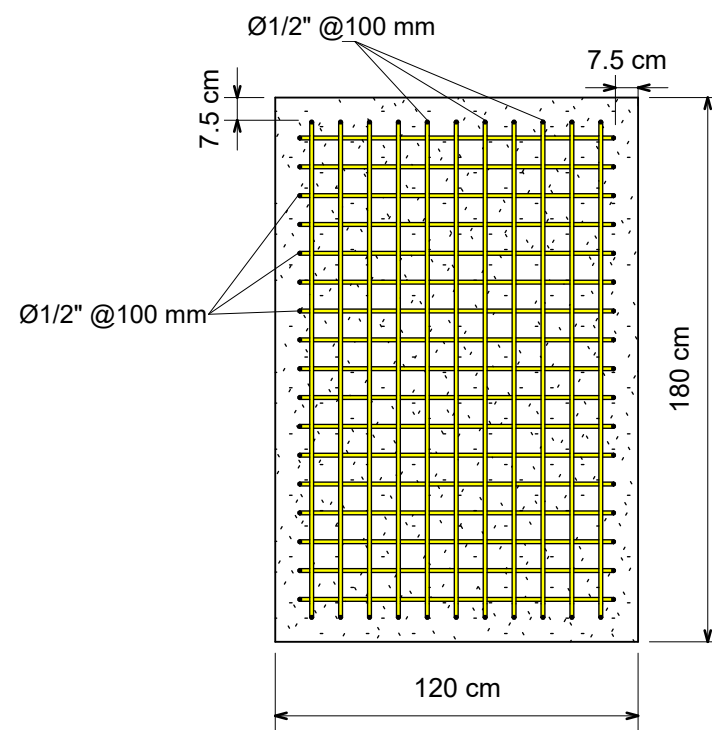
1 : 25



3

SECCIÓN DE ZAPATA-Z1 2

1 : 25



4

Br Efrain Ali Cruz  
DETALLE DE PLANTA-ZAPATA Z1

1 : 25



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

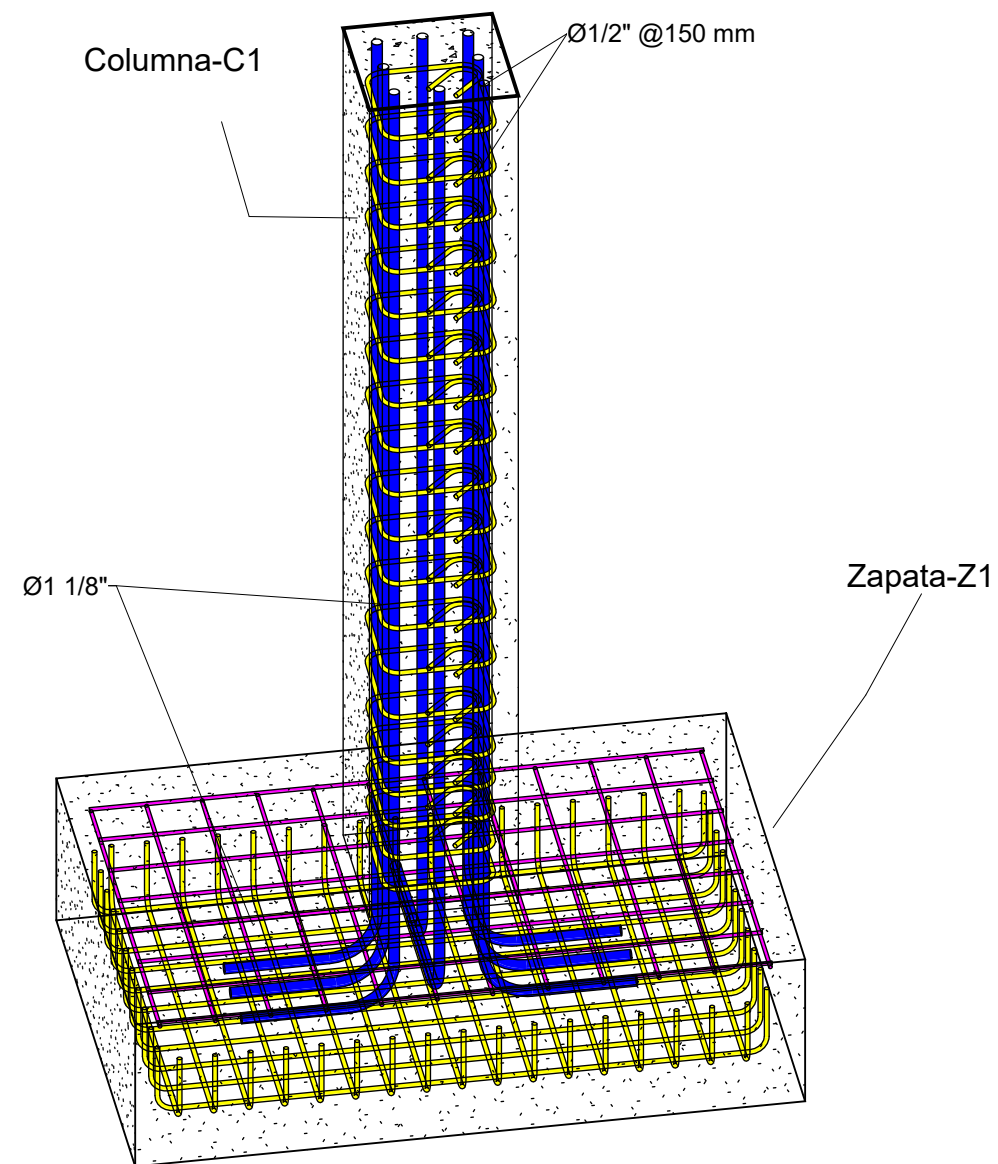
Alcaldía de Managua

Edificio 1-Escuela Secundaria en Managua

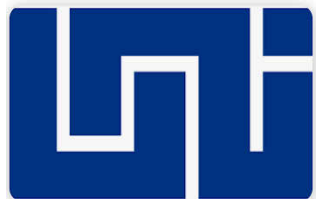
CIMENTACIÓN

Número de proyecto	0001	E3.1
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Br Efrain Ali Cruz	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala 1 : 25

10/11/2024 17:38:31



5 ISOMÉTRICO-ZAPATA Z1



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

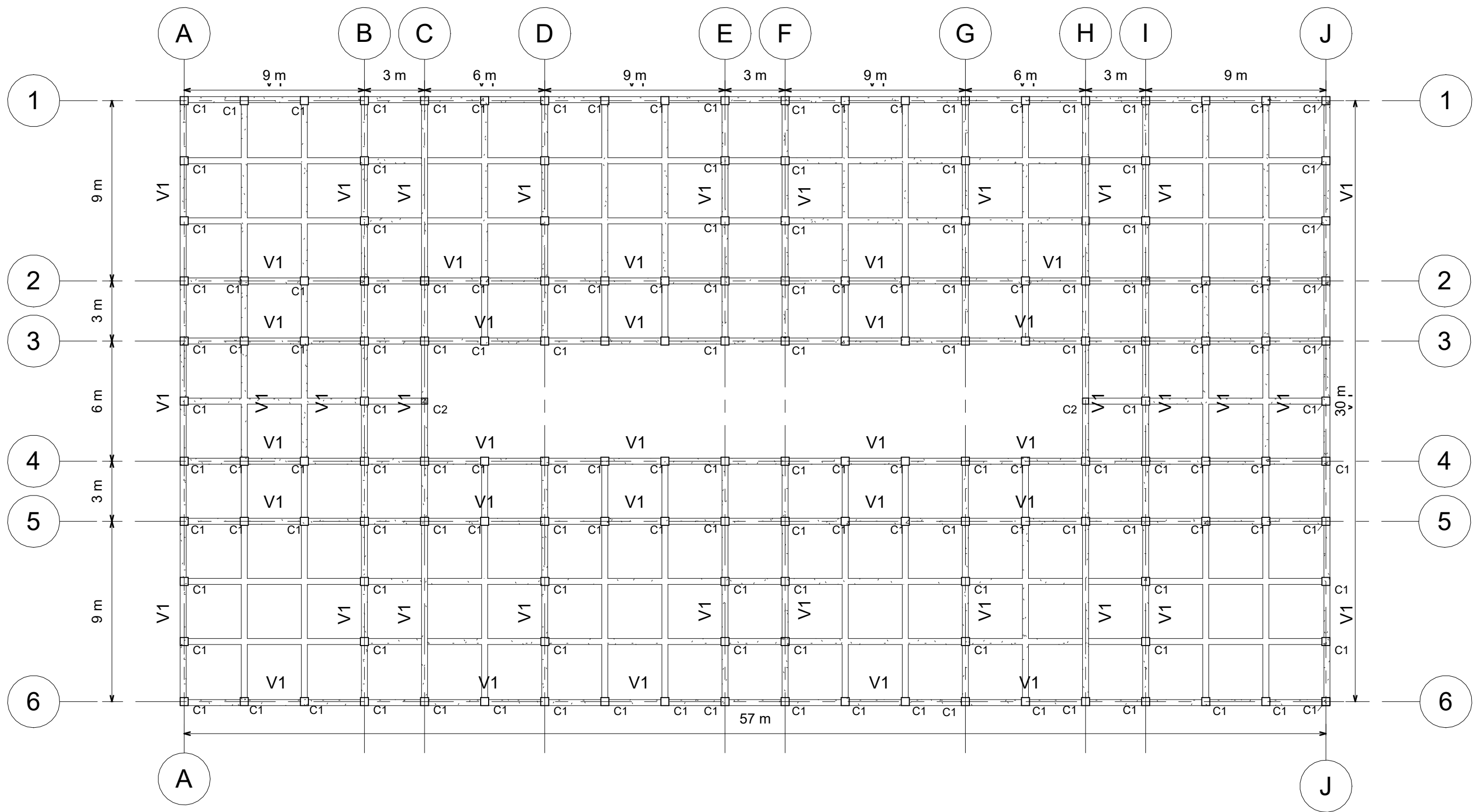
N.º	Descripción	Fecha

Alcaldía de Managua

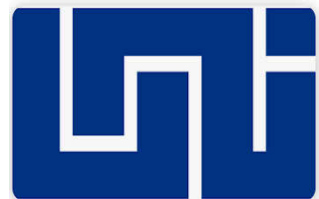
Edificio 1-Escuela Secundaria en Managua

CIMENTACION

Número de proyecto	0001	E3.2
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Br Efrain Ali Cruz	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala



1 PLANTA TÍPICA PRIMER NIVEL Y AZOTEA  
1 : 200



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

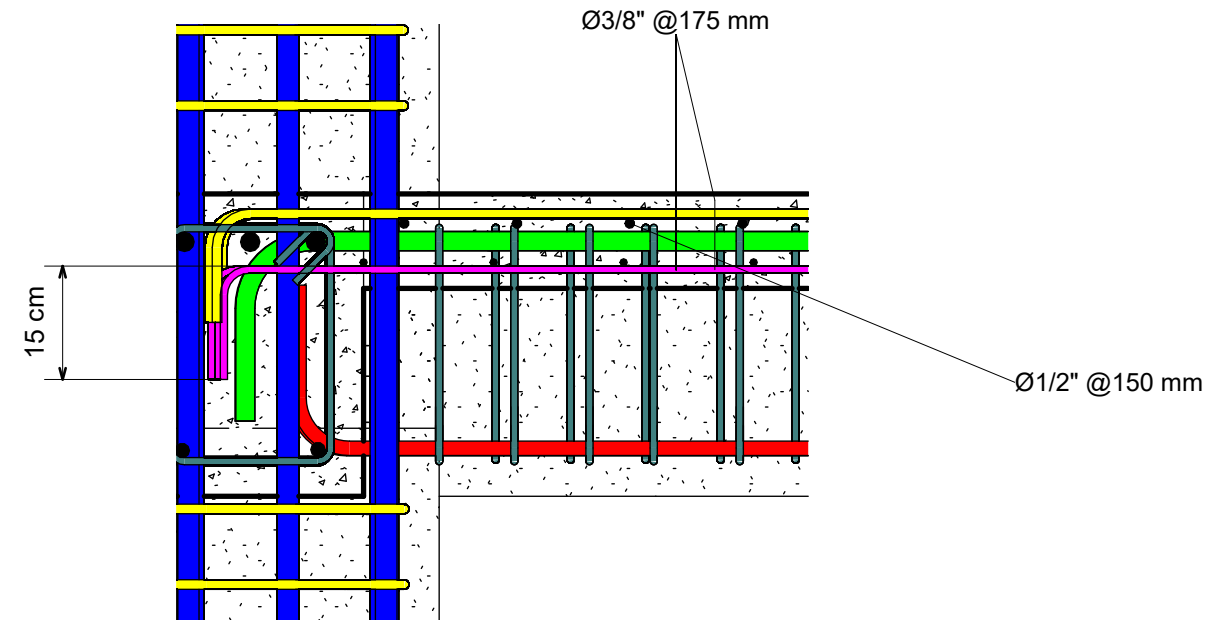
Alcaldía de Managua

Edificio 1-Escuela Secundaria en Managua

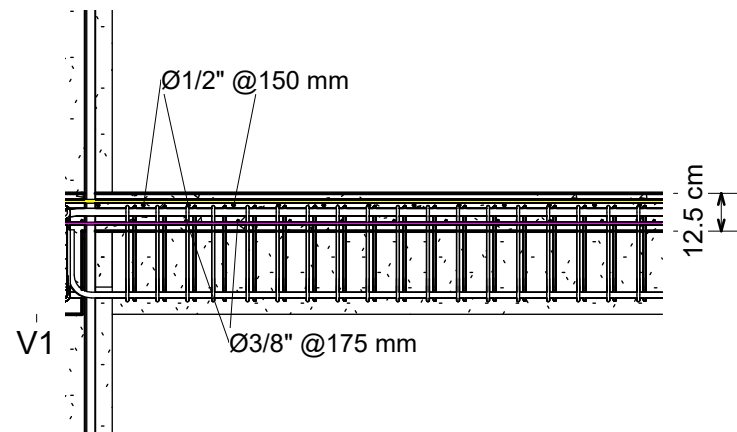
PRIMER NIVEL				
Número de proyecto		0001	E4	
Fecha		25/08/2025		
Dibujado por		Br Efrain Ali Cruz		
Comprobado por		Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala	1 : 200



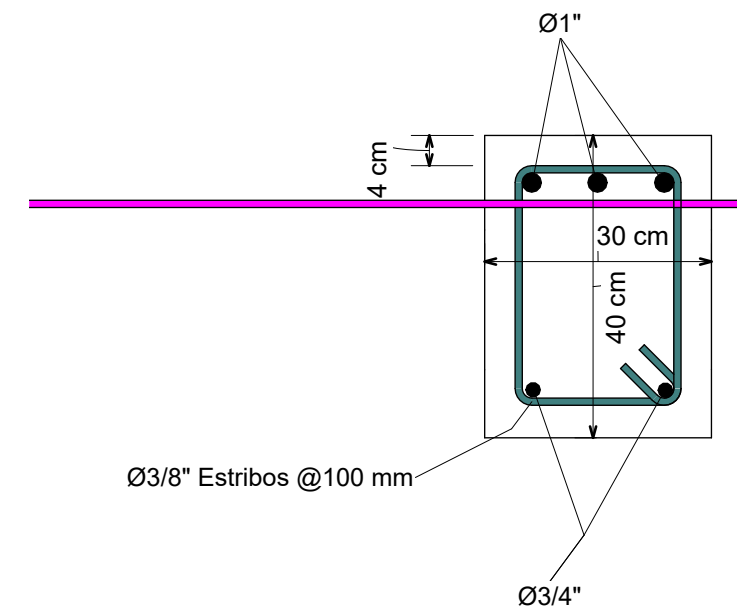
1 MALLA INFERIOR TÍPICA  
1 : 25



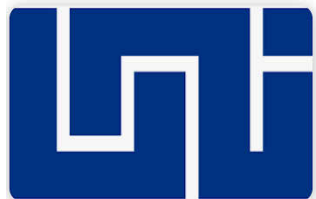
2 DETALLE DE ANCLAJE DE REFUERZO DE LOSA SOBRE VIGA  
1 : 10



3 SECCION DE LOSA TIPICA-L1  
1 : 25



4 VIGA TIPICA-V1  
1 : 10



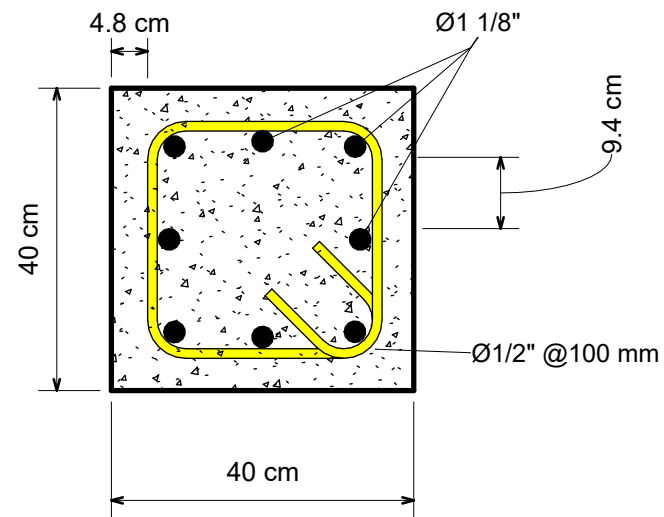
UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

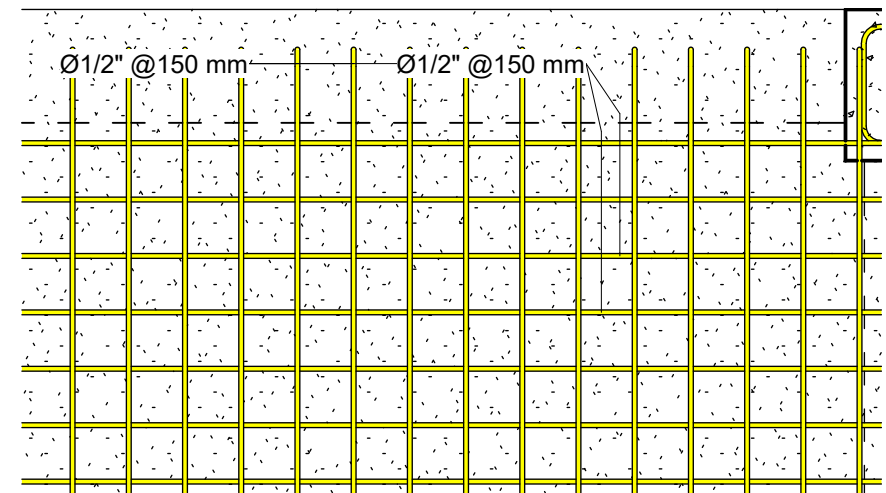
Alcaldía de Managua

Edificio 1-Escuela Secundaria en Managua

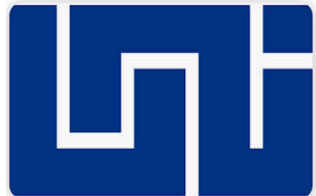
PRIMER NIVEL		
Número de proyecto	0001	E4.1
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Br Efrain Ali Cruz	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	
Escala		Como se indica



1 COLUMNA TÍPICA-C1  
1 : 10



2 MALLA SUPERIOR TÍPICA  
1 : 20



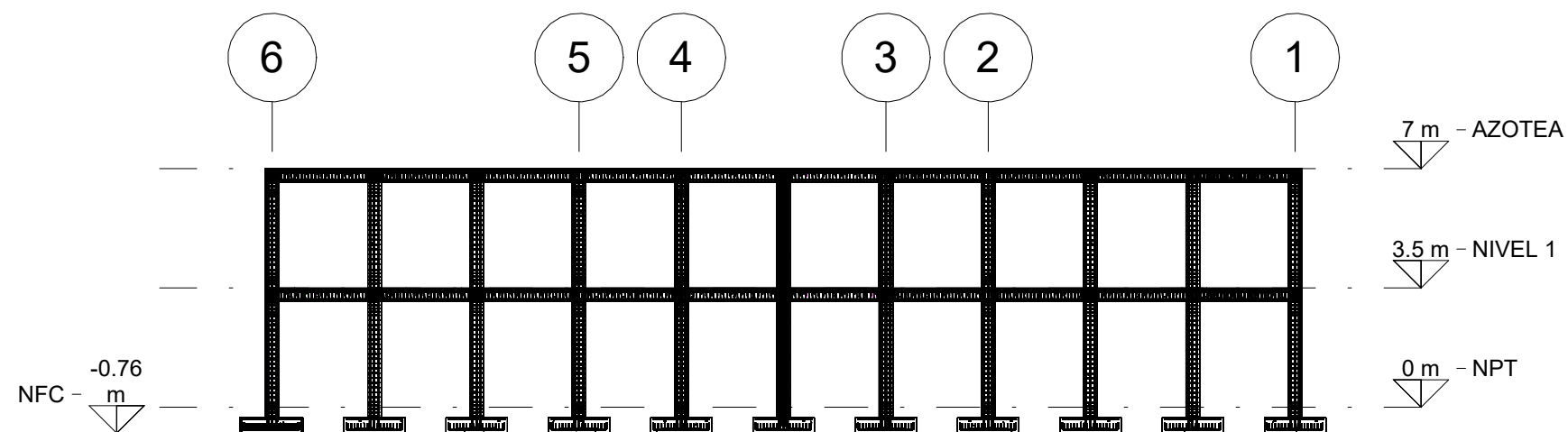
UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

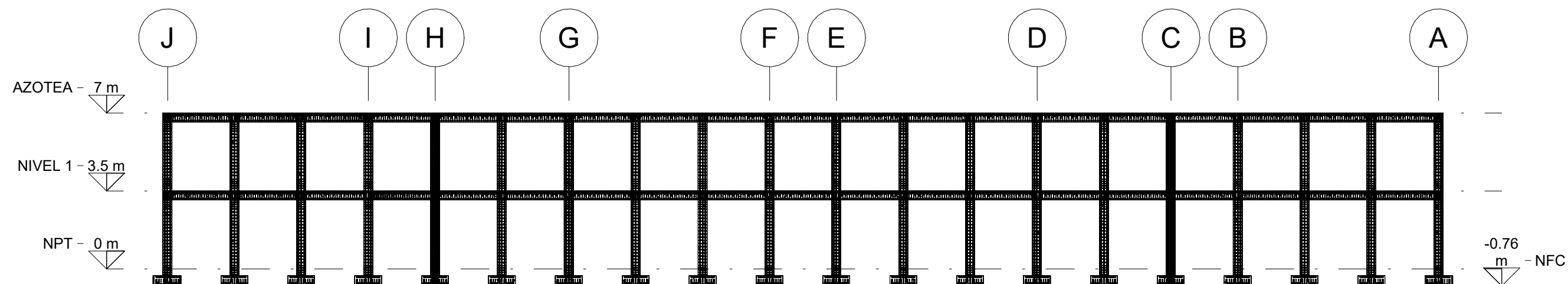
Alcaldía de Managua

Edificio 1-Escuela Secundaria en Managua

PRIMER NIVEL		
Número de proyecto	0001	E4.3
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Br. Efrain Ali Cruz Benavidez	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala



1 ELEVACIÓN TÍPICA ESTE-OESTE  
1 : 200



2 ELEVACION TIPICA NORTE-SUR  
1 : 200



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

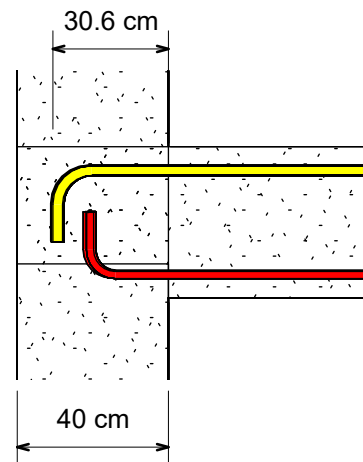
Alcaldía de Managua

Edificio 1-Escuela Secundaria en Managua

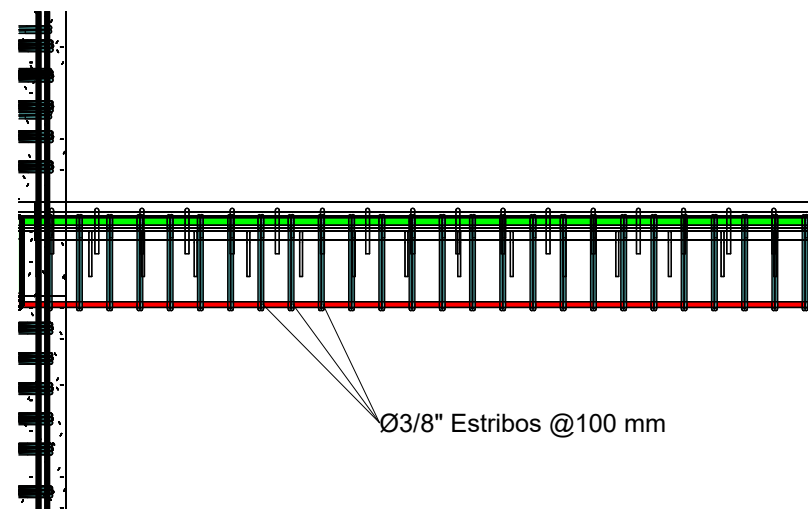
ALZADOS

Número de proyecto	0001	E5
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Br Efrain Ali Cruz	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	
Escala	1 : 200	

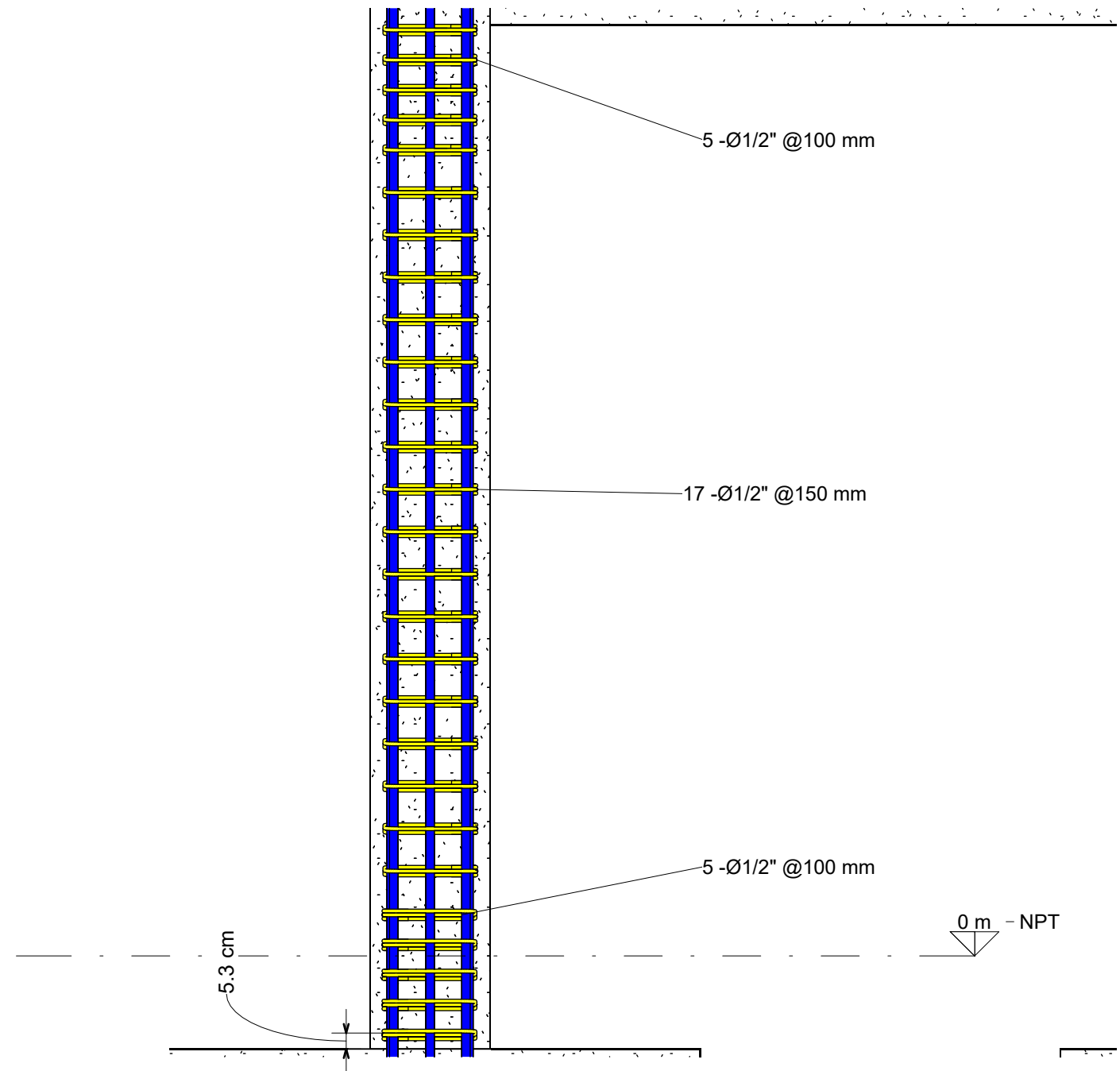




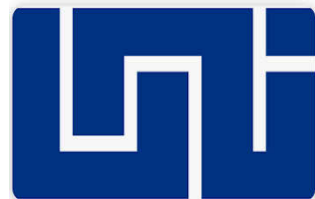
1 DETALLE DE ANCLAJE DE ACERO DE VIGAS  
1 : 20



3 ESTRIBOS TÍPICOS DE VIGA  
1 : 25



2 ESTRIBOS TÍPICO EN COLUMNAS  
1 : 20



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

Alcaldía de Managua

Edificio 1-Escuela Secundaria en Managua

#### DETALLES

Número de proyecto	0001	E6
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Br Efrain Ali Cruz	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala

CANTIDAD DE MATERIALES PARA CIMENTACION						
Comentarios	Longitud	Anchura	Grosor de cimentación	Volumen	Recuento	Material estructural
Zapata-Z1	1.8 m	1.2 m	0.45 m	161.35 m³	166	Hormigón, Moldeado in situ, gris
Total general: 166				161.35 m³	166	

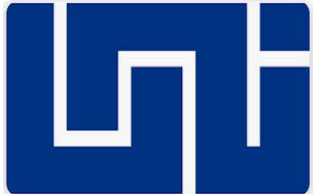
CUANTIFIACIÓN DE MATERIALES DE VIGAS			
Tipo		Volumen	Material estructural
VIGA TIPICA 300 x 400mm		206.81 m³	381 Hormigón, Moldeado in situ, gris
Total general: 381		206.81 m³	

CUANTIFICACION DE MATERIALES PARA LOSAS				
Tipo	Comentarios	Recuento	Volumen	Material estructural
Losa Maciza - f'c = 285 Kg/cm² - e=12.5cm	<varía>	80	344.07 m³	Hormigón, Moldeado in situ, gris
Total general: 80			344.07 m³	

CUANTIFICACIÓN DE ESTRIBOS							
Tipo	Longitud total de barra	UNIDAD	Cantidad	DESPERDICIO	PESO UNITARIO	Peso Total (Kg)	Peso Total + Desp. (kg)
Ø1/2"	59877 m	Kg	14555	0.1	0.994	59518.21	65470.03
Ø1/2": 1348	59877 m		14555			59518.21	65470.03
Ø3/8" Estribos	26348 m	Kg	22305	0.1	0.58	15281.83	16810.02
Ø3/8" Estribos: 706	26348 m		22305			15281.83	16810.02
Total general: 2054	86225 m		36860			74800.04	82280.05

CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES PARA PILARES		
Tipo	Material: Volumen	Material: Nombre
300X300mm	1.37 m³	Hormigón, Moldeado in situ, gris
300X300mm: 4	1.37 m³	
400X400mm	193.45 m³	Hormigón, Moldeado in situ, gris
400X400mm: 320	193.45 m³	
Total general: 324	194.82 m³	

CUANTIFICACIÓN DE ACERO DE REFUERZO							
Tipo	Longitud total de barra	UNIDAD	Cantidad	DESPERDICIO	PESO UNITARIO	Peso Total (Kg)	Peso Total + Desp. (kg)
Ø1 1/8"	10331 m	Kg	1251	0.1	5.08	52481.53	57729.68
Ø1 1/8": 1251	10331 m		1251			52481.53	57729.68
Ø1"	7375 m	Kg	262	0.1	3.973	29299.05	32228.95
Ø1": 262	7375 m		262			29299.05	32228.95
Ø1/2"	59877 m	Kg	14555	0.1	0.994	59518.21	65470.03
Ø1/2": 1348	59877 m		14555			59518.21	65470.03
Ø3/4"	4883 m	Kg	174	0.1	2.235	10913.95	12005.35
Ø3/4": 174	4883 m		174			10913.95	12005.35
Ø3/8"	38623 m	Kg	4718	0.1	0.58	22401.33	24641.46
Ø3/8": 370	38623 m		4718			22401.33	24641.46
Ø3/8" Estribos	26348 m	Kg	22305	0.1	0.58	15281.83	16810.02
Ø3/8" Estribos: 706	26348 m		22305			15281.83	16810.02
Total general: 4111	147437 m		43265			189895.90	208885.49



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

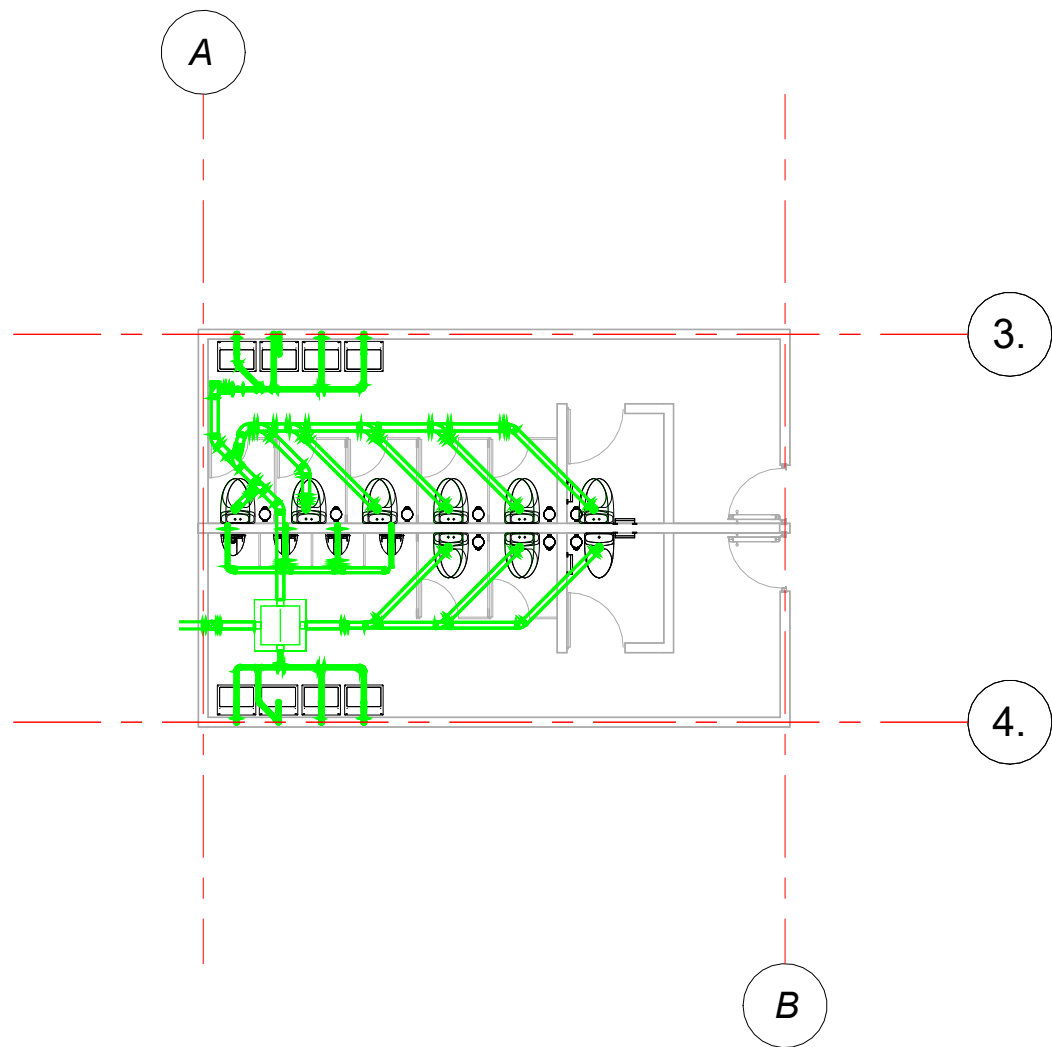
N.º	Descripción	Fecha

Alcaldía de Managua

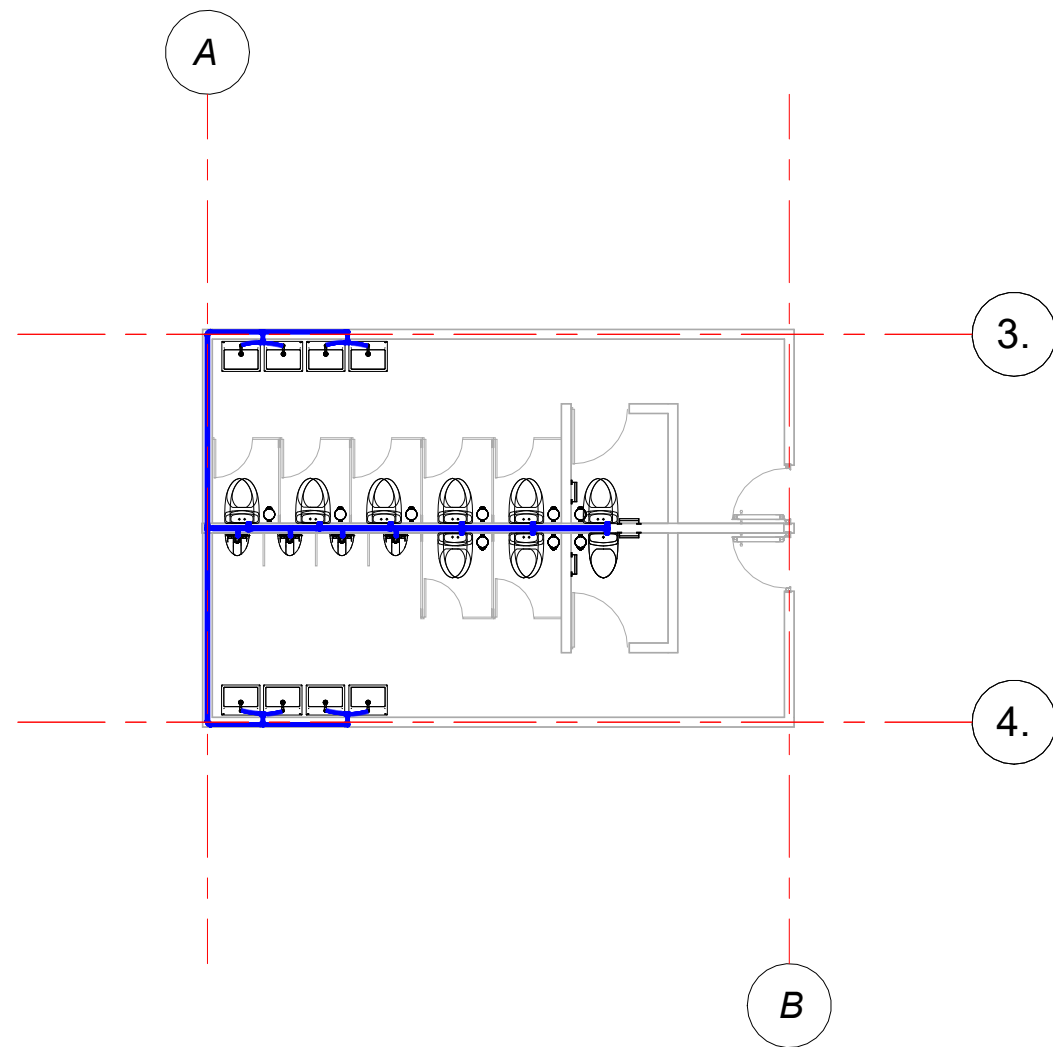
Edificio 1-Escuela Secundaria en Managua

TABLA DE CANTIDADES

Número de proyecto	0001	E7.1
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Br. Efrain Ali Cruz Benavidez	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala



2 INSTALACIÓN SANITARIA TIPO  
1 : 100



1 INSTALACIÓN HIDRAULICA TIPO  
1 : 100



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

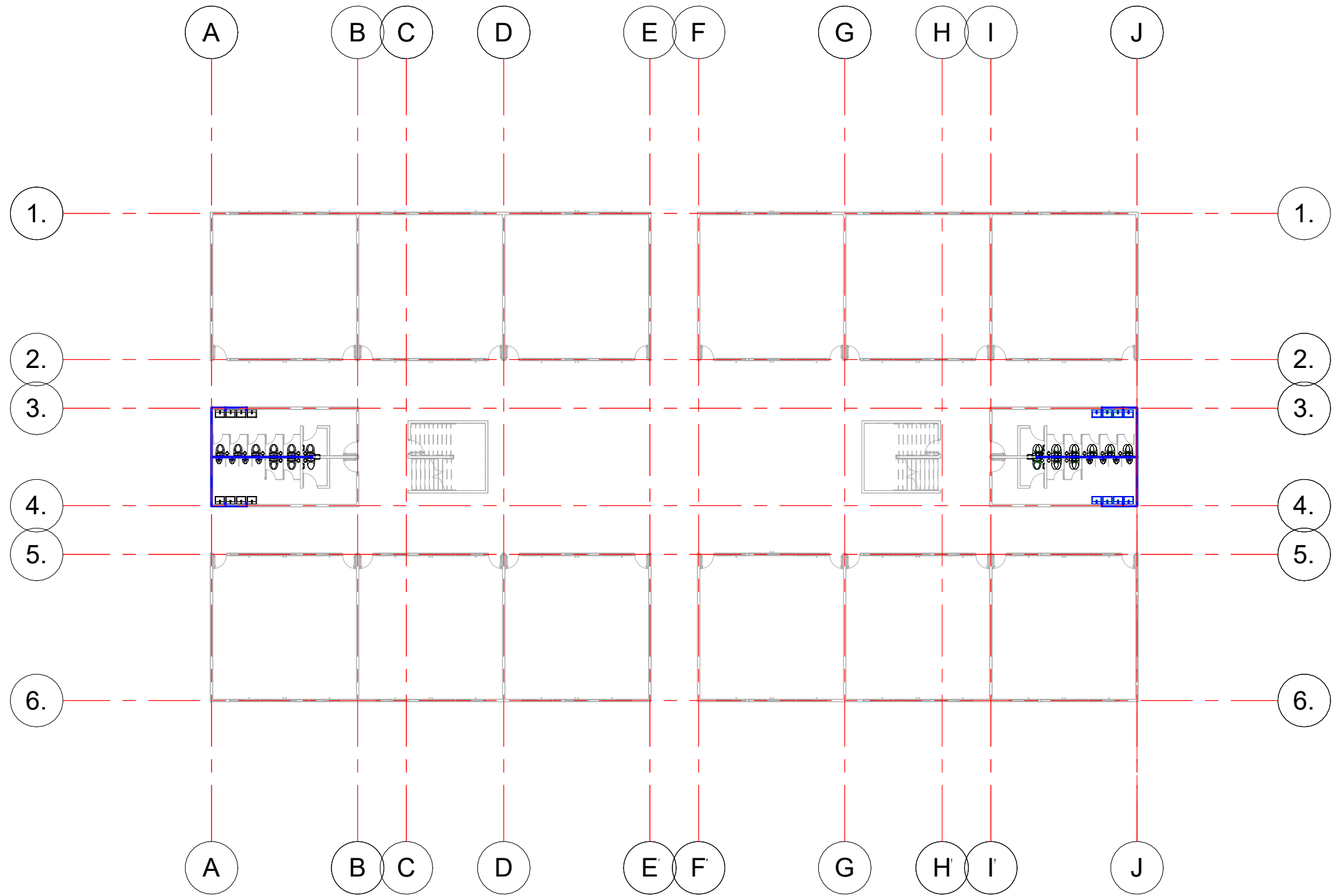
N.º	Descripción	Fecha

TESIS

IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGIA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EB EL  
MUNICIPIO DE MANAGUA

BATERIA SANITARIA TIPO

Número de proyecto	0001	01
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Br. Efrain Ali Cruz Benavidez	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala 1 : 100



1 INSTALACIÓN BATERIA SANITARIAS NIVEL 1 Y NIVEL 2  
1 : 250



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

TESIS

IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGIA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EB EL  
MUNICIPIO DE MANAGUA

BATERIAS SANITARIAS PB Y PA

Número de proyecto 0001

Fecha 25/08/2025

Dibujado por Br. Marcos Danilo Huembes Sandino

Comprobado por Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís

02  
Escala 1 : 250

CUANTIFICACION DE ACCESORIOS HIDRÁULICOS		
TIPO	DIAMETRO	CANTIDAD

CODO PVC	1ø-1ø	17
----------	-------	----

REDUCTOR PVC	1ø-1ø	4
--------------	-------	---

T PVC	1ø-1ø-1ø	18
-------	----------	----

CUANTIFICACIÓN DE TUBERIA HIDRAULICA		
Diameter	DIÁMETRO	LONGITUD

1	1ø	22.99
---	----	-------

CUANTIFICACION DE ARTEFACTOS SANITARIOS	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

Caja de registro 60 x 60	4
Inodoro de una pieza con salida vertical. Trampa en S 305 mm	121
Lavamano empotrado, acción sifónica, salida vertical u horizontal.	64
Urinario de entrada oculta, acción sifónica, salida vertical u horizontal.	20
Grand total	209

CUANTIFICACIÓN DE TUBERIA SANITARIA	
DIÁMETRO	LONGITUD

1ø	118.76
2ø	67.85
3ø	64.63
4ø	36.18

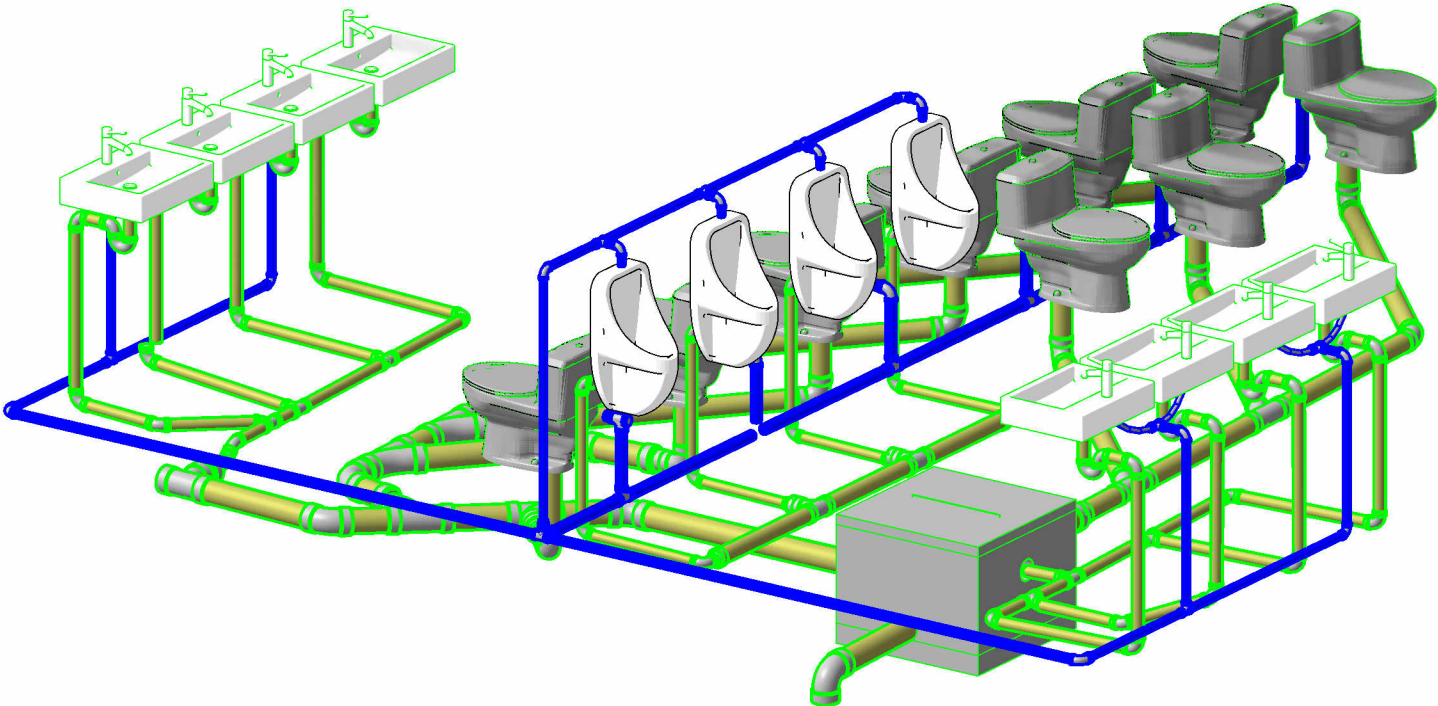
CUANTIFICACION DE ACCESORIOS SANITARIOS		
TIPO	DIAMETRO	CANTIDAD

CODO PVC	1ø-1ø	10
CODO PVC	2ø-2ø	23
CODO PVC	3ø-3ø	11
CODO PVC	4ø-4ø	4

REDUCTOR PVC	1ø-1ø	3
REDUCTOR PVC	3ø-1ø	4
REDUCTOR PVC	4ø-2ø	1
REDUCTOR PVC	4ø-3ø	7
REDUCTOR PVC	4ø-4ø	1

SIFÓN P	2ø-2ø	8
---------	-------	---

T PVC	2ø-2ø-2ø	6
T PVC	3ø-3ø-3ø	4
T PVC	4ø-4ø-4ø	7



1 ISOMÉTRICO HIDRO-SANITARIO TIPO



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

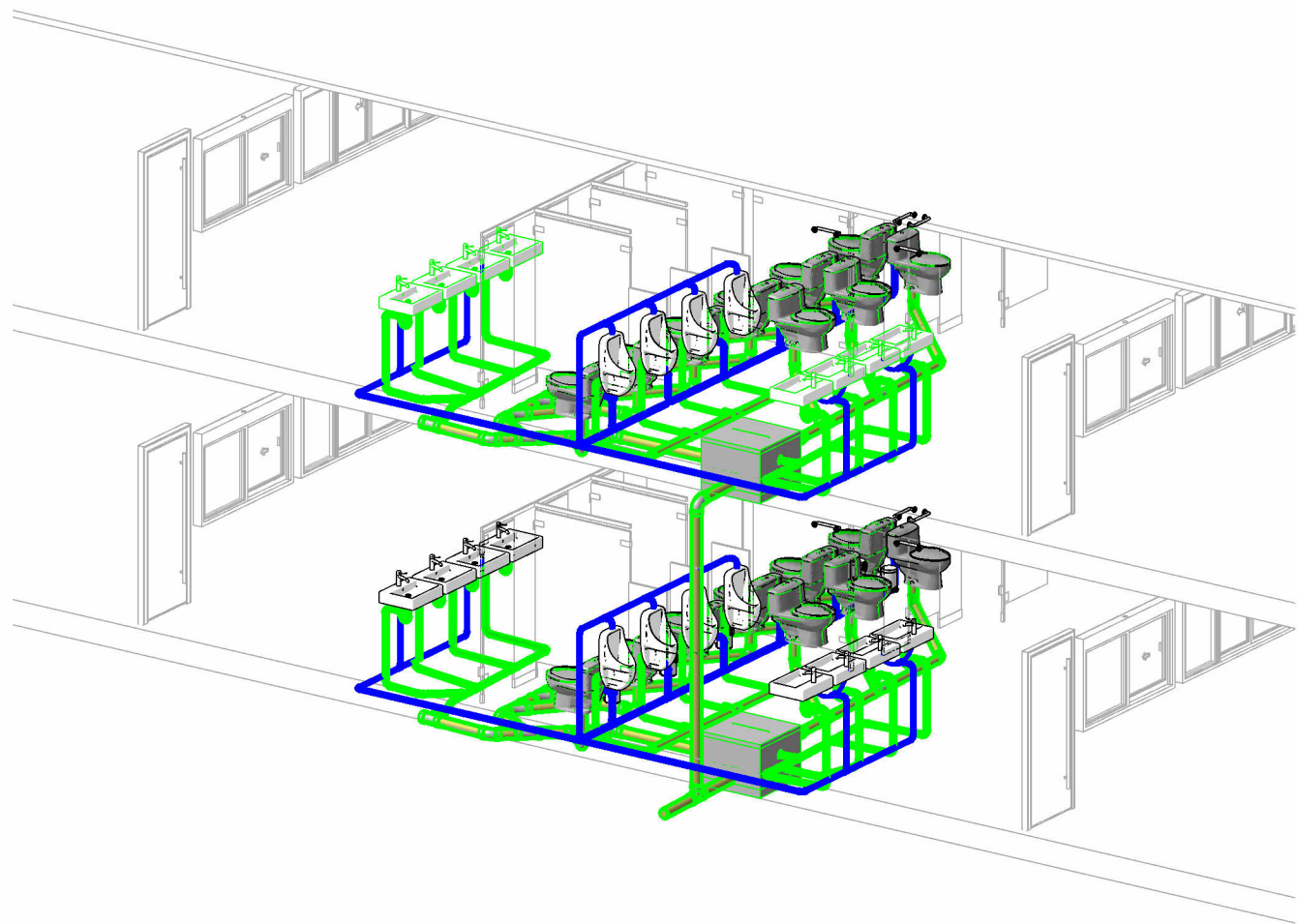
N.º	Descripción	Fecha

TESIS

IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGIA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EB EL  
MUNICIPIO DE MANAGUA

3D HIDRO-SANITARIO TIPO

Número de proyecto	0001	03
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Br. Marcos Danilo Huembes Sandino	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala

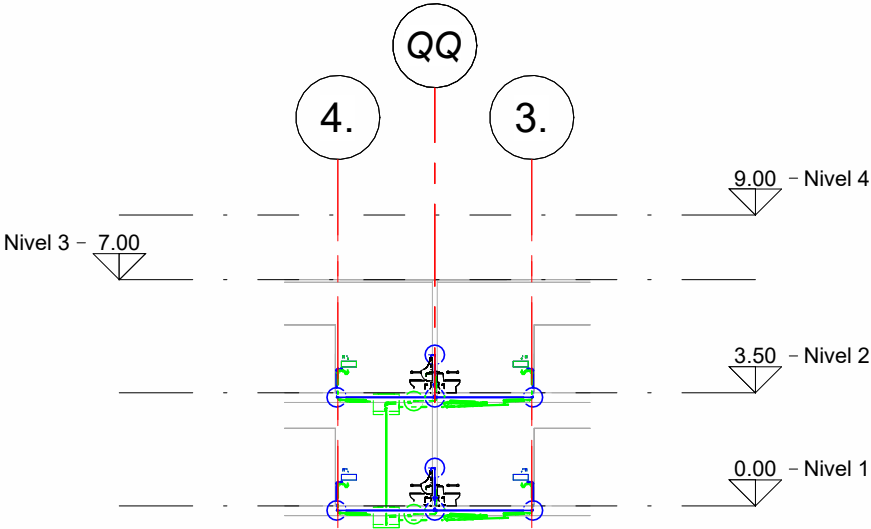


1 ISOMÉTRICO BATERIA SANITARIA TIPO PB Y PA

CUANTIFICACION DE ARTEFACTOS SANITARIOS DEL PROYECTO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
-------------	----------

Caja de registro 60 x 60	4
Inodoro de una pieza con salida vertical. Trampa en S 305 mm	121
Lavamano empotrado, acción sifónica, salida vertical u horizontal.	64
Urinario de entrada oculta, acción sifónica, salida vertical u horizontal.	20
Grand total	209



2 Este - Fontanería  
1 : 200



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

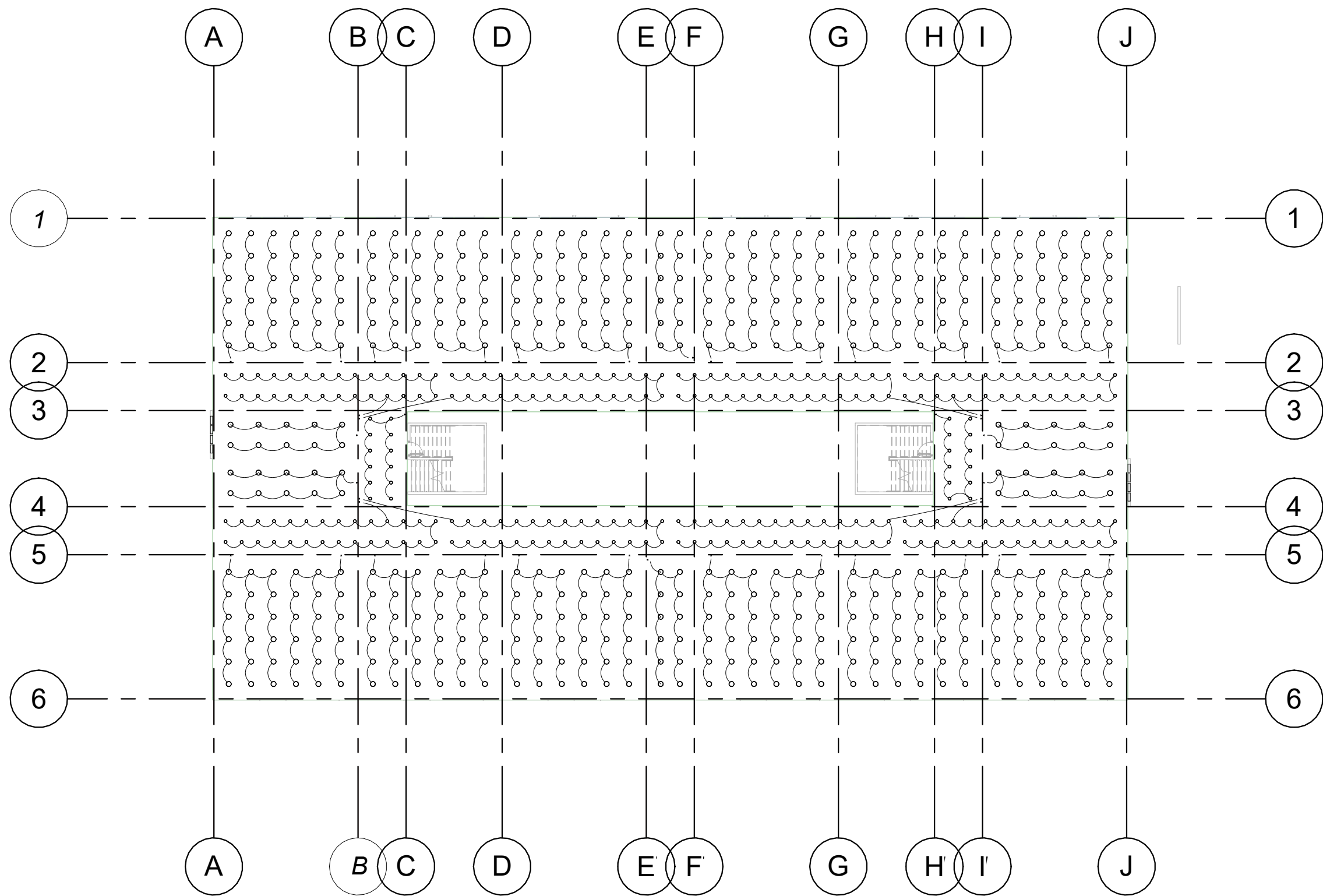
TESIS

IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGIA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EB EL  
MUNICIPIO DE MANAGUA

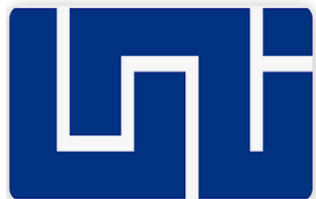
ISOMETRICO BATERIA SANITARIA PB Y PA

Número de proyecto	0001	04
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Br. Marcos Danilo Huembes Sandino	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala 1 : 200





1 DISTRIBUCION DE LUMINARIAS NIVEL 1 Y NIVEL 2  
1 : 275



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

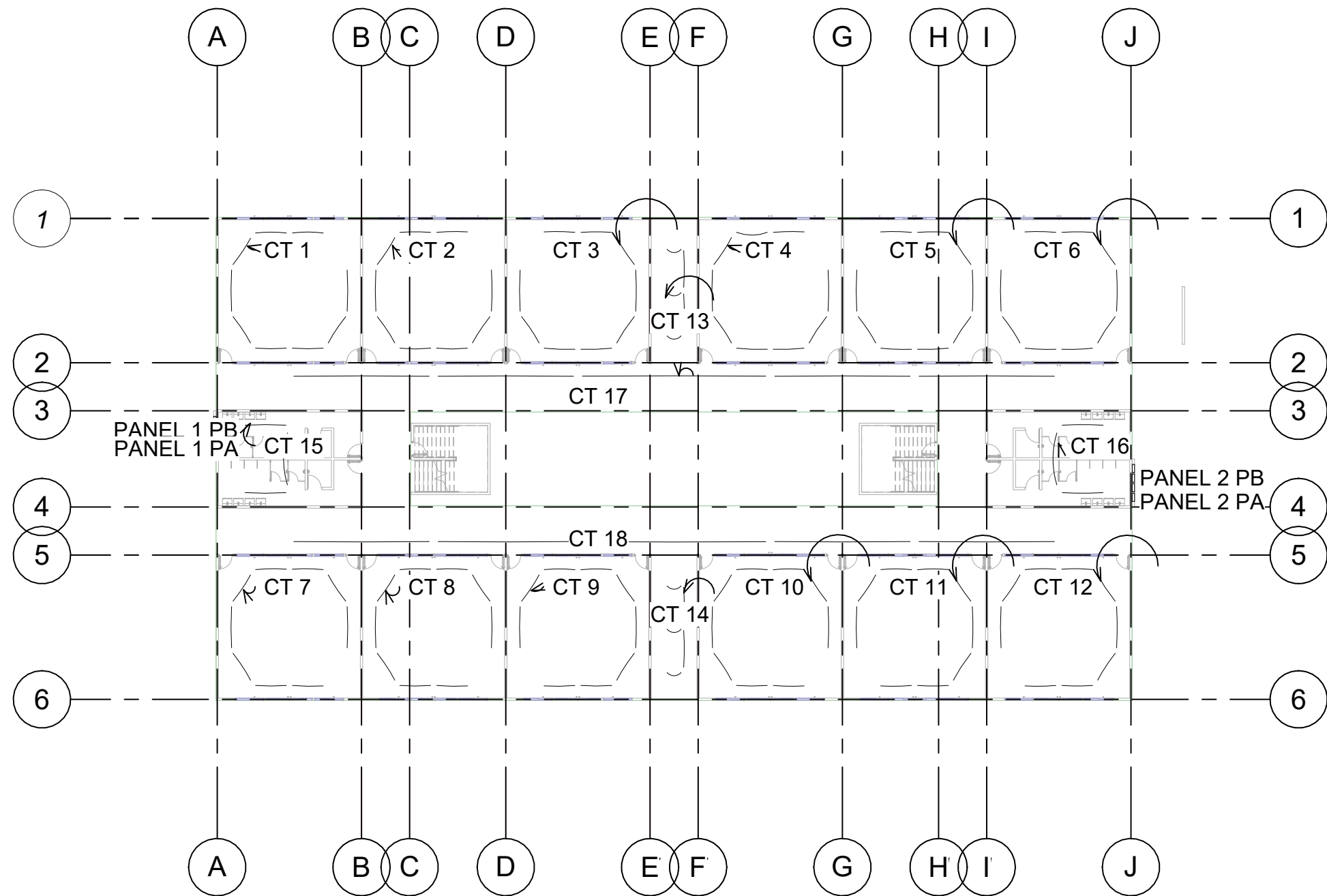
#### TESIS

IMPLEMENTACION DE METODOLOGIA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL  
DEPARTAMENTO DE MANAGUA

#### DISTRIBUCION DE LUMINARIAS NIVEL 1 Y NIVEL 2

Número de proyecto	001	05
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Br. Marcos Danilo Huembes Sandino	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala 1 : 275





1 DISTRIBUCION DE TOMACORRIENTES NIVEL 1 Y NIVEL 2  
1 : 275



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

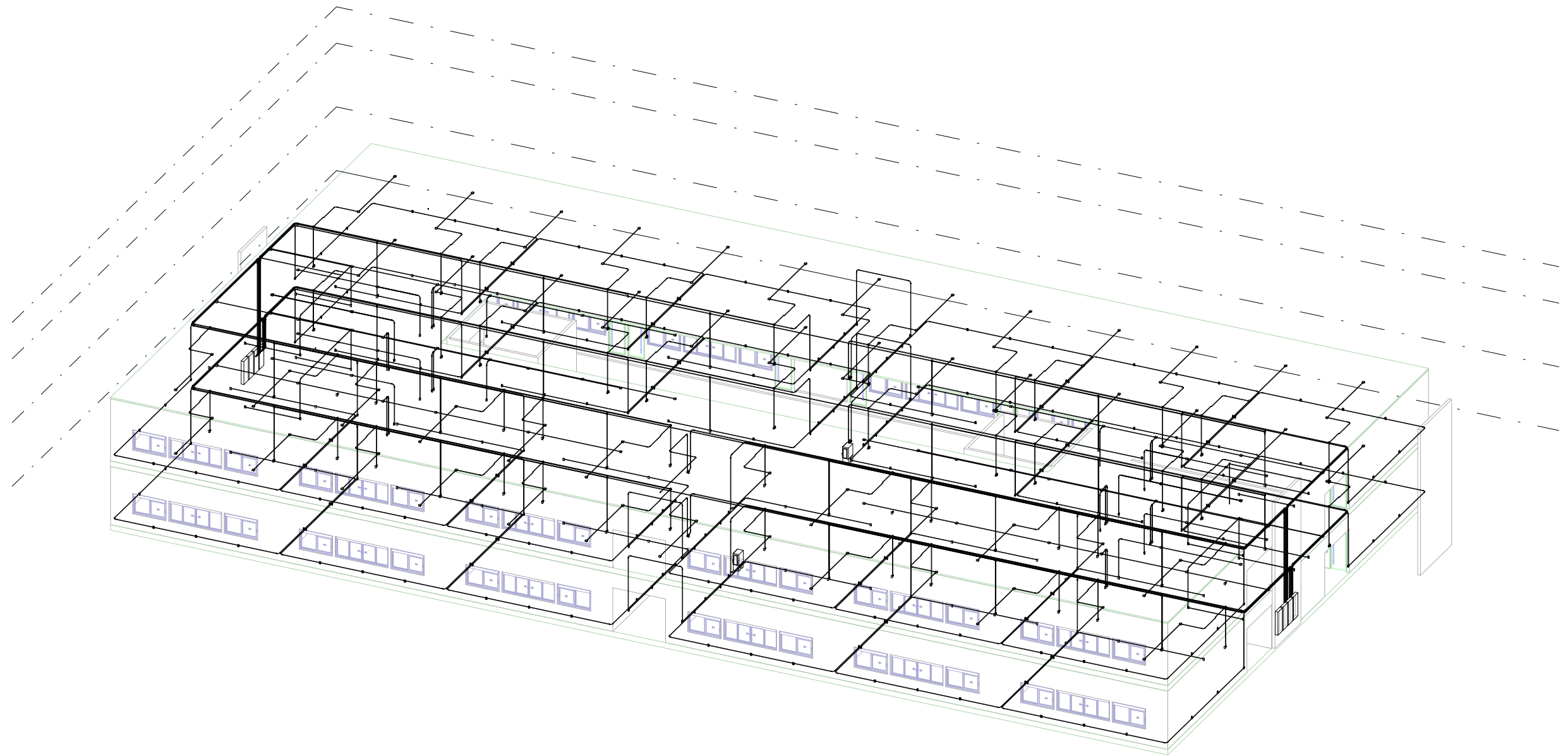
N.º	Descripción	Fecha

#### TESIS

IMPLEMENTACION DE METODOLOGIA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL  
DEPARTAMENTO DE MANAGUA

#### DISTRIBUCION DE TOMACORRIENTES NIVEL 1 Y 2

Número de proyecto	001	06
Fecha	25/08/2025	
Dibujado por	Br. Marcos Danilo Huembes Sandino	
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís	Escala 1 : 275



1 SISTEMA ELECTRICO



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

TESIS

IMPLEMENTACION DE METODOLOGIA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL  
DEPARTAMENTO DE MANAGUA

3D SISTEMA ELECTRICO

Número de proyecto	001
Fecha	25/08/2025
Dibujado por	Br. Marcos Danilo Huembes Sandino
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís

07
Escala

Panel de... PANEL 1 PB

Ubicación:  
Suministro de:  
Montaje: Empotrado  
Armario: Tipo 1

Voltios: 120/208 Wye  
Fases: 3  
Cableado: 4

Capacidad de...  
Tipo de red eléctrica:  
Potencia de red... 100 A  
Potencia de disyunto... 1 A

Notas:  
PANEL 1 PB

CKT	Descripción de circuito	Descos nación	Polos	A		B		C		Polos	Descos nación	Descripción de circuito	CKT
1	Toma de corriente	20 A	1	1800 W	1800 W					1	20 A	Toma de corriente	2
3	Toma de corriente	20 A	1			1800 W	1800 W			1	20 A	Toma de corriente	4
5	Toma de corriente	20 A	1					1800 W	1800 W	1	20 A	Toma de corriente	6
7	Toma de corriente	15 A	1	720 W	720 W					1	15 A	Iluminación - Unidad de vivienda	8
9	Toma de corriente	15 A	1			1080 W	1944 W			1	30 A	Iluminación - Unidad de vivienda	10
11	Iluminación	30 A	1					1944 W	1080 W	1	15 A	Toma de corriente	12
13	Iluminación - Unidad de vivienda	15 A	1	612 W	360 W					1	15 A	Iluminación - Unidad de vivienda	14
15													16
17													18
19													20
21													22
23													24
25													26
27													28
29													30
31													32
33													34
35													36
37													38
39													40
41													42
Carga total:				5951 W		6555 W		6555 W					
Total de...				50 A		55 A		55 A					

Leyenda:					
Clasificación de carga		Carga conectada	Factor de demanda	Demanda estimada	Totales de panel
Iluminación - Unidad de vivienda		5580 W	69.95%	3903 W	
Otros		0 W	0.00%	0 W	Carga total conectada: 19061 W
Toma de corriente		13680 W	86.55%	11840 W	Total de demanda estimada: 15596 W
					Total conectada.: 53 A
					Total de demanda estimada: 43 A

Notas:  
1. SISTEMA ELECTRICO SE DISTRIBUYE EN PANELES DE DISTRIBUCION: PANEL 1 PB Y PANEL 2 PB  
2. PANEL 1 PB TIENE LA MISMA DISTRIBUCION DE PANEL 2 PB  
3. PANELES DE DISTRIBUCION CUMPLEN CON BALANCE DE CARGA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA

N.º	Descripción	Fecha

TESIS

IMPLEMENTACION DE METODOLOGIA BIM (3D) EN EL  
DISEÑO DE UN EDIFICIO PROTOTIPO UBICADO EN EL  
DEPARTAMENTO DE MANAGUA

DISTRIBUCION DE CIRCUITOS EN PANEL

Número de proyecto	001
Fecha	25/08/2025
Dibujado por	Br. Marcos Danilo Huembes Sandino
Comprobado por	Dr. Ing. Jassy Danisse Rivera Solís

08
Escala





Área de Conocimiento  
Arquitectura y Construcción

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

**F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**

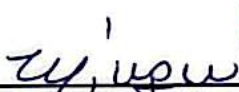
El Suscrito Secretario del **AREA DE CONOCIMIENTO ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN** hace constar que:

**CRUZ BENAVIDES EFRAIN ALI**


Carné: **2016-0140U** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA CIVIL**, en el año 2022 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los siete días del mes de marzo del año dos mil veinte y cinco.


Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
Matilde Beren Avilez  
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA



 Telf: (505) 8845 4064

 Recinto Universitario Simón Bolívar  
Avenida Universitaria,  
Managua, Nicaragua.

 marcela.galan@dacia.unn.edu.ni  
www.unn.edu.ni





Área de Conocimiento

Arquitectura y Construcción

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

**F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**

El Suscrito Secretario del **AREA DE CONOCIMIENTO ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN** hace constar que:

**HUEMBES SANDINO MARCOS DANILO**

Carné: **2016-0325U** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA CIVIL**, en el año 2023 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los siete días del mes de marzo del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
Matilde Belén Avilez Meda  
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA



Telf (505) 8645 4064



Recinto Universitario Simón Bolívar  
Avenida Universitaria  
Managua, Nicaragua



marcela.galan@dacia.uni.edu.ni  
www.uni.edu.ni



Área de Conocimiento

Arquitectura y Construcción

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

**F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**

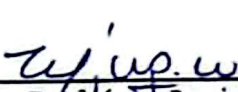
El Suscrito Secretario del **AREA DE CONOCIMIENTO ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN** hace constar que:

**REYES ARAUZ ELVIS ESMIR**

Carné: **2016-0412U** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA CIVIL**, en el año 2023 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los siete días del mes de marzo del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,

  
Matilde Berén Avilez **Medal**  
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA



Telf (505) 8645 4064



Recinto Universitario Simón Bolívar,  
Avenida Universitaria,  
Managua, Nicaragua



marcela.galan@dacia.unin.edu.ni  
www.unin.edu.ni



# HOJA DE MATRICULA

## AÑO ACADEMICO 2025

No. Recibo		No. Inscripción <b>7772</b>				
NOMBRES Y APELLIDOS : Efrain Ali Cruz Benavides						
CARRERA : INGENIERIA CIVIL		CARNET : 2016-0140U		TURNO : Diurno		
PLAN DE ESTUDIO : 2015		SEMESTRE : SEGUNDO SEMESTRE 2025		FECHA : 25/07/2025		
No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					

**F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.**

**USER ONLINE**

## GRABADOR



**FIRMA Y SELLO DEL  
FUNCIONARIO**

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 25-jul.-2025

**FIRMA DEL  
ESTUDIANTE**



# HOJA DE MATRICULA

## AÑO ACADEMICO 2025

No. Recibo

No. Inscripción **7782**

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Marcos Danilo Huembes Sandino

**CARRERA:** INGENIERIA CIVIL

**CARNET: 2016-0325U**

**TURNNO:** Diurno

PLAN DE ESTUDIO: 2015

**SEMESTRE: SEGUNDO SEMESTRE  
2025**

FECHA: 25/07/2025

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					

F: Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

**USER\_ONLINE**

**GRABADOR**

**FIRMA Y SELLO DEL  
FUNCIONARIO**

M. Huembes.

FIRMA DEL  
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 25-jul.-2025

# HOJA DE MATRICULA

## AÑO ACADEMICO 2025

No. Recibo \_\_\_\_\_ No. Inscripción **7787**

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Elvis Esmir Reyes Arauz

**CARRERA:** INGENIERIA CIVIL

**CARNET: 2016-0412U**

**TURNO:** Diurno

PLAN DE ESTUDIO: 2015

**SEMESTRE: SEGUNDO SEMESTRE**  
**2025**

FECHA: 25/07/2025

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

**USER\_ONLINE**

## GRABADOR

**FIRMA Y SELLO DEL  
FUNCIONARIO**

**FIRMA DEL  
ESTUDIANTE**

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 25-jul.-2025