

CARACTERIZACIÓN Y PROYECCIÓN DE GRUPO ETARIO DEL MUNICIPIO DE
APULO CUNDINAMARCA, PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE UN
C.D.I Y EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO VIDA.

JUAN DAVID PATIÑO GONZALEZ
LUIS FELIPE RODRIGUEZ ALDANA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT
2021

CARACTERIZACIÓN Y PROYECCIÓN DE GRUPO ETARIO DEL MUNICIPIO DE
APULO CUNDINAMARCA, PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE UN C.D.I
Y EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO VIDA.

JUAN DAVID PATIÑO GONZALEZ
LUIS FELIPE RODRIGUEZ ALDANA

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieros Civiles

Director:
CRISTIAN ANDRES QUINCHIA AGUIRRE
Ingeniero Civil - Magister

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT
2021

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Juan David Patiño Gonzalez

Este trabajo de grado se lo quiero dedicar a mis padres quienes me han amado incondicionalmente y me han permitido tener todas las herramientas necesarias para poder estudiar y ser un hombre de bien, a mi abuela Marina quien me ha ayudado y siempre se ha preocupado por mi bienestar, a mi abuela Elsa que está en el cielo, a mi tía Myriam que siempre quiere aportarme información de utilidad para mi carrera, a mi tío Fabian que ha sido un ejemplo para mí, sobre todo en el aspecto profesional, por último y más importante, a mi novia Johanna quien es la persona que me ha acompañado y ha sido testigo de todo el proceso que ha conllevado la realización del presente documento y que gracias a ella he podido aprovechar todo mi potencial en todos los aspectos de mi vida y me anima a ser cada vez mejor persona.

Por último, quiero dedicarle este logro al resto de mi familia que se sienten orgullosos de mí y que directa o indirectamente han intervenido para bien en mi vida.

Luis Felipe Rodríguez Aldana:

Este logro se lo dedico principalmente a Dios, quien es el motor de mi vida.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional durante todo mi proceso formativo para llegar a ser ingeniero civil, a ellos por ayudarme a ser no solo un profesional, si no, que también a una persona con valores y principios marcados.

Al ingeniero Oscar Javier Córdoba Campos por su apoyo incondicional desde el inicio de mi carrera.

Por último, quiero dedicarle este logro a cada una de las personas que hicieron parte de mi proceso, que, con su apoyo económico y anímico, me motivaron para ser cada día mejor y alcanzar mi meta: Ser Ingeniero Civil.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente al ingeniero Cristian Andrés Quinchía Aguirre, por su acompañamiento de principio a fin, aportándonos sus excelentes conocimientos, que permitieron el óptimo desarrollo de cada una de las etapas del presente proyecto de grado.

Al ingeniero Genaro Penagos Cruz por su asesoría inicial, que aportó para poder dar un buen enfoque social a la propuesta del proyecto.

A la alcaldesa del municipio de Apulo, la señora Maribel Rocio Hernández Vanegas, por su colaboración y disposición de toda la información demográfica para la realización del presente proyecto.

Al ingeniero estructural Huberth Loren Mera, por su aporte en la parte inicial del proyecto.

Al ingeniero estructural Juan David Del Rio Gaitán quien aportó sus conocimientos en el área de estructuras y fue de gran ayuda para establecer todos los parámetros iniciales del diseño estructural.

Al ingeniero Ivan Carvajal de la empresa Ciencia Estructural, por la asesoría y seguimiento al proceso de diseño estructural del presente proyecto.

Por último, a la universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena por los conocimientos brindados a lo largo de los 5 años de pregrado.

CONTENIDO

	pág.
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTOS	6
RESUMEN	35
PALABRAS CLAVE	36
ABSTRACT	37
KEY WORDS	38
INTRODUCCIÓN	39
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	40
1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA	40
2. JUSTIFICACION	41
3. OBJETIVOS	42
3.1 OBJETIVO GENERAL	42
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	42
4. MARCO DE REFERENCIA	43
4.1 ANTECEDENTES	43
4.2 MARCO TEÓRICO	45
4.2.1 Caracterización poblacional.	45
4.2.2 Muestra	46
4.2.2.1 Tipos de Muestra.	46
4.2.3 Ecuación Estadística para proporciones poblacionales.	47
4.2.4 Proyección demográficas.	47
4.2.5 RAS.	47
4.2.5.1 Nivel de Complejidad.	47
4.2.5.2 métodos de cálculo para proyección de población.	48
4.2.5.3 Método Aritmético.	48
4.2.5.4 Método Geométrico.	49
4.2.6 Proyectos estándar.	50
4.2.7 Objetivo de un CDI.	50

4.2.8 Diagnostico urbano.	51
4.2.8.1 Determinación áreas de cesión.	52
4.2.9 Diseño de infraestructuras.	53
4.2.10 Diseño Estructural.	54
4.2.10.1 Análisis de carga de una estructura.	54
4.3 MARCO CONCEPTUAL	58
4.3.1 Población.	58
4.3.1 Censo poblacional.	58
4.3.2 DANE.	58
4.3.3 Población Vulnerable.	58
4.3.4 Primera infancia.	59
4.3.5 Proyección demográfica.	59
4.4 MARCO LEGAL	60
4.4.1 Centros de Desarrollo Infantil.	60
4.4.1.1 Ley 1098 del año 2006.	60
4.4.1.2 Artículo N°204.	60
4.4.1.3 Ley 1295 del año 2009.	61
4.4.1.4 Artículo N°04.	61
4.4.1.5 Artículo N°06.	61
4.4.1.6 Ley 1804 del año 2016.	61
4.4.1.7 Artículo N°03.	62
4.4.2 Centro vida.	62
4.4.2.1 Ley 1276 del año 2009.	62
4.4.3 E.O.T del Municipio de Apulo Cundinamarca.	64
4.4.4 Plan de desarrollo del Municipio de Apulo Cundinamarca.	64
4.4.5 NSR-10.	64
4.4.6.1 NSR10 Titulo A.	64
4.4.6.2 NSR10 Titulo B.	64
4.4.6.3 NSR10 Titulo C.	65
4.5 MARCO INSTITUCIONAL	66
4.5.1 Plan de desarrollo.	66
4.5.2 Departamento Nacional de Planeación DNP.	67
4.5.3 Min salud.	67

5. DELIMITACION	69
6. DISEÑO METODOLÓGICO	70
7. RECURSOS	71
7.1 HUMANO	71
7.2 MATERIAL	71
8. EL PROYECTO	72
8.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	72
8.1.1 Extracción de información bases de datos Sisbén.	72
8.1.1.1 Rangos de puntaje para clasificación del nivel.	72
8.1.1.2 Bases de datos Sisbén actual.	73
8.1.1.3 Bases de datos Sisbén antiguo.	74
8.1.2 Cuestionarios.	75
8.1.3 Determinación de la muestra.	75
8.1.3.1 Variables de estudio.	75
8.1.4 Muestra probabilística estratificada, para población de niños de 0 a 5 años.	76
8.1.4.1 Cálculo de muestra representativa de la primera infancia	76
8.1.5 Muestra probabilística estratificada, para población del adulto mayor.	79
8.1.5.1 Calculo de la muestra representativa del adulto mayor.	80
8.1.6 Realización de la encuesta a la población de la primera infancia y adulto mayor.	82
8.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	84
8.2.1 Caracterización de la población de primera infancia.	84
8.2.1.1 Primera pregunta.	84
8.2.1.2 Segunda, tercera y cuarta pregunta.	85
8.2.1.3 Quinta pregunta	89
8.2.1.4 séptima pregunta.	90
8.2.1.5 Octava pregunta.	91
8.2.1.6 Novena pregunta.	94
8.2.2 Recomendación al municipio – encuesta de caracterización a la primera infancia.	96
8.2.3 Caracterización población adulto mayor.	97
8.2.3.1 Primera pregunta.	97

8.2.3.2 Segunda pregunta.	98
8.2.3.3 Tercera pregunta.	100
8.2.3.4 Cuarta pregunta.	101
8.2.3.5 Quinta pregunta.	102
8.2.3.6 Sexta pregunta.	104
8.2.3.7 Séptima pregunta.	106
8.2.4 Recomendación al municipio – encuesta de caracterización al adulto mayor.	108
8.3 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN	110
8.3.1 Proyección de población de primera infancia.	110
8.3.1.1 Tendencia.	111
8.3.1.2 Calculo de la población futura de la primera infancia mediante el método aritmético.	121
8.3.2 Proyección de población del adulto mayor.	124
8.3.2.1 Tendencia.	124
8.3.2.2 Calculo de la población futura del adulto mayor mediante el método aritmético.	130
8.4 IDENTIFICACIÓN DEL TERRENO	133
8.4.1 Levantamiento Topográfico.	136
8.4.1.1 Plano levantamiento topográfico.	136
8.4.1.2 Características del terreno.	139
8.5 DISEÑO URBANISTICO	140
8.5.1 Uso de suelo	140
8.5.2 Clasificación de uso institucional.	141
8.5.3 Cupos de parqueo.	141
8.5.4 Equipamiento comunal.	143
8.5.5 Áreas de cesión.	145
8.5.6 Áreas de afectación.	146
8.5.7 Índice de ocupación.	148
8.5.8 Diseño urbanístico.	149
8.6 DISEÑO ARQUITECTÓNICO	150
8.6.1 Diseño Arquitectónico del Centro de Desarrollo Infantil.	150
8.6.1.1 Determinación de espacios y áreas necesarias para el C.D.I.	151
8.6.1.2 Distribución de los tipos de área.	157

8.6.1.3 Diseño Arquitectónico.	160
8.6.2 Diseño Arquitectónico del Centro Vida.	170
8.6.2.1 Determinación de espacios y áreas necesarias para el C.D.I.	170
8.6.2.2 Distribución de los tipos de área.	171
8.6.2.3 Diseño Arquitectónico.	173
8.7 ANALISIS HIDRAULICO Y DISEÑO DE CUBIERTA LIVIANA	180
8.7.1 Análisis hidráulico y diseño de cubierta liviana del C.D.I.	180
8.7.1.1 Diseño de canaleta.	180
8.7.1.2 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 1.	189
8.7.1.3 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 2.	193
8.7.1.4 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 3.	195
8.7.1.5 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 4.	198
8.7.2 Análisis hidráulico y diseño de cubierta liviana del Centro Vida	200
8.7.2.1 Diseño de canaleta.	200
8.7.2.2 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 1.	209
8.7.2.3 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 2.	212
8.7.2.4 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 3.	216
8.8 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CENTRO VIDA	219
8.8.1 Datos del proyecto.	219
8.8.2 Estructuras que conforman el Centro Vida.	220
8.8.3 Diseño estructural de la Edificación 1 del Centro Vida.	220
8.8.3.1 Ejes estructurales.	221
8.8.3.2 Predimensionamiento de vigas.	222
8.8.3.3 Predimensionamiento de columnas.	224
8.8.3.4 Carga viva de la estructura.	230
8.8.3.5 Cálculo de cargas totales de la estructura 1.	231
8.8.3.6 Método de Fuerza Horizontal Equivalente.	233
8.8.3.7 Verificación adicional - movimientos sísmicos umbral de daño.	239
8.8.3.8 Modelación estructural para verificación de derivas.	245
8.8.3.9 Calculo del coeficiente de reducción de energía R.	269
8.8.3.10 Modelación estructural para diseño de elementos.	275
8.8.3.11 Resultados obtenidos de la modelación.	280
8.8.3.12 Diseño de los elementos estructurales.	287

8.8.3.13 Diseño de cimentación.	288
8.8.4 Diseño estructural de la Edificación 2 del Centro Vida.	294
8.8.4.1 Ejes estructurales.	294
8.8.4.2 Predimensionamiento de vigas.	295
8.8.4.3 Predimensionamiento de columnas.	297
8.8.4.4 Carga viva de la estructura.	303
8.8.4.5 Cálculo de cargas totales de la estructura 2.	304
8.8.4.6 Método de Fuerza Horizontal Equivalente.	306
8.8.4.7 Verificación adicional - movimientos sísmicos umbral de daño.	312
8.8.4.8 Modelación estructural para verificación de derivas.	318
8.8.4.9 Calculo del coeficiente de reducción de energía R.	342
8.8.4.10 Modelación estructural para diseño de elementos.	350
8.8.4.11 Resultados obtenidos de la modelación.	355
8.8.4.12 Diseño de los elementos estructurales.	361
8.8.4.13 Diseño de cimentación.	362
8.8.5 Diseño estructural de la Edificación 2 del Centro Vida.	368
8.8.5.1 Ejes estructurales.	368
8.8.5.2 Predimensionamiento de vigas.	369
8.8.5.3 Predimensionamiento de columnas.	371
8.8.5.4 Carga viva de la estructura.	377
8.8.5.5 Cálculo de cargas totales de la estructura 2.	378
8.8.5.6 Método de Fuerza Horizontal Equivalente.	380
8.8.5.7 Verificación adicional - movimientos sísmicos umbral de daño.	386
8.8.5.8 Modelación estructural para verificación de derivas.	392
8.8.5.9 Calculo del coeficiente de reducción de energía R.	416
8.8.5.10 Modelación estructural para diseño de elementos.	423
8.8.5.11 Resultados obtenidos de la modelación.	428
8.8.5.12 Diseño de los elementos estructurales.	433
8.8.5.13 Diseño de cimentación.	434
9. RECOMENDACIONES	440
10. CONCLUSIONES	441
REFERENCIAS	443

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1: Esquema mejoramiento de la calidad de vida de los niños entre 0 y 5 años.	51
Ilustración 2: Proyección área de cesión tipo A.	53
Ilustración 3: Localización del predio en el que se diseñara el Centro de Desarrollo Infantil y el Centro Vida.	133
Ilustración 4: Entrada al predio, sobre la carrera séptima.	134
Ilustración 5: Imagen interna del predio.	135
Ilustración 6: Antigua bodega de equipaje de ferrocarriles nacionales de Colombia.	135
Ilustración 7: Diseño de parqueadero.	143
Ilustración 8: Áreas de afectación del predio, debido a las vías férreas.	147
Ilustración 9: Área total de construcción (Índice de construcción).	148
Ilustración 10: Diseño de urbanismo del predio.	149
Ilustración 11: Plano del primer nivel de las cuatro estructuras que conforman el CDI.	158
Ilustración 12: Plano del segundo nivel de las cuatro estructuras que conforman el CDI.	159
Ilustración 13: Diseño arquitectónico de la estructura 1 del C.D.I. Fuente: Autores del proyecto.	161
Ilustración 14: Diseño arquitectónico de la estructura 2, nivel 1 del Centro de Desarrollo Infantil.	163
Ilustración 15: Diseño arquitectónico de la estructura 2, nivel 2 del Centro de Desarrollo Infantil.	164
Ilustración 16: Diseño arquitectónico de la estructura 3, nivel 1 del Centro de Desarrollo Infantil.	166
Ilustración 17: Diseño arquitectónico de la estructura 3, nivel 2 del Centro de Desarrollo Infantil.	167
Ilustración 18: Diseño arquitectónico de la estructura 4 del Centro de Desarrollo Infantil.	169
Ilustración 19: Plano del primer nivel de las cuatro estructuras que conforman el CDI.	172
Ilustración 20: Diseño arquitectónico de la estructura 1 del Centro Vida. Fuente: Autores del proyecto.	174
Ilustración 21: Diseño arquitectónico de la estructura 2 del Centro Vida.	176
Ilustración 22: Diseño arquitectónico de la estructura 3 del Centro Vida.	178
Ilustración 23: Diseño arquitectónico de las tres estructuras que conforman el Centro Vida.	179
Ilustración 24: Vista en planta de tejado de la estructura 1 del Centro de Desarrollo Infantil.	190
Ilustración 25: Vista en planta de entramado de perfil de acero.	191

Ilustración 26: Corte arquitectónico A-A y B-B, de la estructura 1 del Centro de Desarrollo Infantil.	192
Ilustración 27: Corte arquitectónico C-C y D-D, de la estructura 1 del Centro de Desarrollo Infantil.	192
Ilustración 28: Vista en planta de tejado de la estructura 2 del Centro de Desarrollo Infantil.	193
Ilustración 29: Vista en planta de entramado de perfil de acero, de la estructura 2 del Centro de Desarrollo Infantil.	194
Ilustración 30: Corte arquitectónico A-A, de la estructura 2 del Centro de Desarrollo Infantil.	195
Ilustración 31: Corte arquitectónico B-B', de la estructura 2 del Centro de Desarrollo Infantil.	195
Ilustración 32: Vista en planta de tejado de la estructura 3 del Centro de Desarrollo Infantil.	196
Ilustración 33: Vista en planta de entramado de perfil de acero, de la estructura 3 del Centro de Desarrollo Infantil.	196
Ilustración 34: Corte arquitectónico A-A, de la estructura 3 del Centro de Desarrollo Infantil.	197
Ilustración 35: Corte arquitectónico B-B', de la estructura 3 del Centro de Desarrollo Infantil.	197
Ilustración 36: Vista en planta de tejado de la estructura 4 del Centro de Desarrollo Infantil.	198
Ilustración 37: Vista en planta de entramado de perfil de acero, de la estructura 4 del Centro de Desarrollo Infantil.	198
Ilustración 38: Corte arquitectónico A-A, de la estructura 4 del Centro de Desarrollo Infantil.	199
Ilustración 39: Corte arquitectónico B-B', de la estructura 4 del Centro de Desarrollo Infantil.	199
Ilustración 40: Vista en planta de tejado de la estructura 1 del Centro vida.	210
Ilustración 41: Vista en planta de entramado de perfil de acero.	211
Ilustración 42: Corte arquitectónico A-A y B-B, de la estructura 1 del Centro Vida.	212
Ilustración 43: Corte arquitectónico C-C y D-D, de la estructura 1 del Centro Vida.	212
Ilustración 44: Vista en planta de techo de la estructura 2 del Centro Vida.	213
Ilustración 45: Vista en planta de entramado de perfil de acero de la estructura 2 del Centro Vida.	214
Ilustración 46: Corte arquitectónico A-A', B-B', C-C', D-D' de la estructura 2 del Centro Vida.	215
Ilustración 47: Corte arquitectónico E-E', F-F', G-G' H-H', de la estructura 2 del Centro Vida.	215
Ilustración 48: Vista en planta de techo de la estructura 3 del Centro Vida.	216
Ilustración 49: Vista en planta de entramado de perfil de acero de la estructura 3 del Centro Vida.	217
Ilustración 50: Corte arquitectónico A-A' de la estructura 3 del Centro Vida.	218

Ilustración 51: Corte arquitectónico B-B', C-C'' de la estructura 3 del Centro Vida.	218
Ilustración 52: Estructuras que componen el Centro de Vida para el adulto mayor.	220
Ilustración 53: Ejes estructurales de la estructura 1 del Centro Vida.	221
Ilustración 54: Distribución de áreas aferentes de cada columna de la estructura 1 del Centro vida. Fuente: Autores del proyecto.	224
Ilustración 55: Cargas vivas de la estructura 1 del Centro vida. Fuente: Autores del proyecto.	230
Ilustración 56: Espectro de aceleración.	236
Ilustración 57: Espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño.	241
Ilustración 58: Definición de unidades para las dimensiones.	245
Ilustración 59: Definición de unidades para los esfuerzos.	245
Ilustración 60: Definición de unidades para otros tipos de variables.	246
Ilustración 61: Creación del material de concreto de 21 MPa.	246
Ilustración 62: Creación de los ejes estructurales de la edificación 1 del Centro Vida.	247
Ilustración 63: Creación de sección de vigas y de columnas.	248
Ilustración 64: Dibujo de vigas de la estructura 1 del Centro Vida.	248
Ilustración 65: Dibujo de columnas de la estructura 1 del Centro Vida.	249
Ilustración 66: Dibujo de la cubierta liviana de la estructura 1 del Centro Vida.	249
Ilustración 67: Creación de apoyo empotrado.	250
Ilustración 68: Casos de carga P.P, C.M y C.V, de la estructura 1 del Centro Vida.	251
Ilustración 69: Inserción de carga muerta de la estructura 1 del Centro Vida.	251
Ilustración 70: Inserción de carga viva de la estructura 1 del Centro Vida.	252
Ilustración 71: Calculo parcial del modelo matemático.	252
Ilustración 72: Coordenadas del centro de masa.	253
Ilustración 73: Configuración de apoyo del centro de gravedad.	253
Ilustración 74: Centro de masa, con el respectivo nodo y apoyo.	254
Ilustración 75: Diafragma rígido de la estructura 1 del Centro Vida.	254
Ilustración 76: Creación de casos de carga SX y SY.	255
Ilustración 77: Inserción de cargas sísmicas en X.	256
Ilustración 78: Inserción de cargas sísmicas en Y.	256
Ilustración 79: Creación de casos de carga de torsión accidental.	257
Ilustración 80: Inserción del momento torsional debido a la dirección X.	258
Ilustración 81: Inserción del momento torsional debido a la dirección Y.	259
Ilustración 82: Inserción de carga SX de umbral de daño al modelo matemático.	262
Ilustración 83: Inserción de carga SY de umbral de daño al modelo matemático.	262
Ilustración 84: Inserción de momento SX ey de umbral de daño al modelo matemático.	263

Ilustración 85: Inserción de momento SX ey de umbral de daño al modelo matemático.	263
Ilustración 86: Irregularidades en planta.	271
Ilustración 87: Esquema para comprobación de irregularidades en planta tipo 1Ap y 1bP.	271
Ilustración 88: Reducción de energía sísmica en sentido X (EX).	276
Ilustración 89: Reducción de energía sísmica en sentido Y (EY).	276
Ilustración 90: Reducción de momento torsional SX ey.	277
Ilustración 91: Reducción de momento torsional SY ex.	278
Ilustración 92: Envolvente para el diseño estructural de la edificación.	278
Ilustración 93: Modelo evaluado con la envolvente:	279
Ilustración 94: Momentos generados por la envolvente de combinaciones de carga.	279
Ilustración 95: Columnas enumeradas.	280
Ilustración 96: Cargas de cortante en dirección X, para columnas.	281
Ilustración 97: Cargas de cortante en dirección Y, para columnas.	281
Ilustración 98: Momentos para columnas.	282
Ilustración 99: Momentos para columnas.	282
Ilustración 100: Acero teórico para columnas.	283
Ilustración 101: Acero real para columnas.	283
Ilustración 102: Vigas enumeradas.	284
Ilustración 103: Cargas de cortante para vigas.	285
Ilustración 104: Momentos para columnas.	285
Ilustración 105: Acero teórico para vigas.	286
Ilustración 106: Acero real para vigas.	286
Ilustración 107: Despiece estructural de la viga 26 de la estructura 1 del Centro Vida.	287
Ilustración 108: Reacciones de cada columna.	288
Ilustración 109: Primera parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 1 del Centro Vida.	290
Ilustración 110: Segunda parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 1 del Centro Vida.	291
Ilustración 111: Tercera parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 1 del Centro Vida.	293
Ilustración 112: Ejes estructurales de la estructura 2 del Centro Vida.	294
Ilustración 113: Distribución de áreas aferentes de cada columna de la estructura 2 del Centro vida. Fuente: Autores del proyecto.	297
Ilustración 114: Cargas vivas de la estructura 2 del Centro vida.	303
Ilustración 115: Espectro de aceleración.	309
Ilustración 116: Espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño.	314
Ilustración 117: Definición de unidades para las dimensiones.	318
Ilustración 118: Definición de unidades para los esfuerzos.	318
Ilustración 119: Definición de unidades para otros tipos de variables.	319
Ilustración 120: Creación del material de concreto de 21 MPa.	319

Ilustración 121: Creación de los ejes estructurales de la edificación 2 del Centro Vida.	320
Ilustración 122: Creación de sección de vigas y de columnas.	321
Ilustración 123: Dibujo de vigas de la estructura 2 del Centro Vida.	321
Ilustración 124: Dibujo de columnas de la estructura 2 del Centro Vida.	322
Ilustración 125: Dibujo de la cubierta liviana de la estructura 2 del Centro Vida.	322
Ilustración 126: Creación de apoyo empotrado.	323
Ilustración 127: Casos de carga P.P, C.M y C.V, de la estructura 2 del Centro Vida.	324
Ilustración 128: Inserción de carga muerta de la estructura 2 del Centro Vida.	324
Ilustración 129: Inserción de carga viva de la estructura 2 del Centro Vida.	325
Ilustración 130: Calculo parcial del modelo matemático.	325
Ilustración 131: Coordenadas del centro de masa.	326
Ilustración 132: Configuración de apoyo del centro de gravedad.	326
Ilustración 133: Centro de masa, con el respectivo nodo y apoyo.	327
Ilustración 134: Diafragma rígido de la estructura 2 del Centro Vida.	327
Ilustración 135: Creación de casos de carga SX y SY.	328
Ilustración 136: Inserción de cargas sísmicas en X, estructura 2 del Centro Vida.	329
Ilustración 137: Inserción de cargas sísmicas en Y, estructura 2 del Centro Vida.	329
Ilustración 138: Creación de casos de carga de torsión accidental.	330
Ilustración 139: Inserción del momento torsional debido a la dirección X.	331
Ilustración 140: Inserción del momento torsional debido a la dirección Y.	332
Ilustración 141: Inserción de carga SX de umbral de daño al modelo matemático.	335
Ilustración 142: Inserción de carga SY de umbral de daño al modelo matemático.	335
Ilustración 143: Inserción de momento SX ey de umbral de daño al modelo matemático.	336
Ilustración 144: Inserción de momento SX ey de umbral de daño al modelo matemático.	336
Ilustración 145: Irregularidades en planta.	344
Ilustración 146: Esquema para comprobación de irregularidades en planta tipo 1Ap y 1bP.	344
Ilustración 147: Reducción de energía sísmica en sentido X (EX).	351
Ilustración 148: Reducción de energía sísmica en sentido Y (EY).	351
Ilustración 149: Reducción de momento torsional SX ey.	352
Ilustración 150: Reducción de momento torsional SY ex.	353
Ilustración 151: Envoltente para el diseño estructural de la edificación.	353
Ilustración 152: Modelo calculado con la envoltente:	354
Ilustración 153: Momentos generados por la envoltente de combinaciones de carga.	354
Ilustración 154: Columnas enumeradas.	355
Ilustración 155: Cargas de cortante en dirección X, para columnas.	356

Ilustración 156: Cargas de cortante en dirección Y, para columnas.	356
Ilustración 157: Momentos para columnas.	357
Ilustración 158: Momentos para columnas.	357
Ilustración 159: Acero teórico para columnas.	358
Ilustración 160: Acero real para columnas.	358
Ilustración 161: Vigas enumeradas.	359
Ilustración 162: Cargas de cortante para vigas.	360
Ilustración 163: Momentos para columnas.	360
Ilustración 164: Despiece estructural de la viga 76 de la estructura 2 del Centro Vida.	361
Ilustración 165: Reacciones de cada columna.	362
Ilustración 166: Primera parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 2 del Centro Vida.	364
Ilustración 167: Segunda parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 2 del Centro Vida.	365
Ilustración 168: Tercera parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 2 del Centro Vida.	367
Ilustración 169: Ejes estructurales de la estructura 3 del Centro Vida.	368
Ilustración 170: Distribución de áreas aferentes de cada columna de la estructura 2 del Centro vida. Fuente: Autores del proyecto.	371
Ilustración 171: Cargas vivas de la estructura 3 del Centro vida.	377
Ilustración 172: Espectro de aceleración.	383
Ilustración 173: Espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño.	388
Ilustración 174: Definición de unidades para las dimensiones.	392
Ilustración 175: Definición de unidades para los esfuerzos.	392
Ilustración 176: Definición de unidades para otros tipos de variables.	393
Ilustración 177: Creación del material de concreto de 21 MPa.	393
Ilustración 178: Creación de los ejes estructurales de la edificación 3 del Centro Vida.	394
Ilustración 179: Creación de sección de vigas y de columnas.	395
Ilustración 180: Dibujo de vigas de la estructura 3 del Centro Vida.	395
Ilustración 181: Dibujo de columnas de la estructura 3 del Centro Vida.	396
Ilustración 182: Dibujo de la cubierta liviana de la estructura 3 del Centro Vida.	396
Ilustración 183: Creación de apoyo empotrado.	397
Ilustración 184: Casos de carga P.P, C.M y C.V, de la estructura 3 del Centro Vida.	398
Ilustración 185: Inserción de carga muerta de la estructura 3 del Centro Vida.	398
Ilustración 186: Inserción de carga viva de la estructura 3 del Centro Vida.	399
Ilustración 187: Calculo parcial del modelo matemático.	399
Ilustración 188: Coordenadas del centro de masa.	400
Ilustración 189: Configuración de apoyo del centro de gravedad.	400
Ilustración 190: Centro de masa, con el respectivo nodo y apoyo.	401
Ilustración 191: Diafragma rígido de la estructura 3 del Centro Vida.	401
Ilustración 192: Creación de casos de carga SX y SY.	402

Ilustración 193: Inserción de cargas sísmicas en X, estructura 3 del Centro Vida.	403
Ilustración 194: Inserción de cargas sísmicas en Y, estructura 3 del Centro Vida.	403
Ilustración 195: Creación de casos de carga de torsión accidental.	404
Ilustración 196: Inserción del momento torsional debido a la dirección X.	405
Ilustración 197: Inserción del momento torsional debido a la dirección Y.	406
Ilustración 198: Inserción de carga SX de umbral de daño al modelo matemático.	409
Ilustración 199: Inserción de carga SY de umbral de daño al modelo matemático.	409
Ilustración 200: Inserción de momento SX ey de umbral de daño al modelo matemático.	410
Ilustración 201: Inserción de momento SX ey de umbral de daño al modelo matemático.	410
Ilustración 202: Irregularidades en planta.	418
Ilustración 203: Esquema para comprobación de irregularidades en planta tipo 1Ap y 1bP.	418
Ilustración 204: Reducción de energía sísmica en sentido X (EX).	424
Ilustración 205: Reducción de energía sísmica en sentido Y (EY).	424
Ilustración 206: Reducción de momento torsional SX ey.	425
Ilustración 207: Reducción de momento torsional SY ex.	426
Ilustración 208: Envoltente para el diseño estructural de la edificación.	426
Ilustración 209: Modelo calculado con la envoltente:	427
Ilustración 210: Momentos generados por la envoltente de combinaciones de carga.	427
Ilustración 211: Columnas enumeradas.	428
Ilustración 212: Cargas de cortante en dirección X, para columnas.	429
Ilustración 213: Cargas de cortante en dirección Y, para columnas.	429
Ilustración 214: Momentos para columnas.	430
Ilustración 215: Momentos para columnas.	430
Ilustración 216: Acero teórico para columnas.	431
Ilustración 217: Vigas enumeradas.	431
Ilustración 218: Cargas de cortante para vigas.	432
Ilustración 219: Momentos para columnas.	432
Ilustración 220: Despiece estructural de la viga 76 de la estructura 3 del Centro Vida.	433
Ilustración 221: Reacciones de cada columna.	434
Ilustración 222: Primera parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 3 del Centro Vida.	436
Ilustración 223: Segunda parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 3 del Centro Vida.	437
Ilustración 224: Tercera parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 3 del Centro Vida.	439

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Asignación del nivel de complejidad.	48
Tabla 2: métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema.	48
Tabla 3 Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales tabla B.3.4.1-3	54
Tabla 4: Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales - Cielo Raso tabla B.3.4.1-1.	55
Tabla 5 Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales - Muros tabla B.3.4.1+2-4	55
Tabla 6 Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales - Ventanas tabla B.3.4.2-5.	56
Tabla 7 Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas tabla B.4.2.1-1.	56
Tabla 8 Cargas vivas mínimas de cubiertas tabla B.4.2.1-2	57
Tabla 9: Rangos de puntajes para clasificación del nivel Sisbén.	72
Tabla 10: Datos de población Sisbén de la primera infancia - año 2020.	73
Tabla 11: Datos de población Sisbén del adulto mayor - año 2020.	73
Tabla 12: Datos de población Sisbén de la primera infancia - año 2009.	74
Tabla 13: Datos de población Sisbén del adulto mayor - año 2009.	74
Tabla 14: Estratificación de la población de niños de 0 a 5 años.	76
Tabla 15: Datos para calcular el tamaño de la muestra de la primera infancia	77
Tabla 16: Muestra probabilística estratificada de la primera infancia.	79
Tabla 17: Estratificación de la población del adulto mayor.	79
Tabla 18: Datos para calcular el tamaño de la muestra del adulto mayor.	80
Tabla 19: Muestra probabilística estratificada del adulto mayor.	82
Tabla 20: Cronograma de actividades para encuestas del municipio de Apulo.	83
Tabla 21: Resultados de la primera pregunta de la encuesta de primera infancia.	84
Tabla 22: Resultados de la segunda, tercera y cuarta pregunta de la encuesta de primera infancia.	86
Tabla 23: Cantidad de núcleos familiares.	87
Tabla 24: Resultados de la quinta pregunta de la encuesta de primera infancia.	89
Tabla 25: Resultados de la séptima pregunta de la encuesta de primera infancia.	90
Tabla 26: Resultados de la octava pregunta de la encuesta de primera infancia.	92
Tabla 27: Resultados de la novena pregunta de la encuesta de primera infancia.	94
Tabla 28: Resultados de la primera pregunta de la encuesta del adulto mayor.	97
Tabla 29: Resultados de la segunda pregunta de la encuesta del adulto mayor.	99
Tabla 30: Resultados de la tercera pregunta de la encuesta del adulto mayor.	100
Tabla 31: Resultados de la cuarta pregunta de la encuesta del adulto mayor.	101
Tabla 32: Resultados de la quinta pregunta de la encuesta del adulto mayor.	103
Tabla 33: Resultados de la sexta pregunta de la encuesta del adulto mayor.	104
Tabla 34: Resultados de la séptima pregunta de la encuesta del adulto mayor.	106

Tabla 35: Resultados detallados de la pregunta 8 de la encuesta a la primera infancia, estratificada en niños de 0 a 2 años de la zona urbana, nivel 1 y 2.	112
Tabla 36: Resultados detallados de la pregunta 8 de la encuesta a la primera infancia, estratificada en niños de 0 a 2 años de la zona rural, nivel 1 y 2.	114
Tabla 37: Resultados detallados de la pregunta 8 de la encuesta a la primera infancia, estratificada en niños de 2 a 5 años de la urbana, nivel 1 y 2.	116
Tabla 38: Resultados detallados de la pregunta 8 de la encuesta a la primera infancia, estratificada en niños de 2 a 5 años de la rural, nivel 1 y 2.	118
Tabla 39: Porcentaje total de tendencia, para cada estratificación de la población de la primera infancia.	120
Tabla 40: Datos demográficos estratificados del grupo etario de la primera infancia del año 2020	121
Tabla 41: Datos demográficos estratificados del grupo etario de la primera infancia del año 2009.	121
Tabla 42: Datos de población del año 2020, ajustados con la tendencia de las respuestas de la pregunta 8 de la encuesta a la primera infancia.	122
Tabla 43: Proyección de población de niños 0 a 2 años.	122
Tabla 44: Proyección de población de niños 2 a 5 años.	123
Tabla 45: Resultados detallados de la pregunta 6 de la encuesta al adulto mayor, estratificada en adultos de la zona urbana, nivel 1 y 2.	125
Tabla 46: Resultados detallados de la pregunta 6 de la encuesta al adulto mayor, estratificada en adultos de la zona rural, nivel 1 y 2	127
Tabla 47: Porcentaje total de tendencia, para cada estratificación de la población del adulto mayor.	129
Tabla 48: Datos demográficos estratificados del grupo etario del adulto mayor del año 2020	130
Tabla 49: Datos demográficos estratificados del grupo etario del adulto mayor del año 2009.	130
Tabla 50: Datos de población del año 2020, ajustados con la tendencia de las respuestas de la pregunta 6 de la encuesta al adulto mayor.	131
Tabla 51: Proyección de población de niños 0 a 2 años.	131
Tabla 52: Tabla de Coordenadas Reales.	137
Tabla 53: Exigencias de parqueo para el tipo de uso.	141
Tabla 54: Cálculo de área neta construida.	142
Tabla 55: Cupos de parqueo requeridos.	142
Tabla 56: Proporción de equipamiento comunal exigida.	144
Tabla 57: Área de equipamiento comunal.	144
Tabla 58: Porcentaje de cesión tipo A, para uso institucional tipo 1 y 2.	145
Tabla 59: Áreas mínimas para construcción de un C.D.I.	151
Tabla 60: Calculo de áreas mínimas de espacios para niños de 0 a 2 años.	153
Tabla 61: Calculo de áreas mínimas de espacios para niños de 2 a 5 años.	154
Tabla 62: Calculo de áreas mínimas de espacios complementarios del Centro de Desarrollo Infantil.	155
Tabla 63: Cargos necesarios para el Centro de Desarrollo Infantil.	156
Tabla 64: Áreas de la estructura 1 del Centro de Desarrollo Infantil.	160

Tabla 65: Áreas de la estructura 2, nivel número 1 del Centro de Desarrollo Infantil.	162
Tabla 66: Áreas de la estructura 2, nivel número 2 del Centro de Desarrollo Infantil.	162
Tabla 67: Áreas de la estructura 3, nivel número 1 del Centro de Desarrollo Infantil.	165
Tabla 68: Áreas de la estructura 3, nivel número 2 del Centro de Desarrollo Infantil.	165
Tabla 69: Áreas de la estructura 4 del Centro de Desarrollo Infantil.	168
Tabla 70: Áreas de la estructura 1 del Centro Vida.	173
Tabla 71: Áreas de la estructura 2 del Centro Vida.	175
Tabla 72: Áreas de la estructura 3 del Centro Vida.	177
Tabla 73: Periodo de retorno.	182
Tabla 74: Valores de intensidades de acuerdo con el periodo de retorno y a la duración de la lluvia.	183
Tabla 75: Área de cubiertas de las estructuras que conforman el Centro de Desarrollo Infantil.	183
Tabla 76: Coeficientes de escorrentía, según el tipo de superficie.	184
Tabla 77: Calculo de caudal de diseño, mediante el método racional de las estructuras que conforman el Centro de Desarrollo Infantil.	185
Tabla 78: Coeficiente de rugosidad de Manning.	186
Tabla 79: Ecuaciones de área mojada y radio hidráulico, para un tipo de sección rectangular.	186
Tabla 80: Calculo del caudal de funcionamiento de la canaleta de cada estructura del Centro de Desarrollo Infantil.	187
Tabla 81: Comprobación del caudal de funcionamiento.	187
Tabla 82: Calculo de capacidad de bajantes de acuerdo con el diámetro y a la relación de áreas.	188
Tabla 83: Cantidad de desagües necesarios para cada canaleta.	189
Tabla 84: Periodo de retorno. Fuente:	201
Tabla 85: Valores de intensidades de acuerdo con el periodo de retorno y a la duración de la lluvia.	202
Tabla 86: Área de cubiertas de las estructuras que conforman el Centro Vida.	202
Tabla 87: Coeficientes de escorrentía, según el tipo de superficie.	203
Tabla 88: Calculo de caudal de diseño, mediante el método racional de las estructuras que conforman el Centro Vida.	204
Tabla 89: Coeficiente de rugosidad de Manning.	205
Tabla 90: Ecuaciones de área mojada y radio hidráulico, para un tipo de sección rectangular.	206
Tabla 91: Calculo del caudal de funcionamiento de la canaleta de cada estructura del Centro Vida.	206
Tabla 92: Comprobación del caudal de funcionamiento.	207
Tabla 93: Calculo de capacidad de bajantes de acuerdo con el diámetro y a la relación de áreas.	208
Tabla 94: Cantidad de desagües necesarios para cada canaleta.	208

Tabla 95: Datos del proyecto.	219
Tabla 96: Tabla C.9.5 del título C de la NSR 10.	222
Tabla 97: Peraltes de vigas de entepiso de la estructura 1 del Centro Vida.	223
Tabla 98: Carga de vigas en KN – Estructura 1 del Centro Vida.	224
Tabla 99: Áreas aferentes de cada columna de la estructura 1 del Centro Vida.	225
Tabla 100: Calculo de cargas transmitidas por las columnas de la estructura 1 del Centro Vida.	226
Tabla 101: Cargas transmitidas por cada columna de la estructura 1 del Centro Vida.	227
Tabla 102: Área de sección requerida por cada columna de la estructura 1 del Centro Vida.	228
Tabla 103: Dimensiones mínimas de columnas de la estructura 1 del Centro Vida.	229
Tabla 104: Carga viva de la estructura 1 del Centro Vida.	231
Tabla 105: Calculo de cargas de la estructura 1 del Centro Vida.	232
Tabla 106: Cargas de la estructura 1 para realización del método de Fuerza Horizontal Equivalente.	233
Tabla 107: Datos del proyecto, para el cálculo de F.H.E.	234
Tabla 108: Datos para el cálculo del "Ta".	234
Tabla 109: Tabla A.4.2-1.	235
Tabla 110: Calculo del periodo fundamental de vibración de la estructura 1.	235
Tabla 111: Calculo del "Cu".	235
Tabla 112: Calculo de To, Tc, TL y Sa. Fuente: Autores del proyecto.	236
Tabla 113: Tabla para el cálculo del espectro de aceleración.	237
Tabla 114: Cortante sísmica en la base, de la estructura 1 del Centro Vida.	238
Tabla 115: Método de Fuerza Horizontal Equivalente – estructura 1 del Centro Vida.	239
Tabla 116: Datos del proyecto para el cálculo de F.H.E con la evaluación del umbral de daño - Estructura 1 del Centro Vida.	240
Tabla 117: Calculo de Tcd, TLd y Sad. Fuente: Autores del proyecto.	241
Tabla 118: Tabla para el cálculo del espectro de aceleración – Umbral de daño.	242
Tabla 119: Cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño, de la estructura 1 del Centro Vida.	244
Tabla 120: Método de Fuerza Horizontal Equivalente con verificación de Umbral de daño – estructura 1 del Centro Vida.	244
Tabla 121: Fuerza sísmica.	255
Tabla 122: Dimensiones de la edificación.	258
Tabla 123: Calculo de torsión accidental.	258
Tabla 124: Combinaciones de carga para comprobación de derivas de la estructura 1 del Centro Vida.	259
Tabla 125: Derivas máximas como porcentaje de hpi.	260
Tabla 126: Calculo y verificación de deriva máxima de la estructura 1 del Centro Vida.	261
Tabla 127: Desplazamientos horizontales.	261

Tabla 128: Derivas máximas como porcentaje de hpi, para umbral de daño.	264
Tabla 129: Calculo y verificación de deriva máxima de umbral de daño, de la estructura 1 del Centro Vida	265
Tabla 130: Desplazamientos horizontales – Umbral de daño.	265
Tabla 131: Calculo del periodo fundamental respecto al sismo en dirección X, de la estructura 1 del C.V.	266
Tabla 132: Comprobación del periodo fundamental (SX). Fuente: Autores del proyecto.	266
Tabla 133: Calculo del periodo fundamental respecto al sismo en dirección Y, de la estructura 1 del C.V.	267
Tabla 134: Comprobación del periodo fundamental (SY).	267
Tabla 135: Datos para el cálculo del índice de estabilidad de la estructura 1 del Centro Vida.	268
Tabla 136: Índice de estabilidad por piso en sentido X.	268
Tabla 137: Índice de estabilidad por piso en sentido Y.	268
Tabla 138: Sistema estructural de pórtico resistente a momentos.	270
Tabla 139: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 1 y 21.	272
Tabla 140: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 4 y 24.	272
Tabla 141: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 1 y 4.	273
Tabla 142: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 21 y 24.	273
Tabla 143: Combinaciones de carga del título B de la norma NSR10.	275
Tabla 144: Reducción de fuerza sísmica.	275
Tabla 145: Reducción de momentos torsionales.	277
Tabla 146: Reacciones de columnas para el diseño de zapatas, de la estructura 1 del Centro Vida.	289
Tabla 147: Capacidad portante del suelo.	290
Tabla 148: Tabla C.9.5 del título C de la NSR 10.	295
Tabla 149: Peraltes de vigas de entrepiso de la estructura 2 del Centro Vida.	296
Tabla 150: Carga de vigas en KN – Estructura 2 del Centro Vida.	297
Tabla 151: Áreas aferentes de cada columna de la estructura 1 del Centro Vida.	298
Tabla 152: Calculo de cargas transmitidas por las columnas de la estructura 2 del Centro Vida.	299
Tabla 153: Cargas transmitidas por cada columna de la estructura 2 del Centro Vida.	300
Tabla 154: Área de sección requerida por cada columna de la estructura 2 del Centro Vida.	301
Tabla 155: Dimensiones mínimas de columnas de la estructura 2 del Centro Vida.	302
Tabla 156: Carga viva de la estructura 2 del Centro Vida.	304

Tabla 157: Calculo de cargas de la estructura 2 del Centro Vida.	305
Tabla 158: Cargas de la estructura 2 para realización del método de Fuerza Horizontal Equivalente.	306
Tabla 159: Datos del proyecto, para el cálculo de F.H.E.	307
Tabla 160: Datos para el cálculo del "Ta".	307
Tabla 161: Tabla A.4.2-1.	308
Tabla 162: Calculo del periodo fundamental de vibración de la estructura 2.	308
Tabla 163: Calculo del "Cu".	308
Tabla 164: Calculo de To, Tc, TL y Sa. Fuente: Autores del proyecto.	309
Tabla 165: Tabla para el cálculo del espectro de aceleración.	310
Tabla 166: Cortante sísmica en la base, de la estructura 2 del Centro Vida.	311
Tabla 167: Método de Fuerza Horizontal Equivalente – estructura 2 del Centro Vida.	312
Tabla 168: Datos del proyecto para el cálculo de F.H.E con la evaluación del umbral de daño - Estructura 2 del Centro Vida.	313
Tabla 169: Calculo de Tcd, TLd y Sad. Fuente: Autores del proyecto.	314
Tabla 170: Tabla para el cálculo del espectro de aceleración – Umbral de daño.	315
Tabla 171: Cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño, de la estructura 2 del Centro Vida.	317
Tabla 172: Método de Fuerza Horizontal Equivalente con verificación de Umbral de daño – estructura 2 del Centro Vida.	317
Tabla 173: Fuerza sísmica total.	328
Tabla 174: Dimensiones de la edificación 2 del Centro Vida.	331
Tabla 175: Calculo de torsión accidental.	331
Tabla 176: Combinaciones de carga para comprobación de derivas de la estructura 2 del Centro Vida.	332
Tabla 177: Derivas máximas como porcentaje de hpi.	333
Tabla 178: Calculo y verificación de deriva máxima de la estructura 2 del Centro Vida.	334
Tabla 179: Desplazamientos horizontales.	334
Tabla 180: Derivas máximas como porcentaje de hpi, para umbral de daño.	337
Tabla 181: Calculo y verificación de deriva máxima – Umbral de daño.	338
Tabla 182: Desplazamientos horizontales – Umbral de daño.	338
Tabla 183: Calculo del periodo fundamental respecto al sismo en dirección X, de la estructura 2 del C.V.	339
Tabla 184: Comprobación del periodo fundamental (SX).	339
Tabla 185: Calculo del periodo fundamental respecto al sismo en dirección Y, de la estructura 2 del C.V.	340
Tabla 186: Comprobación del periodo fundamental (SY).	340
Tabla 187: Datos para el cálculo del índice de estabilidad de la estructura 1 del Centro Vida.	341
Tabla 188: Índice de estabilidad por piso en sentido X.	341
Tabla 189: Índice de estabilidad por piso en sentido Y.	341
Tabla 190: Sistema estructural de pórtico resistente a momentos.	343

Tabla 191: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 40 y 72.	345
Tabla 192: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 48 y 68.	345
Tabla 193: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 62 y 66.	346
Tabla 194: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 62 y 66.	346
Tabla 195: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 48 y 40.	347
Tabla 196: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 21 y 24.	347
Tabla 197: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 74 y 72.	348
Tabla 198: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 62 y 58.	348
Tabla 199: Combinaciones de carga del título B de la norma NSR10.	350
Tabla 200: Reducción de fuerza sísmica.	350
Tabla 201: Reducción de momentos torsionales de la estructura 2 del Centro Vida..	352
Tabla 202: Reacciones de columnas para el diseño de zapatas de la estructura 2 del Centro Vida.	363
Tabla 203: Capacidad portante del suelo.	365
Tabla 204: Tabla C.9.5 del título C de la NSR 10.	369
Tabla 205: Peraltes de vigas de entepiso de la estructura 3 del Centro Vida.	370
Tabla 206: Carga de vigas en KN – Estructura 3 del Centro Vida.	371
Tabla 207: Áreas aferentes de cada columna de la estructura 1 del Centro Vida.	372
Tabla 208: Calculo de cargas transmitidas por las columnas de la estructura 3 del Centro Vida.	373
Tabla 209: Cargas transmitidas por cada columna de la estructura 3 del Centro Vida.	374
Tabla 210: Área de sección requerida por cada columna de la estructura 3 del Centro Vida.	375
Tabla 211: Dimensiones mínimas de columnas de la estructura 3 del Centro Vida.	376
Tabla 212: Carga viva de la estructura 3 del Centro Vida.	378

Tabla 213: Calculo de cargas de la estructura 3 del Centro Vida.	379
Tabla 214: Cargas de la estructura 3 para realización del método de Fuerza Horizontal Equivalente.	380
Tabla 215: Datos del proyecto, para el cálculo de F.H.E.	381
Tabla 216: Datos para el cálculo del "Ta".	381
Tabla 217: Tabla A.4.2-1.	382
Tabla 218: Calculo del periodo fundamental de vibración de la estructura 3.	382
Tabla 219: Calculo del "Cu".	382
Tabla 220: Calculo de To, Tc, TL y Sa. Fuente: Autores del proyecto.	383
Tabla 221: Tabla para el cálculo del espectro de aceleración.	384
Tabla 222: Cortante sísmica en la base, de la estructura 3 del Centro Vida.	385
Tabla 223: Método de Fuerza Horizontal Equivalente – estructura 3 del Centro Vida.	386
Tabla 224: Datos del proyecto para el cálculo de F.H.E con la evaluación del umbral de daño - Estructura 3 del Centro Vida.	387
Tabla 225: Calculo de Tcd, TLd y Sad. Fuente: Autores del proyecto.	388
Tabla 226: Tabla para el cálculo del espectro de aceleración – Umbral de daño.	389
Tabla 227: Cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño, de la estructura 3 del Centro Vida.	391
Tabla 228: Método de Fuerza Horizontal Equivalente con verificación de Umbral de daño – estructura 3 del Centro Vida.	391
Tabla 229: Fuerza sísmica total.	402
Tabla 230: Dimensiones de la edificación 2 del Centro Vida.	405
Tabla 231: Calculo de torsión accidental.	405
Tabla 232: Combinaciones de carga para comprobación de derivas de la estructura 2 del Centro Vida.	406
Tabla 233: Derivas máximas como porcentaje de hpi.	407
Tabla 234: Calculo y verificación de deriva máxima de la estructura 2 del Centro Vida.	408
Tabla 235: Desplazamientos horizontales.	408
Tabla 236: Derivas máximas como porcentaje de hpi, para umbral de daño.	411
Tabla 237: Calculo y verificación de deriva máxima – Umbral de daño.	412
Tabla 238: Desplazamientos horizontales – Umbral de daño.	412
Tabla 239: Calculo del periodo fundamental respecto al sismo en dirección X, de la estructura 3 del C.V.	413
Tabla 240: Comprobación del periodo fundamental (SX).	413
Tabla 241: Calculo del periodo fundamental respecto al sismo en dirección Y, de la estructura 3 del C.V.	414
Tabla 242: Comprobación del periodo fundamental (SY).	414
Tabla 243: Datos para el cálculo del índice de estabilidad de la estructura 1 del Centro Vida.	415
Tabla 244: Índice de estabilidad por piso en sentido X.	415
Tabla 245: Índice de estabilidad por piso en sentido Y.	415
Tabla 246: Sistema estructural de pórtico resistente a momentos.	417

Tabla 247: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 3 y 18.	419
Tabla 248: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 1 y 10.	419
Tabla 249: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 7 y 13.	420
Tabla 250: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 8 y 13.	420
Tabla 251: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 10 y 7.	421
Tabla 252: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 74 y 72.	421
Tabla 253: Combinaciones de carga del título B de la norma NSR10.	423
Tabla 254: Reducción de fuerza sísmica.	423
Tabla 255: Reducción de momentos torsionales de la estructura 2 del Centro Vida..	425
Tabla 256: Reacciones de columnas para el diseño de zapatas de la estructura 2 del Centro Vida.	435
Tabla 257: Capacidad portante del suelo.	437

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1: Ecuación del método aritmético.	49
Ecuación 2: Ecuación del método geométrico.	49
Ecuación 3: Ecuación de la tasa de crecimiento anual	50
Ecuación 4: Calculo de la muestra representativa, primera infancia.	77
Ecuación 5: Calculo de constante para hallar el valor de "z", primera infancia.	78
Ecuación 6: Ecuación para coeficiente de estratificación.	78
Ecuación 7: Calculo de la muestra representativa, adulto mayor.	81
Ecuación 8: Calculo de constante para hallar el valor de "z", adulto mayor.	81
Ecuación 9: Ecuación para coeficiente de estratificación.	82
Ecuación 10: Calculo del promedio de niños de 0 a 5 años por núcleo familiar.	88
Ecuación 11: Método racional.	185
Ecuación 12: Ecuación de Manning.	185
Ecuación 13: Ecuación para el cálculo de la capacidad de bajantes.	188
Ecuación 14: Método racional.	204
Ecuación 15: Ecuación de Manning.	205
Ecuación 16: Ecuación para el cálculo de la capacidad de bajantes.	207
Ecuación 17: Ecuación para el cálculo del periodo fundamental aproximado "Ta".	235
Ecuación 18: Ecuación de cortante sísmica en la base.	239
Ecuación 19 : Ecuación de cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño.	244
Ecuación 20: Deriva máxima.	260
Ecuación 21: Deriva máxima.	264
Ecuación 22: Periodo fundamental de la edificación.	266
Ecuación 23: Índice de estabilidad por piso.	267
Ecuación 24: Ecuación para el cálculo del coeficiente de reducción de la estructura.	269
Ecuación 25: Ecuación para el cálculo del periodo fundamental aproximado "Ta".	308
Ecuación 26: Ecuación de cortante sísmica en la base.	312
Ecuación 27 : Ecuación de cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño.	317
Ecuación 28: Deriva máxima.	333
Ecuación 29: Deriva máxima.	337
Ecuación 30: Periodo fundamental de la edificación.	339
Ecuación 31: Índice de estabilidad por piso.	341
Ecuación 32: Ecuación para el cálculo del coeficiente de reducción de la estructura.	342
Ecuación 33: Ecuación para el cálculo del periodo fundamental aproximado "Ta".	382

Ecuación 34: Ecuación de cortante sísmica en la base.	386
Ecuación 35 : Ecuación de cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño.	391
Ecuación 36: Deriva máxima.	407
Ecuación 37: Deriva máxima.	411
Ecuación 38:Periodo fundamental de la edificación.	413
Ecuación 39: Índice de estabilidad por piso.	415
Ecuación 40: Ecuación para el cálculo del coeficiente de reducción de la estructura.	416

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1: Base de datos Sisbén del año 2009 “Reporte base certificada Noviembre”.	446
Anexo 2: Cuestionario de encuesta para la caracterización de la población de 0 a 5 años.	447
Anexo 3: Cuestionario de encuesta para la caracterización de la población adulto mayor.	450
Anexo 4: Cuestionario de encuesta para la población de la primera infancia totalmente diligenciado.	453
Anexo 5: Cuestionario de encuesta para la población del adulto mayor totalmente diligenciado.	455
Anexo 6: Encuestas dirigidas a la primera infancia y adulto mayor, totalmente diligenciadas.	457
Anexo 7: Cronogramas de actividades para encuestas de la primera infancia y el adulto mayor del municipio de Apulo.	457
Anexo 8: Tabulación de la información obtenida mediante la encuesta hecha en el municipio de Apulo a la población de la primera infancia y adulto mayor.	458
Anexo 9: Plano de localización	458
Anexo 10: Información del topógrafo (Cedula, licencia profesional).	458
Anexo 11: Evidencia fotográfica de la realización del levantamiento topográfico.	459
Anexo 12: <i>Plano topográfico.</i>	459
Anexo 13: Plano urbanístico.	459
Anexo 14: Carta de aprobación de los diseños arquitectónicos.	460
Anexo 15: Estudio de suelos del proyecto.	461
Anexo 16: Planos del Centro de Desarrollo Infantil y del Centro Vida.	461
Anexo 17: Análisis sísmico de la estructura 1 del Centro Vida.	461
Anexo 18: Modelación en robot y análisis estructural en Excel de la estructura 1 del Centro Vida.	461
Anexo 19: cálculo de las vigas doblemente reforzadas y planos de despieces estructurales, <i>de la estructura 1 del Centro Vida</i>	462
Anexo 20: Análisis sísmico de la estructura 2 del Centro Vida.	462
Anexo 21: Modelación en robot y análisis estructural en Excel de la estructura 2 del Centro Vida.	462
Anexo 22: cálculo de las vigas doblemente reforzadas y planos de despieces estructurales, <i>de la estructura 2 del Centro Vida.</i>	462
Anexo 23: Análisis sísmico de la estructura 3 del Centro Vida.	463
Anexo 24: Modelación en robot y análisis estructural en Excel de la estructura 3 del Centro Vida.	463
Anexo 25: cálculo de las vigas doblemente reforzadas y planos de despieces estructurales, <i>de la estructura 3 del Centro Vida.</i>	463

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfico 1: Diagrama de Gantt encuestas del municipio de Apulo.	83
Gráfico 2: Grafico de barras de la primera pregunta de la encuesta de primera infancia.	85
Gráfico 3: Grafico circular de la segunda, tercera y cuarta pregunta de la encuesta de primera infancia.	86
Gráfico 4: Cantidad de núcleos familiares clasificados por tipo.	88
Gráfico 5: Grafico circular de la quinta pregunta de la encuesta de primera infancia.	90
Gráfico 6: Grafico circular de la séptima pregunta de la encuesta de primera infancia.	91
Gráfico 7: Grafico de barras de la octava pregunta de la encuesta de primera infancia.	93
Gráfico 8: Grafico de barras de la novena pregunta de la encuesta de primera infancia.	95
Gráfico 9: Estratificación por zona de la respuesta más común de la pregunta 9 de la encuesta a la primera infancia.	96
Gráfico 10: Grafico de barras de la primera pregunta de la encuesta del adulto mayor.	98
Gráfico 11: Grafico de barras de la segunda pregunta de la encuesta del adulto mayor.	99
Gráfico 12: Grafico circular de la tercera pregunta de la encuesta del adulto mayor.	100
Gráfico 13: Grafico de barras de la cuarta pregunta de la encuesta del adulto mayor.	102
Gráfico 14: Grafico circular de la tercera pregunta de la encuesta del adulto mayor.	103
Gráfico 15: Grafico de barras de la sexta pregunta de la encuesta del adulto mayor.	105
Gráfico 16: Grafico de barras de la séptima pregunta de la encuesta del adulto mayor.	107
Gráfico 17: Estratificación por zona de las dos respuestas más comunes de la pregunta 9 de la encuesta del adulto mayor.	108
Gráfico 18: Porcentaje de niños de 0 a 2 años de la zona urbana de nivel 1, que asistirán al C.D.I.	113
Gráfico 19: Porcentaje de niños de 0 a 2 años de la zona urbana de nivel 2, que asistirán al C.D.I.	113
Gráfico 20: Porcentaje de niños de 0 a 2 años de la zona rural de nivel 1, que asistirán al C.D.I.	115
Gráfico 21: Porcentaje de niños de 0 a 2 años de la zona rural de nivel 2, que asistirán al C.D.I.	115

Gráfico 22: Porcentaje de niños de 2 a 5 años de la zona urbana de nivel 1, que asistirán al C.D.I.	117
Gráfico 23: Porcentaje de niños de 2 a 5 años de la zona urbana de nivel 2, que asistirán al C.D.I.	117
Gráfico 24: Porcentaje de niños de 2 a 5 años de la zona rural de nivel 1, que asistirán al C.D.I.	119
Gráfico 25: Porcentaje de niños de 2 a 5 años de la zona rural de nivel 2, que asistirán al C.D.I.	119
Gráfico 26: Porcentaje de adultos mayores de la zona urbana de nivel 1, que asistirán al Centro Vida.	126
Gráfico 27: Porcentaje de adultos mayores de la zona urbana de nivel 2, que asistirán al Centro Vida.	126
Gráfico 28: Porcentaje de adultos mayores de la zona rural de nivel 1, que asistirán al Centro Vida.	128
Gráfico 29: Porcentaje de adultos mayores de la zona rural de nivel 2, que asistirán al Centro Vida.	128
Gráfico 30: Curvas I.D.F de la microcuenca B del rio Apulo.	181
Gráfico 31: Curvas I.D.F de la microcuenca B del rio Apulo.	200
Gráfico 32: Espectro de aceleración correspondiente a la estructura 1 del Centro Vida.	238
Gráfico 33: Espectro de aceleración para umbral de daño correspondiente a la estructura 1 del Centro Vida.	243
Gráfico 34: Espectro de aceleración correspondiente a la estructura 2 del Centro Vida.	311
Gráfico 35: Espectro de aceleración para umbral de daño correspondiente a la estructura 2 del Centro Vida.	316
Gráfico 36: Espectro de aceleración correspondiente a la estructura 3 del Centro Vida.	385
Gráfico 37: Espectro de aceleración para umbral de daño correspondiente a la estructura 3 del Centro Vida.	390

RESUMEN

El presente proyecto tiene el objetivo de realizar un diseño arquitectónico de un Centro de Desarrollo Infantil y el diseño arquitectónico y estructural de un Centro Vida, para el municipio de Apulo Cundinamarca; el área de estas dos edificaciones institucionales se establece después de realizar el análisis de los datos demográficos obtenidos después del proceso de caracterización y proyección de población.

Para realizar la caracterización de la población se consultaron las bases de datos demográficas que tiene el municipio, dentro de las diferentes bases de datos que maneja la administración municipal se decide extraer la información de la base de datos del SISBEN, ya que esta era la más actualizada y la que contenía mayor número de personas. Se filtraron los datos demográficos en dos grupos etarios, el primero el de la primera infancia que pertenece a la población que está en el rango de edades de 0 a 5 años, y el segundo el del adulto mayor que pertenece a la población mayor de 60 años o en casos de que la persona sufra de alguna discapacidad entran a esta clasificación de “adulto mayor” desde los 55 años. Con los datos recolectados se realiza el cálculo de muestra estratificada y se diseña un cuestionario de preguntas para cada grupo etario, esta muestra estratificada permite saber el número de personas a las cuales se les debe de hacer la encuesta, para que los resultados representen lo más acertadamente el comportamiento de la población total. Después de esto se tabulan las respuestas de las encuestas y se realiza un respectivo análisis para cada grupo etario, en donde se dejan varias recomendaciones al municipio para la solución de diferentes problemáticas identificadas.

Teniendo los datos demográficos de los dos grupos etarios, se realiza la proyección de la población a 20 años, permitiendo conocer el número de niños en edades de 0 a 5 años y el número de adultos mayores de más de 60 años, que vivirán en el municipio en el año 2040 y cuantos de ellos posiblemente hará uso de las edificaciones. Conociendo la cantidad de personas que harán uso de los servicios que ofrecen el C.D.I y el Centro Vida, se determina la capacidad que debe de tener cada una de las dos edificaciones. Con el número de personas que harán uso de cada edificación se procede a determinar los espacios que deben tener cada estructura y el área mínima con la que debe contar cada espacio; estas áreas mínimas las establece el Ministerio de Educación Nacional, junto con el ICBF (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar) para el caso de los C.D.I, y para el Centro Vida se tomaron recomendaciones y reglamentos internacionales como lo es el documento de la Organización Iberoamericana de Seguridad Social (OISS).

Después del proceso anteriormente descrito se procede a realizar los diseños de cada una de las edificaciones de uso institucional, lo primero que se realiza es la identificación del predio en donde se va a proyectar la construcción. Después de

tener identificado el predio se procede a realizar el levantamiento topográfico del mismo, obteniendo como resultado el plano topográfico.

Teniendo los planos de las características morfológicas del terreno, se procede a realizar el diseño urbanístico y arquitectónico del Centro de Desarrollo Infantil y el diseño urbanístico, arquitectónico, estructural y despieces estructurales del Centro Vida. El diseño urbanístico se realizará acorde con lo estipulado en el Esquema de Ordenamiento Territorial del año 2000 del municipio de Apulo Cundinamarca, el diseño arquitectónico de las dos edificaciones se realizará acorde a lo establecido por las entidades mencionadas anteriormente y el diseño estructural junto con los despieces estructurales de cada elemento estructural se realizarán acorde con lo estipulado en el reglamento colombiano NSR10.

PALABRAS CLAVE

Caracterización poblacional, Proyección poblacional, Diseño arquitectónico, Diseño estructural, Análisis dinámico.

ABSTRACT

The objective of this project is to carry out an architectural design of a Child Development Center and the architectural and structural design of a Life Center for the municipality of Apulo Cundinamarca; the area of these two institutional buildings is established after analyzing the demographic data obtained after the process of characterization and projection of the population.

To carry out the characterization of the population, the demographic databases of the municipality were consulted. Among the different databases managed by the municipal administration, it was decided to extract the information from the SISBEN database, since it was the most updated and contained the largest number of people. The demographic data were filtered into two age groups, the first being early childhood, which belongs to the population in the age range of 0 to 5 years, and the second being the elderly, which belongs to the population over 60 years of age or, in cases where the person suffers from a disability, they are classified as "elderly" from the age of 55 years. With the data collected, the stratified sample is calculated and a questionnaire of questions is designed for each age group. This stratified sample makes it possible to know the number of people who should be surveyed, so that the results represent the behavior of the total population as accurately as possible. After this, the survey responses are tabulated and a respective analysis is made for each age group, where several recommendations are made to the municipality for the solution of different problems identified.

Having the demographic data of the two age groups, the population projection is made for 20 years, allowing to know the number of children aged 0 to 5 years and the number of older adults over 60 years, who will live in the municipality in 2040 and how many of them will possibly make use of the buildings. Knowing the number of people that will make use of the services offered by the C.D.I. and the Centro Vida, the capacity that each of the two buildings should have is determined. With the number of people that will make use of each building, the spaces that each structure must have and the minimum area that each space must have are determined; these minimum areas are established by the Ministry of National Education, together with the ICBF (Colombian Institute of Family Welfare) in the case of the C.D.I., and for the Vida Center, international recommendations and regulations such as the document of the Ibero-American Organization of Social Security (OISS) were taken.

After the process described above, the designs of each of the buildings for institutional use are made, the first thing to be done is the identification of the property where the construction is going to be projected. After identifying the property, a topographic survey of the site is carried out, resulting in a topographic plan.

Having the plans of the morphological characteristics of the land, the urban and architectural design of the Child Development Center and the urban, architectural,

structural design and structural exploded views of the Vida Center are made. The urban design will be carried out in accordance with the stipulations of the 2000 Land Use Planning Scheme of the municipality of Apulo Cundinamarca, the architectural design of the two buildings will be carried out in accordance with the stipulations of the aforementioned entities, and the structural design along with the structural sections of each structural element will be carried out in accordance with the stipulations of the Colombian NSR10 regulations.

KEY WORDS

Population characterization, Population projection, Architectural design, Structural design, Dynamic analysis.

INTRODUCCIÓN

En vista de las necesidades de los grupos etarios de la primera infancia y del adulto mayor del municipio de Apulo Cundinamarca, cobra importancia la existencia de equipamientos institucionales que respondan a las necesidades de esta población. Debido a esto, el presente proyecto busca aportar a la solución de la problemática, mediante el diseño de un Centro de Desarrollo infantil para la primera infancia y un Centro de Vida para la atención del adulto mayor.

El desarrollo de dichos diseños tendrá como base los resultados obtenidos de la elaboración de una caracterización y proyección de población de estos dos grupos etarios por medio de encuestas. Es importante resaltar, que el tamaño de la muestra para la realización de las encuestas se realizó siguiendo todos los parámetros estadísticos.

Los diseños urbanísticos y arquitectónicos se realizaron siguiendo los parámetros establecidos por la norma, siendo el Esquema de Ordenamiento Territorial del año 2000 del municipio de Apulo, quien reglamenta la correcta distribución de áreas dentro del predio de estudio, el ministerio de educación en conjunto con el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) quienes reglamentan las áreas mínimas requeridas para el diseño del centro de desarrollo infantil y por ultimo para el diseño del Centro de Vida, se siguieron recomendaciones realizadas por entidades y grupos internacionales.

Por otro lado, se realizaron los diseños estructurales del Centro de Vida siguiendo los parámetros de diseño sismorresistente establecidos en la norma colombiana NSR10. Tomando como herramienta para realización del modelo matemático el software de diseño Robot Structural Analysis Professional.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál es la cantidad de población de la primera infancia y tercera edad presentes en el municipio de Apulo Cundinamarca y cuantas de esas personas se verán beneficiadas con la futura construcción de un Centro de Desarrollo Infantil (C.D.I) y un Centro Vida?

¿De acuerdo con la población caracterizada, cuantas personas pertenecientes a la primera infancia y a la tercera edad, deberán ser beneficiadas para el año 2040, con el objetivo de determinar la capacidad requerida para el diseño de un Centro de Desarrollo Infantil y un Centro Vida?

¿De acuerdo con las entidades que reglamentan el diseño de un Centro de Desarrollo Infantil y un Centro Vida, cuáles son los espacios y áreas mínimas requeridas para cada uno de ellos?

¿De acuerdo con la arquitectura diseñada para el Centro Vida y el predimensionamiento sus elementos estructurales, cual es el refuerzo de acero necesario para suplir con las solicitudes de carga?

2. JUSTIFICACION

Apulo es un municipio que actualmente está pasando por una etapa de desarrollo y crecimiento, es por esta razón que a medida que su población aumenta, se requiere de más espacios para brindar servicios de alta calidad a sus habitantes; por lo tanto, es de gran importancia realizar una caracterización demográfica y una proyección de población antes de realizar un diseño, porque se necesita saber cuántos niños y adultos mayores harán uso de las edificaciones y cuantos más serán al largo plazo.

La construcción de nuevas infraestructuras son el pilar para el crecimiento de las ciudades, “el ensamblaje de las infraestructuras que se produce en la ciudad se convierte en la base material de su existencia y desarrollo, así como de sus cualidades, según el tamaño o función que tengan” (Carrión Mena, 2013). Es por esto, que el diseño de nuevas edificaciones de uso institucional, permiten al municipio gozar de nuevos servicios, beneficios y obtener un crecimiento significativo, en lo referente a organización social, convivencia y servicio a la comunidad

El desarrollo de este proyecto se realiza porque en la actualidad el municipio de Apulo no cuenta con los espacios adecuados para brindar atención a las comunidades más vulnerables de su territorio; haciendo énfasis en los grupos etarios de la primera infancia y de la tercera edad, es por esto que el diseño que se realizara va enfocado a brindar una solución a esta necesidad mediante la creación de una nueva infraestructura donde pueda funcionar un Centro de Desarrollo Infantil y un centro vida para la atención al adulto mayor.

Con la realización de este proyecto se busca beneficiar al municipio en aspectos de infraestructura y desarrollo mediante el diseño de equipamientos urbanos, que sean de fácil acceso para la población, que sus instalaciones suplan todas las necesidades y que cumplan con las características que estipulan los entes de control, para que en un futuro pueda ser financiado y ejecutado.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la población de la primera infancia y de la tercera edad del municipio de Apulo (Cundinamarca) y proyectarla a 20 años, para el diseño arquitectónico de un C.D.I y el diseño estructural de un Centro Vida.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la población del grupo etario de la primera infancia y la tercera edad, mediante la revisión de documentos y bases de datos municipales donde se encuentren censos de población del municipio de Apulo Cundinamarca.
- Analizar los resultados obtenidos en la caracterización, identificando las problemáticas del territorio, y brindar recomendaciones a la administración municipal que aporten a la solución del problema.
- Realizar mediante el método geométrico la proyección poblacional para el año 2040 de los grupos de personas pertenecientes a la primera infancia y tercera edad.
- Identificar el predio sobre el cual se va a diseñar las dos edificaciones institucionales y realizar un estudio topográfico que permita conocer los linderos y la morfología del terreno.
- Realizar el diseño urbanístico del predio donde se propone el diseño de las dos edificaciones institucionales, teniendo en cuenta lo estipulado en el Esquema de Ordenamiento Territorial del año 2000 del municipio de Apulo
- Establecer las áreas mínimas requeridas por el Ministerio de Educación Nacional, para la construcción de Centros de Desarrollo Infantil.
- Establecer las áreas mínimas requeridas por la Organización Iberoamericana de Seguridad Social (OISS), para la construcción de Centros Vida.
- Realizar el diseño arquitectónico del Centro de Desarrollo Infantil y el Centro Vida, teniendo en cuenta los espacios y las áreas mínimas establecidas por las correspondientes entidades que los rigen a cada uno de ellos.
- Realizar el diseño de la cubierta liviana y de la canaleta para el manejo de aguas lluvias, teniendo en cuenta las condiciones hidrológicas del sitio.
- Realizar el diseño estructural del Centro Vida, realizando el proceso de predimensionamiento, cálculo de cargas, cálculo de FHE, umbral de daño, modelación estructural, análisis de derivas y diseño de elementos estructurales y creación de planos de despieces de armados de acero mediante el software de diseño Robot Structural Analysis Professional.
- Realizar el diseño de cimentación de las estructuras, teniendo en cuenta las características geotécnicas que tiene el terreno.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 ANTECEDENTES

Antes de comenzar con la realización del presente proyecto, se consultará e investigara antecedentes relacionados con el tema que se va a abarcar en este documento, el objetivo de esto es encontrar proyectos relacionados, con el fin de tenerlos como base y ejemplo, para observar los procedimientos efectuados y los resultados obtenidos.

Los estudiantes Caviedes López, Gamez Barios & Montes Hernández (2016), de la Universidad Piloto De Colombia, realizaron su proyecto de grado en la especialización de Gestión de proyectos titulado “Diseño Y Construcción Del Centro De Desarrollo Infantil (CDI) Tocaima, Cundinamarca”. Dicho proyecto determina el paso a paso para la construcción de un CDI, desde la planificación hasta la entrega, teniendo en cuenta las distintas gestiones establecidas en el Plan De Manejo De Proyectos (PMI) que intervienen en este.

Desde la evaluación y gestión de proyectos, los estudiantes mencionan las razones y la importancia de la construcción del centro de desarrollo infantil (CDI) en el municipio de Tocaima:

Debido a que las edificaciones usadas para los jardines infantiles en el municipio de Tocaima Cundinamarca son inadecuadas, ya que los espacios son reducidos y son edificaciones antiguas que antes funcionaban como viviendas particulares. Se identificó la necesidad de ampliar la cobertura para la educación de la primera infancia en el municipio, respetando todas y cada una de las normas establecidas por el ICBF para la creación y desarrollo de dichas estructuras. (Caviedes, Gamez, & Montes, 2016, pág. 20)

Por otra parte, se identificaron los parámetros de diseño establecidos por el Departamento Nacional De Planeación (DNP) mediante su proyecto estándar para la “construcción y dotación de C.D.I”. En el documento se establecen las áreas mínimas que se deben de dar a cada espacio, las características, el diseño tipo, presupuesto, cronograma, dotación y sostenibilidad; cabe resaltar que el diseño tipo cumple con la normatividad del reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10.

El proyecto tipo sirve de herramienta para los entes municipales, que con su utilización logran obtener un ahorro del 70% en los costos de pre-inversión y disminuir el proceso de formulación y estructuración en hasta cuatro meses. Por lo tanto, el proceso de planeación, diseño y ejecución de cada infraestructura que se ha construido alrededor del todo el territorio colombiano, sirve como antecedente, ya que influye dentro del desarrollo del presente proyecto.

Dentro del desarrollo de proyectos de uso institucional, se debe tener en cuenta la cantidad de población que se verá beneficiada, es por esta razón que los estudiantes, Duarte Chaparro & Duarte Tarquino (2017) de la Universidad Libre, desarrollaron el proyecto titulado “Diseño De Una Planta De Tratamiento De Agua Potable Para El Municipio De Tipacoque, Boyacá”, dentro del cual la base del diseño de la PTAP es la proyección de la población a la cual se le brindara el servicio. Es por ello por lo que Chaparro & Duarte Tarquino, realizan dicha proyección mediante el método geométrico y el método de crecimiento lineal, en los cuales el dato más importante es el del Censo de población del municipio.

El DNP derogo en el año 1951 a El Departamento Administrativo Nacional De Estadísticas (DANE), la realización de los censos poblacionales alrededor del territorio nacional, lo que se resumen en garantizar la producción, disponibilidad y calidad de las informaciones estadísticas y estratégicas, mediante la dirección, planeación, ejecución, coordinación y regulación de la información básica. Lo cual permite obtener la caracterización demográfica de cada municipio, realizado por cada vivienda, en donde se conocen datos como: número de habitantes, estrato socioeconómico, nivel de estudio, sexo, actividades económicas de los integrantes de la vivienda, Entre Otras, Dichos censos servirán como información secundaria para el presente proyecto

El municipio de Apulo cuenta con la información demográfica necesaria para el buen desarrollo del presente proyecto, mediante las bases de datos del Sisbén, permite tener información de datos recientes y antiguos de todos los años, en los que se especifica la edad, el nivel o puntaje Sisbén, población urbana y rural. En esta base de datos se encuentran todos los tipos de datos demográficos necesarios para el desarrollo del proyecto.

4.2 MARCO TEÓRICO

Las etapas de caracterización y proyección de población establecidas en el alcance de este proyecto se encuentran dentro de la primera dimensión de la metodología BIM, para el desarrollo de estas dos etapas es necesario tener claro la siguiente teoría:

4.2.1 Caracterización poblacional. La caracterización poblacional es el proceso mediante el cual se determinan las características de un grupo de población, mediante la recolección estudio y análisis de información relevante. El proceso de caracterizar se puede realizar mediante encuestas y censos, en los que se observa, se analiza y se pregunta, para identificar las diferentes variables que intervienen para cada uno de los casos.

De acuerdo con el departamento nacional de planeación la forma más certera de realizar la caracterización demográfica de un municipio es por medio de los censos poblacionales, aunque existan otros métodos como las encuestas y los registros, el censo permite obtener mejores resultados, ya que es una entrevista realizada a los habitantes en sus hogares, dicho censo es realizado por el departamento administrativo nacional de estadística (DANE, 2015).

Los censos realizados deben cumplir con cuatro aspectos importantes que son la enumeración individual, la universalidad, la simultaneidad y la periodicidad; dichos aspectos son definidos por el ingeniero Jorge Arias de Blois (2017) de la siguiente manera:

La Enumeración individual es idea básica que hay tras un censo es la de enumerar separadamente a cada individuo con sus correspondientes características que también deben ser anotadas en forma separada

La universalidad se refiere a que el censo debe cubrir todo el país o una parte bien delimitada del mismo (región, departamento, municipio, etc.) si es que sólo se desea una cobertura parcial. El censo de población debe incluir a todas las personas que estén presentes o que residan en el territorio antes delimitado

La simultaneidad se refiere a que cada persona debe ser enumerada, tan cerca como sea posible, de un punto bien definido en el tiempo (por ejemplo, la medianoche anterior al día del censo) con el fin de que el censo sea un reflejo exacto, hasta donde sea posible, de la población en un momento determinado. A menudo se dice que el censo de población es como una fotografía de la población en ese instante

La periodicidad en la realización de censos permite facilitar la comparación de la información obtenida. Una de las variables básicas que se maneja en el censo es la edad, y es costumbre que la

mayor parte de las tabulaciones cruzadas que utilicen esa variable, desagreguen la población en grupos de cinco en cinco años, o de diez en diez.

La información poblacional que se va a buscar para el desarrollo de la primera etapa de este proyecto se filtrara en los siguientes cuatro tipos de datos:

- **Grupos etario.** La cantidad de niños y de adultos mayores, que residan dentro del municipio
- **Sexo.** La cantidad de infantes y adultos mayores, de sexo masculino y femenino.
- **Ubicación de la residencia.** La zona del municipio en la que habitan, es decir, si vive en una zona urbana o rural.
- **Estrato.** Estrato socioeconómico del núcleo familiar al que pertenece.

4.2.2 Muestra. “La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (Fernandez Collado, Baptista Lucio, & Hernandez Sampieri, 2014, pág. 175)

4.2.2.1 Tipos de Muestra. Los tipos de muestra dentro de un proyecto permiten caracterizar de una mejor forma la población que se está estudiando, se tienen dos tipos de muestras: probabilísticas y no probabilísticas

- **Muestras Probabilísticas.** De acuerdo con (Fernandez Collado, Baptista Lucio, & Hernandez Sampieri, 2014, pág. 175) Las muestras probabilísticas se definen como:

En las muestras probabilísticas, todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una elección aleatoria o mecánica de las unidades de muestreo/análisis.

- **Muestras no Probabilísticas.** De acuerdo con (Fernandez Collado, Baptista Lucio, & Hernandez Sampieri, 2014, pág. 176) Las muestras no probabilísticas se definen como:

En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador, aquí el procedimiento no es mecánico, ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores.

4.2.3 Ecuación Estadística para proporciones poblacionales. La ecuación estadística para proporciones poblacionales es una herramienta utilizada en el tipo de muestras no probabilísticas con el fin de conocer el tamaño de la muestra que se debe tomar de la población o grupo estudiado para realizar el estudio

Dicha Ecuación es:

$$n = \frac{Z^2 * (p * q)}{e^2 + \frac{(z^2 * (p * q))}{N}}$$

Ecuación 1 Ecuación estadística para proporciones poblacionales

Donde:

n= Tamaño de la muestra

z=Nivel de confianza

p=proporción de la población con la característica deseada (éxito)

q= Proporción de la población sin la característica deseada (Fracaso)

e= Nivel de error dispuesto a cometer

N= Tamaño de la población

De acuerdo con (Fernandez Collado, Baptista Lucio, & Hernandez Sampieri, 2014, pág. 179) la proporción de la población con la característica deseada y la proporción de la población sin la característica deseada “cuando no se tienen marcos de muestreo previos, se usa un porcentaje de estimado del 50% (que es la opción automática que arroja STATS, es decir que se asume P y Q serán del 50%. igual probabilidad”

4.2.4 Proyección demográficas. La proyección de población es un procedimiento matemático que se efectúa con el objetivo de calcular o estimar el tamaño de población futura, cabe resaltar que para realizar este cálculo se necesitan saber datos sobre el tamaño de esa población en años anteriores; cuantos más datos de años anteriores se tengan, mayor es la precisión del calculo

4.2.5 RAS. La RAS es el Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico. Dentro de esta norma se encuentran todos los parámetros que se deben de seguir para el óptimo diseño de cualquier obra civil que este dentro de la rama de acueducto y saneamiento básico.

4.2.5.1 Nivel de Complejidad. Dentro de la RAS se encuentra la siguiente tabla, mediante la cual se asigna el nivel de complejidad. Este nivel de complejidad se

asigna dependiendo la cantidad de población, entre mayor número de población, mayor es el nivel de complejidad.

Tabla 1: Asignación del nivel de complejidad.

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana ⁽¹⁾ (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios ⁽²⁾
Bajo	< 2,500	Baja
Medio	2,501 a 12,500	Baja
Medio alto	12,501 a 60,000	Media
Alto	> 60,000	Alta

Fuente: Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico.

4.2.5.2 métodos de cálculo para proyección de población. Dentro del documento de la norma RAS se encuentran diferentes métodos de cálculo para proyectar al futuro la población. En la tabla número 3 se especifica los 7 diferentes métodos que ofrece la norma, clasificados de acuerdo con los niveles de complejidad:

Tabla 2: métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema.

Método por emplear	Nivel de complejidad del sistema			
	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético	X	X		
Geométrico	X	X	X	X
Wappaus	X	X	X	X
Gráfico	X ⁽¹⁾	X	X	
Exponencial	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X ⁽²⁾	
Detallar por zonas			X	X
Detallar densidades			X	X

Fuente: Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico.

4.2.5.3 Método Aritmético. Este es uno de los métodos recomendados por la norma RAS para realizar proyecciones de población, este método se puede utilizar para los dos primeros niveles de complejidad (Nivel bajo y medio).

La ecuación que se emplea en este método es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc})$$

Ecuación 1: Ecuación del método aritmético.

Fuente: Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico.

P_f = Población correspondiente al año en que se quiere proyectar.

P_{uc} = Población correspondiente al último año censado.

P_{ci} = Población correspondiente al censo inicial con información.

T_{uc} = Año correspondiente al último censo con información.

T_{ci} = Año correspondiente al censo inicial con información.

T_f = Es el año al cual se quiere proyectar la población.

4.2.5.4 Método Geométrico. Este es uno de los métodos recomendados por la norma RAS para realizar proyecciones de población, este método se puede utilizar para cada uno de los diferentes cuatro niveles de complejidad (Nivel bajo, medio, medio alto y alto).

La ecuación que se emplea en este método es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Ecuación 2: Ecuación del método geométrico.

Fuente: Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico.

P_{uc} = Población actual.

r = Tasa de crecimiento anual.

T_f - T_{uc} = Tiempo final menos tiempo actual.

Donde “r” es la tasa de crecimiento anual en forma de decimal. La tasa de crecimiento anual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{1/(T_{uc} - T_{ci})} - 1$$

Ecuación 3: Ecuación de la tasa de crecimiento anual

Fuente: Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico.

4.2.6 Proyectos estándar. El departamento nacional de planeación, por medio del ministerio de vivienda, ciudad y territorio, planteo el proyecto tipo o estándar para la construcción de CDI en los municipios del territorio nacional. A continuación, se define su utilidad e importancia:

Los proyectos estándar son un prototipo de proyecto de inversión que integra aspectos técnicos, económicos y metodológicos para que entidades territoriales que requieran dicha solución lo implementen en su territorio. La aplicación de proyectos estándar genera ahorros del orden del 70% de los costos previstos de pre-inversión y una disminución de más de 4 meses en su formulación y estructuración (DNP, Proyecto Estandar, 2015).

4.2.7 Objetivo de un CDI. Un Centro de Desarrollo Infantil tiene como objetivo:

Ofrecer atención a los niños durante cinco días de la semana por ocho horas diarias; desarrollar acciones pedagógicas intencionadas y centradas en los intereses de los niños, las niñas y sus familias; garantizar a los niños atendidos el 70% del requerimiento de calorías diarias (ICBF).

Dentro de las estrategias identificadas por el Estado para el logro de las metas de reducir desnutrición en menores de 5 años (por cada 100.000) coberturas del Programa Ampliado de Inmunizaciones, se encuentra la de reconocer la importancia de la protección integral de los niños, las niñas y los adolescentes y el derecho a su desarrollo integral, pleno y armonioso como sujetos titulares de derechos, tales como la salud, la nutrición y la educación inicial (Ley 1098 de 2006). (DNP, Proyecto Estandar, 2015)

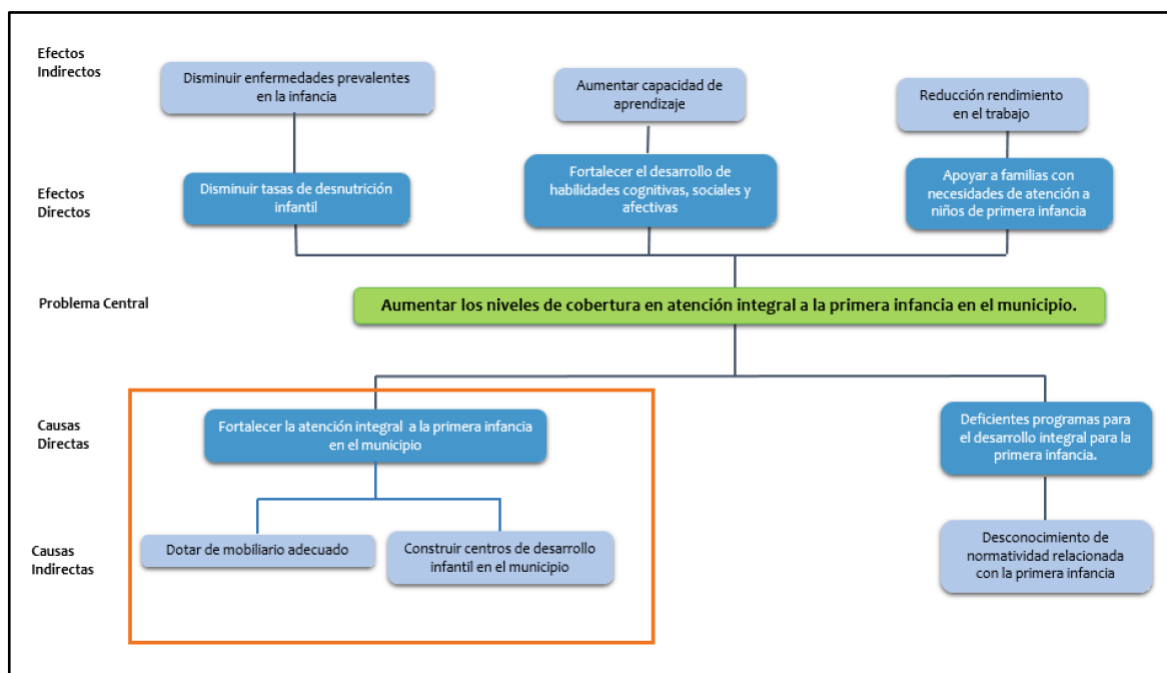


Ilustración 1: Esquema mejoramiento de la calidad de vida de los niños entre 0 y 5 años.

Fuente: Proyectos estándar DNP

4.2.8 Diagnostico urbano. El diagnostico urbano es un documento legal dentro del Esquema de Ordenamiento Territorial del año 2000 del municipio de Apulo Cundinamarca, que regula y reglamenta el espacio que comprende el municipio.

Para el caso de estudio, en donde se habla se usó de suelos y de áreas permitidas se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

De acuerdo con (Esquema de Ordenamiento Territorial, 2000). El uso de suelo catalogado como Uso institucional con influencia medio –Clase 2:

Son los usos que prestan servicios especializados a la población, más extenso y completo para que un grupo o zona reducida.

Se considera de Mediano Impacto Urbano y Social, puesto que se genera en edificaciones especializadas.

Genera afluencia de usuarios, requieren de estacionamientos, generan tráfico y congestión, y proporcionan la aparición de usos complementarios.

Corresponden a esta clase las siguientes:

A. Asistenciales: Centros de salud, zonales, clínicas, ancianitos y hogares de paso.

B. Educativos: Colegios de primaria, secundaria, centros de educación superior, institutos de capacitación técnica, seminarios y conventos.

C. Administrativos: Centros administrativos menores y centros de información.

D. Culturales: Campos y áreas deportivas y recreacionales.

E. De seguridad: Estaciones y subestaciones de policía y bomberos.
ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPIO DE APULO FORMULACION – COMPONENTE URBANO 124

F. De culto: Sedes de culto y capillas.

4.2.8.1 Determinación áreas de cesión. Dentro del acuerdo del diagnóstico urbano se especifica un solo tipo de cesión; este tipo de cesión lleva el nombre de “Cesión tipo A. El E.O.T define cesión tipo A, como “la parte de un predio transferido por el urbanizador de un desarrollo al municipio a título gratuito con destino a zonas verdes, parques y equipamiento comunal público” (Esquema de Ordenamiento Territorial, 2000, pág. 143).

El E.O.T establece unos parámetros para realizar la cesión tipo A. A continuación, se observarán los aspectos más relevantes que se debe de tener en cuenta para establecer el área que cumple para poder utilizarse en cesión tipo A:

- Debe tener acceso directo desde vía vehicular pública existente o proyectada, o desde cualquier otra forma de espacio público existente.
- Si el frente mide más de 15 metros, la profundidad debe ser como máximo dos (2) veces el frente y como mínimo diez 10 metros.
- Si el frente mide más de 15 y 40 metros a profundidad debe ser como máximo de tres (3) veces el frente y como mínimo doce 12 metros.
- Si el frente mide más de cuarenta 40 metros la profundidad debe ser como máximo cinco (5) veces el frente y como mínimo 1/3 del frente.

Un aspecto importante a tener en cuenta al momento de establecer el área de cesión tipo A es el siguiente: “El globo de cesión debe tener una configuración que todos los puntos de su perímetro puedan unirse con todos los puntos del frente mediante una línea recta que no sea interrumpida por áreas privadas.” (Esquema de Ordenamiento Territorial, 2000, pág. 144)

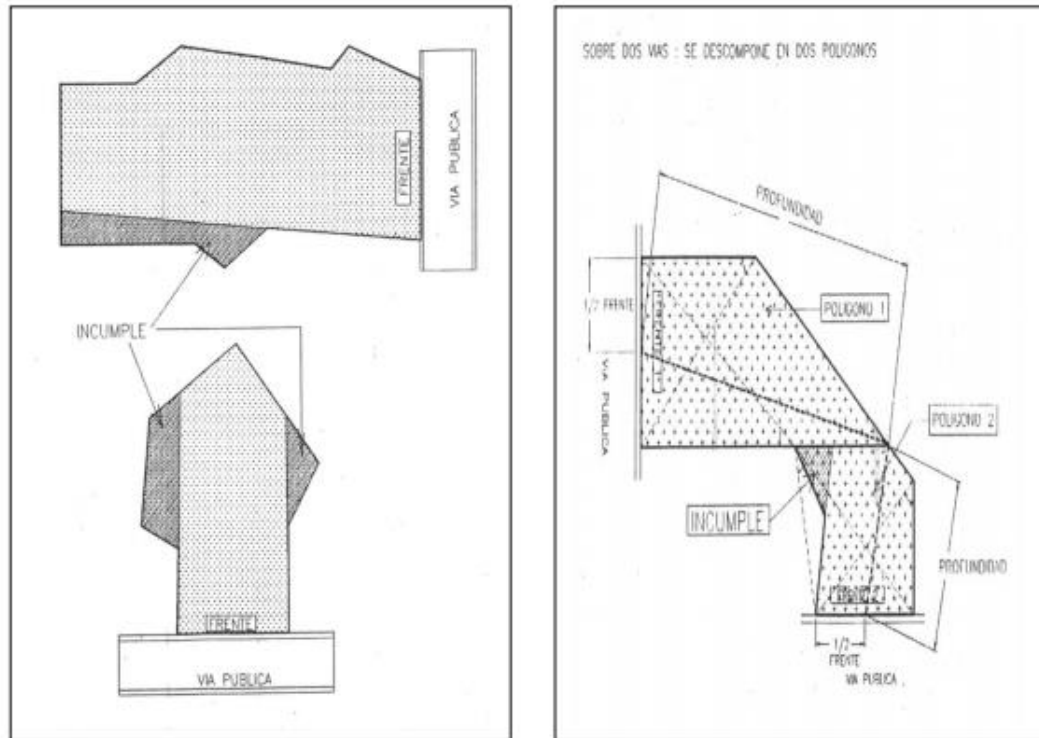


Ilustración 2: Proyección área de cesión tipo A.

Fuente Plan organizacional espacial EOT Apulo

En la anterior ilustración 2 se muestra lo dicho en el párrafo anterior. En color negro se observa las áreas que no cumplen con la sección tipo A, esto quiere decir que dichas áreas no son hábiles para poder cederse al municipio, estos parámetros se tendrán en cuenta a la hora de establecer las áreas de cesión del terreno de estudio del presente documento.

4.2.9 Diseño de infraestructuras. El diseño de obras de infraestructuras corresponde a una serie de etapas, las cuales son: la planificación, el diseño, la ejecución y el control del proyecto. Para el caso de estudio se tendrá en cuenta las dos primeras etapas.

El diseño de toda obra de infraestructura debe estar reglamentada dependiendo el tipo de diseño que se esté efectuando. En el caso de los diseños urbanísticos y arquitectónicos, se debe tener en cuenta los parámetros de áreas mínimas establecidas por el ministerio de educación y el Instituto Colombiano de Bienestar

Familiar. Para el caso de los diseños estructurales se utilizará el reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-10, por lo cual se tendrán en cuenta los parámetros de diseño estructural propuestos en el título A, B y C.

4.2.10 Diseño Estructural. Los diseños estructurales de un proyecto se realizan con el objetivo de conseguir como producto el detalle de los elementos estructurales y no estructurales de una obra de infraestructura. En Colombia la realización de dichos diseños está regidos con los parámetros del reglamento de construcción Sismorresistente colombiano NSR-10.

Para el caso de estudio, los títulos del reglamento que serán utilizados son el A, el B y el C, de donde se sigue al pie de la letra con todos los parámetros necesarios para el análisis dinámico lineal de la estructura.

4.2.10.1 Análisis de carga de una estructura. En este análisis se realiza el avalúo de carga de cada uno de los elementos que componen la estructura y se realiza con el fin de conocer la distribución de la masa dentro del sistema estructural.

Teniendo en cuenta lo estipulado en el título B del reglamento NSR-10, los coeficientes que se utilizarán para el avalúo de las cargas de presente documento se encuentran en las siguientes tablas:

En la tabla 3 se observan los coeficientes para el avalúo de las cargas muertas de cerámica para piso:

Tabla 3 Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales tabla B.3.4.1-3

<i>Componente</i>	<i>Carga (kN/m²) m² de área en planta</i>	<i>Carga (kgf/m²) m² de área en planta</i>
<i>Pisos y acabados</i>		
Acabado de piso en concreto	0.0200 (por mm de espesor)	20 (por cm de espesor)
Afinado (25 mm) sobre concreto de agregado pétreo	1.50	150
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 12 mm de mortero.	0.80	80
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 25 mm de mortero.	1.10	110
Baldosa sobre 25 mm de mortero	1.10	110
Bloque de asfalto (50 mm), sobre 12 mm de mortero	1.50	150
Bloque de madera (75 mm) sin relleno	0.50	50
Bloque de madera (75 mm) sobre 12 mm de mortero	0.80	80
Durmientes de madera, 20 mm	0.15	15
Madera densa, 25 mm	0.20	20
Mármol y mortero sobre concreto de agregado pétreo	1.60	160
Piso asfáltico o linóleo, 6 mm	0.05	5
Pizarra	0.030 (por mm de espesor)	30 (por cm de espesor)
Terrazzo (25 mm), concreto 50 mm	1.50	150
Terrazzo (40 mm) directamente sobre la losa	0.90	90
Terrazzo (25 mm) sobre afinado en concreto	1.50	150

Fuente NSR-10 TITULO B

En la tabla 6 se observa el coeficiente de carga para el cálculo del peso del cielorraso de la edificación:

Tabla 4: Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales -Cielo Raso tabla B.3.4.1-1.

Componente	Carga (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga (kgf/m ²) m ² de área en planta
Cielo raso		
Canales suspendidas de acero	0.10	10
Ductos mecánicos	0.20	20
Entramado metálico suspendido afinado en cemento.	0.70	70
Entramado metálico suspendido afinado en yeso.	0.50	50
Fibras acústicas	0.10	10
Pañete en yeso o concreto	0.25	25
Pañete en entramado de madera	0.80	80
Tableros de yeso	0.0080 (por mm de espesor)	8 (por cm de espesor)
Sistema de suspensión de madera.	0.15	15

Fuente: Titulo B de la NSR10.

En la siguiente tabla se muestra el coeficiente de carga para el cálculo del peso de la mampostería. Se puede obtener el coeficiente para cualquier tipo de muro dependiendo de si espesor:

Tabla 5 Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales -Muros tabla B.3.4.1+2-4

Componente	Carga (kN/m ²) por m ² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kN/m)	Carga (kgf/m ²) por m ² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kgf/m)
Muros		
Exteriores de paneles (postes de acero o madera):		
Yeso de 15 mm, aislado, entablado de 10 mm	1.00	100
Exteriores con enchape en ladrillo	2.50	250
Mampostería de bloque de arcilla:	<i>Espesor del muro (en mm)</i>	<i>Espesor del muro (en cm)</i>
	<i>100 150 200 250 300</i>	<i>10 15 20 25 30</i>
Pañetado en ambas caras	1.80 2.50 3.10 3.80 4.40	180 250 310 380 440
Sin pañetar	1.30 2.00 2.60 3.30 3.90	130 200 260 330 390
Mampostería de bloque de concreto:	<i>Espesor del muro (en mm)</i>	<i>Espesor del muro (en cm)</i>
	<i>100 150 200 250 300</i>	<i>10 15 20 25 30</i>
Sin relleno	1.40 1.45 1.90 2.25 2.60	140 145 190 225 260
Relleno cada 1.2 m	1.70 2.25 2.70 3.15	170 225 270 315
Relleno cada 1.0 m	1.80 2.30 2.80 3.30	180 230 280 330
Relleno cada 0.8 m	1.80 2.40 3.00 3.45	180 240 300 345
Relleno cada 0.6 m	2.00 2.60 3.20 3.75	200 260 320 375
Relleno cada 0.4 m	2.20 2.90 3.60 4.30	220 290 360 430
Todas las celdas llenas	3.00 4.00 5.00 6.10	300 400 500 610
Mampostería maciza de arcilla:	<i>Espesor del muro (en mm)</i>	<i>Espesor del muro (en cm)</i>
	<i>100 150 200 250 300</i>	<i>10 15 20 25 30</i>
Sin pañetar	1.90 2.90 3.80 4.70 5.50	190 290 380 470 550
Mampostería maciza de concreto:	<i>Espesor del muro (en mm)</i>	<i>Espesor del muro (en cm)</i>
	<i>100 150 200 250 300</i>	<i>10 15 20 25 30</i>
Sin pañetar	2.00 3.10 4.20 5.30 6.40	200 310 420 530 640

Fuente NSR-10 TITULO B

En la siguiente tabla se encuentra el coeficiente de carga para las ventanas y los muros cortina, estos muros se utilizarán para la estructura de uso administrativo de ambas edificaciones institucionales:

Tabla 6 Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales - Ventanas tabla B.3.4.2-5.

Componente	Carga (kN/m ²) por m ² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kN/m)	Carga (kgf/m ²) por m ² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kgf/m)
Ventanas		
Muros cortina de vidrio, entramado y marco	0.50	50
Ventanas, vidrio, entramado y marco	0.45	45

Fuente NSR-10 TITULO B

Teniendo calculadas las cargas muertas de la estructura, se debe realizar el avalúo de las cargas vivas, tomando como guía las siguientes tablas:

Tabla 7 Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas tabla B.4.2.1-1.

Ocupación o uso	Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
Reunión	Balcones	500
	Corredores y escaleras	500
	Silletería fija (fijada al piso)	300
	Gimnasios	500
	Vestíbulos	500
	Silletería móvil	500
	Áreas recreativas	500
	Plataformas	500
Oficinas	Escenarios	750
	Corredores y escaleras	300
	Oficinas	200
Educativos	Restaurantes	500
	Salones de clase	200
	Corredores y escaleras	500
	Bibliotecas	
	Salones de lectura	200
Fábricas	Estanterías	700
	Industrias livianas	500
	Industrias pesadas	1000
Institucional	Cuartos de cirugía, laboratorios	400
	Cuartos privados	200
	Corredores y escaleras	500
Comercio	Minorista	500
	Mayorista	600
Residencial	Balcones	500
	Cuartos privados y sus corredores	180
	Escaleras	300
Almacenamiento	Liviano	600
	Pesado	1200
Garajes	Garajes para automóviles de pasajeros	250
	Garajes para vehículos de carga de hasta 2.000 kg de capacidad.	500
Coliseos y Estadios	Graderías	500
	Escaleras	500

Fuente: Titulo B de la NSR10.

En la siguiente tabla se especifica el coeficiente de carga viva para la cubierta, este valor depende de la pendiente que tenga el techo.

Tabla 8 Cargas vivas mínimas de cubiertas tabla B.4.2.1-2

Tipo de cubierta	Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
Cubiertas, Azoteas y Terrazas	la misma del resto de la edificación (Nota-1)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)
Cubiertas usadas para jardines de cubierta o para reuniones	5.00	500
Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.35	35
Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.50	50

4.3 MARCO CONCEPTUAL

A lo largo del proyecto se desarrollarán conceptos importantes, tales como Centro de Desarrollo Infantil, Centro Vida, censo poblacional, proyección demográfica.

Los Centros de Desarrollo Infantil Y Centro Vida, son centros de ayuda que nacen de la necesidad de una población vulnerable. Es el deber de la nación garantizar los derechos de la primera infancia y de la tercera edad, mediante las leyes que leyes que más adelante se explicaran a fondo en el marco legal.

4.3.1 Población. La población o también llamado universo, es un conjunto de personas. En el caso del presente proyecto la población son los niños que están en el rango de edad de 0 a 5 años y los adultos mayores que están en el rango de edad de más de 60 años.

4.3.1 Censo poblacional. Este brinda la información necesaria para poder analizar e identificar las personas que se beneficiaran de este proyecto, de acuerdo con el DANE, define al censo como:

El conjunto de las operaciones consistentes en recoger, recopilar, evaluar, analizar y publicar o divulgar de alguna otra forma datos demográficos, económicos y sociales relativos a todos los habitantes de un país, o de una parte bien delimitada de un país, en un momento determinado (DANE, 2018).

4.3.2 DANE. De acuerdo con el documento oficial del DANE, se define como entidad gubernamental de la siguiente manera:

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística, es la entidad responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia. Perteneciente a la Rama Ejecutiva del Estado Colombiano, con más de 50 años de experiencia. Cumple con los más altos estándares de calidad. El DANE ofrece al país y al mundo más de 30 investigaciones de todos los sectores de la economía, industria, población, sector agropecuario y calidad de vida, entre otras. (DANE, 2015, pág. 1)

4.3.3 Población Vulnerable. El ministerio de educación nacional en su página web define que población vulnerable es:

Un grupo de personas que se encuentran en estado de desprotección o incapacidad frente a una amenaza a su condición psicológica, física y mental, entre otras. En el ámbito educativo este término hace referencia al grupo poblacional excluido tradicionalmente del sistema educativo por sus particularidades o por razones socioeconómicas. (Ministerio de Educación, 2020)

4.3.4 Primera infancia. La primera infancia hace referencia al grupo etario correspondiente a todos los niños entre los 3 meses y 5 años, generalmente se conoce este grupo como la población de especial cuidado o población vulnerable

4.3.5 Proyección demográfica. El instituto vasco de estadística define que las proyecciones demográficas “son estimaciones de la población futura, a corto y medio plazo, basadas en el conocimiento de los fenómenos demográficos y utilizando los indicadores demográficos de mortalidad, fecundidad y migraciones” (Eustak, 2020).

Existen varios métodos numéricos que permiten proyectar un grupo de población, para utilizarlos se necesitan de datos de población antiguos, que se consiguen mediante los censos de población en entidades como el DANE y el Sisbén.

4.4 MARCO LEGAL

En el desarrollo de este proyecto se tiene en cuenta la normatividad y las leyes que influyen en la creación de los programas que hacen posible las inversiones de infraestructura para ayudar a las poblaciones vulnerables de primera infancia y tercera edad. Se obtiene información de las entidades estatales que permiten a los municipios formular, estructurar y constituir, este tipo de proyectos y la forma en que es posible financiarlos, para su correspondiente diseño y construcción.

En el presente proyecto se tiene como objetivo la formulación de los diseños para dos diferentes entes institucionales, los cuales tienen en común servir como infraestructura que permita la ayuda y el mejoramiento de calidad de vida de dos diferentes grupos de población, pero a pesar de tener el mismo enfoque de servicio los CDI y los centros vida están formulados van dirigidos a dos grupos etarios muy distinto, es por esta razón que se rigen cada uno por distintas leyes, que a continuación se van a exponer:

4.4.1 Centros de Desarrollo Infantil. Un CDI busca ayudar a mejorar la calidad de vida de niños y niñas pertenecientes al grupo etario de la primera infancia (niños entre edades de 0 a 5 años). El instituto Colombiano de Bienestar (2020) afirma:

En un CDI se presta un servicio institucional que busca garantizar la educación inicial, cuidado y nutrición a niños menores de 5 años, en el marco de la Atención Integral y Diferencial, a través de acciones pedagógicas, de cuidado calificado y nutrición, así como la realización de gestiones para promover los derechos a la salud, protección y participación, que permitan favorecer su desarrollo integral.

4.4.1.1 Ley 1098 del año 2006. En Colombia desde el año 2006 existe la ley 1098, en la cual se establece el código de infancia y adolescencia, que tiene por objeto:

Garantizar a los niños, a las niñas y a los adolescentes su pleno y armonioso desarrollo para que crezcan en el seno de la familia y de la comunidad, en un ambiente de felicidad, amor y comprensión. Prevalecerá el reconocimiento a la igualdad y la dignidad humana, sin discriminación alguna (Congreso de la Republica, 2006)

Esta ley entro a regir seis meses después de su promulgación, según lo dispuso el Art. 216.

4.4.1.2 Artículo N°204. En el artículo 204 de la ley 1098 del 2006, se establecen las responsabilidades a los diferentes entes para el debido cumplimiento y también se deja en claro las consecuencias que pueden acarrear en caso de que no se cumpla. El artículo dice que:

El Departamento Nacional de Planeación, el Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Educación, con la asesoría técnica del ICBF deberá diseñar los lineamientos técnicos mínimos que deberán contener los planes de desarrollo, en materia de infancia y adolescencia teniendo en cuenta el ciclo de vida, el enfoque de garantía y restablecimiento de derechos (Congreso de la Republica, 2006)

4.4.1.3 Ley 1295 del año 2009. En Colombia desde el año 2009 existe la ley 1295, por la cual se reglamenta la atención integral de los niños y las niñas de la primera infancia de los niveles 1, 2 y 3 del SISBEN", esta ley tiene por objeto:

Contribuir a mejorar la calidad de vida de las madres gestantes, y las niñas y niños menores de seis años, clasificados en los niveles 1, 2 Y 3 del SISBEN, de manera progresiva, a través de una articulación interinstitucional que obliga al Estado a garantizarles sus derechos a la alimentación, la nutrición adecuada, la educación inicial y la atención integral en salud (Congreso de la Republica, Min educación, 2009)

4.4.1.4 Artículo N°04. Este artículo de la ley número 1295 del 2009 dice: “Los responsables del desarrollo del proceso y del modelo de atención integral serán el Ministerio de la Protección Social, el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar - ICBF- y el Ministerio de Educación Nacional, así como los gobiernos departamentales, municipales y distritales” (Congreso de la Republica, Min educación, 2009)

4.4.1.5 Artículo N°06. En este artículo de la ley 1295 del 2009, se imparte la responsabilidad general de los entes territoriales:

Los gobiernos departamentales, municipales y distritales garantizarán el desarrollo de planes de atención integral a la primera infancia, basados en diagnósticos locales, sobre los retos y oportunidades que enfrenta esta población, para el disfrute efectivo de sus derechos. Deberá promoverse la coordinación entre las dependencias encargadas de su desarrollo, así como entre los actores del nivel territorial y el nivel nacional, en el marco de la propuesta de atención integral de la mujer en embarazo y de los niños de la primera infancia. (Congreso de la Republica, Min educación, 2009)

4.4.1.6 Ley 1804 del año 2016. En Colombia desde el año 2016 existe la ley 1804, por la cual se establece la política de estado para el desarrollo integral de la primera infancia de cero a siempre y se dictan otras disposiciones, esta ley tiene por objeto:

Establecer la Política de Estado para el Desarrollo Integral de la Primera Infancia de Cero a Siempre, la cual sienta las bases conceptuales, técnicas y de gestión para garantizar el desarrollo

integral, en el marco de la Doctrina de la Protección Integral (Congreso de la Republica, ICBF, 2016).

Algo también muy importante en lo que hace énfasis dentro de su objeto es lo siguiente:

Con ello busca fortalecer el marco institucional para el reconocimiento, la protección la garantía de los derechos de las mujeres gestantes y de los niños y las niñas de cero a seis años, así como la materialización del Estado Social de Derecho (Congreso de la Republica, ICBF, 2016).

4.4.1.7 Artículo N°03. Es de gran relevancia observar el artículo número 3 de esta ley, porque mediante ella se establecen los principios rectores de la política de estado para el desarrollo integral de la primera infancia de cero a siempre.

La política se cimenta en los principios consagrados en la Constitución Política, en el Código de la Infancia y la Adolescencia (Ley 1098 de 2006), así como en la legislación nacional e internacional asociada. Reafirma los diez principios consagrados en la Convención de los Derechos del Niño resaltando entre ellos el reconocimiento de los derechos sin excepción, distinción o discriminación por motivo alguno; la protección especial de su libertad y dignidad humana, y el interés superior del niño (Congreso de la Republica, ICBF, 2016)

4.4.2 Centro vida. El adulto mayor de acuerdo con la constitución política colombiana del año 1991 es sujeto de derechos al igual que cualquier otra persona de cualquier rango de edad. Todo ser humano nace, crece y envejece, y comúnmente cuando las personas llegan a la tercera edad, pierden habilidades motrices y se les dificulta hacer ciertas tareas; es por esta razón que este grupo etario necesita ser protegido por parte del estado, con el objetivo de garantizar su bienestar. De acuerdo con el artículo 46 de la constitución política del año 1991, los sujetos que intervienen en la protección de las personas de la tercera edad son el estado, la sociedad, y la familia, quienes promoverán su integración activa en la comunidad, el estado se encargara de brindar a esta población servicios de seguridad social integral y en el caso de que el adulto mayor se encuentre en estado de indigencia será suministrado un subsidio alimentario (Corte constitucional Gobierno de Colombia, 2010).

4.4.2.1 Ley 1276 del año 2009. El termino de centro vida nace de la necesidad de la creación de un programa mediante por el cual se pueda garantizar el bienestar de la población del adulto mayor en Colombia, con el fin de brindar más claridad en los conceptos del presente documento se dejan en evidencia las siguientes definiciones dadas en el artículo 7 de la ley 1276 del año 2009:

Se define centro Vida al conjunto de proyectos, procedimientos, protocolos e infraestructura física, técnica y administrativa orientada a brindar una atención integral, durante el día, a los Adultos Mayores, haciendo una contribución que impacte en su calidad de vida y bienestar (Congreso de Colombia , 2009).

Se define como adulto mayor a la persona que cuenta con sesenta (60) años o más. A criterio de los especialistas de los centros vida, una persona podrá ser clasificada dentro de este rango, siendo menor de 60 años y mayor de 55, cuando sus condiciones de desgaste físico, vital y psicológico así lo determinen (Congreso de Colombia , 2009).

Se entiende como Atención Integral al Adulto Mayor al conjunto de servicios que se ofrecen al Adulto Mayor, en el Centro Vida, orientados a garantizarle la satisfacción de sus necesidades de alimentación, salud, interacción social, deporte, cultura, recreación y actividades productivas, como mínimo (Congreso de Colombia , 2009).

La ley 1276 modifica la Ley 687 del 15 de agosto de 2001, en ella se establecen los nuevos criterios de atención integral del adulto mayor, que se deben de cumplir dentro de los centros vida. Esta ley tiene como objetivo proteger a través de los centros vida a las personas de la tercera edad, que pertenezcan a los niveles uno y dos del Sisbén. El centro vida será una institución que les brindará a las personas atención integral a cada una de sus necesidades y mejorará significativamente su calidad de vida (Congreso de Colombia , 2009).

Esta ley en su artículo número 6 ratifica lo anteriormente mencionado, sobre el requisito de pertenecer a nivel uno y dos en el Sisbén, menciona que un profesional experto realizara una evaluación socioeconómica, para identificar los adultos mayores que necesiten de este servicio para mitigar condiciones de vulnerabilidad, aislamiento o carencia de soporte social (Congreso de Colombia , 2009).

En el artículo número 11 se modifica el artículo sexto de la ley 687 del año 2001, en ella se establecen los servicios mínimos que ofrecerá el centro vida a la población de la tercera edad y son los siguientes:

- Alimentación.
- Orientación psicosocial.
- Atención primaria en salud.
- Aseguramiento.
- Capacitación en actividades productivas.
- Deporte, cultura y recreación.

4.4.3 E.O.T del Municipio de Apulo Cundinamarca. En el municipio de Apulo se utiliza el esquema de ordenamiento territorial porque su población no supera los 30.000 habitantes, mediante él, se ordena, se clasifica y determinan, los usos de suelo, los límites y parámetros de las construcciones existentes en el municipio.

El EOT del municipio se dio mediante el acuerdo número 008 del año 2000, en él se determinan las metas, los objetivos y las estrategias para lograr obtener los resultados; actualmente es necesario que se realice un nuevo esquema de ordenamiento territorial, debido a que ya han pasado 20 años desde que se hizo por última vez.

4.4.4 Plan de desarrollo del Municipio de Apulo Cundinamarca. En la actual administración de la alcaldesa de Apulo Maribel Rocio Hernández Vanegas, se realizó un nuevo plan de desarrollo para el periodo 2020 -2023, como lo estipula la ley 152 del año 1994. Se realizaron las correspondientes actividades con la comunidad, haciendo las mesas de trabajo y se han identificado las problemáticas y necesidades del municipio, teniendo en cuenta los aportes y conceptos dados por el concejo territorial de planeación, el cual se designó mediante el decreto numero 16 del año 2020 del día 21 de febrero.

Como fruto de las reuniones realizadas por la administración municipal con los habitantes, se logro identificar grandes problemáticas y necesidades que tienen los ancianos y los niños pertenecientes a la primera infancia. Por esta razón en el actual plan de desarrollo quedo estipulado en el eje de población e inclusión social la construcción y dotación de un CDI y un centro vida.

4.4.5 NSR-10. La norma sismo resistente colombiana del año 2010 o también denominado reglamento colombiano de construcción sismo resistente, fue creada mediante la ley 400 del año 1997. Tiene un total de 11 títulos, del título A al título K, en el caso del presente proyecto se utilizará solamente el título A, B y C, para los diferentes cálculos, diseños y análisis estructurales.

En el desarrollo de este proyecto, se va a seguir al pie de la letra todos los parámetros que establece la NSR10, a continuación, se podrá observar los títulos de la norma que se van a utilizar para el diseño y análisis sísmico de las edificaciones de uso institucional a diseñar:

4.4.6.1 NSR10 Título A. El título A, habla sobre los requisitos generales de diseño y construcción sismorresistente. El presente proyecto se desarrollará bajo los conceptos de este título, se utilizarán sus parámetros para la determinación de la zona sísmica y los valores, también se utilizará para el cálculo de los periodos de la estructura, la determinación de los espectros de diseño y los diferentes métodos de análisis sísmico, como lo es el de fuerza horizontal equivalente.

4.4.6.2 NSR10 Título B. El título B habla sobre cargas. En el desarrollo del presente proyecto se utilizará este título, para hacer las correspondientes

combinaciones de carga que coincidan con las características del lugar del proyecto y se tendrán en cuenta la serie de valores de pesos específicos y masas para el cálculo del peso total de la estructura.

4.4.6.3 NSR10 Título C. El título C habla sobre concreto armado o concreto estructural. En el desarrollo del presente proyecto se utilizará este título, para realizar los pre-dimensionamientos de la estructura y los diseños de cada uno de los elementos estructurales y no estructurales, teniendo en cuenta los momentos flectores, los esfuerzos de cortante, las fuerzas de torsión, pandeos, etc.

4.5 MARCO INSTITUCIONAL

En el país por parte de la alta consejería se ha logrado construir “48 Centros de Desarrollo Infantil (CDI), en los que estos pequeños reciben salud, educación inicial, alimentación, cuidados y capacitación para la familia; de estos, 21 son nuevos, 15 fueron ampliados y 12 adecuados” (El Tiempo, 2016).

Los recursos para la construcción de estos CDI, de acuerdo con la nota del periódico el tiempo se gestionan a través de “proyectos de cooperación internacional, alianzas con los municipios y empresas privadas, o provenientes del Frisco (Estupefacientes). En total, en el país, hay 102 CDI, en los que 3’490.000 niños reciben alimentación complementaria” (El Tiempo, 2016). “La ley 1804 del año 2016 también denominada como la ley de cero a siempre, Aporta el marco legal para que los programas y recursos destinados a la primera infancia estén asegurados y tengan permanencia en el tiempo” (El Tiempo, 2016).

4.5.1 Plan de desarrollo. En todo municipio se tiene que realizar cada cuatro años el plan de desarrollo de acuerdo con la ley número 152 del año 1994, es un documento que la nueva administración debe de hacer en los primeros 4 meses de gobierno, con el fin de establecer las metas que se quieren alcanzar al final del periodo de mandato. Actualmente la administración municipal de Apulo del periodo 2020 - 2023, ya culminó con la realización del plan de desarrollo para dicho periodo.

El plan de desarrollo es un documento de relevante importancia, porque uno de los primeros requisitos para formular y desarrollar un proyecto, es que se encuentre dentro de una de las metas de la administración del municipio, es decir, que con anterioridad se haya contemplado su realización en el plan de desarrollo. En el caso de que un proyecto no se plantee en este documento, lo más probable es que no se pueda ejecutar dentro del tiempo de aquel mandato.

En el actual plan de desarrollo del periodo 2020 – 2023 se estipula, la construcción y dotación de un CDI y un centro vida; en los siguientes párrafos se evidencia más detalladamente lo mencionado dentro del plan de desarrollo:

Se requiere tener especial atención en infancia, adolescencia y juventud para que se hagan partícipes de los procesos, mejorar sus procesos de cultura y deporte en aprovechamiento del tiempo libre, revisar la situación de pobreza extrema en la construcción de comedores comunitarios y la construcción de un Centro de Desarrollo Infantil CDI (Alcaldía de Apulo , 2020)

Las necesidades más sentidas en cuanto a la población vulnerable se manifiestan en: Déficit de atención al adulto mayor con la necesidad de colaboración para el transporte de los mismos de la zona rural al casco urbano, mayor participación e integración en programas sociales (asistencia funeraria y talleres de respeto y cultura hacia el

adulto mayor). Por esta razón se proyecta un centro vida para el municipio. (Alcaldía de Apulo, 2020)

4.5.2 Departamento Nacional de Planeación DNP. Los proyectos para la construcción de centros de desarrollo infantil son gestionados directamente por el municipio. Para la realización de la formulación y la estructuración del proyecto, el DNP brinda un documento denominado con el nombre de “proyecto tipo”, este escrito brinda información sobre la construcción y dotación de los CDI.

Dentro del documento de proyecto tipo, se menciona que, si se tiene en cuenta la información y parámetros dados en esta guía, se puede generar un ahorro en el tiempo e inversión que se debe de hacer para la ejecución del proyecto. Aproximadamente se estima una disminución del 70% de los costos de pre-inversión y un 40% en disminución del tiempo en los procesos de formulación y estructuración.

El documento del DNP de proyecto tipo para la construcción y dotación de centros de desarrollo infantil, cuenta con seis capítulos y son los siguientes:

El primer capítulo contiene los lineamientos sectoriales y las competencias territoriales para la ejecución del proyecto. El segundo capítulo presenta el problema que se resuelve con el centro de desarrollo infantil. El capítulo tres presenta los componentes básicos del proyecto, que previamente debieron ser abordados, en el marco de la etapa de identificación del problema a resolver. En los capítulos cuatro y cinco, se detalla el proyecto estándar considerando los aspectos técnicos del proceso constructivo, el presupuesto y los elementos que se deben tener en cuenta para su sostenibilidad. Finalmente, el capítulo seis contiene los anexos que complementan el documento: planos, detalle dotación, Metodología General Ajustada (MGA) diligenciada, y detalle de estudios y diseños (DNP, Proyecto Estándar, 2015).

4.5.3 Min salud. El ministerio de salud y protección social da las directrices de calidad que se deben de cumplir por parte de las entidades que atienden a personas adultas de la tercera edad.

Establece cuáles son esas entidades que debe de cumplir esas directrices, entre ellas están los centros vida, específicamente son 4 entidades y son las siguientes:

Los estándares de calidad aplican a cuatro tipos de entidades: centros día o vida, centros de bienestar para personas adultas mayores (también llamados de centros de protección, hogares geriátricos u hogares gerontológicos), centros de atención domiciliaria y centros de teleasistencia domiciliaria (Ministerio de Salud, 2020).

Los centros vida “funcionan en horario diurno, generalmente ocho horas diarias, entre las 6 a.m y 6 p.m durante cinco o seis días a la semana, orientados a la protección y al cuidado integral de las personas adultas mayores” (Ministerio de Salud, 2020).

El ministerio de salud y protección social tiene la tarea de dar y vigilar que los parámetros para una óptima calidad de servicio se cumplan óptimamente y en todo momento.

5. DELIMITACION

Colombia es un país en vía de desarrollo que cuenta con un gran crecimiento en el sector de la construcción, anualmente se invierten grandes recursos para generar nuevas infraestructuras. En este momento se enfrenta a grandes problemáticas en ámbitos de salud, educación e infraestructura, día a día se trabaja para suplir todas las necesidades que se tienen en estos aspectos.

El gobierno divide sus funciones y le da una responsabilidad diferente a cada uno de los ministerios que son los encargados de manejar e invertir los recursos económicos para generar desarrollo. Los ministerios que influyen en la solución de la problemática de este proyecto son: el ministerio del interior, dentro de él se encuentra la subdirección de infraestructura que es la “encargada de hacer cumplir las políticas en materia de infraestructura para propiciar la seguridad ciudadana y la preservación de la convivencia ciudadana” (Sub dirección de Infraestructura, 2019), también influye el ministerio de salud y por último el ministerio de educación que tiene como función “liderar la formulación, implementación y evaluación de políticas públicas educativas, para cerrar las brechas que existen en la garantía del derecho a la educación, y en la prestación de un servicio educativo con calidad” (Educación) Cada uno de ellos intervienen en la creación de programas para la atención de la población de primera infancia y tercera edad, como también en la formulación de normas y estrategias, asignación de presupuestos para la construcción y recursos para el equipamiento, suministro y funcionamiento de los centros de desarrollo infantil y centro vida.

El presupuesto nacional se imparte a cada uno de los 32 departamentos del territorio colombiano, mediante cada uno de los ministerios, de esta misma manera los departamentos reparten el presupuesto departamental a cada uno de los municipios que lo conforman.

Las administraciones municipales mediante sus funcionarios tienen que gestionar, para conseguir recursos económicos que puedan ser invertidos para la construcción de infraestructuras de uso público que beneficien a cada uno de los habitantes. De acuerdo con esto, actualmente está en vigencia el plan de gobierno de la administración 2020 – 2023, del municipio de Apulo Cundinamarca, en el que se proyecta la construcción de un Centro de Desarrollo Infantil, un Centro vida para el adulto mayor, en uno de los predios de propiedad del municipio. Este proyecto se propone porque actualmente no existe ningún lugar en el que se pueda atender, brindar salud, educación y recreación, a las personas de primera y tercera edad.

Con el objetivo de dar una solución a esta necesidad, en este proyecto se plantea el diseño de una edificación en la que funcionara un Centro de Desarrollo Infantil y un Centro Vida, se tiene como alcance entregar los diseños urbanísticos y arquitectónicos del C.D.I, así como los planos urbanísticos, arquitectónicos y estructurales del Centro Vida (acorde a la NSR-10).

6. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología que se utilizará en este proyecto será exploratoria y evaluativa con un enfoque mixto.

El proyecto comprende una etapa de estudio exploratorio, en donde se busca la información necesaria y se establecen aspectos importantes como los datos históricos de la población del municipio por medio de indicadores urbanos, como los son las encuestas y los censos de población efectuados por la administración municipal; con el análisis de estos indicadores se obtendrá información que será de importancia para el diseño de la edificación. De acuerdo con lo anterior se realizará un estudio demográfico de la población del municipio para establecer que capacidad debe de tener cada una de las edificaciones y a su vez se realizará una proyección que garantice que la capacidad del diseño durante 20 años.

Después de realizar la caracterización y proyección de población, se ejecuta el diseño arquitectónico de las edificaciones, en donde se tiene en cuenta el objetivo ya definido de la estructura y se tiene claro los requerimientos del sistema.

Esta metodología tendrá un enfoque Mixto, en el que se recolecta y analiza datos cualitativos y cuantitativos. Cualitativos tales como el diseño arquitectónico y del urbanismo de la edificación junto con las reparticiones de los espacios mínimos que requiere la norma. Cuantitativos, como lo es el análisis estadístico, la proyección de población, el diseño hidráulico de la cubierta, el cálculo y el análisis estructural de las vigas, de las columnas y de la cimentación que se realizara teniendo en cuenta los parámetros que establece la norma NSR-10.

Cabe resaltar que el desarrollo de este proyecto sigue cada uno de los criterios que establece el reglamento colombiano de construcción Sismorresistente, abarcando lo establecido en sus tres primeros títulos, que en su orden son: título A “requisitos generales de diseño y construcción Sismorresistente”, el título B “Cargas” y el título C “Concreto estructural”. Dichos títulos permiten la realización del paso a paso para lograr el diseño estructural acertado del Centro Vida para la atención del adulto mayor del municipio de Apulo Cundinamarca.

Es importante aclarar, que debido a que no existía un estudio geotécnico del predio, la alcaldía municipal de Apulo suministro un estudio de suelos de un lote cercano (se localiza a menos de 40 metros). Se recomienda que los diseños de cimentación que se realicen en el presente proyecto sean evaluados antes de ser utilizados.

7. RECURSOS

7.1 HUMANO

El recurso humano que ha trabajado en el desarrollo del presente trabajo de grado es:

- Juan David Patiño Gonzalez, estudiante de ingeniería Civil, Universidad Piloto de Colombia.
- Luis Felipe Rodriguez Aldana, estudiante de ingeniería Civil, Universidad Piloto de Colombia.
- Ingeniero Cristian Andres Quinchia Aguirre, docente de catedra del programa ingeniería Civil en la Universidad Piloto de Colombia, asesor del presente trabajo de grado.
- Ingeniero Ivan Leonardo Carvajal, asesor particular en temas de diseño estructural.
- Maribel Rocio Hernández Vanegas, alcaldesa del municipio de Apulo Cundinamarca.

7.2 MATERIAL

Los recursos materiales utilizados para el desarrollo del presente proyecto son:

- Un computador. El computador es de la marca Acer, de referencia Nitro AN515-54, con procesador Intel® core™ i5-9300H, con memoria RAM de 8 GB, sistema operativo de x64 bits y con sistema operativo Windows 10.

8. EL PROYECTO

8.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

8.1.1 Extracción de información bases de datos Sisbén. El presente proyecto tiene el objetivo de beneficiar al municipio de Apulo mediante la caracterización y proyección de población, que permita el cálculo del conjunto de personas que se beneficiarán de los servicios ofrecidos por el C.D.I y el Centro Vida. Esto con el fin de identificar la capacidad con la que se tiene que diseñar la estructura de las dos edificaciones, dedicadas atender a dos diferentes grupos etarios del municipio. Para poder realizar la caracterización y proyección de la población, es necesario obtener información de censos demográficos actuales y pasados del territorio.

Debido a que uno de los requisitos principales que exigen para poder ser beneficiario de los programas de C.D.I y Centro Vida, es el de pertenecer a las bases de datos del Sisbén y tener un nivel entre 1 y 2; por esta razón se optó por realizar la recolección y extracción de la información de las bases de datos Sisbén 2020 que actualmente posee el municipio. Se debía de conseguir dos tipos de información demográfica, la primera debía de ser lo más actual posible y la segunda debía de ser lo más antigua posible.

8.1.1.1 Rangos de puntaje para clasificación del nivel. El Sisbén da un puntaje numérico a cada persona o núcleo familiar que este afiliado. Este puntaje se define después de la realización de una visita y encuesta por parte de la entidad, en donde observan la vivienda, la dotación de esta, e identifican la calidad de vida que poseen las personas que viven en ella; esto quiere decir que entre mejor dotada este la vivienda, el puntaje será mayor. El Sisbén da los siguientes rangos de puntaje para la clasificación del nivel.

Tabla 9: Rangos de puntajes para clasificación del nivel Sisbén.

RANGOS PARA CLASIFICACIÓN DE NIVEL SISBEN		
ZONA	NIVEL	RANGOS
URBANA	1	MENOR A 44,79 PUNTOS
	2	MAYOR A 44,79 Y MENOR A 51,57 PUNTOS
	3	MAYOR A 51,57 PUNTOS
RURAL	1	MENOR A 32,98 PUNTOS
	2	MAYOR A 32,98 Y MENOR A 37,8 PUNTOS
	3	MAYOR A 37,8 PUNTOS

Fuente: Oficina del Sisbén de Apulo Cundinamarca.

Existen solamente 3 clasificaciones de nivel, siendo el uno el más bajo y tres el nivel más alto. En el caso del presente proyecto se busca beneficiar a las familias que estén dentro de los dos primeros niveles.

8.1.1.2 Bases de datos Sisbén actual. A continuación, se observará la información de la base de datos del Sisbén del año 2020, suministrada por parte de la persona encargada del Sisbén en el municipio de Apulo. Cabe resaltar que la información fue autorizada a entregarse por parte de la alcaldesa municipal, la señora Maribel Rocio Hernandez Vanegas.

- Datos de población de 0 a 5 años, base de datos Sisbén año 2020. En la siguiente tabla se observa la información demográfica de la población de niños de la edad de 0 a 5 años, que actualmente se encuentra en el municipio.

Tabla 10: Datos de población Sisbén de la primera infancia - año 2020.

DATOS DE POBLACIÓN SISBEN, PRIMERA INFANCIA - AÑO 2020								
POBLACIÓN APULO	POBLACIÓN P. INFANCIA	ZONA	NIVEL	POBLACIÓN POR NIVEL	POBLACIÓN P. INFANCIA	POBLACIÓN 0 A 2 AÑOS	POBLACIÓN 2 A 5 AÑOS	POBLACIÓN TOTAL
8138	514	URBANA	1	2070	154	32	122	233
			2	471	28	3	25	
			3	1273	51	11	40	
		RURAL	1	1970	156	39	117	281
			2	458	26	4	22	
			3	1896	99	24	75	

Fuente: Base Sisbén Apulo Cundinamarca.

- Datos de población del adulto mayor, base de datos Sisbén año 2020. En la siguiente tabla se observa la información demográfica de la población del adulto mayor.

Tabla 11: Datos de población Sisbén del adulto mayor - año 2020.

DATOS DE POBLACIÓN SISBEN, ADULTO MAYOR - AÑO 2020						
POBLACIÓN APULO	POBLACIÓN A. MAYOR	ZONA	NIVEL	POBLACIÓN POR NIVEL	POBLACIÓN A. MAYOR	POBLACIÓN TOTAL
8138	1744	URBANA	1	2070	355	759
			2	471	124	
			3	1273	280	
		RURAL	1	1970	485	985
			2	458	148	
			3	1896	352	

Fuente: Base Sisbén Apulo Cundinamarca.

8.1.1.3 Bases de datos Sisbén antiguo. A continuación, se observará la información de la base de datos del Sisbén del año 2009, que fue extraída desde la página web del Sisbén. El documento se encuentra con el nombre “Reporte Base Certificada noviembre 2009”, véase el **Anexo 1** la base de datos en formato .xls. Esta base de datos tiene información a nivel Colombia y realizando la filtración del documento se pudo encontrar la información del municipio de Apulo necesaria para este estudio.

- **Datos de población de 0 a 5 años, base de datos Sisbén año 2009.** En la siguiente tabla se observa la información demográfica de la población de niños de la edad de 0 a 5 años que se encontraban en el municipio en el año 2009.

Tabla 12: Datos de población Sisbén de la primera infancia - año 2009.

DATOS DE POBLACIÓN SISBEN, PRIMERA INFANCIA - AÑO 2009								
POBLACIÓN APULO	POBLACIÓN P. INFANCIA	ZONA	NIVEL	POBLACIÓN POR NIVEL	POBLACIÓN P. INFANCIA	POBLACIÓN 0 A 2 AÑOS	POBLACIÓN 2 A 5 AÑOS	POBLACIÓN TOTAL
7899	443	URBANA	1	2002	131	16	115	203
			2	435	22	4	18	
			3	1234	50	10	40	
		RURAL	1	1942	125	20	105	240
			2	435	18	3	15	
			3	1851	97	29	68	

Fuente: Reporte base certificada noviembre.

- **Datos de población del adulto mayor, base de datos Sisbén año 2009.** En la siguiente tabla se observa la información demográfica de la población de del adulto mayor, que se encontraba en el municipio en el año 2009.

Tabla 13: Datos de población Sisbén del adulto mayor - año 2009.

DATOS DE POBLACIÓN SISBEN, ADULTO MAYOR - AÑO 2009						
POBLACIÓN APULO	POBLACIÓN A. MAYOR	ZONA	NIVEL	POBLACIÓN POR NIVEL	POBLACIÓN A.MAYOR	POBLACIÓN TOTAL
7899	1585	URBANA	1	2002	322	702
			2	435	130	
			3	1234	250	
		RURAL	1	1942	420	883
			2	435	135	
			3	1851	328	

Fuente: Reporte base certificada noviembre.

8.1.2 Cuestionarios. Existen distintos instrumentos para realizar la recolección de datos cuantitativos. “En fenómenos sociales, tal vez el instrumento más utilizado para recolectar los datos es el cuestionario” (Dr. Hernández Sampieri, Dr. Fernández Collado, & Dra. Baptista Lucio, 2014), por esta razón en el presente proyecto se realizará la recolección de datos mediante encuestas.

Una encuesta es un documento que tiene una serie de preguntas que con sus respuestas buscan medir un conjunto de variables de estudio; en el caso de este proyecto se busca medir variables demográficas que se encuentran dentro del grupo etario de la primera infancia y el adulto mayor.

Para la realización de la encuesta, se diseñaron los cuestionarios (véase anexo 2 y anexo 3) para cada uno de los dos tipos de población. En el proceso de diseño de los cuestionarios se tuvo en cuenta los requisitos de confiabilidad, validez y objetividad.

8.1.3 Determinación de la muestra. En el presente documento existen dos diferentes poblaciones de estudio, la primera es el grupo etario de 0 a 5 años y la segunda es el grupo etario del adulto mayor.

8.1.3.1 Variables de estudio. Existen dos tipos de muestras, la muestra probabilística y la no probabilística, en esta oportunidad corresponde la muestra probabilística, pero antes de determinar qué tipo de muestra probabilística se utilizará; se debe de determinar las variables de estudio que se quieren caracterizar mediante la realización de la encuesta.

- 1) Variables de estudio asociadas para determinar la muestra de población de niños de 0 a 5 años:
 - ✚ Zona del municipio en la que vive.
 - ✚ Nivel del Sisbén.
 - ✚ Rango de edad de 0 a 2 años y 2 a 5 años.
 - ✚ Niños en condición de discapacidad.
 - ✚ Disposición de llevar a todos los menores pertenecientes al núcleo familiar para que asistan al CDI.
 - ✚ Limitantes por las que el niño no podría asistir al CDI.

- 2) Variables de estudio asociadas para determinar la muestra de población de adultos mayores:
 - ✚ Zona del municipio en la que vive.
 - ✚ Nivel del Sisbén.
 - ✚ Adultos mayores en condición de discapacidad.
 - ✚ Disposición de asistir a un Centro Vida, en el caso de que exista.
 - ✚ Limitantes por las que el adulto mayor no asistiría al Centro Vida.

Teniendo en cuenta las variables de estudio asociadas para determinar la muestra, se puede identificar de que se debe de estratificar la información, para

poder obtener los resultados óptimos que permitan dar desarrollo a cada una de las variables anteriormente establecidas.

La muestra debe de ser un reflejo de la población, por esta razón se toma la decisión de hallar una muestra probabilística estratificada, ya que esta es la más apropiada teniendo en cuenta las características de la población y las variables de estudio.

A continuación, se observará el desarrollo de este tipo de muestra en cada una de las dos poblaciones:

8.1.4 Muestra probabilística estratificada, para población de niños de 0 a 5 años. Se realiza la estratificación de la población según el nivel 1 y 2 del Sisbén y la zona del municipio en la que viven, dando como resultado la estratificación de la población en cuatro partes diferentes; a continuación, lo anteriormente dicho se observara representado en la siguiente tabla:

Tabla 14: Estratificación de la población de niños de 0 a 5 años.

ESTRATIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN DE NIÑOS DE 0 A 5 AÑOS		
ZONA	NIVEL	POBLACIÓN P. INFANCIA
URBANA	1	154
	2	28
RURAL	1	156
	2	26
TOTAL		364

Fuente: Autores del proyecto.

En la anterior tabla se observa, que la cantidad de población de la primera infancia en la zona urbana perteneciente al nivel 1 del Sisbén es de 154 niños y del nivel 2 es de 28 niños; la cantidad de población de la primera infancia en la zona rural perteneciente al nivel 1 del Sisbén es de 156 niños y del nivel 2 es de 26 niños. Se puede analizar que la cantidad de población perteneciente a la primera infancia es muy parecida entre la zona urbana y rural del municipio.

8.1.4.1 Cálculo de muestra representativa de la primera infancia. Para realizar el cálculo de la muestra se utiliza la “ecuación estadística para proporciones poblacionales”. En la siguiente tabla se observarán los datos que se utilizarán para realizar dicho calculo:

Tabla 15: Datos para calcular el tamaño de la muestra de la primera infancia

POBLACIÓN PRIMERA INFANCIA (N)	364
ERROR MAXIMO ACEPTABLE (e)	7%
PORCENTAJE ESTIMADO DE LA MUESTRA (p) (q)	50%
NIVEL DESEADO DE CONFIANZA (z)	93%

Fuente: Autores del proyecto.

Se decide utilizar un nivel de confianza del 93% y un nivel máximo de error del 7%, porque dichos porcentajes permiten tener una muestra representativa de un tamaño considerable, que se acomoda al tiempo y a los recursos con los que se cuentan para la realización de la encuesta.

Debido a que esta es la primera vez que se va a realizar este tipo de cálculo de tamaño de muestra con esta población del municipio y que no existe ningún marco de muestreo previo, se utilizara un porcentaje estimado del 50%. Esto quiere decir que hay un 50% de que si ocurra y un 50% de que no ocurra.

Ejecutando la ecuación anteriormente mencionada, da como resultado un tamaño de población representativa de 114.55 personas. A continuación, se podrá observar el proceso de cálculo del tamaño de muestra:

$$n = \frac{z^2 * (p * q)}{e^2 + \left(\frac{z^2 * (p * q)}{N} \right)}$$

$$n = \frac{1,81^2 * (0,5 * 0,5)}{0,07^2 + \left(\frac{1,81^2 * (0,5 * 0,5)}{364} \right)}$$

$$n = 114,55 \text{ personas}$$

Ecuación 4: Calculo de la muestra representativa, primera infancia.

Fuente: Autores del proyecto.

La variable “z” se reemplazó con la constante 1.81, esto se determinó después de realizar el siguiente proceso matemático:

$$\% \text{ de confianza} = 93\% = 0,93$$

$$\alpha = 7\% = 0,07$$

$$1 - \left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$1 - \left(\frac{0,07}{2}\right) = 0,965$$

Ecuación 5: Cálculo de constante para hallar el valor de "z", primera infancia.

Fuente: Autores del proyecto.

Este valor de 0,965 se buscó en la tabla Z, al encontrar el lugar de la tabla en donde se encontraba este número, se pudo identificar que el valor de Z es de 1,81 y que corresponde al porcentaje de confianza del 93%.

El resultado de 114,55 (se puede aproximar a 115 individuos), se divide con el número de personas pertenecientes a la población de primera infancia, este valor se puede observar en la tabla 10, al dividir estos dos valores se obtiene como resultado el coeficiente de estratificación, en la siguiente ecuación se muestra la operación:

$$\frac{\text{Muestra}}{\text{Población}} = \frac{114,55}{364} = 0,315$$

Ecuación 6: Ecuación para coeficiente de estratificación.

Fuente: Autores del proyecto.

Este resultado se multiplicará con cada uno de los grupos estratificados, dando como resultado la muestra para cada uno de los estratos, en la siguiente tabla se podrá observar el correspondiente proceso:

Tabla 16: Muestra probabilística estratificada de la primera infancia.

MUESTRA PROBABILISTICA ESTRATIFICADA, POBLACIÓN DE NIÑOS DE 0 A 5 AÑOS				
ZONA	NIVEL	POBLACIÓN P. INFANCIA	MUESTRA	MUESTRA APROXIMADA
URBANA	1	154	48,46	49
	2	28	8,81	9
RURAL	1	156	49,09	50
	2	26	8,18	9
		TOTAL	114,55	117

Fuente: Autores del proyecto.

Se observa que la muestra total es de 114.55 personas, pero como las personas son una variable discreta, se realiza la aproximación de cada uno de los estratos, dando como resultado final una muestra representativa de 117 personas.

En total se deben encuestar núcleos familiares de nivel 1 de la zona urbana que tengan 49 niños y de nivel 2 que tengan 9 niños. También se deben encuestar núcleos familiares de nivel 1 de la zona rural que tengan 50 niños y de nivel 2 que tengan 9 niños.

8.1.5 Muestra probabilística estratificada, para población del adulto mayor.

Se realiza la estratificación de la población según el nivel 1 y 2 del Sisbén y la zona del municipio en la que viven, dando como resultado la estratificación de la población en cuatro partes diferentes; a continuación, lo anteriormente dicho se observara representado en la siguiente tabla:

Tabla 17: Estratificación de la población del adulto mayor.

ESTRATIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN DEL ADULTO MAYOR		
ZONA	NIVEL	POBLACIÓN P. INFANCIA
URBANA	1	355
	2	124
RURAL	1	485
	2	148
TOTAL		1112

Fuente: Autores del proyecto.

En la anterior tabla se observa, que la cantidad de población del adulto mayor en la zona urbana, perteneciente al nivel 1 del Sisbén es de 355 adultos y del nivel 2 es de 124 adultos; y la cantidad de población de adulto mayor en la zona rural, perteneciente al nivel 1 del Sisbén es de 485 adultos y del nivel 2 es de 148 adultos.

8.1.5.1 Calculo de la muestra representativa del adulto mayor. Para realizar el cálculo de la muestra se utiliza la “ecuación estadística para proporciones poblacionales”. En la siguiente tabla se observarán los datos que se utilizarán para realizar dicho calculo:

Tabla 18: Datos para calcular el tamaño de la muestra del adulto mayor.

POBLACIÓN ADULTO MAYOR (N)	1112
ERROR MAXIMO ACEPTABLE (e)	7%
PORCENTAJE ESTIMADO DE LA MUESTRA (p) (q)	50%
NIVEL DESEADO DE CONFIANZA (z)	93%

Fuente: Autores del proyecto.

En este caso al igual que el anterior, se decide utilizar un nivel de confianza del 93% y un nivel máximo de error del 7%, porque dichos porcentajes permiten tener una muestra representativa de un tamaño considerable, que se acomoda al tiempo y a los recursos con los que se cuentan para la realización de la encuesta.

Debido a que esta es la primera vez que se va a realizar este tipo de cálculo de tamaño de muestra con esta población del municipio y que no existe ningún marco de muestreo previo, se utilizara un porcentaje estimado del 50%. Esto quiere decir que hay un 50% de que si ocurra y un 50% de que no ocurra.

Ejecutando la ecuación anteriormente mencionada, da como resultado un tamaño de población representativa de 145.31 personas. A continuación, se podrá observar el proceso de cálculo del tamaño de muestra:

$$n = \frac{z^2 * (p * q)}{e^2 + \left(\frac{z^2 * (p * q)}{N} \right)}$$

$$n = \frac{1,81^2 * (0,5 * 0,5)}{0,07^2 + \left(\frac{1,81^2 * (0,5 * 0,5)}{1112} \right)}$$

$$n = 145,31 \text{ personas}$$

Ecuación 7: Calculo de la muestra representativa, adulto mayor.

Fuente: Autores del proyecto.

La variable “z” se reemplazó con la constante 1.81, esto se determinó después de realizar el siguiente proceso matemático:

$$\% \text{ de confianza} = 93\% = 0,93$$

$$\alpha = 7\% = 0,07$$

$$1 - \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

$$1 - \left(\frac{0,07}{2} \right) = 0,965$$

Ecuación 8: Calculo de constante para hallar el valor de "z", adulto mayor.

Fuente: Autores del proyecto.

Este valor de 0,965 se buscó en la tabla Z, al encontrar el lugar de la tabla en donde se encontraba este número, se pudo identificar que el valor de Z es de 1,81 y que corresponde al porcentaje de confianza del 93%.

El resultado de 145,31 (se puede aproximar a 146 individuos), se divide con el número de personas pertenecientes a la población del adulto mayor, este valor se puede observar en la tabla 11, al dividir estos dos valores se obtiene como resultado el coeficiente de estratificación, en la siguiente ecuación se muestra la operación:

$$\frac{\text{Muestra}}{\text{Población}} = \frac{145,31}{1112} = 0,131$$

Ecuación 9: Ecuación para coeficiente de estratificación.

Fuente: Autores del proyecto.

Este resultado se multiplicará con cada uno de los grupos estratificados, dando como resultado la muestra para cada uno de los estratos, en la siguiente tabla se podrá observar el correspondiente proceso:

Tabla 19: Muestra probabilística estratificada del adulto mayor.

MUESTRA PROBABILISTICA ESTRATIFICADA				
ZONA	NIVEL	POBLACIÓN P. INFANCIA	MUESTRA	MUESTRA APROXIMADA
URBANA	1	355	46,39	47
	2	124	16,20	17
RURAL	1	485	63,38	64
	2	148	19,34	20
TOTAL			145,31	148

Fuente: Autores del proyecto.

Se observa que la muestra total es de 145.31 personas, pero como las personas son una variable discreta, se realiza la aproximación de cada uno de los estratos, dando como resultado final una muestra representativa de 148 personas.

En total se deben encuestar 47 adultos mayores de nivel 1 de la zona urbana y 17 adultos mayores de nivel 2. También se deben encuestar 64 adultos mayores de nivel 1 de la zona rural y 20 adultos mayores de nivel 2.

8.1.6 Realización de la encuesta a la población de la primera infancia y adulto mayor. Después de calcular la muestra representativa de las dos poblaciones a estudiar, se procede a realizar las encuestas en el municipio. Para realizar esta labor se diseñó un cronograma en el cual se establecieron las fechas en las que se realizarían las visitas a cada una de las veredas y a la zona urbana. A continuación, se podrá observar dicho cronograma en diagrama de Gantt.

Vease en el *anexo 4* y *anexo 5* una evidencia de un cuestionario de la primera infancia y adulto mayor respectivamente totalmente diligenciado. Si desea observar la totalidad de las encuestas en formato pdf, por favor dirigirse al enlace de descarga que se encuentra en el *anexo 6*.

Tabla 20: Cronograma de actividades para encuestas del municipio de Apulo.

<Hito nuevo>	6 días	dom 11/10/20	vie 16/10/20
ENCUESTA PROYECTO DE GRADO	6 días	dom 11/10/20	vie 16/10/20
ENCUESTA EN LA ZONA RURAL	0 días	dom 11/10/20	dom 11/10/20
ENCUESTA ZONA RURAL	3 días	dom 11/10/20	mié 14/10/20
ENCUESTA VEREDA NARANJALIT	0,5 días	dom 11/10/20	dom 11/10/20
ENCUESTA VEREDA PANTANOS	0,5 días	dom 11/10/20	dom 11/10/20
ENCUESTA VEREDA NARANJAL	0,4 días	lun 12/10/20	lun 12/10/20
ENCUESTA VEREDA CHARCO LAR	0,4 días	lun 12/10/20	lun 12/10/20
ENCUESTA VEREDA SALCEDO	0,2 días	lun 12/10/20	lun 12/10/20
ENCUESTA VEREDA PALO QUEM	1 día	mar 13/10/20	mar 13/10/20
ENCUESTA EN LA ZONA URBANA	0 días	mié 14/10/20	mié 14/10/20
ENCUESTA ZONA URBANA	3 días	mié 14/10/20	vie 16/10/20
BARRIO AVENIDA COLOMBIA	0,5 días	mié 14/10/20	mié 14/10/20
BARRIO FATIMA	0,5 días	mié 14/10/20	mié 14/10/20
BARRIO CHAPINERO	0,5 días	jue 15/10/20	jue 15/10/20
BARRIO EL CAMPIN	0,5 días	jue 15/10/20	jue 15/10/20
BARRIO SAN JOSE	1 día	vie 16/10/20	vie 16/10/20

Fuente: Autores del proyecto.

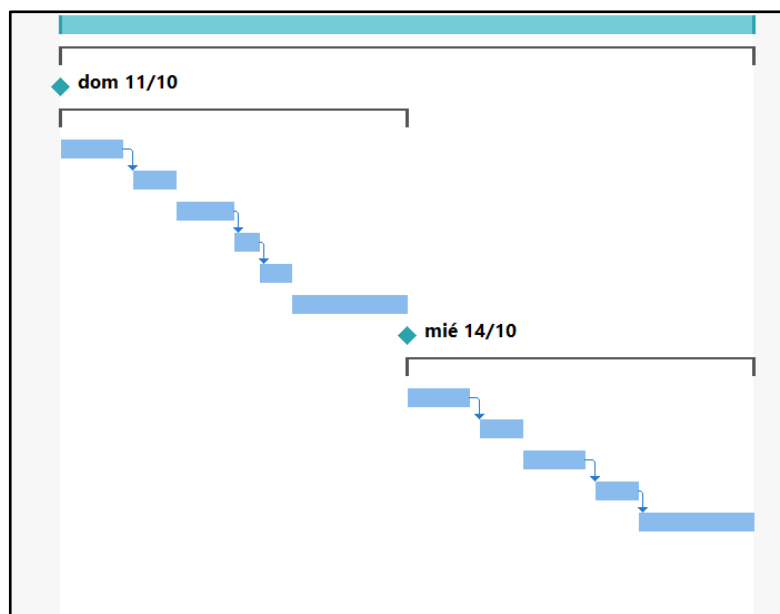


Gráfico 1: Diagrama de Gantt encuestas del municipio de Apulo.

Fuente: Autores del proyecto.

En el anterior cronograma se puede observar las veredas de la zona rural y los barrios de la zona urbana, con las fechas en las que se realizaron las encuestas, véase el *anexo 7* para observar más detalladamente dicho documento que está en formato .mpp (Microsoft Project).

8.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Mediante la encuesta que se realizó a la población de la primera infancia y adulto mayor, se recolectó información importante que permitirá caracterizar estos dos grupos etarios. La información diligenciada en los cuestionarios fue tabulada en una hoja de Excel, permitiendo el análisis de los resultados mediante gráficas. Véase el anexo 8 la tabulación de las encuestas en formato .xls.

8.2.1 Caracterización de la población de primera infancia. El cuestionario de la encuesta de la población perteneciente a la primera infancia tiene un total de 9 preguntas, las cuales fueron diligenciadas por cada una de las personas encuestadas, a continuación, se observará los resultados obtenidos en cada una de las preguntas:

8.2.1.1 Primera pregunta. En esta primera interrogante se preguntaba el estrato o nivel de Sisbén con el que contaba el núcleo familiar que estaba siendo entrevistado.

Es importante resaltar que los niveles del Sisbén se establecen por medio de un puntaje que se le da a cada núcleo familiar. Este puntaje depende del nivel socioeconómico de cada familia y sus condiciones de vida. El rango de puntajes para clasificar el nivel Sisbén es mayor en la zona urbana que en la zona rural, ya que las condiciones de vida son muy diferentes en cada una de las dos zonas (véase la tabla 9 para ampliar esta información).

La población objetivo del presente documento son niños de 0 a 5 años, que tengan un puntaje Sisbén de 1 y 2, en el caso de que el núcleo familiar tenga un nivel 3, la encuesta deberá de ser anulada. En la siguiente tabla se observa los resultados obtenidos:

Tabla 21: Resultados de la primera pregunta de la encuesta de primera infancia.

1) NIVEL DE SISBEN			
NIVEL 1	URBANO	51 Niños	20 Nucleos
	RURAL	53 Niños	26 Nucleos
NIVEL 2	URBANO	9 Niños	4 Nucleos
	RURAL	11 Niños	5 Nucleos
TOTAL		124 Niños	55 Nucleos

Fuente: Autores del proyecto.

En total se entrevistaron 55 núcleos familiares que poseían un total de 124 niños, existen en la zona urbana un total de 20 núcleos familiares con 51 niños que tienen nivel 1 y 4 núcleos familiares con 9 niños que tienen nivel 2 y por

consiguiente en la zona rural existen un total de 26 núcleos familiares con 53 niños que tienen nivel 1 y 5 núcleos familiares con 11 niños que tienen nivel 2.

En la siguiente grafica se observa la información anterior, representada en un gráfico de barras:

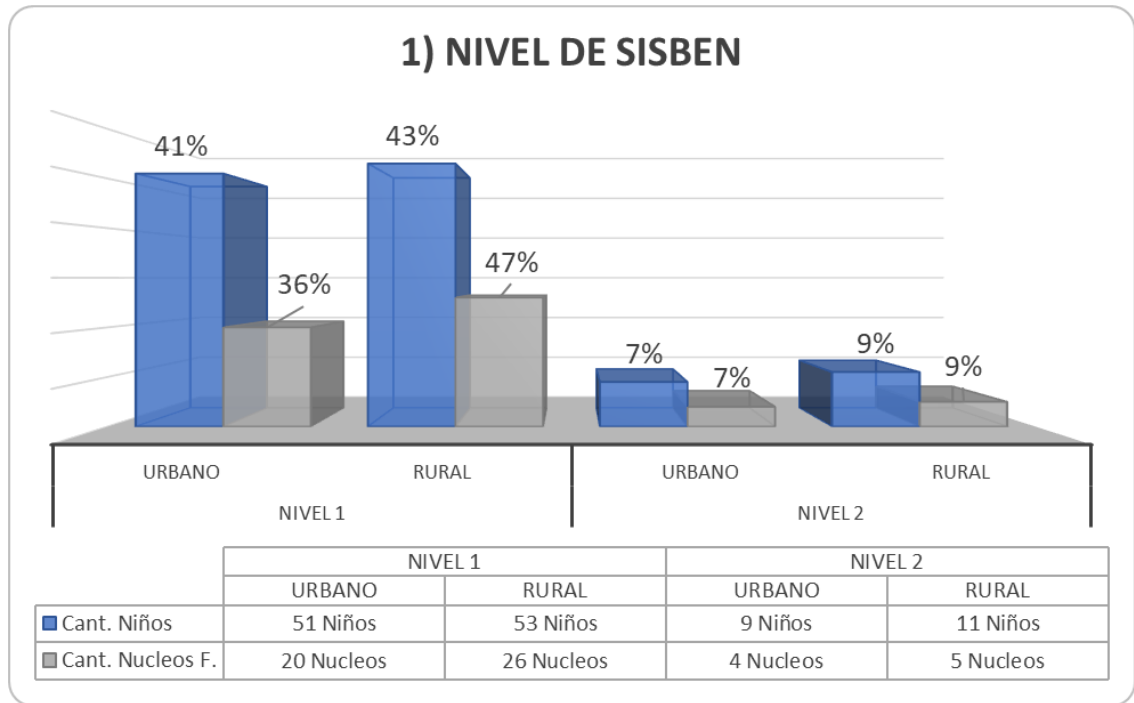


Gráfico 2: Grafico de barras de la primera pregunta de la encuesta de primera infancia.

Fuente: Autores del proyecto.

Del anterior grafico de barras se puede observar la cantidad de niños y de núcleos familiares, que se encuentran estratificados por zona y por nivel Sisbén. Se evidencian los porcentajes correspondientes de cada estratificación. Al comparar la zona urbana con la rural, se puede analizar que la cantidad de niños de 0 a 5 años es muy parecida, ya que matemáticamente varían muy poco los datos. Un factor muy importante a tener en cuenta es que en la zona rural existe menos núcleos familiares a comparación de la zona urbana, esto quiere decir que los núcleos familiares de la zona rural son más numerosos.

8.2.1.2 Segunda, tercera y cuarta pregunta. En estas interrogantes se les pregunto a cada núcleo familiar, la cantidad de niños que tenían y el rango de edad en el que estaban cada uno de ellos (rango de 0 a 2 años y de 2 a 5 años).

En la siguiente tabla se observará los datos obtenidos de la realización de la encuesta:

Tabla 22: Resultados de la segunda, tercera y cuarta pregunta de la encuesta de primera infancia.

2) ¿CUÁNTOS NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS TIENE A SU CARGO?	124 Niños
3) ¿CUÁNTOS DE LOS NIÑOS ESTAN DENTRO DEL RANGO DE EDAD DE 0 A 2 AÑOS?	34 Niños
4) ¿CUÁNTOS DE LOS NIÑOS ESTAN DENTRO DEL RANGO DE EDAD DE 2 A 5 AÑOS?	90 Niños

Fuente: Autores del proyecto.

En total se entrevistaron 55 núcleos familiares que poseían un total de 124 niños, de los cuales 34 niños están en el rango de edad de 0 a 2 años y 90 niños están en el rango de 2 a 5 años.

En el siguiente grafico circular se representa la información contenida en la tabla numero 16:

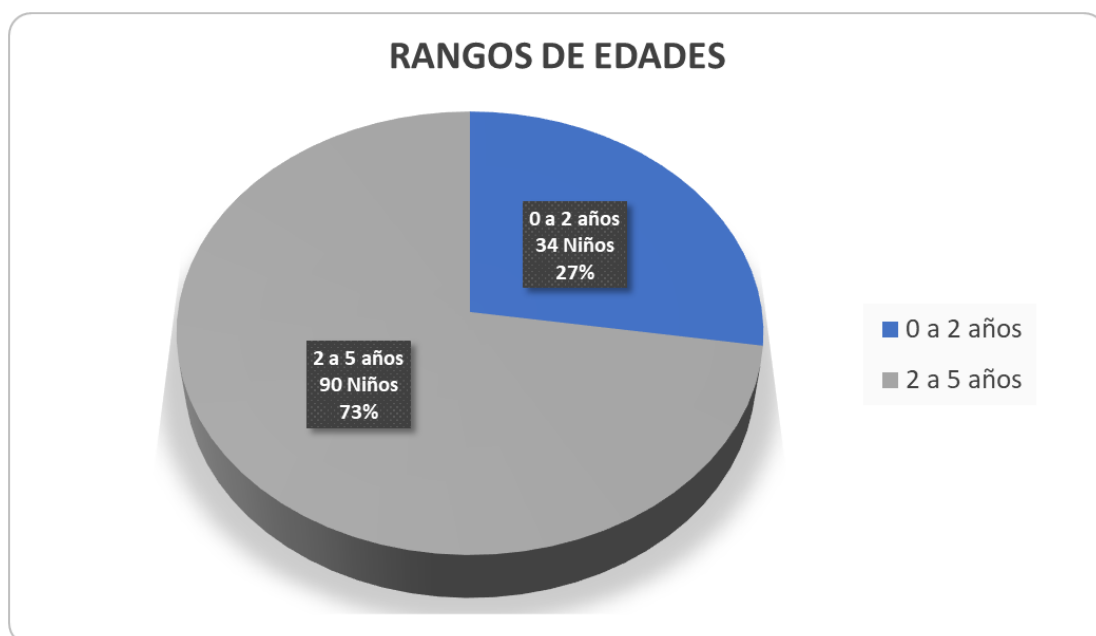


Gráfico 3: Grafico circular de la segunda, tercera y cuarta pregunta de la encuesta de primera infancia.

Fuente: Autores del proyecto.

El 27% de los niños se encuentran en el rango de edad de 0 a 2 años y el 73% de los niños se encuentran en el rango de edad de 2 a 5 años. Esta información se analizará más a fondo dentro del proceso de proyección de población, en donde será necesario estratificar por zona y nivel de Sisbén.

Mediante el proceso de realización de la encuesta se pudo identificar los tipos de núcleos que existen en esta muestra representativa, en la siguiente tabla se observa los tipos de núcleos existentes y la cantidad que se encontraron de cada uno de ellos:

Tabla 23: Cantidad de núcleos familiares.

CANTIDAD DE NUCLEOS FAMILIARES CLASIFICADOS POR TIPO						
CON 1 NIÑO	CON 2 NIÑOS	CON 3 NIÑOS	CON 4 NIÑOS	CON 5 NIÑOS	CON 6 NIÑOS	TOTAL DE NUCLEOS FAMILIARES ENCUESTADOS
17 Núcleos	18 Núcleos	13 Núcleos	4 Núcleos	2 Núcleos	1 Núcleos	55 Núcleos

Fuente: Autores del proyecto.

En total se encontraron 6 tipos de núcleos familiares:

- 1) Núcleo familiar con un solo niño de 0 a 5 años, se identificaron un total de 17 núcleos con estas características.
- 2) Núcleo familiar con dos niños de 0 a 5 años, se identificaron un total de 18 núcleos con estas características.
- 3) Núcleo familiar con tres niños de 0 a 5 años, se identificaron un total de 13 núcleos con estas características.
- 4) Núcleo familiar con cuatro niños de 0 a 5 años, se identificaron un total de 4 núcleos con estas características.
- 5) Núcleo familiar con cinco niños de 0 a 5 años, se identificaron un total de 2 núcleos con estas características.
- 6) Núcleo familiar con seis niños de 0 a 5 años, se identificó un solo núcleo con estas características.

En el siguiente gráfico de barras se puede observar la información anterior representada de manera más sencilla, donde se pueden visualizar los correspondientes porcentajes de cada una de las clases de núcleos familiares.

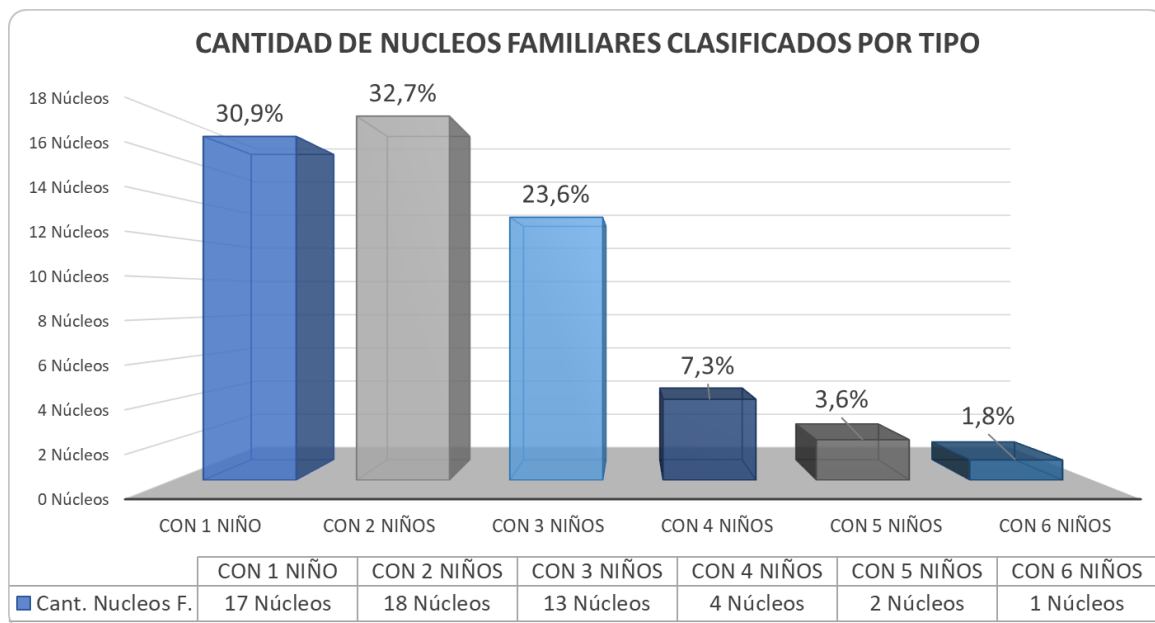


Gráfico 4: Cantidad de núcleos familiares clasificados por tipo.

Fuente: Autores del proyecto.

Del anterior gráfico se puede analizar que los tres tipos de núcleos familiares más comunes en el municipio son los que tienen 1, 2 o 3 niños entre 0 a 5 años, con un porcentaje de 87.2% y los menos comunes son los que tienen 4, 5 y 6 niños entre 0 a 5 años, con un porcentaje de 12.8%.

También se determinó la cantidad promedio de niños por núcleo familiar, se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de menores de 5 años} = 124$$

$$\text{Cantidad de núcleos familiares} = 55$$

$$\text{Promedio de niños por núcleo familiar} = \frac{\text{Cantidad de menores de 5 años}}{\text{Cantidad de núcleos familiares}}$$

$$\text{Promedio de niños por núcleo familiar} = \frac{124}{55}$$

$$\text{Promedio de niños por núcleo familiar} = 2,25 \text{ Niños}$$

Ecuación 10: Calculo del promedio de niños de 0 a 5 años por núcleo familiar.

Fuente: Autores del proyecto.

En promedio existen 2,25 niños de 0 a 5 años por cada núcleo familiar.

8.2.1.3 Quinta pregunta. En esta interrogante se le pregunto a la persona encuestada representante del núcleo familiar, si alguno de los niños tiene una discapacidad, en la siguiente tabla se observan los resultados de hacer esta pregunta:

Tabla 24: Resultados de la quinta pregunta de la encuesta de primera infancia.

5) ¿ÉL O ALGUNO DE LOS NIÑOS TIENEN ALGUNA DISCAPACIDAD?	
NO	120 Niños
SI	4 Niños
CUALES	VISUAL
	HIDROCEFALIA
	HIDROCEFALIA
	HIDROCEFALIA

Fuente: Autor del proyecto

De 55 núcleos familiares encuestados donde había presentes 124 niños, en total 4 niños tienen una discapacidad, se identificaron dos tipos de discapacidades:

- ✚ Discapacidad visual.
- ✚ Otras (Hidrocefalia).

De acuerdo con estas discapacidades identificadas, se tendrán en cuenta obras de inclusión dentro del diseño de la infraestructura del Centro de Desarrollo Infantil, además se recomienda a la alcaldía municipal ayudar a estos 4 niños que en su totalidad se encuentran localizados en la zona rural del municipio, donde les es difícil recibir la atención de salud que realmente necesitan.

A continuación, se observa un gráfico circular en el que se representa la información anterior:



Gráfico 5: Gráfico circular de la quinta pregunta de la encuesta de primera infancia.

Fuente: Autores del proyecto.

En total un 3% de los niños pertenecientes a los núcleos familiares encuestados tienen alguna discapacidad y el 97% restante son niños totalmente sanos que no tienen ninguna discapacidad.

8.2.1.4 séptima pregunta. En esta interrogante se le pregunto a la persona encuestada representante del núcleo familiar, si tenía algún conocimiento previo de lo que es un centro de desarrollo infantil, en la siguiente tabla se observan los resultados de obtenidos de esta pregunta:

Tabla 25: Resultados de la séptima pregunta de la encuesta de primera infancia.

7) ¿TIENE CONOCIMIENTO DE CUÁL ES LA MISIÓN DE UN C.D.I?	
SI	31 Nucleos Familiares
NO	24 Nucleos Familiares

Fuente: Autores del proyecto.

Un total de 31 núcleos familiares dijeron tener conocimientos previos de que era un C.D.I y un total de 24 núcleos familiares manifestaron no tener conocimiento de que es y qué servicios presta un C.D.I.

7) ¿TIENE CONOCIMIENTO DE CUÁL ES LA MISIÓN DE UN C.D.I.?

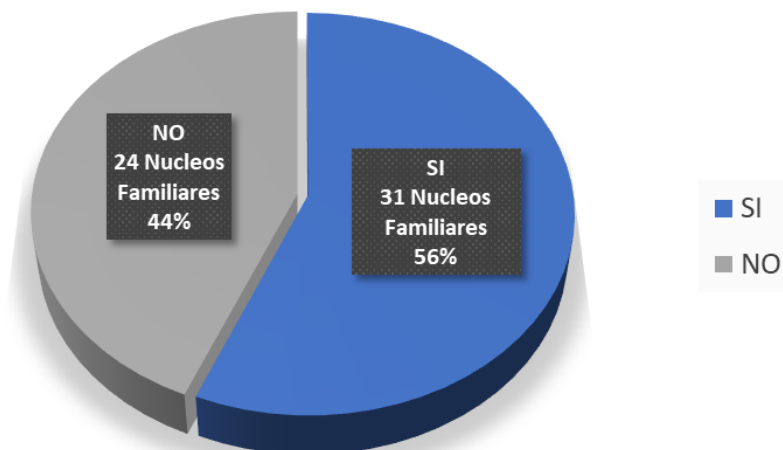


Gráfico 6: Gráfico circular de la séptima pregunta de la encuesta de primera infancia.

Fuente: Autores del proyecto.

Los 31 núcleos familiares que dijeron si tener conocimientos previos sobre lo que es un C.D.I, representan el 56% de los 55 núcleos familiares y los 24 núcleos familiares que dijeron no tener conocimientos previos de que es y para qué sirve un C.D.I, representan un 44% del total de núcleos familiares encuestados.

8.2.1.5 Octava pregunta. En esta interrogante se le pregunto a la persona encuestada representante del núcleo familiar, si de existir un C.D.I en la zona urbana del municipio de Apulo ¿llevarían a todos los menores pertenecientes a su núcleo familiar?

A continuación, en la siguiente tabla se evidencian los datos resultantes obtenidos en el proceso de realización de la encuesta:

Tabla 26: Resultados de la octava pregunta de la encuesta de primera infancia.

8) DE EXISTIR UN CDI EN EL MUNICIPIO, ¿LLEVARÍA A TODOS LOS MENORES PERTENECIENTES A SU NUCLEO FAMILIAR?		
RESPUESTA	NUCLEOS FAMILIARE	CANTIDAD DE NIÑOS
SI	34 Nucleos	83 Niños
NO	7 Nucleos	17 Niños
SI, PERO EXISTEN LIMITANTES QUE IMPIDEN QUE ASISTAN LOS NIÑOS PERTENECIENTES AL NUCLEO FAMILIAR	14 Nucleos	24 Niños
TOTAL	55 Nucleos	124 Niños

Fuente: Autores del proyecto.

En total se identificaron 34 núcleos familiares que tienen 83 niños, estos núcleos afirman que si les gustaría que sus menores asistieran al C.D.I, a diferencia de ellos 7 núcleos familiares que tienen un total de 17 niños dicen todo lo contrario y afirman que no los llevarían porque no tienen la necesidad. Por último, un total de 14 núcleos familiares que tienen 24 niños, afirmaron que si les gustaría que sus menores asistieran al C.D.I, pero tienen limitantes que les impiden poder llevarlos, dichas limitantes se explicaran a profundidad en la siguiente pregunta número 9.

En el siguiente grafico de barras se puede observar la anterior información de la tabla 26 expresada gráficamente y con sus correspondientes porcentajes:

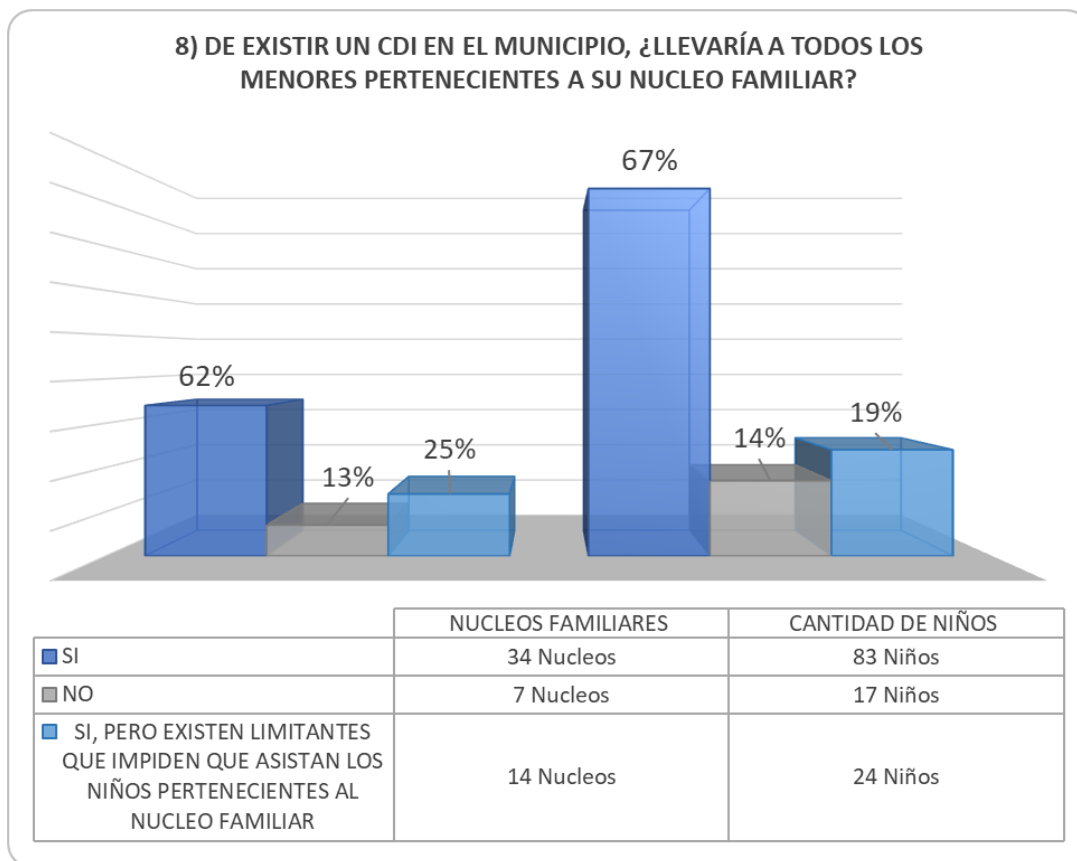


Gráfico 7: Grafico de barras de la octava pregunta de la encuesta de primera infancia.

Fuente: Autores del proyecto.

De la anterior grafica de barras se puede analizar que un 62% de los núcleos familiares que corresponde a un 67% de los niños, si asistirán al C.D.I, un 13% de los núcleos familiares que corresponden a un 14% de los niños, no harán uso del C.D.I y por último un 25% de los núcleos familiares que corresponden a un 19% de los niños, si están dispuestos a hacer uso del C.D.I, pero tienen limitantes que les podría impedir llevar a los niños.

Se identifica que este 25% de núcleos familiares y 19% de niños, enfrentan limitaciones que les impediría hacer uso del C.D.I, se recomienda dirigir gran atención a dicha población que es muy representativa y es de gran importancia tenerlas en cuenta dentro del diseño del centro de desarrollo infantil del municipio de Apulo.

8.2.1.6 Novena pregunta. En esta interrogante a los representantes del núcleo familiar que respondieron en la pregunta 8 la opción de respuesta: “sí, pero existen limitantes que impiden que asistan los niños pertenecientes al núcleo familiar” se les pregunto, ¿Cuál es la limitante por la que el niño no podría asistir al C.D.I?, en la siguiente tabla se observan los resultados de las respuestas que dio cada núcleo familiar.

Tabla 27: Resultados de la novena pregunta de la encuesta de primera infancia.

9) SI SU RESPUESTA ANTERIOR FUE "SI, PERO EXISTEN LIMITANTES QUE IMPIDEN QUE ASISTAN LOS NIÑOS PERTENECIENTES AL NUCLEO FAMILIAR " ¿CUÁL ES LA LIMITANTE POR LA QUE EL NIÑO NO PODRIA ASISTIR AL CDI?			
	PREGUNTA	NUCLEOS FAMILIARES	CANTIDAD DE NIÑOS
1	EL TRANSPORTE PUBLICO A LA ZONA URBANA ES DEFICIENTE	10 Nucleos	16 Niños
2	NO CUENTA CON MEDIO DE TRANSPORTE	1 Nucleos	2 Niños
3	OTRAS - (MOTIVOS FAMILIARES)	2 Nucleos	4 Niños
4	OTRAS - (TIEMPO)	1 Nucleos	2 Niños
	TOTAL	14 Nucleos	24 Niños

Fuente: Autores del proyecto.

En total se encontraron 4 diferentes limitantes por las cuales esos 14 núcleos familiares se les dificultaría llevar a sus 24 niños al C.D.I y son las siguientes:

- ✚ El transporte público a la zona urbana es deficiente.
- ✚ No cuenta con medio de transporte.
- ✚ Otras (Motivos familiares).
- ✚ Otras (No tienen tiempo).

En la siguiente grafica de barras se podrá observar la representación de los datos de la tabla 27:

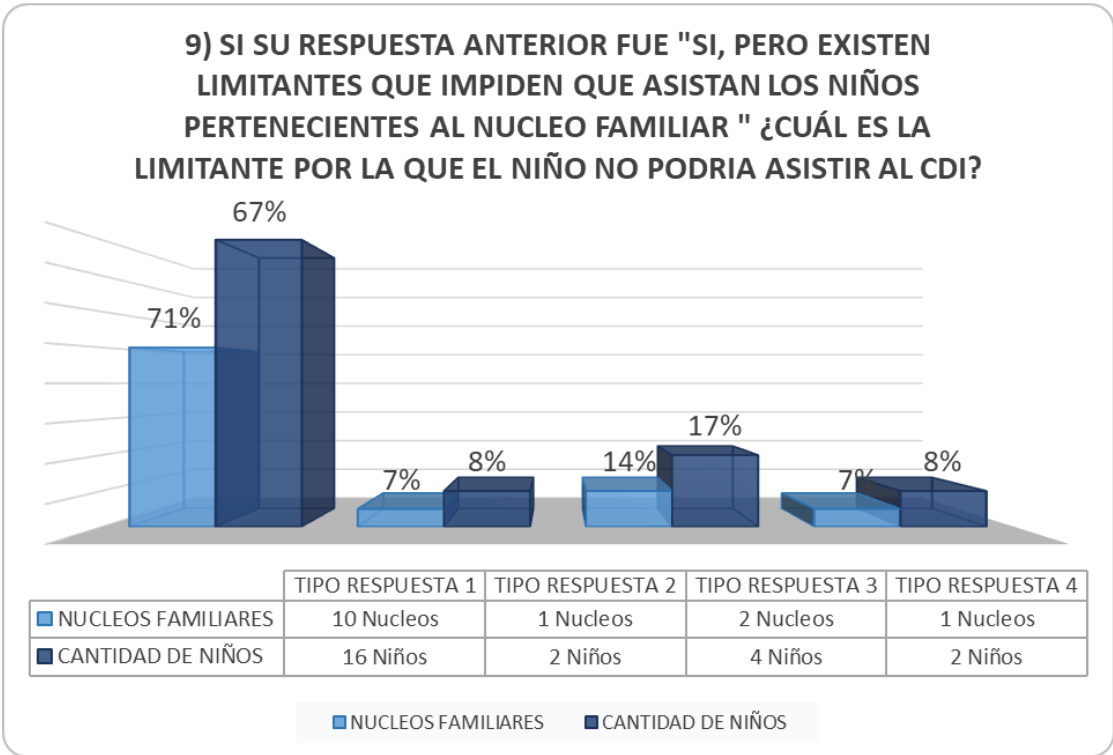


Gráfico 8: Grafico de barras de la novena pregunta de la encuesta de primera infancia.

Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo con los porcentajes que se encuentran en el gráfico 8, se pudo identificar que la mayor limitante que presentan los núcleos familiares para poder llevar a sus niños al C.D.I., es la de que el transporte público a la zona urbana es deficiente, con un 71% de núcleos familiares y un 67% de la cantidad total de niños.

8.2.2 Recomendación al municipio – encuesta de caracterización a la primera infancia. La realización de la encuesta y el análisis de esta, permitieron identificar varias problemáticas de transporte en el territorio. En la siguiente grafica se observa la estratificación por zonas de la respuesta más común que se presentó en la pregunta número 9, de la encuesta de caracterización de la población de la primera infancia del municipio de Apulo:

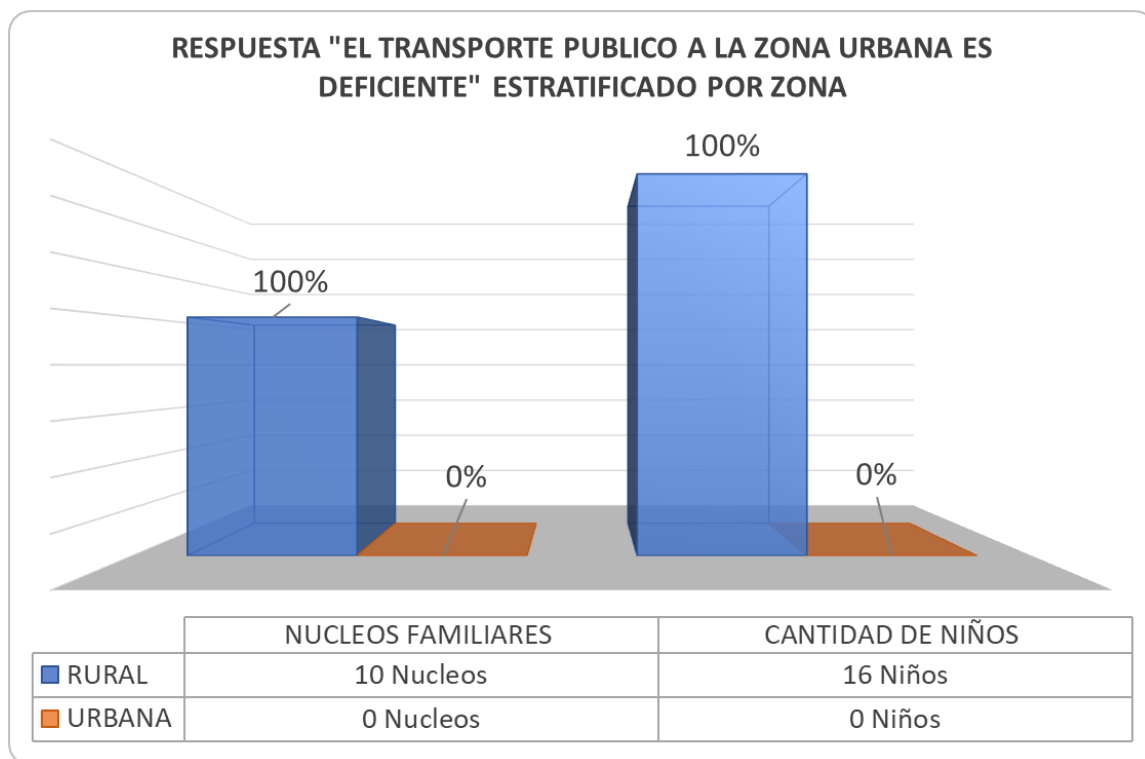


Gráfico 9: Estratificación por zona de la respuesta más común de la pregunta 9 de la encuesta a la primera infancia.

Fuente: Autores del proyecto.

Dado que el 100% de los núcleos familiares que escogieron esta opción de respuesta vivían en la zona rural del municipio. Se recomienda a la administración municipal que al momento de ejecutar el proyecto se tenga en cuenta esta población, mediante la creación de una ruta diaria a las veredas del sector 1, para que recojan a los niños y les permita gozar de los servicios del centro de desarrollo infantil, se recomienda que esta ruta sea gratuita o de bajo costo.

Otra alternativa para dar solución a esta problemática es la de formalizar el transporte público en el municipio mediante la creación de una empresa que vincule a todos los conductores que trabajan informalmente, el objetivo es brindar transporte de calidad a todas las veredas del municipio a un precio justo.

8.2.3 Caracterización población adulto mayor. El cuestionario de la encuesta de la población del adulto mayor tiene un total de 7 preguntas, las cuales fueron diligenciadas por cada una de las personas encuestadas, a continuación, se observará los resultados obtenidos de cada interrogante:

8.2.3.1 Primera pregunta. En esta primera interrogante se preguntaba el estrato o nivel de Sisbén que tiene el adulto mayor que está siendo entrevistado.

La población objetivo del presente documento son aquellos adultos mayores que tengan un puntaje Sisbén de 1 y 2, en el caso de que el adulto mayor tenga un nivel Sisbén de 3, la encuesta deberá de ser anulada. En la siguiente tabla se observa los resultados obtenidos:

Tabla 28: Resultados de la primera pregunta de la encuesta del adulto mayor.

1) NIVEL DE SISBEN		
NIVEL 1	URBANO	47 Adultos
	RURAL	64 Adultos
NIVEL 2	URBANO	17 Adultos
	RURAL	20 Adultos

Fuente: Autores del proyecto.

En total se entrevistaron 148 adultos mayores, repartiéndose mediante la estratificación de la siguiente manera:

- ✚ 47 adultos nivel 1 en la zona urbana del municipio.
- ✚ 64 adultos nivel 1 en la zona rural del municipio.
- ✚ 17 adultos nivel 2 en la zona urbana del municipio.
- ✚ 20 adultos nivel 2 en la zona rural del municipio.

En la siguiente grafica se observa la información anterior representada en un gráfico de barras:

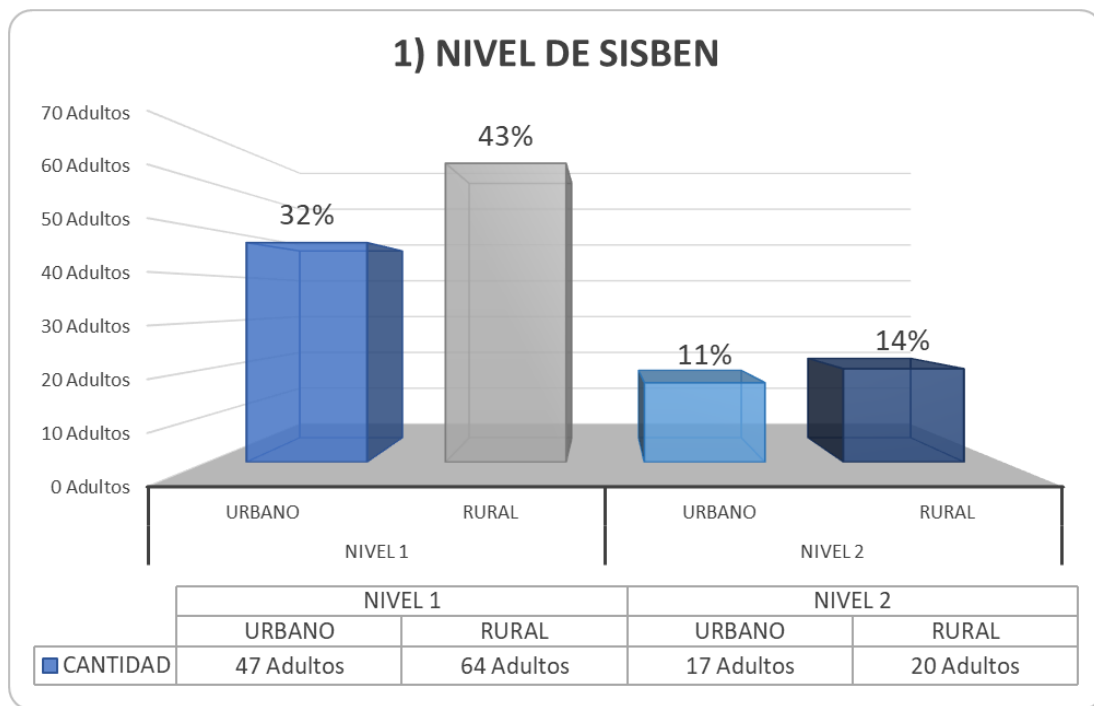


Gráfico 10: Grafico de barras de la primera pregunta de la encuesta del adulto mayor.

Fuente: Autores del proyecto.

En el anterior grafico de barras se puede observar la cantidad de adultos mayores, estratificados por zona y por nivel Sisbén. Se evidencian los porcentajes correspondientes de cada estratificación. Al comparar la zona urbana con la rural, se puede analizar que la cantidad de adultos mayores en la zona rural es de 57%, y en la zona urbana es del 43%, esto nos permite identificar que la mayoría de los adultos mayores del municipio viven en las zonas rurales, y es muy importante incluir estas personas en el diseño del Centro Vida.

8.2.3.2 Segunda pregunta. En esta interrogante se le pregunto a cada adulto mayor, la edad que tenían, siendo clasificada en los siguientes rangos:

- ✚ 55 a 59 años.
- ✚ 60 a 69 años.
- ✚ 70 a 79 años.
- ✚ 80 a 89 años.
- ✚ Más de 89 años

En la siguiente tabla se observará los datos obtenidos en esta pregunta de la encuesta:

Tabla 29: Resultados de la segunda pregunta de la encuesta del adulto mayor.

2) ¿EN QUERANGO DE EDAD SE ENCUENTRA ?	
55 A 59 AÑOS	1 Adultos
60 A 69 AÑOS	89 Adultos
70 A 79 AÑOS	41 Adultos
80 A 89 AÑOS	13 Adultos
MAS DE 89 AÑOS	4 Adultos

Fuente: Autores del proyecto.

En total se estratificaron 148 adultos en los 5 diferentes rangos de edad. A continuación, se observa el grafico de barras en el cual se expresa de mejor manera la información de la tabla 29:

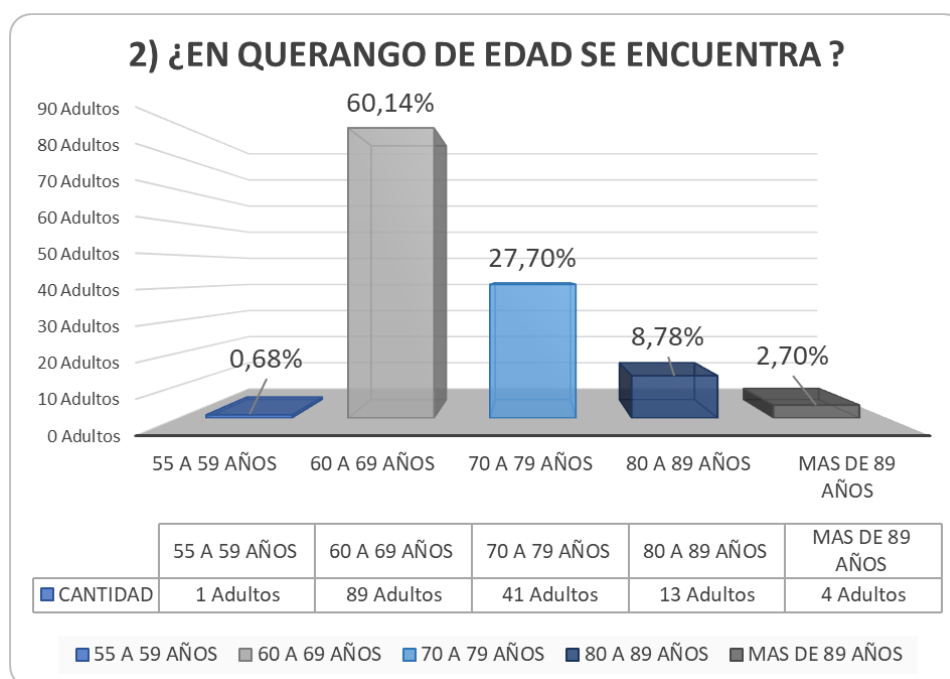


Gráfico 11: Grafico de barras de la segunda pregunta de la encuesta del adulto mayor.

Fuente: Autores del proyecto.

Del anterior grafico se puede analizar que un 60,14% de los adultos mayores encuestados tienen una edad entre 60 a 69 años, seguida después de los adultos de 70 a 79 años con un 27.7% y en tercer lugar los adultos de 80 a 89 años con un 8.78%. Siendo la población con menor porcentaje las que tienen más de 89 años y los que tienen entre 55 a 59 años.

Se reconoce como adulto mayor a aquellas personas mayores de 60 años y aquellas personas que tengan 55 a 59 años y tengan una discapacidad que no les permita valerse por sí mismos. Por esta razón se tuvo en cuenta en la caracterización este tipo de población de adulto mayor, en total se encontró una sola persona que cumplía con estas características, correspondiendo al 0,68% del total de los encuestados.

8.2.3.3 Tercera pregunta. En esta interrogante se le pregunto al adulto mayor, si tiene una discapacidad, en la siguiente tabla se observan los resultados de hacer esta pregunta:

Tabla 30: Resultados de la tercera pregunta de la encuesta del adulto mayor.

3) ¿TIENE ALGUNA DISCAPACIDAD?	
NO	130 Adultos
SI	18 Adultos

Fuente: Autores del proyecto.

De los 148 adultos encuestados, 18 de ellos tienen alguna discapacidad.



Gráfico 12: Grafico circular de la tercera pregunta de la encuesta del adulto mayor.

Fuente: Autores del proyecto.

Esos 18 adultos mayores con discapacidad corresponden al 12% de la población encuestada, los 130 adultos mayores restantes corresponden a un 88% (no tienen ninguna discapacidad).

8.2.3.4 Cuarta pregunta. En esta interrogante se le pregunto solamente a los adultos mayores que respondieron la “sí” en la pregunta 3, en la siguiente tabla observan los resultados obtenidos al hacer esta pregunta:

Tabla 31: Resultados de la cuarta pregunta de la encuesta del adulto mayor.

4) EN EL CASO DE QUE LA RESPUESTA ANTERIOR HAYA SIDO SI, ¿CUÁL ES LA DISCAPACIDAD?		
CUALES	DISCAPACIDAD VISUAL	2 Adultos
	DISCAPACIDAD AUDITIVA	4 Adultos
	DISCAPACIDAD FISICA	9 Adultos
	OTRA (COGNITIVA)	2 Adultos
	OTRA (DOLORES INTENSOS DE CABEZA)	1 Adultos

Fuente: Autores del proyecto.

En total se identificaron 5 tipos diferentes de discapacidades en los 18 adultos mayores que respondieron “sí”.

De acuerdo con estas discapacidades identificadas, se tendrán en cuenta obras de inclusión dentro del diseño de la infraestructura del Centro Vida, además se recomienda a la alcaldía municipal ayudar a estos 18 adultos mayores que en su mayoría se localizan en la zona rural.

En el siguiente grafico de barras se observa el porcentaje que representa cada uno de los tipos de discapacidad:

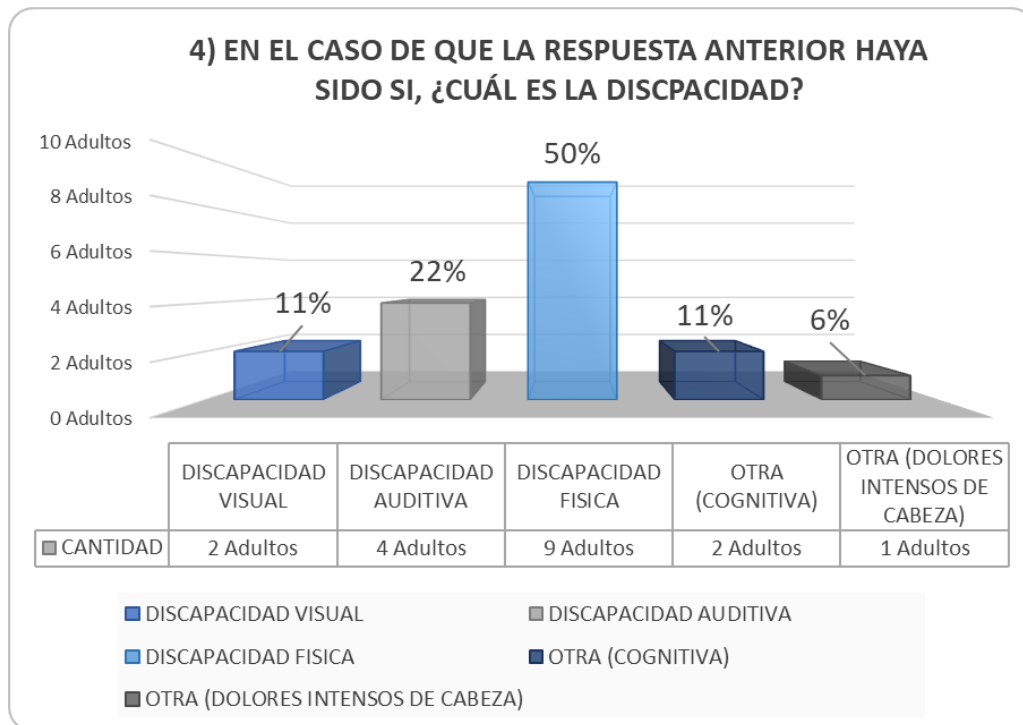


Gráfico 13: Gráfico de barras de la cuarta pregunta de la encuesta del adulto mayor.

Fuente: Autores del proyecto

Del anterior gráfico se puede analizar que la discapacidad más común es la física, con un 50% del total de adultos mayores, seguido de la discapacidad auditiva con un 22%, en tercer lugar, están las discapacidades visuales y cognitivas con un total del 11% y, por último, otro tipo de discapacidades con un 6%.

8.2.3.5 Quinta pregunta. En esta interrogante se le pregunto a la persona encuestada representante del núcleo familiar, si tenía algún conocimiento previo de lo que es un centro vida, en la siguiente tabla se observan los resultados de obtenidos de esta pregunta:

Tabla 32: Resultados de la quinta pregunta de la encuesta del adulto mayor.

5) ¿TIENE ALGÚN CONOCIMIENTO SOBRE LOS SERVICIOS QUE SE BRINDAN AL ADULTO MAYOR EN LOS CENTROS DE VIDA?	
SI	45 Adultos
NO	103 Adultos

Fuente: Autores del proyecto.

Un total de 45 adultos mayores dijeron tener conocimientos previos de que era un centro vida y un total de 103 adultos mayores manifestaron no tener conocimiento de que es y qué servicios presta un centro vida. Es importante resaltar que sin importar que respuesta dieran, a cada persona se les daba una breve explicación de que es un centro vida y los servicios que puede encontrar dentro de él.

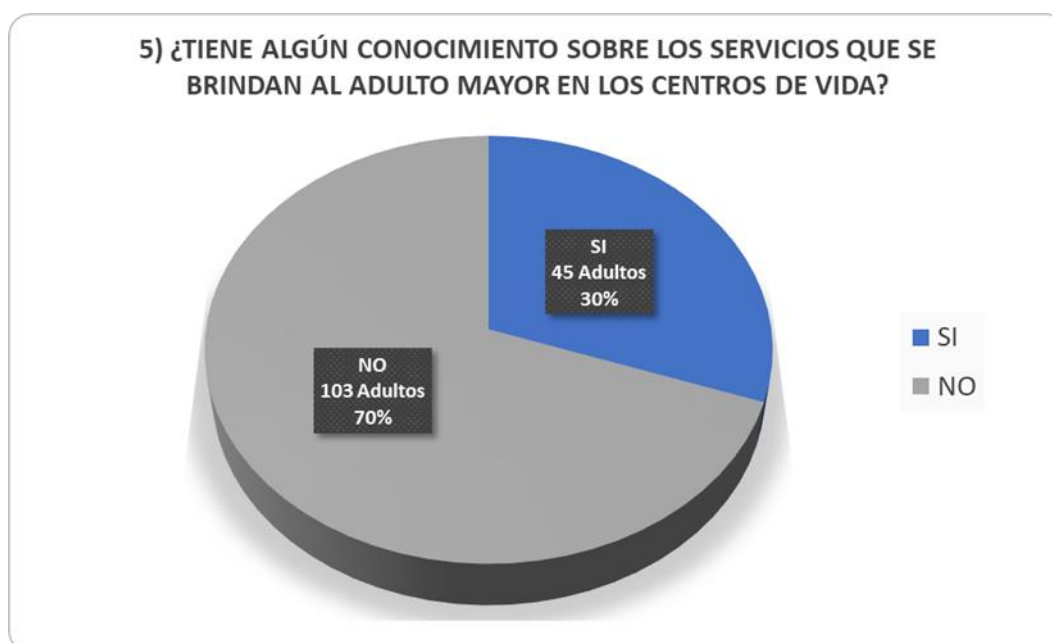


Gráfico 14: Gráfico circular de la tercera pregunta de la encuesta del adulto mayor.

Fuente: Autores del proyecto.

8.2.3.6 Sexta pregunta. En esta interrogante se le pregunto al adulto mayor encuestado, si de existir un Centro Vida en la zona urbana del municipio de Apulo, asistiría y recibiría todos los servicios que dicha institución brinda a las personas mayores de 60 años.

A continuación, en la siguiente tabla se evidencian los datos resultantes obtenidos en el proceso de realización de la encuesta:

Tabla 33: Resultados de la sexta pregunta de la encuesta del adulto mayor.

6) DE EXISTIR UN CENTRO DE VIDA EN EL MUNICIPIO, ¿USTED ASISTIRIA?	
SI	78 Adultos
NO	29 Adultos
SI, PERO EXISTEN LIMITANTES QUE IMPIDEN QUE ASISTAN LOS NIÑOS PERTENECIENTES AL NUCLEO FAMILIAR	41 Adultos
TOTAL	148 Adultos

Fuente: Autores del proyecto.

En total se identificaron 148 adultos mayores, de este número de personas 78 dicen que si asistirían al centro vida y 29 personas dijeron que no irían porque no tienen la necesidad. Por último, un total de 41 adultos, afirmaron que si les asistir, pero tienen limitantes que les impiden ir, dichas limitantes se explicaran a profundidad en la siguiente pregunta número 7.

En el siguiente grafico de barras se puede observar la anterior información de la tabla 33 expresada gráficamente y con sus correspondientes porcentajes:

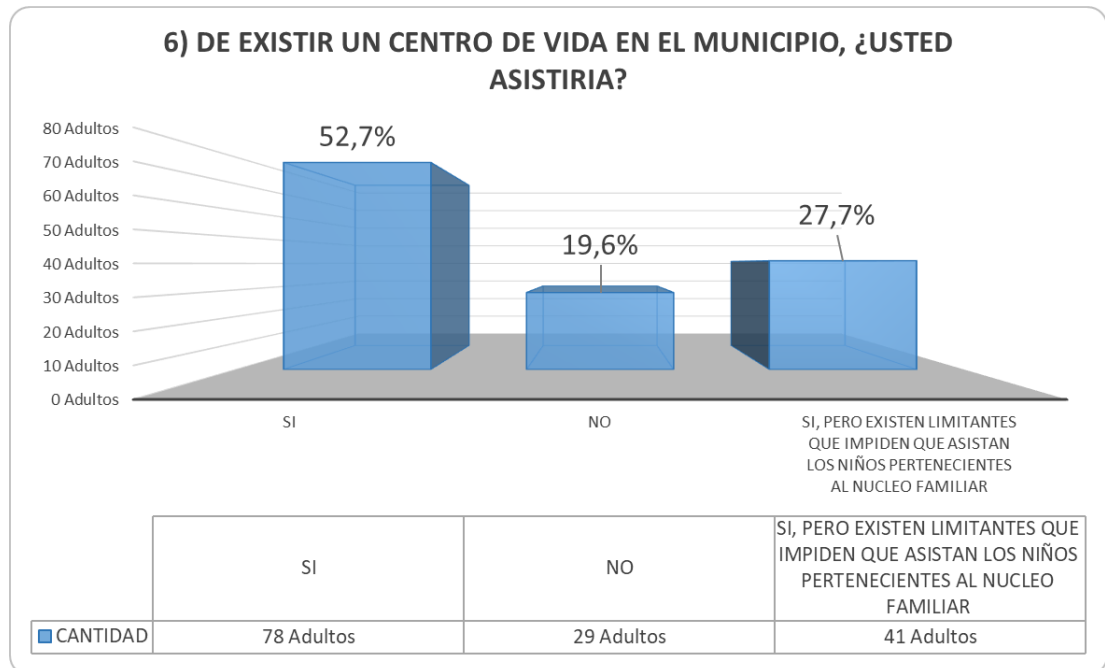


Gráfico 15: Grafico de barras de la sexta pregunta de la encuesta del adulto mayor.

Fuente: Autores del proyecto

De la anterior grafica de barras se puede analizar que un 52.7% de los adultos mayores si asistirán al Centro Vida, un 19.6% no harán uso del centro vida y por último un 27.7% si están dispuestos a hacer uso del centro vida, pero tienen limitantes que les podría impedir asistir.

Se identifica que este 27.7% de los adultos mayores, enfrentan limitaciones que les impediría hacer uso del centro vida, se recomienda dirigir gran atención a dicha población que es muy representativa y es de gran importancia tenerlas en cuenta dentro del diseño de esta edificación del municipio de Apulo.

8.2.3.7 Séptima pregunta. En esta interrogante a los adultos mayores que respondieron en la pregunta 8 la opción de respuesta: “Si, pero existen limitantes que me impiden asistir” se les pregunto, ¿Cuál es la limitante por la que no podría asistir al Centro Vida?, en la siguiente tabla se observan los resultados de las respuestas que dio cada personal:

Tabla 34: Resultados de la séptima pregunta de la encuesta del adulto mayor.

7) SI SU RESPUESTA ANTERIOR FUE "EXISTEN LIMITANTES QUE ME IMPIDEN ASISTIR" ¿CUÁL ES LA LIMITANTE POR LA QUÉ NO PODRIA ASISTIR AL CENTRO VIDA?	
PREGUNTA	NUCLEOS FAMILIARES
EL TRANSPORTE PUBLICO A LA ZONA URBANA ES DEFICIENTE	17 Adultos
FALTA DE RECURSOS ECONOMICOS PARA EL PAGO DIARIO DE TRANSPORTE	19 Adultos
NO CUENTA CON MEDIO DE TRANSPORTE	4 Adultos
SUFRE DE ALGUNA ENFERMEDAD QUE LE IMPIDE SU FÁCIL MOVILIZACIÓN	1 Adultos
TOTAL	41 Adultos

Fuente: Autores del proyecto.

En total se encontraron 4 diferentes limitantes, por las cuales a esos 41 adultos mayores se les dificultaría asistir al Centro Vida y son las siguientes:

- ✚ El transporte público a la zona urbana es deficiente.
- ✚ Falta de recursos económicos para el pago diario de transporte.
- ✚ No cuenta con medio de transporte.
- ✚ Sufre de alguna enfermedad que le impide su fácil movilización.

En la siguiente grafica de barras se podrá observar la representación de los datos de la tabla anterior:

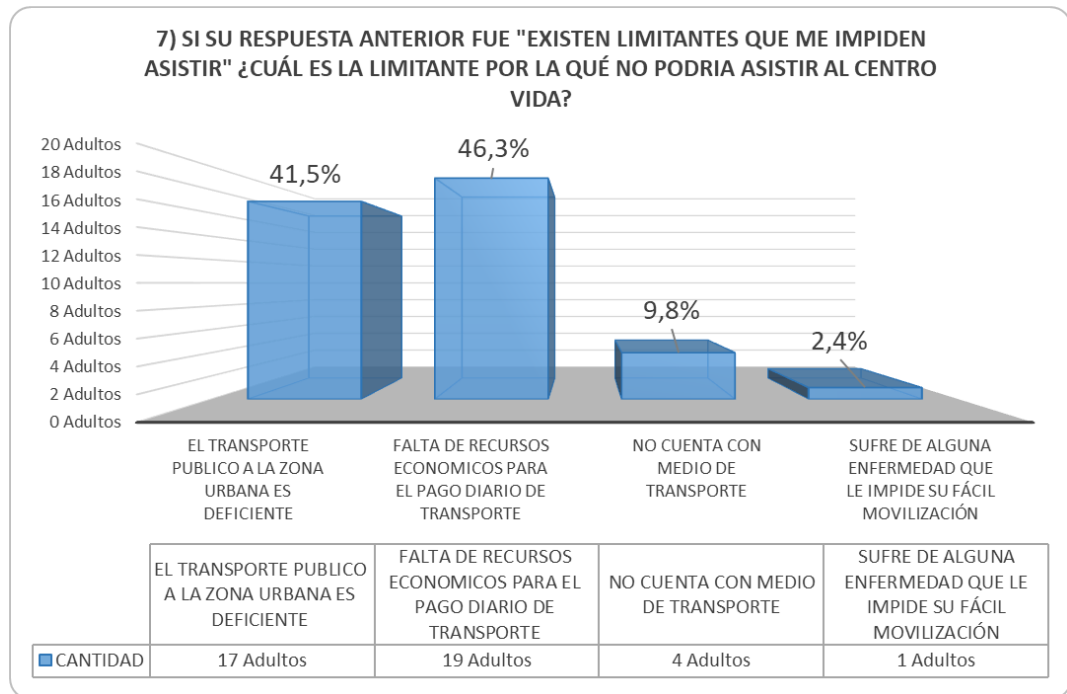


Gráfico 16: Grafico de barras de la séptima pregunta de la encuesta del adulto mayor.

Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo con los porcentajes que se encuentran en el grafico 16, se pudo identificar que las dos mayores limitantes que tienen los adultos mayores para asistir al Centro Vida, es la de que el transporte público a la zona urbana es deficiente y la falta de recursos económicos para el pago diario de transporte, con un 41,5% y un 46,3% respectivamente.

8.2.4 Recomendación al municipio – encuesta de caracterización al adulto mayor. La realización de la encuesta y el análisis de esta, permitieron identificar varias problemáticas económicas y de transporte en el territorio. En la siguiente grafica se observa la estratificación por zonas de las dos respuestas más comunes que se presentaron en la pregunta número 7, de la encuesta de caracterización de la población del adulto mayor del municipio de Apulo:

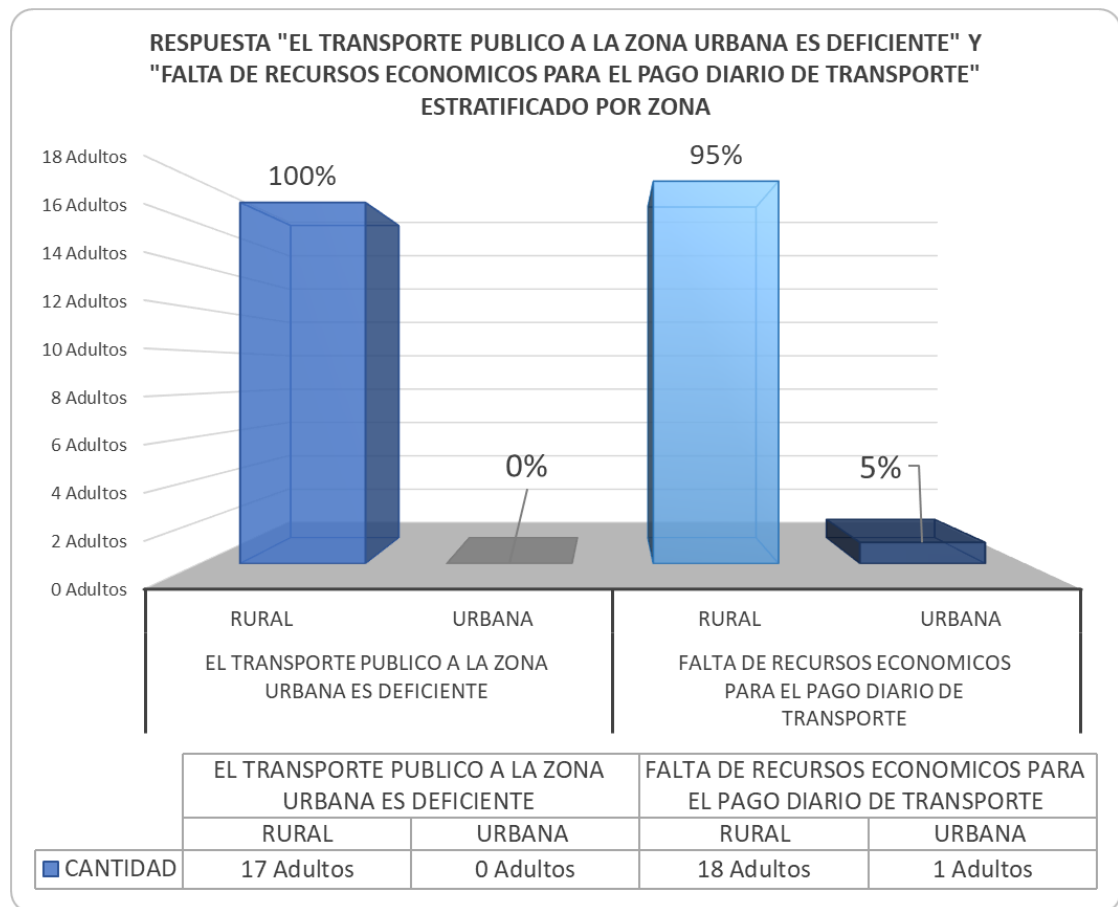


Gráfico 17: Estratificación por zona de las dos respuestas más comunes de la pregunta 9 de la encuesta del adulto mayor.

Fuente: Autores del proyecto.

En la anterior grafica de barras se observa la estratificación por zonas de las dos respuestas más comunes de la anterior pregunta 9, se puede observar que en la primera respuesta el 100% de las personas que la respondieron vivían en la zona rural, algo parecido pasa en la segunda respuesta, donde el 95% de las personas que respondieron esta opción vivían en zona rural y el 5% restante vivían en la zona urbana.

Se puede analizar que la mayoría de las personas que tienen estas limitantes son de la zona rural. Lo cual es preocupante y de gran interés para el municipio, ya que como anteriormente se mencionó en este documento, el mayor porcentaje de adultos mayores se encuentran viviendo en las zonas rurales del territorio.

Debido al alto porcentaje de personas que sufren esta problemática de transporte, se recomienda a la administración municipal que al momento de ejecutar el proyecto se tenga en cuenta esta población, mediante la creación de una ruta diaria a las veredas del municipio, para que recojan a los adultos mayores y les permita gozar de los servicios del centro Vida, se recomienda que esta ruta sea gratuita o de bajo costo, ya que una de las 4 limitantes identificadas era la falta de recursos económicos para gastar en movilización.

Otra alternativa para dar solución a esta problemática es la de formalizar el transporte público en el municipio, mediante la creación de una empresa o cooperativa de transporte que vincule a todos los conductores que trabajan informalmente, el objetivo es brindar transporte de calidad a todas las veredas del municipio a un precio justo.

8.3 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

La proyección de población se realiza con el fin de calcular el crecimiento de la población con el paso del tiempo y con esto calcular la capacidad de la estructura y el área mínima requerida para cada uno de los espacios que contiene el Centro de Desarrollo Infantil y el Centro Vida.

De acuerdo con los datos poblacionales obtenidos de la base de datos del Sisbén, con el respectivo proceso de cálculo de muestra estratificada para la realización de la encuesta a los grupos etarios, y los datos obtenidos mediante el análisis de resultados de la encuesta; se realizará la proyección de la población de estos dos grupos etarios mediante el método aritmético, método que sugiere la R.A.S y esta explicado dentro del marco teórico del presente documento.

El municipio de Apulo cuenta con una población al año 2020 de 8138 habitantes, lo que lo categoriza en nivel de complejidad medio, según la tabla 1 del presente documento. Los métodos de proyección de población permitidos por la norma para este nivel de complejidad son los siguientes:

- Método aritmético.
- Método geométrico.
- Método wappaus.
- Método gráfico.
- Método exponencial.

Se opta por utilizar el método aritmético, ya que es el que mejor se acomoda a las características y a los tipos de datos que se obtuvieron del Sisbén en la fase de recolección de datos. Cabe resaltar que la población se proyectara a 20 años, es decir al año 2040.

8.3.1 Proyección de población de primera infancia. La proyección de la población de la primera infancia para el diseño del C.D.I, se realizará mediante el método aritmético. Para utilizar dicho método se necesita tener información de censos poblacionales actuales y antiguos, en las tablas 10 y 12 del capítulo 8.1 de recolección de información, se encontrarán los datos poblacionales del año 2009 y 2020 extraídos de la base de datos del Sisbén del municipio.

Antes de realizar el cálculo de la población futura, se tendrá en cuenta la tendencia de las respuestas de la pregunta número 8 de la encuesta realizada al grupo etario de la primera infancia. El objetivo de realizar el análisis de esta pregunta es calcular el porcentaje de niños de 0 a 5 años que sus acudientes si están dispuestos de permitirles hacer uso del C.D.I y de recibir los servicios que allí se ofrecen. Este dato porcentual se multiplicará por cada estratificación de la población actual del grupo etario, información poblacional que se encuentra en la tabla 10 del presente proyecto, y modificará el número de personas. Finalmente, con la población modificada se realizará el proceso de cálculo para la realización de la proyección de población.

8.3.1.1 Tendencia. En el punto número 8 de la encuesta se preguntó a la persona que recibió la visita, ¿si de existir un C.D.I llevaría a todos los menores pertenecientes al núcleo familiar?, en dicha pregunta había tres opciones de respuesta:

- *Primera opción de respuesta:* Si.
- *Segunda opción de respuesta:* No.
- *Tercera opción de respuesta:* Existen limitantes que impiden que asistan los niños pertenecientes al núcleo familiar.

Se identificó que para zonas rurales la primera opción de respuesta fue la más seleccionada, seguido de la tercera opción y para zonas urbanas la primera opción de respuesta fue la más seleccionada, seguido de la segunda opción.

Debido a que la tercera opción expresa que si hay disponibilidad por parte de los responsables de núcleos familiares de enviar a sus niños a que asistan al C.D.I, pero tienen limitantes que posiblemente les impida hacerlo. Se decidió que esta población si se tendrá en cuenta dentro del diseño de C.D.I, ya que si el municipio sigue las recomendaciones dadas en el título 8.2.2 de este documento, se podrá dar solución a las problemáticas de transporte existentes en las zonas rurales y por ende se facilitará a estas personas poder llevar a sus niños sin ningún inconveniente, para que se beneficien de los servicios brindados por el C.D.I.

Como anteriormente se explicó, la proyección de la población se realiza con los datos demográficos actuales, pero estos se verán afectados de acuerdo con la tendencia que se presente en las respuestas de la pregunta 8 de la encuesta efectuada a la población de la primera infancia.

Cuando se habla de tendencia se refiere al porcentaje de niños que si asistirán al C.D.I. Este cálculo de la tendencia se realizará de acuerdo con la estratificación de este grupo etario. A continuación, se observará el proceso de cálculo del porcentaje de niños que si harán uso del C.D.I.

- Tendencia de la población de la primera infancia en el rango de edad de 0 a 2 años del área urbana nivel 1 y 2. Para el cálculo de la tendencia de las respuestas de la pregunta 8 de la encuesta dirigida a la población de la primera infancia, se realizó la tabulación de los datos obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 35: Resultados detallados de la pregunta 8 de la encuesta a la primera infancia, estratificada en niños de 0 a 2 años de la zona urbana, nivel 1 y 2.

NIÑOS DE 0 A 2 AÑOS	URBANO	NIVEL 1	SI	15 Niños
			NO	1 Niños
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0 Niños
		NIVEL 2	SI	3 Niños
			NO	0 Niños
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0 Niños

Fuente: Autores del proyecto.

De la tabla anterior se observa lo siguiente:

- Fueron encuestados núcleos familiares que representan 16 niños, en edad de 0 a 2 años que residen en la zona urbana del municipio y tienen nivel 1 en el Sisbén.
- Fueron encuestados núcleos familiares que representan 3 niños, en edad de 0 a 2 años que residen en la zona urbana del municipio y tienen nivel 2 en el Sisbén.

A continuación, se muestran las gráficas que representan los resultados obtenidos en la tabla anterior:

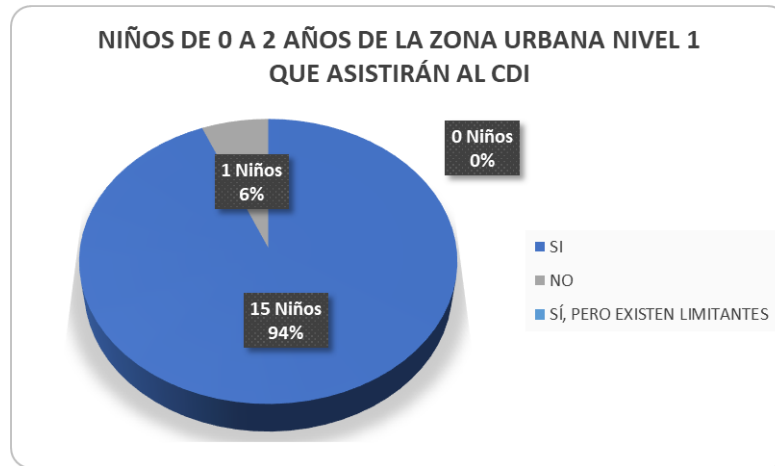


Gráfico 18: Porcentaje de niños de 0 a 2 años de la zona urbana de nivel 1, que asistirán al C.D.I.

Fuente: Autores del proyecto.

En el gráfico 18 se muestra que el 94 % de los niños de 0 a 2 años si asistirán al Centro de Desarrollo Infantil y el 6% restante no lo harán.



Gráfico 19: Porcentaje de niños de 0 a 2 años de la zona urbana de nivel 2, que asistirán al C.D.I.

Fuente: Autores del proyecto.

En el gráfico 19 se muestra que el 100% de los niños de 0 a 2 años si asistirán al Centro de Desarrollo Infantil.

En conclusión, se identifica que la tendencia de asistir al C.D.I, para niños de 0 a 2 años de la zona urbana de nivel 1 es de 94% y para nivel 2 es del 100%.

- Tendencia de la población de la primera infancia en el rango de edad de 0 a 2 años del área rural nivel 1 y 2. Para el cálculo de la tendencia de las respuestas de la pregunta 8 de la encuesta dirigida a la población de la primera infancia, se realizó la tabulación de los datos obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 36: Resultados detallados de la pregunta 8 de la encuesta a la primera infancia, estratificada en niños de 0 a 2 años de la zona rural, nivel 1 y 2.

NIÑOS DE 0 A 2 AÑOS	RURAL	NIVEL 1	SI	5 Niños	41,67%
			NO	2 Niños	16,67%
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	5 Niños	41,67%
		NIVEL 2	SI	3 Niños	100%
			NO	0 Niños	0%
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0 Niños	0%

Fuente: Autores del proyecto.

De la tabla anterior se observa lo siguiente:

- Fueron encuestados núcleos familiares que representan 12 niños, en edad de 0 a 2 años que residen en la zona rural del municipio y tienen nivel 1 en el Sisbén.
- Fueron encuestados núcleos familiares que representan 3 niños, en edad de 0 a 2 años que residen en la zona rural del municipio y tienen nivel 2 en el Sisbén.

A continuación, se muestran las gráficas que representan los resultados obtenidos en la tabla anterior:

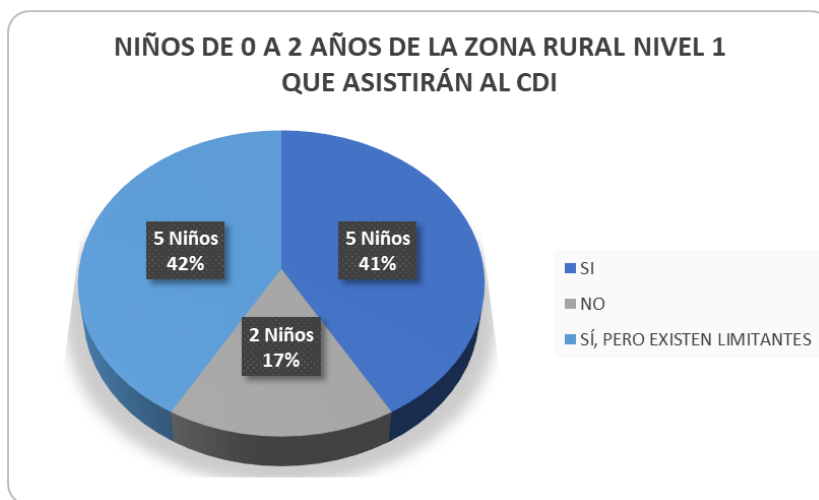


Gráfico 20: Porcentaje de niños de 0 a 2 años de la zona rural de nivel 1, que asistirán al C.D.I.

Fuente: Autores del proyecto.

En el gráfico 20 se muestra que el 41 % de los niños de 0 a 2 años si asistirán al Centro de Desarrollo Infantil, el 17% restante no lo harán y el 42% restante si asistirán, aunque tienen limitantes, para un total de tendencia de asistir del 83%.

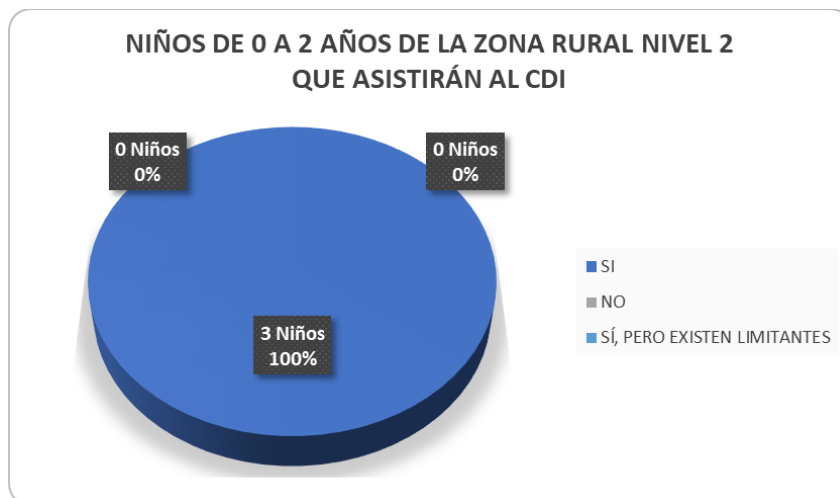


Gráfico 21: Porcentaje de niños de 0 a 2 años de la zona rural de nivel 2, que asistirán al C.D.I.

Fuente: Autores del proyecto.

En el gráfico 21 se muestra que el 100% de los niños de 0 a 2 años si asistirán al Centro de Desarrollo Infantil.

En conclusión, se identifica que la tendencia de asistir al C.D.I, para niños de 0 a 2 años de la zona rural de nivel 1 es de 83% y para nivel 2 es del 100%.

- Tendencia de la población de la primera infancia en el rango de edad de 2 a 5 años del área urbana nivel 1 y 2. Para el cálculo de la tendencia de las respuestas de la pregunta 8 de la encuesta dirigida a la población de la primera infancia, se realizó la tabulación de los datos obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 37: Resultados detallados de la pregunta 8 de la encuesta a la primera infancia, estratificada en niños de 2 a 5 años de la urbana, nivel 1 y 2.

NIÑOS DE 2 A 5 AÑOS	URBANO	NIVEL 1	SI	30 Niños
			NO	5 Niños
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0 Niños
		NIVEL 2	SI	6 Niños
			NO	0 Niños
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0 Niños

Fuente: Autores del proyecto.

De la tabla anterior se observa lo siguiente:

- Fueron encuestados núcleos familiares que representan 35 niños, en edad de 2 a 5 años que residen en la zona urbana del municipio y tienen nivel 1 en el Sisbén.
- Fueron encuestados núcleos familiares que representan 6 niños, en edad de 2 a 5 años que residen en la zona urbana del municipio y tienen nivel 2 en el Sisbén.

A continuación, se muestran las gráficas que representan los resultados obtenidos en la tabla anterior:

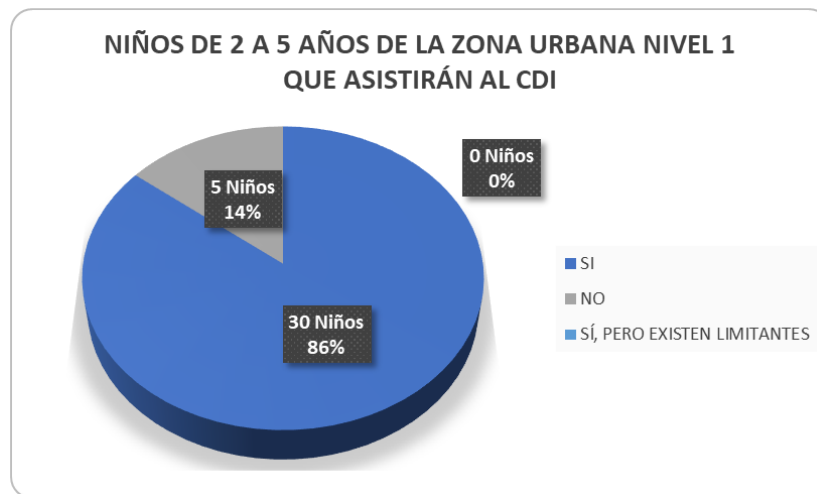


Gráfico 22: Porcentaje de niños de 2 a 5 años de la zona urbana de nivel 1, que asistirán al C.D.I.

Fuente: Autores del proyecto.

En el gráfico 22 se muestra que el 86 % de los niños de 2 a 5 años si asistirán al Centro de Desarrollo Infantil, y el 14% restante no lo harán.



Gráfico 23: Porcentaje de niños de 2 a 5 años de la zona urbana de nivel 2, que asistirán al C.D.I.

Fuente: Autores del proyecto.

En el gráfico 23 se muestra que el 100% de los niños de 2 a 5 años si asistirán al Centro de Desarrollo Infantil.

En conclusión, se identifica que la tendencia de asistir al C.D.I, para niños de 2 a 5 años de la zona rural de nivel 1 es de 86% y para nivel 2 es del 100%.

- **Tendencia de la población de la primera infancia en el rango de edad de 2 a 5 años del área rural nivel 1 y 2.** Para el cálculo de la tendencia de las respuestas de la pregunta 8 de la encuesta dirigida a la población de la primera infancia, se realizó la tabulación de los datos obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 38: Resultados detallados de la pregunta 8 de la encuesta a la primera infancia, estratificada en niños de 2 a 5 años de la rural, nivel 1 y 2.

NIÑOS DE 2 A 5 AÑOS	RURAL	NIVEL 1	SI	16 Niños
			NO	7 Niños
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	18 Niños
		NIVEL 2	SI	5 Niños
			NO	2 Niños
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	1 Niños

Fuente: Autores del proyecto.

De la tabla anterior se observa lo siguiente:

- Fueron encuestados núcleos familiares que representan 41 niños, en edad de 2 a 5 años que residen en la zona rural del municipio y tienen nivel 1 en el Sisbén.
- Fueron encuestados núcleos familiares que representan 8 niños, en edad de 2 a 5 años que residen en la zona rural del municipio y tienen nivel 2 en el Sisbén.

A continuación, se muestran las gráficas que representan los resultados obtenidos en la tabla anterior:

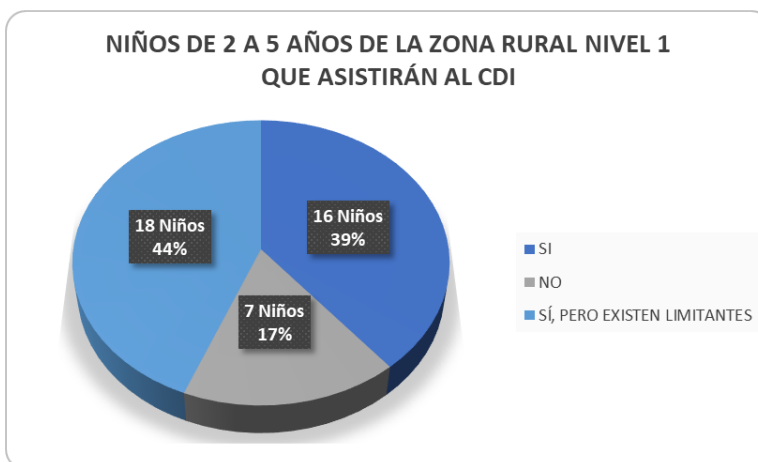


Gráfico 24: Porcentaje de niños de 2 a 5 años de la zona rural de nivel 1, que asistirán al C.D.I.

Fuente: Autores del proyecto.

En el gráfico 24 se muestra que el 39% de los niños de 2 a 5 años si asistirán al Centro de Desarrollo Infantil, el 17% restante no lo harán y el 44% restante si asistirán, aunque tienen limitantes, para un total de tendencia de asistir del 83%.

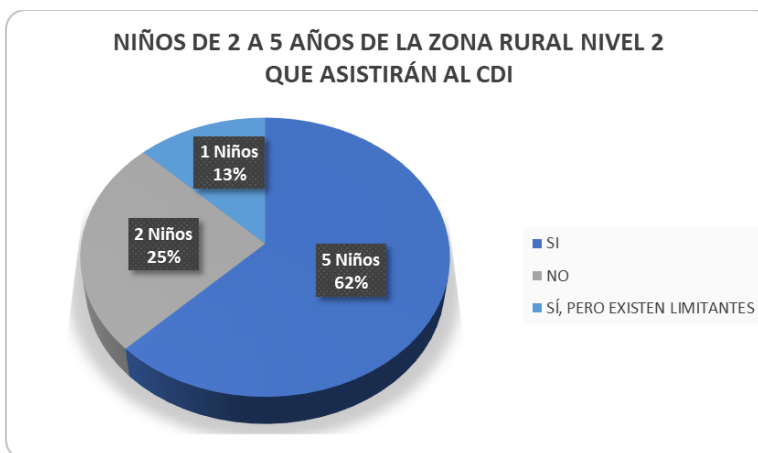


Gráfico 25: Porcentaje de niños de 2 a 5 años de la zona rural de nivel 2, que asistirán al C.D.I.

Fuente: Autores del proyecto.

En el gráfico 25 se muestra que el 62% de los niños de 2 a 5 años si asistirán al Centro de Desarrollo Infantil, el 25% restante no lo harán y el 13% restante si asistirán, aunque tienen limitantes, para un total de tendencia de asistir del 75%.

En conclusión, se identifica que la tendencia de asistir al C.D.I, para niños de 2 a 5 años de la zona rural de nivel 1 es de 83% y para nivel 2 es del 75%.

- Porcentajes de tendencias. Para el cálculo de la tendencia total de cada una de las estratificaciones de la población, se debe de sumar el porcentaje de personas que respondieron la primera opción de respuesta con el porcentaje de personas que respondieron la tercera opción de respuesta.

Tabla 39: Porcentaje total de tendencia, para cada estratificación de la población de la primera infancia.

ZONA	NIVEL	POBLACIÓN P.INFANCIA	OPCIÓN DE RESPUESTA	% TENDENCIA	% TENDENCIA TOTAL
URBANA	1	POBLACIÓN 0 A 2 AÑOS	SI	93,75%	93,75%
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0,00%	
		POBLACIÓN 2 A 5 AÑOS	SI	85,71%	85,71%
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0,00%	
	2	POBLACIÓN 0 A 2 AÑOS	SI	100%	100,00%
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0%	
		POBLACIÓN 2 A 5 AÑOS	SI	100%	100,00%
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0%	
RURAL	1	POBLACIÓN 0 A 2 AÑOS	SI	41,67%	83,33%
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	41,67%	
		POBLACIÓN 2 A 5 AÑOS	SI	39,02%	82,93%
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	43,90%	
	2	POBLACIÓN 0 A 2 AÑOS	SI	100%	100,00%
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0%	
		POBLACIÓN 2 A 5 AÑOS	SI	62,50%	75,00%
			SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	12,50%	

Fuente: Autores del proyecto.

En la anterior tabla se observa el resultado de la suma de los porcentajes de tendencia de las dos opciones de respuesta anteriormente mencionadas.

8.3.1.2 Calculo de la población futura de la primera infancia mediante el método aritmético. El método aritmético utiliza datos poblacionales recientes y antiguos, los datos demográficos más actuales son del año 2020 y los más antiguos son del año 2009. Los datos poblacionales para el desarrollo del presente proyecto se extrajeron de la base de datos del Sisbén del municipio de Apulo. A continuación, se observarán los datos poblacionales de ambos años representados en las siguientes tablas:

Tabla 40: Datos demográficos estratificados del grupo etario de la primera infancia del año 2020

DATOS DE POBLACIÓN SISBEN, PRIMERA INFANCIA - AÑO 2020								
POBLACIÓN APULO	POBLACIÓN P. INFANCIA	ZONA	NIVEL	POBLACIÓN POR NIVEL	POBLACIÓN P. INFANCIA	POBLACIÓN 0 A 2 AÑOS	POBLACIÓN 2 A 5 AÑOS	POBLACIÓN TOTAL
8138	514	URBANA	1	2070	154	32	122	233
			2	471	28	3	25	
			3	1273	51	11	40	
		RURAL	1	1970	156	39	117	281
			2	458	26	4	22	
			3	1896	99	24	75	

Fuente: Base Sisbén Apulo Cundinamarca.

Tabla 41: Datos demográficos estratificados del grupo etario de la primera infancia del año 2009.

DATOS DE POBLACIÓN SISBEN, PRIMERA INFANCIA - AÑO 2009								
POBLACIÓN APULO	POBLACIÓN P. INFANCIA	ZONA	NIVEL	POBLACIÓN POR NIVEL	POBLACIÓN P. INFANCIA	POBLACIÓN 0 A 2 AÑOS	POBLACIÓN 2 A 5 AÑOS	POBLACIÓN TOTAL
7899	443	URBANA	1	2002	131	16	115	203
			2	435	22	4	18	
			3	1234	50	10	40	
		RURAL	1	1942	125	20	105	240
			2	435	18	3	15	
			3	1851	97	29	68	

Fuente: Reporte base certificada noviembre.

Realizando una comparación entre ambas tablas, se puede evidenciar que en el año 2009 había en el municipio una cantidad de 443 niños y en el año 2020 una cantidad de 514 niños de 0 a 5 años, lo que equivale a un crecimiento de 71 niños que corresponde a un incremento porcentual del 16.03%.

Después de tener los datos demográficos se procede a multiplicar el valor porcentual de las tendencias que se encuentran en la tabla 39, con las correspondientes poblaciones del año 2020 establecidas en la tabla 40. A continuación, se observa en la tabla 42 el resultado de dicha operación

Tabla 42: Datos de población del año 2020, ajustados con la tendencia de las respuestas de la pregunta 8 de la encuesta a la primera infancia.

DATOS DE POBLACIÓN SISBEN PRIMERA INFANCIA AÑO 2020, AJUSTADOS MEDIANTE RESULTADOS DE LA ENCUESTA					
ZONA	NIVEL	POBLACIÓN P.INFANCIA	POBLACIÓN 0 A 2 AÑOS	POBLACIÓN 2 A 5 AÑOS	POBLACIÓN TOTAL
URBANA	1	135	30	105	163
	2	28	3	25	
RURAL	1	131	33	98	152
	2	21	4	17	

Fuente: Autores del proyecto.

Después de realizar el ajuste de los datos demográficos se procede a calcular la población futura del grupo etario de la primera infancia. Para realizar este cálculo se utiliza la fórmula matemática especificada en la ecuación 1 del presente documento. En la siguiente tabla se muestra el resultado de la proyección de población mediante el método aritmético, de la población de niños de 0 a 2 años, y de 2 a 5 años.

Tabla 43: Proyección de población de niños 0 a 2 años.

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN DE 0 A 2 AÑOS - METODO ARITMETICO					
T _{uc}	2020	T _{ci}	2009	T _f	2040
POBLACIÓN P. INFANCIA	ZONA	NIVEL	P _{uc}	P _{ci}	P _f
315	URBANA	1	30	16	56
		2	3	4	2
	RURAL	1	33	20	57
		2	4	3	6
TOTAL					121

Fuente: Autores del proyecto.

La población de niños de 0 a 2 años aumento, paso de tener 70 niños a tener 121 niños en el año 2040.

Tabla 44: Proyección de población de niños 2 a 5 años.

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN DE 2 A 5 AÑOS - METODO ARITMETICO					
T _{uc}	2020	T _{ci}	2009	T _f	2040
POBLACIÓN P. INFANCIA	ZONA	NIVEL	P _{uc}	P _{ci}	P _f
315	URBANA	1	105	115	87
		2	25	18	38
	RURAL	1	98	105	86
		2	17	15	21
TOTAL					232

Fuente: Autores del proyecto.

A diferencia de la población de niños de 0 a 2 años, la población de niños de 2 a 5 años decreció, paso de tener 245 niños a tener 232 niños en el año 2040. Esto sucede porque en el año 2009 había más niños de 0 a 5 años nivel 1 en las zonas rural y urbana, que en el año 2020.

La población para el año 2040 del grupo etario de la primera infancia será de 353 niños. La edificación del Centro de Desarrollo Infantil deberá tener la capacidad suficiente para albergar a 353 niños, el diseño arquitectónico se realizará teniendo en cuenta este número de personas

8.3.2 Proyección de población del adulto mayor. La proyección de la población del adulto mayor para el diseño del Centro Vida se realizará mediante el método aritmético. Para utilizar dicho método se necesita tener información de censos poblacionales actuales y antiguos, en las tablas 11 y 13 del capítulo 8.1 de recolección de información, se encontrarán los datos poblacionales del año 2009 y 2020 extraídos de la base de datos del Sisbén del municipio.

Antes de realizar el cálculo de la población futura, se tendrá en cuenta la tendencia de las respuestas de la pregunta número 6 de la encuesta realizada al grupo etario del adulto mayor. El objetivo de realizar el análisis de esta pregunta es calcular el porcentaje de personas mayores de 60 años que están dispuestos a asistir al Centro Vida y de recibir los servicios que allí se ofrecen. Este dato porcentual se multiplicará por cada estratificación de la población actual del grupo etario, información poblacional que se encuentra en la tabla 11 del presente proyecto, y modificará el número de personas. Finalmente, con la población modificada se realizará el proceso de cálculo para la realización de la proyección de población al año 2040.

8.3.2.1 Tendencia. En el punto número 6 de la encuesta se preguntó a la persona que recibió la visita, si de existir un Centro Vida en el municipio ¿usted asistiría?, en dicha pregunta había tres opciones de respuesta:

- *Primera opción de respuesta:* Si.
- *Segunda opción de respuesta:* No.
- *Tercera opción de respuesta:* Si, pero existen limitantes que me impiden asistir.

Se identificó que para zonas rurales la tercera opción de respuesta fue la más seleccionada, seguido de la primera opción y para zonas urbanas la primera opción de respuesta fue la más seleccionada, seguido de la segunda opción.

Debido a que la tercera opción expresa que, si hay disponibilidad por parte de los adultos mayores de asistir al Centro Vida, pero tienen limitantes que posiblemente les impida hacerlo. Se decidió que esta población si se tendrá en cuenta dentro del diseño de Centro Vida, ya que si el municipio sigue las recomendaciones dadas en el título 8.2.2 de este documento, se podrá dar solución a las problemáticas de transporte existentes en las zonas rurales y por ende se facilitará a estas personas transportarse y poder asistir sin ningún inconveniente, para que se beneficien de los servicios brindados por el Centro Vida.

Como anteriormente se explicó, la proyección de la población se realiza con los datos demográficos actuales, pero estos se verán afectados de acuerdo con la tendencia que se presente en las respuestas de la pregunta 6 de la encuesta efectuada a la población del adulto mayor.

Cuando se habla de tendencia se refiere al porcentaje de adultos mayores que si asistirán al Centro Vida. Este cálculo de la tendencia se realizará de acuerdo con

la estratificación de este grupo etario. A continuación, se observará el proceso de cálculo del porcentaje de adultos mayores que si harán uso del Centro Vida.

- Tendencia de la población del adulto mayor del área urbana nivel 1 y 2. Para el cálculo de la tendencia de las respuestas de la pregunta 6 de la encuesta dirigida a la población del adulto mayor, se realizó la tabulación de los datos obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 45: Resultados detallados de la pregunta 6 de la encuesta al adulto mayor, estratificada en adultos de la zona urbana, nivel 1 y 2.

URBANO	NIVEL 1	SI	39 Adultos
		NO	8 Adultos
		SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0 Adultos
	NIVEL 2	SI	16 Adultos
		NO	1 Adultos
		SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0 Adultos

Fuente: Autores del proyecto.

De la tabla anterior se observa lo siguiente:

- Fueron encuestados 47 adultos mayores, que residen en la zona urbana del municipio y tienen nivel 1 en el Sisbén.
- Fueron encuestados 17 adultos mayores, que residen en la zona urbana del municipio y tienen nivel 2 en el Sisbén.

A continuación, se muestran las gráficas que representan los resultados obtenidos en la tabla anterior:

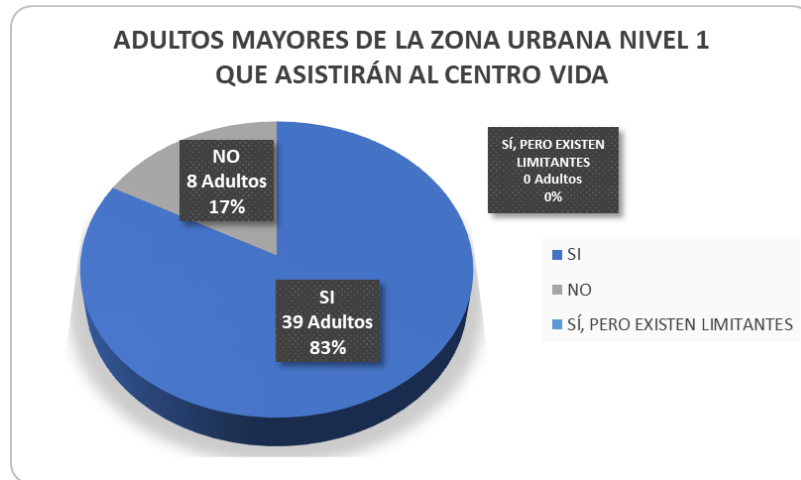


Gráfico 26: Porcentaje de adultos mayores de la zona urbana de nivel 1, que asistirán al Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En el gráfico 26 se muestra que el 83 % de los adultos mayores si asistirán al Centro Vida y el 17% restante no lo harán.

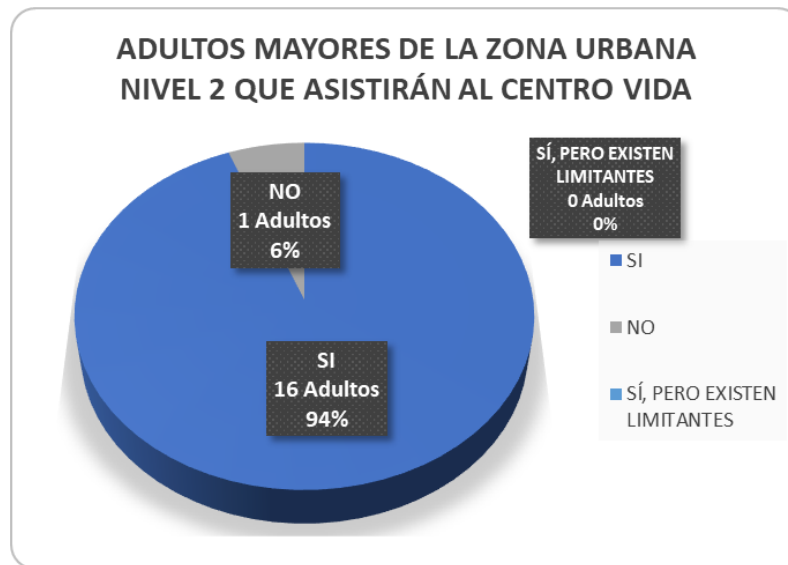


Gráfico 27: Porcentaje de adultos mayores de la zona urbana de nivel 2, que asistirán al Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En el gráfico 27 se muestra que el 94 % de los adultos mayores si asistirán al Centro Vida y el 6% restante no lo harán. En conclusión, se identifica que la tendencia de asistir al Centro Vida, para adultos mayores de la zona urbana de nivel 1 es de 83% y para nivel 2 es del 94%.

- Tendencia de la población del adulto mayor del área rural nivel 1 y 2. Para el cálculo de la tendencia de las respuestas de la pregunta 6 de la encuesta dirigida a la población del adulto mayor, se realizó la tabulación de los datos obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 46: Resultados detallados de la pregunta 6 de la encuesta al adulto mayor, estratificada en adultos de la zona rural, nivel 1 y 2

RURAL	NIVEL 1	SI	17 Adultos
		NO	15 Adultos
		SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	32 Adultos
	NIVEL 2	SI	6 Adultos
		NO	5 Adultos
		SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	9 Adultos

Fuente: Autores del proyecto.

De la tabla anterior se observa lo siguiente:

- Fueron encuestados 64 adultos mayores, que residen en la zona urbana del municipio y tienen nivel 1 en el Sisbén.
- Fueron encuestados 20 adultos mayores, que residen en la zona urbana del municipio y tienen nivel 2 en el Sisbén.

A continuación, se muestran las gráficas que representan los resultados obtenidos en la tabla anterior:

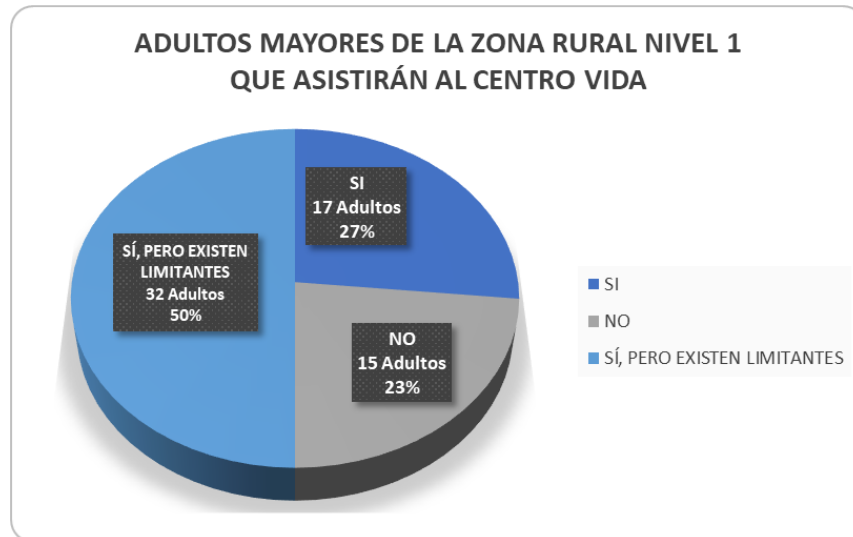


Gráfico 28: Porcentaje de adultos mayores de la zona rural de nivel 1, que asistirán al Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En el gráfico 28 se muestra que el 27 % de los adultos mayores si asistirán al Centro Vida, el 50% tienen limitantes al momento de asistir y el 23% restante no lo harán.

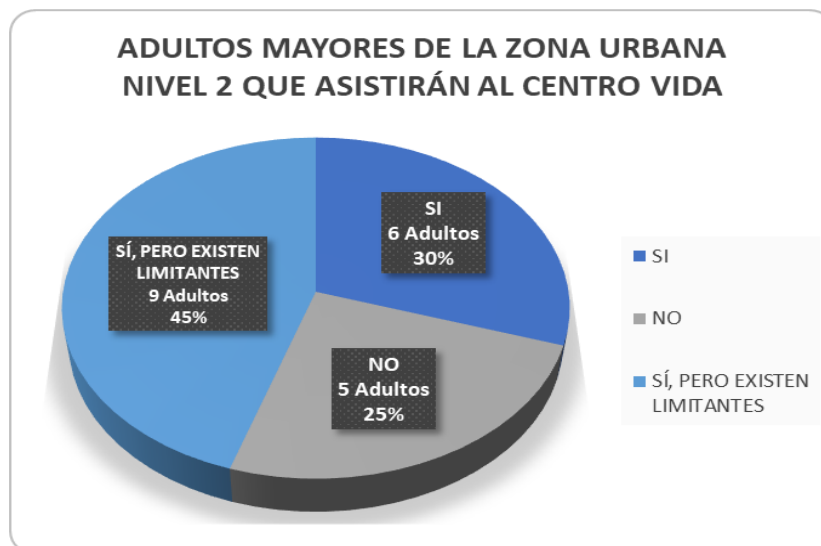


Gráfico 29: Porcentaje de adultos mayores de la zona rural de nivel 2, que asistirán al Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En el gráfico 29 se muestra que el 30 % de los adultos mayores si asistirán al Centro Vida, el 45% tienen limitantes al momento de asistir y el 25% restante no lo harán.

En conclusión, se identifica que la tendencia de asistir al Centro Vida, para adultos mayores de la zona urbana de nivel 1 es de 77% y para nivel 2 es del 75%.

- Porcentajes de tendencias. Para el cálculo de la tendencia total de cada una de las estratificaciones de la población, se debe de sumar el porcentaje de personas que respondieron la primera opción de respuesta con el porcentaje de personas que respondieron la tercera opción de respuesta.

Tabla 47: Porcentaje total de tendencia, para cada estratificación de la población del adulto mayor.

ZONA	NIVEL	OPCIÓN DE RESPUESTA	% TENDENCIA	% TENDENCIA TOTAL
URBANA	1	SI	82,98%	82,98%
		SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0,00%	
	2	SI	94,12%	94,12%
		SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	0,00%	
RURAL	1	SI	26,56%	76,56%
		SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	50,00%	
	2	SI	30,00%	75,00%
		SÍ, PERO EXISTEN LIMITANTES	45,00%	

Fuente: Autores del proyecto.

En la anterior tabla se observa el resultado de la suma de los porcentajes de tendencia de las dos opciones de respuesta anteriormente mencionadas.

8.3.2.2 Calculo de la población futura del adulto mayor mediante el método aritmético. El método aritmético utiliza datos poblacionales recientes y antiguos, los datos demográficos más actuales son del año 2020 y los más antiguos son del año 2009. Los datos poblacionales para el desarrollo del presente proyecto se extrajeron de la base de datos del Sisbén del municipio de Apulo. A continuación, se observarán los datos poblacionales de ambos años representados en las siguientes tablas:

Tabla 48: Datos demográficos estratificados del grupo etario del adulto mayor del año 2020

DATOS DE POBLACIÓN SISBEN, ADULTO MAYOR - AÑO 2020						
POBLACIÓN APULO	POBLACIÓN A. MAYOR	ZONA	NIVEL	POBLACIÓN POR NIVEL	POBLACIÓN A. MAYOR	POBLACIÓN TOTAL
8138	1744	URBANA	1	2070	355	759
			2	471	124	
			3	1273	280	
		RURAL	1	1970	485	985
			2	458	148	
			3	1896	352	

Fuente: Base Sisbén Apulo Cundinamarca.

Tabla 49: Datos demográficos estratificados del grupo etario del adulto mayor del año 2009.

DATOS DE POBLACIÓN SISBEN, ADULTO MAYOR - AÑO 2009						
POBLACIÓN APULO	POBLACIÓN A. MAYOR	ZONA	NIVEL	POBLACIÓN POR NIVEL	POBLACIÓN A. MAYOR	POBLACIÓN TOTAL
7899	1585	URBANA	1	2002	322	702
			2	435	130	
			3	1234	250	
		RURAL	1	1942	420	883
			2	435	135	
			3	1851	328	

Fuente: Reporte base certificada noviembre.

Realizando una comparación entre ambas tablas, se puede evidenciar que en el año 2009 había en el municipio una cantidad de 1585 adultos mayores y en el año 2020 una cantidad de 1744 adultos mayores, lo que equivale a un crecimiento de 159 adultos mayores que corresponde a un incremento porcentual del 10.03%.

Después de tener los datos demográficos se procede a multiplicar el valor porcentual de las tendencias que se encuentran en la tabla 47, con las correspondientes poblaciones del año 2020. A continuación, se observa en la tabla 50 el resultado de dicha operación

Tabla 50: Datos de población del año 2020, ajustados con la tendencia de las respuestas de la pregunta 6 de la encuesta al adulto mayor.

DATOS DE POBLACIÓN SISBEN ADULTO MAYOR AÑO 2020, AJUSTADOS MEDIANTE RESULTADOS DE LA ENCUESTA			
ZONA	NIVEL	POBLACIÓN ADULTO MAYOR	POBLACIÓN TOTAL
URBANA	1	295	412
	2	117	
RURAL	1	372	483
	2	111	

Fuente: Autores del proyecto.

Después de realizar el ajuste de los datos demográficos se procede a calcular la población futura del grupo etario del adulto mayor. Para realizar este cálculo se utiliza la fórmula matemática especificada en la ecuación 1 del presente documento. En la siguiente tabla se muestra el resultado de la proyección de población mediante el método aritmético, de la población de adultos mayores de 60 años.

Tabla 51: Proyección de población de niños 0 a 2 años.

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN DE ADULTO MAYOR - METODO ARITMETICO					
T_{uc}	2020	T_{ci}	2009	T_f	2040
POBLACIÓN P. INFANCIA	ZONA	NIVEL	P_{uc}	P_{ci}	P_f
509	URBANA	1	295	322	246
		2	117	130	94
	RURAL	1	372	420	285
		2	111	135	68
CAPACIDAD TOTAL CENTRO VIDA					693

Fuente: Autores del proyecto.

Observando los resultados de la proyección de población, se observa que el número de adultos decreció, porque paso de tener 895 adultos mayores a tener 693 adultos mayores en el año 2040. Esto sucede porque después de modificar con la tendencia, los datos poblacionales del año 2020 decrecieron, siendo los datos de año 2009 superiores en número a los del año 2020.

La población para el año 2040 del grupo etario del adulto mayor será de 693 personas. La edificación del Centro Vida deberá tener la capacidad suficiente para albergar a 693 adultos mayores, el diseño arquitectónico se realizará teniendo en cuenta este número de personas.

8.4 IDENTIFICACIÓN DEL TERRENO

Un factor importante para el diseño de una edificación es conocer el terreno en el que se va a construir, se debe tener en cuenta factores como la localización, el área, la forma del lindero y la topografía. El predio donde se diseñará las edificaciones institucionales se determinó con la ayuda de la alcaldía del municipio de Apulo, el jefe de la secretaria de desarrollo sostenible viendo la necesidad de un área grande, sugirió enfocar el proyecto en un terreno que probablemente en un futuro será de propiedad del municipio, ya que se ha venido realizando por parte de la administración ofertas de compra al propietario del predio.

El predio sobre el cual se proyecta edificar el Centro de Desarrollo Infantil y Centro Vida se encuentra localizado dentro de la zona urbana del municipio de Apulo Cundinamarca, exactamente sobre la carrera séptima (antigua la vía férrea), actualmente no cuenta con nomenclatura.



Ilustración 3: Localización del predio en el que se diseñara el Centro de Desarrollo Infantil y el Centro Vida.

Fuente: Google Earth.

Véase en el anexo 9 el enlace de descarga del plano de localización del terreno.

El lote en su parte frontal colinda con la carrera 7, sobre el lindero posterior colinda con cinco predios privados con las siguientes cédulas catastrales:

- Predio N°1: 010000790020000
- Predio N°2: 010000790023000
- Predio N°3: 010000790024000
- Predio N°4: 010000790025000
- Predio N°5: 010000790026000

Sobre el lindero izquierdo dos predios, uno de ellos es la antigua bodega de equipaje de ferrocarriles nacionales de Colombia y tienen las siguientes cédulas catastrales:

- Predio N°1: 010000790045000
- Predio N°2: 010000790046000

Por último, sobre el lindero derecho, dos predios y una vía interna de acceso a uno de los predios de la parte posterior, las cédulas catastrales de estos dos predios son las siguientes:

- Predio N°1: 010000790032000
- Predio N°2: 010000790031000

A continuación, se muestran unas evidencias fotográficas del predio:



Ilustración 4: Entrada al predio, sobre la carrera séptima.

Fuente: Autores del proyecto.



Ilustración 5: Imagen interna del predio.

Fuente: Autores del proyecto.



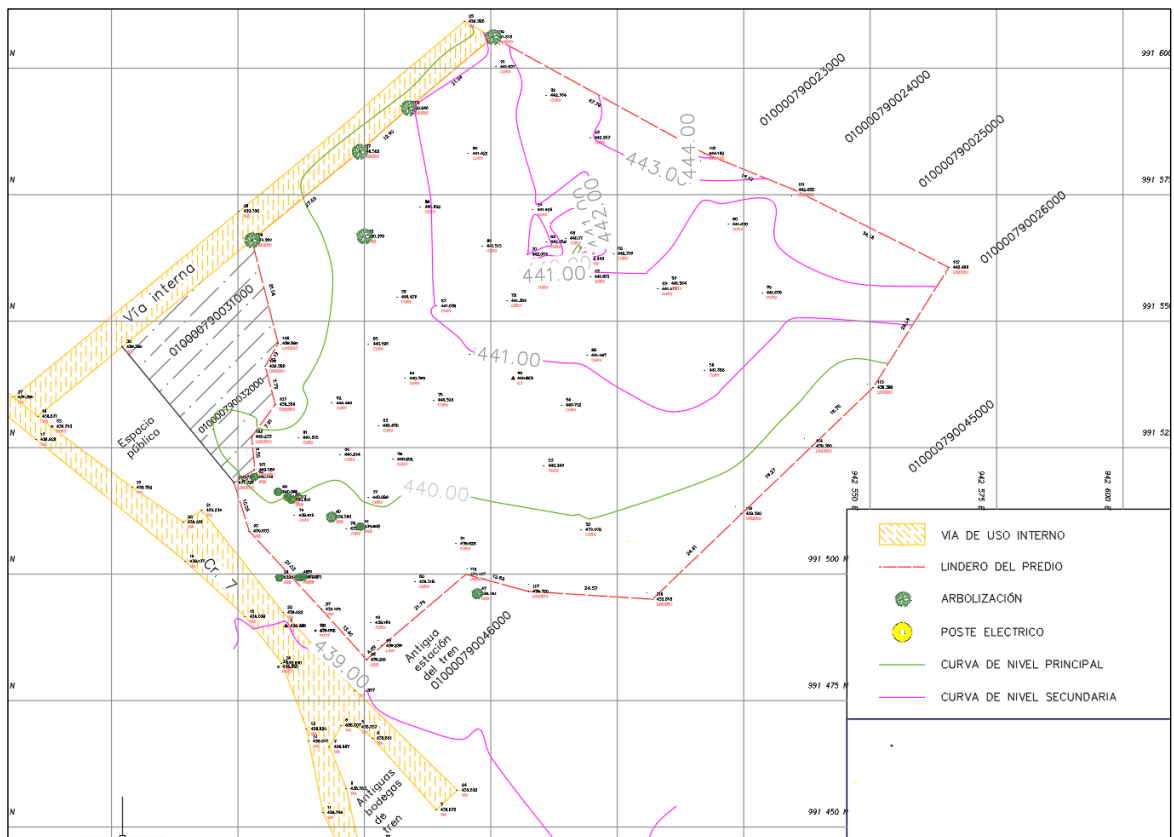
Ilustración 6: Antigua bodega de equipaje de ferrocarriles nacionales de Colombia.

Fuente: Autores del proyecto.

En la ilustración 5 se observa la entrada al predio, esta foto se tomó sobre la carrera séptima, en esta carretera actualmente se encuentran los rieles del tren que antiguamente pasaba por allí. En la ilustración 6 se observa la parte interna del predio, en donde se evidencia que no hay ninguna construcción. En la ilustración 7 se observa el lindero izquierdo del lote en donde se encuentra la antigua bodega de equipaje de la empresa de ferrocarriles, dicho predio tiene valor histórico.

8.4.1 Levantamiento Topográfico. Para efectuar un reconocimiento espacial más detallado del predio se realizó el levantamiento topográfico del terreno, esta labor fue llevada a cabo con la ayuda del topógrafo Carlos Mario Cruz Torres. Véase en el anexo 10 la información de dicho topógrafo.

8.4.1.1 Plano levantamiento topográfico. Se realizó el levantamiento mediante una estación total de la marca Topcon de 2", se tomaron puntos de la carrera séptima, de los árboles, de los postes de luz, de los rieles del tren, de linderos y para cuervas de nivel. A continuación, en la siguiente imagen se observa el plano topográfico, resultado de la información obtenida en el trabajo de campo.



Plano 1 levantamiento Topográfico.

Fuente: Plano topográfico realizado por Carlos Mario Cruz Torres.

Si se desea observar más detalladamente el plano topográfico, en el Anexo 12 se podrá encontrar un el enlace de descarga.

En la siguiente tabla se podrá observar los puntos topográficos obtenidos en el levantamiento. Estos puntos topográficos poseen nombre, información de coordenadas rectangulares, cota sobre el nivel del mar y una descripción para poder identificarlos.

Tabla 52: Tabla de Coordenadas Reales.

CUADRO INFORMATIVO					
DELTA	PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCIÓN
D1		991489,747	942434,517	438,988	D1
D2		991420,662	942499,04	438,821	D2
	3	991453,43	942464,214	438,872	VIA
	4	991467,577	942451,601	438,881	VIA
	5	991469,782	942448,586	438,857	VIA
	6	991470,13	942445,409	438,807	VIA
	7	991465,832	942443,148	438,807	VIA
	8	991457,585	942446,444	438,783	VIA
	9	991438,862	942450,519	438,332	VIA
	10	991441,904	942446,948	438,685	VIA
	11	991452,842	942441,845	438,746	VIA
	12	991466,941	942439,011	438,817	VIA
	13	991469,374	942438,594	438,82	VIA
	14	991482,41	942433,702	438,89	VIA
	15	991491,584	942426,496	439,038	VIA
	16	991502,511	942414,628	439,137	VIA
	17	991526,581	942385,121	439,628	VIA
	18	991531,1708	942385,4428	439,671	VIA
	19	991517,112	942404,131	439,35	VIA
	20	991510,278	942414,219	439,241	VIA
	21	991512,609	942417,902	439,234	VIA
	22	991492,425	942433,946	439,022	VIA
	23	991477,034	942448,15	438,887	VIA
	24	991457,295	942468,408	438,832	VIA
	25	991609,247	942469,79	439,38	VIA
	26	991571,748	942425,297	439,38	VIA
	27	991534,967	942380,614	439,38	VIA
	28	991539,017	942375,462	439,38	VIA
	29	991536,562	942372,886	438,685	VIA
	30	991544,921	942402,147	439,38	VIA
	31	991444,379	942452,388	438,463	POST
	32	991481,679	942432,996	438,885	POST
	33	991529,2	942388,288	439,743	POST
	34	991488,821	942440,336	439,088	POST
	35	991442,339	942451,761	438,491	ARB
	36	991438,373	942453,852	438,409	ARB
	37	991447,067	942453,294	438,516	ARB
	38	991499,333	942433,164	439,146	ARB
	39	991499,419	942437,823	439,171	ARB
	40	991511,307	942443,498	439,58	ARB
	41	991509,38	942449,168	439,605	ARB
	42	991514,67	942435,551	440,001	ARB
	43	991515,201	942434,808	440,117	ARB
	44	991516,259	942432,926	440,154	ARB

	45	991519,2033	942428,2116	440,118	ARB
	46	991566,736	942450	440,359	ARB
	47	991496,102	942472,3	439,481	ARB
	48	991499,377	942437,053	439,142	ARB
	49	991490,395	942451,33	439,169	CURV
	50	991498,475	942460,008	439,318	CURV
	51	991506,006	942468,142	439,628	CURV
	52	991508,8128	942492,9071	439,902	CURV
	53	991521,446	942485,543	440,348	CURV
	54	991533,428	942489,012	440,712	CURV
	55	991543,235	942494,05	441,067	CURV
	56	991540,3025	942517,3638	441,388	CURV
	57	991556,3486	942508,0402	441,613	CURV
	58	991557,472	942509,871	441,564	CURV
	59	991555,6445	942528,6955	441,605	CURV
	60	991569,136	942521,975	441,09	CURV
	61	991578,276	942511,702	442,903	CURV
	62	991563,356	942499,26	442,718	CURV
	63	991558,785	942494,694	441,815	CURV
	64	991562,333	942493,484	442,248	CURV
	65	991560,835	942485,843	439,845	CURV
	66	991561,311	942491,228	439,94	CURV
	67	991564,472	942492,793	439,954	CURV
	68	991566,391	942489,835	440,177	CURV
	69	991565,649	942485,992	442,459	CURV
	70	991563,217	942482,316	442,004	CURV
	71	991560,055	942480,835	441,78	CURV
	72	991557,647	942483,436	441,791	CURV
	73	991554,03	942478,199	441,364	CURV
	74	991543,474	942470,881	440,98	CURV
	75	991534,415	942463,719	440,528	CURV
	76	991522,686	942455,679	440,202	CURV
	77	991515,14	942450,802	440,089	CURV
	78	991508,987	942446,398	439,452	CURV
	79	991511,592	942436,208	439,615	CURV
	80	991523,624	942445,256	440,294	CURV
	81	991526,967	942437,012	440,305	CURV
	82	991533,786	942443,648	440,48	CURV
	83	991529,352	942452,824	440,43	CURV
	84	991538,679	942458,091	440,769	CURV
	85	991545,505	942450,878	440,596	CURV
	86	991554,799	942456,482	440,479	CURV
	87	991552,971	942464,35	441,036	CURV
	88	991564,843	942473,362	441,513	CURV

	89	991572,566	942461,146	440,892	CURV
	90	991583,131	942470,577	441,422	CURV
	91	991600,264	942476,046	441,621	CURV
	92	991594,645	942485,987	442,364	CURV
	93	991586,264	942494,699	442,957	CURV
	94	991571,999	942483,342	441,925	CURV
	95	991485,816	942453,498	439,239	LIND
	96	991483,083	942450,456	439,241	LIND
	97	991493,047	942441,496	439,149	LIND
	98	991508,503	942427,228	439,603	LIND
D3		991538,687	942479,415	440,863	D3
	100	991518,094	942424,23	439,926	LINDERO
	101	991520,642	942428,351	440,086	LINDERO
	102	991527,161	942427,726	440,233	LINDERO
	103	991533,5399	942432,402	439,38	LINDERO
	104	991541,0666	942430,4008	439,38	LINDERO
	105	991545,5944	942432,9458	439,38	LINDERO
	106	991566,0111	942427,7685	439,38	LINDERO
	107	991583,543	942449,067	440,582	LINDERO
	108	991592,095	942458,727	440,946	LINDERO
	109	991606,157	942475,437	441,813	LINDERO
	110	991583,137	942517,318	444,192	LINDERO
	111	991575,941	942535,011	442,455	LINDERO
	112	991560,633	942565,569	442,499	LINDERO
	113	991536,8818	942550,5954	439,38	LINDERO
	114	991525,2789	942538,5021	439,38	LINDERO
	115	991511,9377	942524,597	439,38	LINDERO
	116	991495,0393	942506,9843	439,808	LINDERO
	117	991496,571	942482,451	439,38	LINDERO
	118	991499,953	942470,085	439,467	LINDERO
	120	991256,1053	942565,569	442,499	LINDERO

Fuente: Levantamiento topográfico realizado por Carlos Mario Cruz Torres.

8.4.1.2 Características del terreno. Después de realizar el levantamiento topográfico del predio y las correspondientes curvas de nivel, se pudo analizar detalladamente la morfología del terreno y se pudieron encontrar las siguientes características:

- ✓ El predio tiene un área total de 10494,49 m² lo que equivale a 1,05 Hectáreas.
- ✓ El punto más bajo del terreno está en la cota 438,40 metros y el punto más alto está en la cota 442,49 metros.
- ✓ La diferencia de alturas entre el punto más bajo y alto es de 4,09 metros
- ✓ El terreno aproximadamente en un 80 % es llano con presencia de vegetación nativa y en un 20 % es irregular.

Véase en el anexo 11 evidencias fotográficas de la realización del levantamiento topográfico del terreno.

8.5 DISEÑO URBANISTICO

Para la realización del diseño de urbanismo del proyecto se tuvo en cuenta los parámetros establecidos en el E.O.T del año 2000. Se tendrán en cuenta los siguientes aspectos del E.O.T:

- Uso de suelo.
- Clasificación de uso institucional.
- Cupos de parqueo.
- Equipamiento comunal.
- Áreas de cesión (Cesión tipo A).
- Áreas de afectación.
- Índice de ocupación.

8.5.1 Uso de suelo. En el municipio de Apulo, de acuerdo con lo que reglamenta el E.O.T 200, están permitidos los siguientes usos del suelo urbano:

- Uso residencial.
- Usos comerciales (actividades mercantiles de servicios).
- Usos industriales.
- Usos cívicos e institucionales.

De acuerdo con lo establecido en la formulación del componente urbano del esquema de ordenamiento territorial del municipio de Apulo en el inciso 3.2.6.2, se identificó que gracias que el predio se encuentra sobre la carrera 7, se localiza en una zona residencial consolidada general (Z-R-C-G), dicha zona tiene los siguientes usos:

- Usos principales, donde se encuentran viviendas unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares en predios menores a 150 m² y multifamiliares en predios mayores a 150 m².
- Usos complementarios, donde se encuentra el uso comercial, uso de oficinas en su totalidad, uso institucional, de influencia local y por último uso industrial.

Con la información anterior se determina que el uso de suelo para el predio es Residencial, teniendo la opción de tener usos complementarios (Comercial, oficinas en su totalidad, institucional, e industrial clase 1A y 1B); Para el caso del terreno de estudio del presente documento el uso de suelo será complementario de tipo Institucional.

8.5.2 Clasificación de uso institucional. El E.O.T 2000 del municipio de Apulo clasifica en clase 1 y clase 2 el uso institucional.

Se analizó detalladamente las características de los dos tipos de clasificación y se llegó a la conclusión de que se le dará al predio ambos usos. Esto sucede debido a que dentro de la clasificación de uso institucional clase 1 incluyen centros educativos como lo son jardines infantiles que son compatibles con los servicios que brinda el Centro de Desarrollo Infantil y en la clasificación de uso institucional clase 2 incluyen centros asistenciales como lo son ancianatos y hogares de paso que son compatibles con los servicios que brinda el Centro Vida.

8.5.3 Cupos de parqueo. El E.O.T en el inciso 3.2.4.6, establece, que “todos los predios destinados a los diferentes usos permitidos en los diferentes tratamientos deben cumplir con una cuota de estacionamiento cubiertos o al aire libre, de acuerdo con el plano de tratamientos” (Apulo Cundinamarca, 2000).

En el inciso 3.2.4.6.1 del E.O.T 2000 se establecen las exigencias de cupos de parqueo, por medio de una tabla donde se encuentran la totalidad de los usos y áreas de actividades y sus correspondientes exigencias de cupos de parqueo. A continuación, se observará la exigencia que le corresponde al predio de estudio del presente documento:

Tabla 53: Exigencias de parqueo para el tipo de uso.

USOS Y AREAS DE ACTIVIDADES	EXIGENCIAS
INSTITUCIONALES CLASE II - ZONA RECIDENCIAL GENERAL V.I.S	PRIVADO: 1 X 180m ² A.N.C

Nota	A.N.C - ÁREA NETA CONSTRUIDA
------	------------------------------

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial 2000, de Apulo Cundinamarca.

En la tabla anterior el E.O.T establece que se debe de contar con un cupo de parqueo por cada 180 metros cuadrados de área neta construida. Se procedió a calcular el área neta construida del proyecto mediante la suma de cada una de las áreas construidas de las estructuras que conforman el Centro de Desarrollo Infantil y el Centro Vida. A continuación, en la siguiente tabla se observa el cálculo de área neta construida:

Tabla 54: Cálculo de área neta construida.

ÁREA NETA CONSTRUIDA		
CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL	ESTRUCTURA 1	361,99 m2
	ESTRUCTURA 2	845,62 m2
	ESTRUCTURA 3	459,38 m2
	ESTRUCTURA 4	294,74 m2
CENTRO VIDA	ESTRUCTURA 1	361,99 m2
	ESTRUCTURA 2	541,18 m2
	ESTRUCTURA 3	197,04 m2
ÁREA NETA TOTAL		3061,94 m2

Fuente: Autores del proyecto.

El área neta total construida es de 3061.94 metros cuadrados, esta área se dividirá con la exigencia que se muestra en la tabla 53 y que corresponde a 180 metros cuadrados, en la siguiente tabla se muestra el resultado de la operación mencionada:

Tabla 55: Cupos de parqueo requeridos.

ÁREA TOTAL NETA CONSTRUIDA	3061,94 m2
EXIGENCIAS DEL REGLAMENTO PARA UN CUPO DE PARQUEO	180 m2 A.N.C
CANTIDAD DE CUPOS DE PARQUEO	18 Und

Fuente: Autores del proyecto.

En total se requiere 18 unidades de estacionamiento, con dimensiones mínimas de 4.5m x 2.2m, estas dimensiones mínimas las establece el E.O.T en el inciso 3.2.4.6.2.1, en seguida se muestra el diseño de parqueadero:

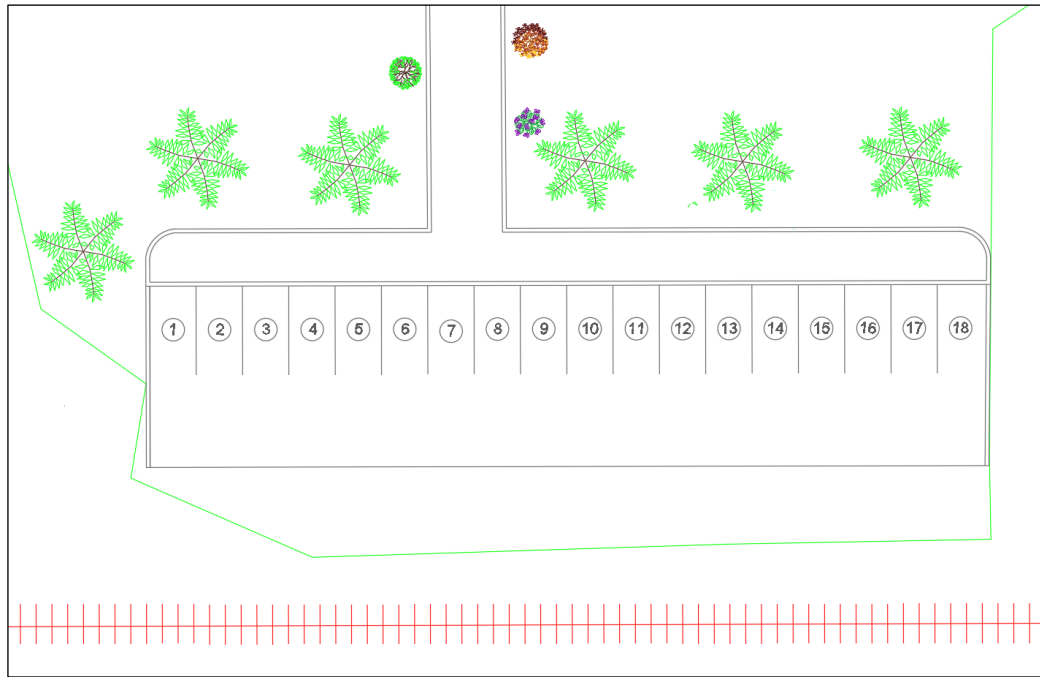


Ilustración 7: Diseño de parqueadero.

Fuente: Autores del proyecto.

El parqueadero cuenta con 18 unidades de parqueo, es decir, cumple con el número mínimo establecido en la tabla 53 el presente documento, cada unidad de parqueo cumple con las dimensiones mínimas de 4.5m x 2.2m.

8.5.4 Equipamiento comunal. El equipamiento comunal son las diferentes áreas de propiedad que pueden ser utilizadas para uso privado comunal. En este proyecto se tomarán como equipamiento comunal las áreas verdes y caminos. El E.O.T 2000 exige equipamientos comunales a las obras nuevas donde se proyectan más de 1200 m² de construcción, requisito que cumple el presente proyecto, ya que cuenta con un área neta construida de 3061.94 m².

En la tabla de proporciones que se encuentra en el inciso 3.2.5.8.6 del E.O.T 2000, se establece la proporción para calcular el área mínima de equipamiento comunal y los diferentes usos que se le puede dar. En la tabla 58 se muestra los requisitos para uso institucional:

Tabla 56: Proporción de equipamiento comunal exigida.

USO	EQUIPAMIENTO COMUNAL Y DESTINACIONES			
	PROPORCION EXIGIDA	RECREATIVOS Y ZONAS VERDES	SEVICIOS COMUNALES	ESTACIONAMIENTOS ADICIONALES
INSTITUCIONAL	10 m2 por cada 120m2 A.N.C	Minimo 30%	Maximo 20%	Minimo 30%

Nota	A.N.C - ÁREA NETA CONSTRUIDA
------	------------------------------

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial 2000, de Apulo Cundinamarca.

La proporción de equipamiento comunal exigida para uso institucional es que se destinaran 10 metros cuadrados de equipamiento comunal por cada 120 metros cuadrados de área neta construida.

Como se muestra en la tabla 54 el área neta construida del proyecto es de 3061.94 metros cuadrados. Por medio de la siguiente tabla se calcula el área de equipamiento comunal requerida para el proyecto:

Tabla 57: Área de equipamiento comunal.

ÁREA TOTAL NETA CONSTRUIDA	3061,94 m2
EXIGENCIA DEL REGLAMENTO PARA EQUIPAMIENTO COMUNAL (10 m2 por cada 120 m2 A.N.C)	120 m2 A.N.C
ÁREA DE EQUIPAMIENTO COMUNAL	255,16 m2

Fuente: Autores del proyecto.

En total se requiere 255.16 metros cuadrados de equipamiento comunal, que será utilizado en un 100% para usos recreativos y zonas verdes, tal como se establece en la tabla 56 del presente documento.

8.5.5 Áreas de cesión. Después de establecer el uso de suelo, la clasificación de uso institucional, los cupos de parqueo y el equipamiento comunal, se procede a determinar el área de cesión que exige el ente municipal en el EOT. Es importante resaltar que la norma urbana del municipio solo tiene un tipo de cesión, que es el tipo A, estos espacios son de uso público y se pueden utilizar para usos recreativos, equipamiento comunal y complementarios del sistema vial.

En la siguiente tabla se muestra el porcentaje mínimo de cesión tipo A que debe de cumplirse, para un uso institucional tipo 1 y 2.

Tabla 58: Porcentaje de cesión tipo A, para uso institucional tipo 1 y 2.

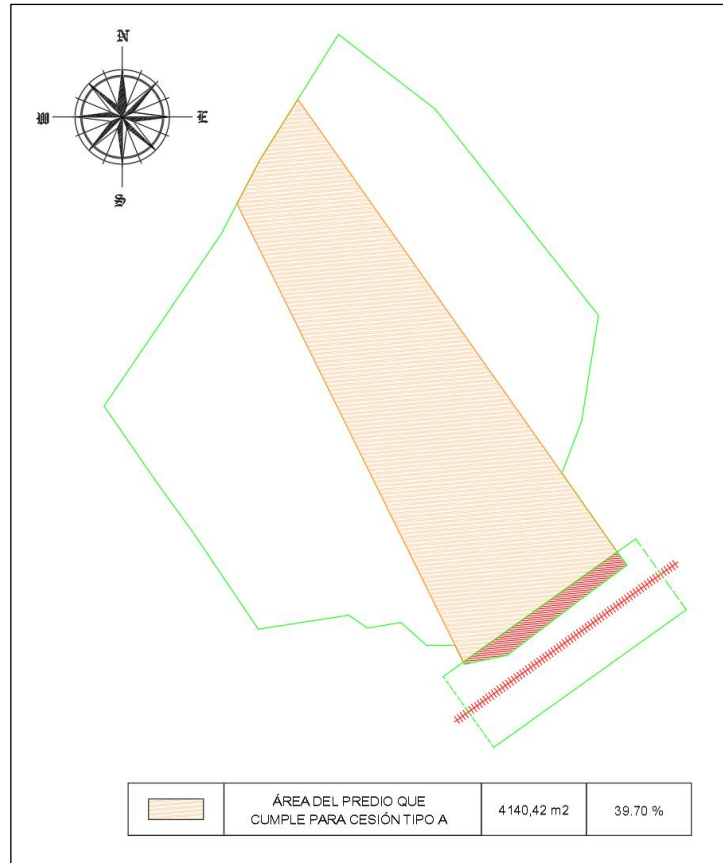
ÁREA DE ACTIVIDADES	ZONA	USO PRINCIPAL	USO COMPLEMENTARIO	CESIÓN TIPO A	DENSIDAD Viv/Ha NETA	INDICE DE OCUPACIÓN
MÚLTIPLE	RESIDENCIAL GENERAL	Vivienda, Comercio, Institucional Clase 1 y 2, Industrial de bajo impacto		25%	60	50%

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial 2000, de Apulo Cundinamarca.

El área mínima de sesión tipo A es del 25% del área total del predio, este porcentaje corresponde a 2607.1 metros cuadrados.

Para determinar espacialmente el área de cesión tipo A, se deben de seguir las recomendaciones dadas por el E.O.T en el inciso 3.2.9.4, el proceso que se especifica dentro de este inciso se explica detalladamente en el marco teórico del presente documento.

Después de realizar el proceso de determinación del área que cumple para ser cesión tipo A, se obtuvo el siguiente plano:



Se identifica un área total de 4140.42 metros cuadrados, que cumplen con los requisitos para poder ser utilizados como cesión tipo A.

8.5.6 Áreas de afectación. En el predio se identificó solamente un tipo de afectación, esta afectación es debida a que existe unos rieles de tren pertenecientes a la antigua empresa de ferrocarriles de Colombia. La norma urbana considera como patrimonio histórico y cultural una distancia específica desde el eje de estos rieles. La longitud de esta distancia entre ejes es determinada por la E.O.T (2000) de la siguiente manera:

La zona del eje central de la carrilera y su ancho de vía, es decir de 10 metros a lado y lado, se determina como zona restringida para cualquier tipo de construcción que allí se pretenda realizar y se declara Zona de Patrimonio Histórico y Cultural. Cualquier tipo de construcción, refacción, remodelación y en general cualquier obra en defensa de la conservación que se quiera efectuar debe contar con la autorización previa del Ministerio de Cultura.

De esta manera en cumplimiento a lo establecido en la norma urbana del municipio, se procedió a dibujar los 10 metros de lado a lado desde el eje de los rieles del tren que se localizaron con exactitud mediante el levantamiento topográfico, con el fin de poder determinar si esta longitud afecta el terreno y en caso de que, si lo hiciera, cuanto es el área de afectación del predio.

En el siguiente plano se observa el proceso identificación de área de afectación:

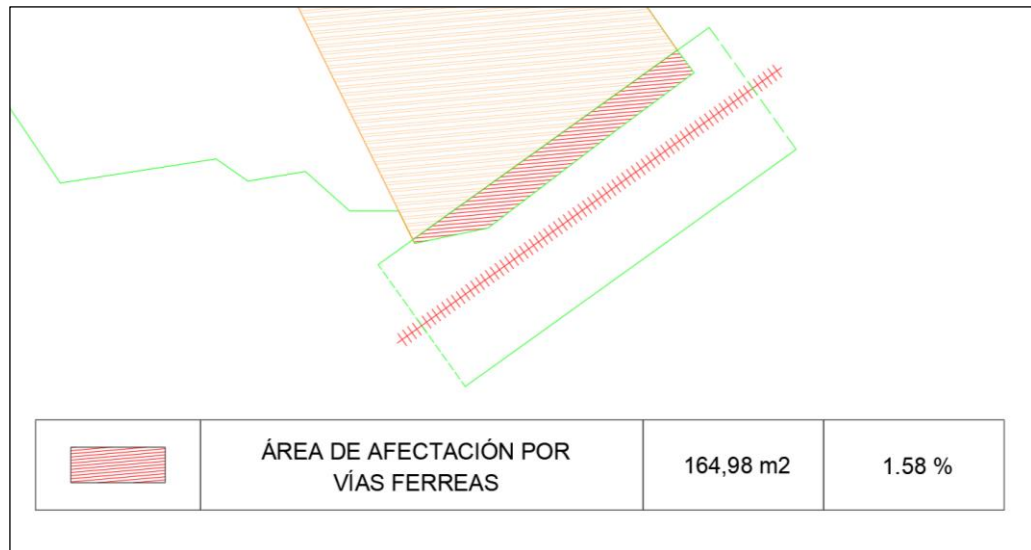


Ilustración 8: Áreas de afectación del predio, debido a las vías férreas.

Fuente: Autores del proyecto.

En el anterior plano se puede evidenciar de que el predio si fue afectado por la zona restringida de los rieles del tren, en total el área de afectación es de 154.98 metros cuadrados, que equivale a un 1.58% del área total del lote.

Estos 154.98 metros cuadrados no se podrán intervenir por ningún motivo, así que no se va a proponer ningún diseño en esta porción de terreno.

8.5.7 Índice de ocupación. Teniendo claro el porcentaje del área que se debe dejar como cesión, se procede a establecer el índice de ocupación o índice de construcción que permite la norma urbana para ese tipo de edificaciones institucionales.

En la tabla 58 se puede observar que el índice de ocupación para este tipo de usos es del 50 %, lo que significa que, de los 10428,4 metros cuadrado del predio, solo se pueden construir 5214,2 metros cuadrados, área que se debe de dividir entre el Centro de Desarrollo Infantil y el centro de vida. En la siguiente ilustración se muestra el plano donde se encuentra la distribución final de las áreas de acuerdo con el uso que se les dará, siguiendo los parámetros dados por el E.O.T 2000.

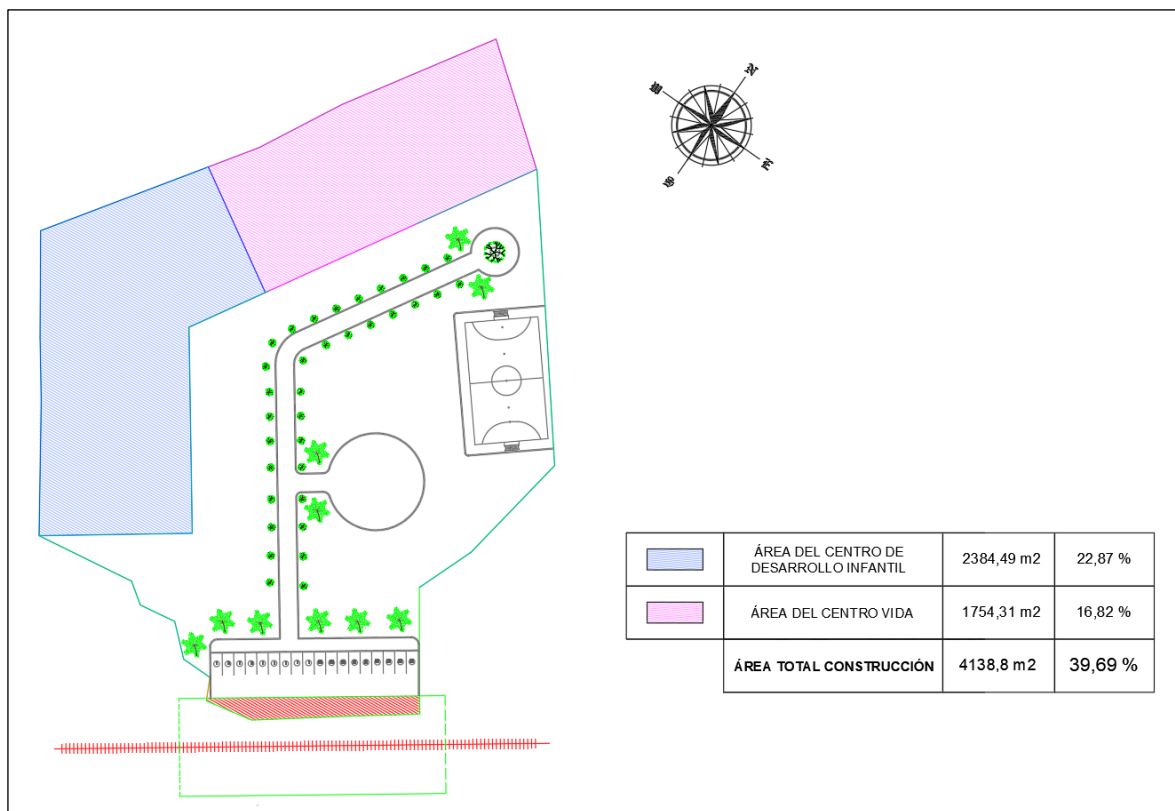


Ilustración 9: Área total de construcción (Índice de construcción).

Fuente: Autores del proyecto.

El área total que ocuparan las edificaciones del Centro de Desarrollo Infantil y el Centro Vida sera de 4138,8 metros cuadrados que corresponden a un porcentaje en base al area total de 39.69%, este porcentaje es permitido porque no excede el 50% maximo de indice de construcción.

8.5.8 Diseño urbanístico. Después de evaluar cada uno de los siete puntos anteriores, se tiene como resultado el conocer la distribución que permite la norma urbana para todas las áreas del predio y se tiene como resultado el diseño final del urbanismo.

En la siguiente ilustración se muestra el plano final del urbanismo, con el cuadro de áreas donde se especifican todos los usos que tendrá el predio:

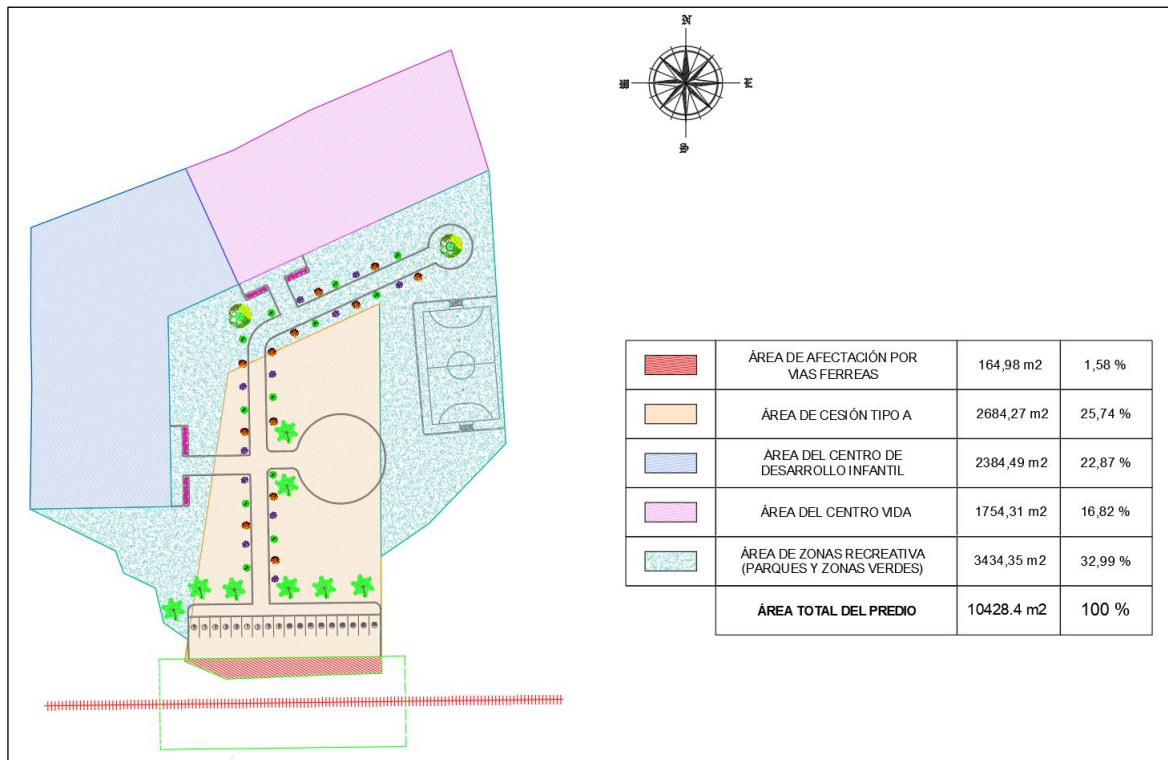


Ilustración 10: Diseño de urbanismo del predio.

Fuente: Autores del proyecto.

En el plano anterior se observa que el predio en la parte de la entrada contara con un parqueadero en donde se pueden estacionar 18 vehiculos, tambien posee diferentes caminos internos que permiten entrar a cada una de las edificaciones institucionales, ademas de un espacio para instalar un parque biosaludable y una cancha de micro futbol, por ultimo el predio cuenta con extensas áreas verdes de uso publico para el esparcimiento y recreación de las personas.

Vease en el anexo 13 el enlace de descarga del plano urbanistico en formato AutoCad y en PDF.

8.6 DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Después de realizar la proyección de población para conocer la capacidad de ambas estructuras y el levantamiento topográfico que permite conocer las características del terreno sobre el cual se proyecta edificar; se procesa a realizar los diseños arquitectónicos de la edificación del Centro de Desarrollo Infantil y el Centro Vida.

Para el diseño de los espacios y las áreas mínimas que deben de cumplir, se tendrán en cuenta documentos oficiales que reglamenten el diseño de este tipo de edificaciones de uso institucional.

En el proceso de diseño arquitectónico se realizarán los siguientes planos por cada una de las estructuras que los conforman:

1. Urbanismo y distribución de las diferentes áreas.
2. Diseño arquitectónico centro desarrollo infantil.
3. Estructuras que conforman la edificación (áreas de la estructura).
4. Ejes estructurales.
5. Ejes estructurales unificados de todas las estructuras.
6. Vigas aéreas.
7. Cargas vivas de la estructura.
8. Diseño de techo.
9. Tipos de ventanas.
10. Escaleras (si aplica).

Los planos realizados, serán revisados y firmados por una arquitecta, quien les dará el visto bueno mediante una carta que se encuentra en el anexo 14.

8.6.1 Diseño Arquitectónico del Centro de Desarrollo Infantil. El diseño del Centro de Desarrollo Infantil responde a las necesidades de la población de la primera infancia del municipio de Apulo. El diseño de la edificación se realizará dentro del área establecida en el diseño urbanístico del proyecto.

El diseño arquitectónico se dividirá en tres fases y son las siguientes:

1. Determinar los espacios y áreas mínimas con las que debe ser diseñado un centro de desarrollo infantil, teniendo en cuenta la cantidad de población que se requiere atender.
2. Distribución de los tipos de área.
3. Diseño Arquitectónico.

8.6.1.1 Determinación de espacios y áreas necesarias para el C.D.I. Para realizar la determinación de los espacios y las áreas mínimas con las que debe contar el Centro de Desarrollo Infantil, se tuvo en cuenta los parámetros establecidos por el Ministerio de Educación dentro del documento denominado “Orientaciones para el cumplimiento de las condiciones de calidad en la modalidad institucional de educación inicial”.

Lo primero que se establece dentro de este documento, es el área mínima que debe de tener el predio en el que se pretende construir el C.D.I. A continuación, se muestra el área mínima y la pendiente máxima que debe de tener el terreno:

Tabla 59: Áreas mínimas para construcción de un C.D.I.

AREAS MINIMAS PARA CONSTRUCCIÓN DE UN CDI		
LOTE	AREA MINIMA	2500 m2
	PENDIENTE MAXIMA	5 %

Fuente: Autores del proyecto.

El predio para la construcción del C.D.I cuenta con un área privada de 2384,49 metros cuadrados y un área exterior de jardines de 200 metros cuadrados, lo que suma un área total de 2584.49 metros cuadrados, además el terreno en su mayoría es plano, sin pendientes superiores al 5%. De acuerdo con lo anteriormente mencionado el predio cumple con las especificaciones indicadas en la tabla 59.

Por medio de la caracterización y la proyección de población se determinó la capacidad mínima con la que se debía de diseñar el Centro de Desarrollo Infantil. El resultado del estudio determino que 353 niños en el rango de 0 a 5 años serán beneficiarios de los servicios que ofrece el centro.

En el componente “Ambientes educativos y protectores” del documento del Ministerio de Educación anteriormente mencionado, se establecen los espacios con los que debe de contar las instalaciones del C.D.I y las áreas mínimas que debe de tener cada uno de esos espacios. El área depende del número de niños que las vayan a utilizar. Estos espacios se dividen en tres grandes grupos y son los siguientes:

- Áreas mínimas de espacios para niños de 0 a 2 años.
- Áreas mínimas de espacios para niños de 2 a 5 años.
- Áreas mínimas de espacios complementarios.

A su vez estos tres grupos se dividen en subgrupos de áreas y son las siguientes:

- Áreas mínimas de espacios para niños de 0 a 2 años.

- Áreas educativas.
- Áreas de servicios sanitarios.

- Áreas mínimas de espacios para niños de 2 a 5 años.

- Áreas educativas.
- Áreas recreativas.
- Áreas de servicios sanitarios.

- Áreas mínimas de espacios complementarios.

- Áreas administrativas.
- Áreas de servicios sanitarios.
- Áreas de servicios de alimentos.
- Áreas de servicios de lavandería.

El Ministerio de Educación dentro del documento de estudio, establece diferentes tipos de áreas para cada uno de los subgrupos anteriormente mencionados. A cada tipo de área establece un factor de área mínima, el cual se multiplica con la cantidad de niños que vayan a hacer uso de ella, como resultado de esta operación se obtiene el área con la que se debe diseñar dicho espacio. A continuación, en las siguientes tres tablas se observará el cálculo de las áreas mínimas para cada uno de los espacios del C.D.I.

- **Áreas mínimas de espacios para niños de 0 a 2 años.**

Tabla 60: Cálculo de áreas mínimas de espacios para niños de 0 a 2 años.

AREAS MINIMAS DE ESPACIOS PARA NIÑOS DE 0 A 2 AÑOS			
TIPO DE ÁREA	TIPO DE ESPACIOS	ESPECIFICACIONES	AREA MINIMA POR ESPACIOS
EDUCATIVA	SALON DE CUNAS	EL ESPACIO POR CADA NIÑA Y NIÑO ES DE MÍNIMO 2 METROS CUADRADOS INCLUYENDO EL ESPACIO UTILIZADO POR CUNAS Y PARA GATEO, DESPLAZAMIENTO Y REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES. EL ÁREA PARA CUNAS OCUPA MÁXIMO EL 50% DEL ÁREA EDUCATIVA TOTAL DESTINADA A LAS NIÑAS Y LOS NIÑOS.	121 m2
	ZONA DE GATEO Y ESTIMULACIÓN		121 m2
	ZONA DE LACTANCIA Y CONSERVACIÓN DE LA LECHE MATERNA	ESTA ZONA SERA ESTRUCTURADA COMO "ZONA NO INTEGRADA". ESTO QUIERE DECIR QUE EL ESPACIO DE AMAMANTAMIENTO O EXTRACCIÓN DE LECHE MATERNA ESTÁ SEPARADO DEL ESPACIO DE RECEPCIÓN, CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA LECHE MATERNA.	NO EXISTE PARAMETRO DE AREA MINIMA
DE SERVICIOS SANITARIOS	ZONA DE APRENDIZAJE DE CONTROL DE EFINTERES Y CAMBIO DE PAÑALES	EL LUGAR DEBE DE CONTAR CON ESPACIOS DE LAVA COLAS.	NO EXISTE PARAMETRO DE AREA MINIMA
		ESPACIO PARA EL APRENDIZAJE DE CONTROL DE ESFÍNTERES CON UNA ZONA PARA UBICAR BACINILLAS	
		ZONA PARA CAMBIO DE PAÑALES Y ASEO DE LAS NIÑAS Y LOS NIÑOS.	
		UN SANITARIO LÍNEA INFANTIL POR SALA CUNA	

Fuente: Autores del proyecto.

Para el salón de cunas y la zona de gateo, el área mínima por cada niña y niño es de mínimo 2 metros cuadrados, en total 121 niños harán uso de estos dos espacios, lo que da un área necesaria de 242 metros cuadrados, esta área se reparte por partes iguales para cada una de las dos zonas.

Para la zona de lactancia, la zona de aprendizaje de control de esfínteres y cambio de pañales no existe ningún parámetro de área mínima.

- **Áreas mínimas de espacios para niños de 2 a 5 años.**

Tabla 61: Cálculo de áreas mínimas de espacios para niños de 2 a 5 años.

AREAS MINIMAS DE ESPACIOS PARA NIÑOS DE 2 A 5 AÑOS			
TIPO DE ÁREA	TIPO DE ESPACIOS	ESPECIFICACIONES	AREA MINIMA POR ESPACIOS
EDUCATIVA	AULAS	EL CDI QUE SE ENCUENTRA EN UN INMUEBLE CONSTRUIDO A PARTIR DEL AÑO 2011, DEBE CUMPLIR CON UN MÍNIMO DE DOS (2.0) METROS CUADRADOS POR CADA NIÑA Y NIÑO SOBRE EL ÁREA PEDAGÓGICA CONSTRUIDA PARA ESE FIN.	464 m ²
RECREATIVA	PATIOS Y ZONAS VERDES	EL ESPACIO INTERNO O EXTERNO DE RECREACIÓN, AL MOMENTO DEL USO, GARANTIZA 2 METROS CUADRADOS POR CADA NIÑA Y NIÑO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES.	464 m ²
	LUDOTECAS		
DE SERVICIOS SANITARIOS	BAÑOS (DISTANCIA MÁXIMA DE 20m DE LAS AREAS EDUCATIVAS)	MINIMO 1 SANITARIO LINEA INFANTIL POR CADA 20 NIÑOS (EN TOTAL SE DEBEN DE REALIZAR 6 SANITARIOS)	NO EXISTE PARAMETRO DE AREA MINIMA
		MINIMO 1 LAVAMANOS POR CADA 20 NIÑOS, INSTALADOS A UNA ALTURA DE 0,45 Ó 0,55 METROS (EN TOTAL SE DEBEN DE REALIZAR 6 LAVAMANOS)	
		UNA DUCHA CON GRIFERIA TIPO TELEFONO, INSTALADA A UNA ALTURA DE 1,1 METROS	
		UN BAÑO PARA NIÑOS CON LIMITACIONES DE MOVILIDAD	

Fuente: Autores del proyecto.

Para las aulas, el área mínima por cada niña y niño es de mínimo 2 metros cuadrados, en total 232 niños harán uso de este lugar, lo que da como resultado un área mínima de espacio para aulas de 464 metros cuadrados. Para la ludoteca, el patio y las zonas verdes, se debe de garantizar como mínimo 2 metros cuadrados por cada niño, en total 232 niños harán uso de estos espacios, lo que da como resultado un área mínima 464 metros cuadrados para ser repartida en estos tres tipos de espacios.

Para los baños no existe ningún parámetro de área mínima, pero si una recomendación, la cual es tener baños a distancias menores de 20 metros de áreas educativas, esto con el fin de que los baños tengan una fácil accesibilidad.

- **Áreas mínimas de espacios complementarios.**

Tabla 62: Cálculo de áreas mínimas de espacios complementarios del Centro de Desarrollo Infantil.

AREAS MINIMAS DE ESPACIOS COMPLEMENTARIOS			
TIPO DE ÁREA	TIPO DE ESPACIOS	ESPECIFICACIONES	AREA MINIMA POR ESPACIOS
ADMINISTRATIVA	ARCHIVO (ARCHIVO DE LA DOCUMENTACIÓN DE NIÑAS Y NIÑOS, TALENTO HUMANO Y LOS SOPORTES ADMINISTRATIVOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SERVICIO)	SE DEBE GARANTIZAR MÍNIMO DOS PUESTOS DE TRABAJO CON UN ÁREA MÍNIMA DE 1,5 METROS CUADRADOS POR PUESTO. UNO DE LOS PUESTOS DE TRABAJO DEBE GARANTIZAR LA PRIVACIDAD PARA LA ATENCIÓN AL PÚBLICO. (EN TOTAL HABRAN 67 PUESTOS DE TRABAJO)	100,5 m ²
	ATENCIÓN AL PÚBLICO (RECEPCIÓN)		
	DEPOSITO DE MATERIAL DIDACTICO Y DE OFICINA		
	ÁREA DE SALUD		
	OFICINA DE TRABAJO PSICOSOCIAL		
DE SERVICIOS SANITARIOS	BAÑOS	UN (1) SANITARIO Y UN (1) LAVAMANOS PARA CADA 15 ADULTOS (EN TOTAL SERIA NECESARIO INSTALAR 5 SANITARIOS Y LAVAMANOS)	NO EXISTE PARAMETRO DE AREA MINIMA
DE SERVICIOS DE ALIMENTOS	COMEDOR	ESTA ÁREA DEBERÁ GARANTIZAR UN PUESTO PARA CADA NIÑO-NIÑA AL MOMENTO DE LA ALIMENTACIÓN. EL ÍNDICE EXISTENTE ES DE MÍNIMO 0,8 METROS CUADRADOS Y SE PODRÁN ORGANIZAR MÁXIMO DOS TURNOS POR SERVIDO.	168 m ²
SERVICIOS DE LAVANDERIA	ZONA DE LAVANDERIA	ZONA DESTINADA PARA EL LAVADO Y SECADO DE LA LENCERÍA DEL CDI. DENTRO DE ESTA ZONA SE DESTINARÁ UN ESPACIO PARA LOS ARTÍCULOS DE ASEO.	NO EXISTE PARAMETRO DE AREA MINIMA

Fuente: Autores del proyecto.

Dentro de los espacios complementarios del Centro de Desarrollo Infantil, se encuentran las áreas administrativas, de servicios sanitarios, de servicios de alimentos y de servicios de lavandería.

El área administrativa se compone de las 5 subáreas especificadas en la tercera fila de la segunda columna de la tabla número 62, para calcular el área mínima de espacios fue necesario calcular el número de empleados necesarios para atender a la población de 353 niños.

A continuación, se observará la cantidad de personal necesaria para atender todas las necesidades de los 353 niños beneficiarios:

Tabla 63: Cargos necesarios para el Centro de Desarrollo Infantil.

CARGO	PROPORCIÓN	CAPACIDAD DEL CDI	TOTAL CARGOS
CORRDINADOR	Uno (1) de tiempo completo para 200 niñas y niños que será responsable de máximo dos centros en municipios contiguos o máximo de tres sedes si quedan en el mismo municipio.	353 Niños	2 CARGOS
MANIPULADOR DEALIMENTOS	Uno por cada 50 niñas y niños, se incrementa proporcionalmente.	353 Niños	8 CARGOS
AUXILIAR ADMINISTRATIVO	Uno por cada 200 niñas y niños, se incrementa proporcionalmente.	353 Niños	2 CARGOS
PROFESIONAL DE APOYO EN SALUD	Uno por cada 200 niñas y niños, se incrementa proporcionalmente.	353 Niños	2 CARGOS
PROFESIONAL DE APOYO PSICOSOCIAL	Uno por cada 200 niñas y niños, se incrementa proporcionalmente.	353 Niños	2 CARGOS
AUXILIAR DE SERVICIOS GENERALES	Uno por cada 50 niñas y niños, se incrementa proporcionalmente.	353 Niños	8 CARGOS

RANGO DE EDAD	PROPORCIÓN	CANTIDAD NIÑOS	TOTAL CARGOS	
3 A 23 MESES	POR CADA 10 NIÑOS DE 3 A 23 MESES SE NECESITA UN(1) DOCENTE Y UN(1) AUXILIAR PEDAGOGICO	121	12 Docentes	12 Auxiliares
24 A 60 MESES	POR CADA 20 NIÑOS DE 24 A 60 MESES SE NECESITA UN(1) DOCENTE	232	12 Docentes	
25 A 60 MESES	POR CADA 35 NIÑOS DE 24 A 60 MESES SE NECESITA UN(1) DOCENTE	232	7 Auxiliares Pedagógicos	
TOTAL DE CARGOS			67 CARGOS	

Fuente: Autores del proyecto.

El cálculo del personal se realizó en cada uno de los cargos, teniendo en cuenta la proporción establecida dentro del documento del Ministerio de Educación. En total se necesitan 67 cargos para el funcionamiento del Centro de Desarrollo Infantil.

Después de calcular la cantidad de cargos del C.D.I, se puede determinar el área mínima para espacios de uso administrativos. El ministerio dentro del documento de estudio especifica que se debe de garantizar como mínimo 1,5 metros cuadrados de área para cada funcionario, de esta manera se calcula que es necesario destinar como mínimo 100,5 metros cuadrados para dicho lugar.

Para el área de comedor, el área mínima por cada persona es de 0,8 metros cuadrados y se podrán organizar máximo dos turnos por servicio. De acuerdo con los parámetros especificados anteriormente se determinó que el área mínima para comedor es de 168 metros cuadrados. Esta área garantiza un puesto para cada niño en el primer turno y para cada trabajador en el segundo turno.

Para los baños y la zona de lavandería no existe ningún parámetro de área mínima.

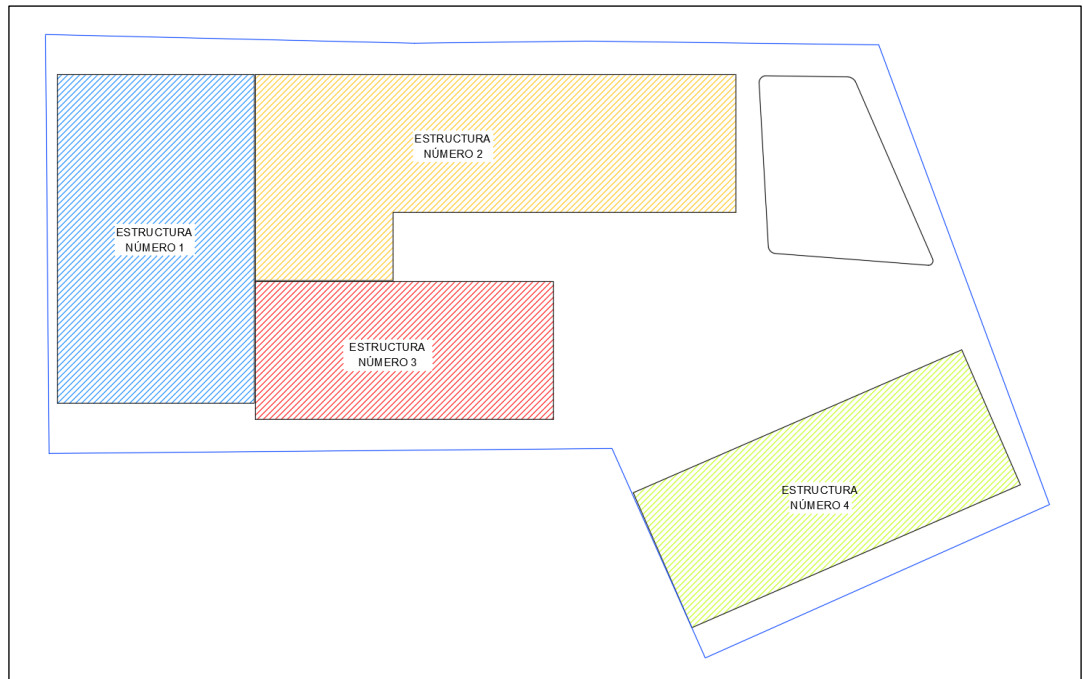
8.6.1.2 Distribución de los tipos de área. Después de identificar las áreas mínimas para cada uno de los espacios del Centro de Desarrollo Infantil, se procede a clasificar cada uno de estos espacios.

Con el fin de realizar un diseño arquitectónico organizado, se decidió a dejar separado la zona administrativa de la zona educativa y recreativa, con el objetivo de que los trabajadores y los niños tengan áreas diferentes y de esta manera mitigar riesgos de accidentes.

Debido a las grandes áreas que se deben de diseñar y a las irregularidades en planta que presenta el anteproyecto del diseño arquitectónico, se procedió a separar el área total de la edificación del C.D.I en áreas más pequeñas y geoméricamente más regulares.

En el siguiente plano se observará el primer nivel de las cuatro diferentes estructuras en las cuales se divide el C.D.I

- **Estructuras nivel 1:**







	ESTRUCTURA NÚMERO 1	361,95 m ²
	ESTRUCTURA NÚMERO 2	422,82 m ²
	ESTRUCTURA NÚMERO 3	229,7 m ²
	ESTRUCTURA NÚMERO 4	294,74 m ²

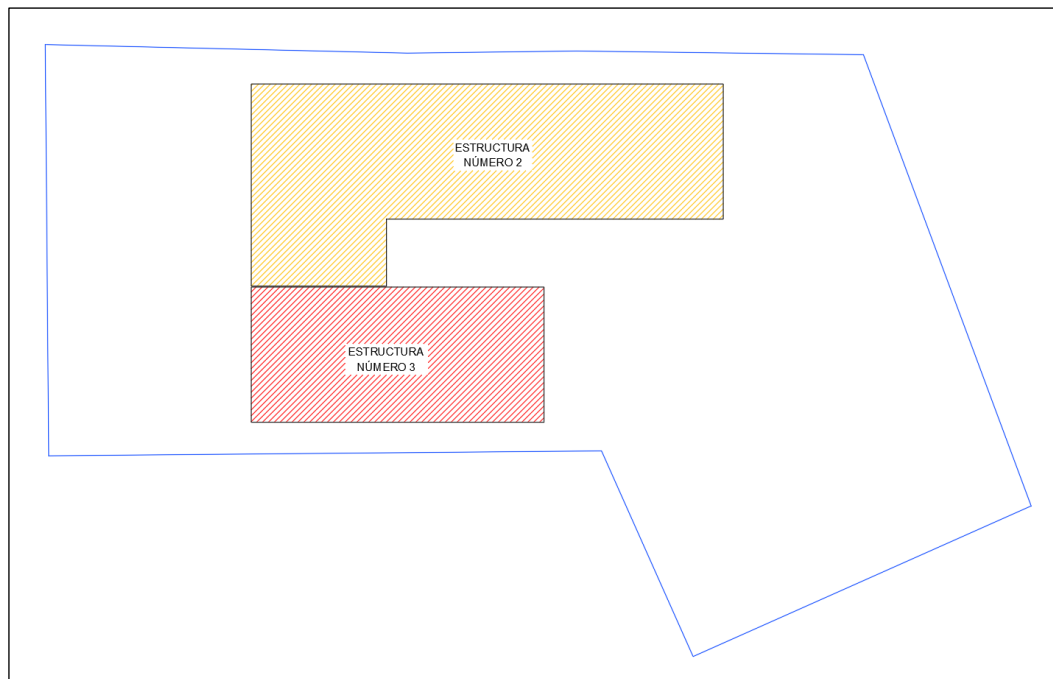
Ilustración 11: Plano del primer nivel de las cuatro estructuras que conforman el CDI.

Fuente: Autores del proyecto.

A continuación, se especifica el uso que se le dará a cada una de las estructuras:

- Estructura 1: Zona Administrativa.
- Estructura 2: Zona de educativa.
- Estructura 3: Zona de Recreación.
- Estructura 4: Zona de Alimentación.
- Zonas verdes: Área de 1072,24 m²

- **Estructuras nivel 2:**





	ESTRUCTURA NÚMERO 2	422,82 m ²
	ESTRUCTURA NÚMERO 3	229,7 m ²

Ilustración 12: Plano del segundo nivel de las cuatro estructuras que conforman el CDI.

Fuente: Autores del proyecto.

A continuación, se especifica el uso que se le dará a cada una de las estructuras:

- Estructura 2: Zona de educativa.
- Estructura 3: Zona de educativa.

La estructura 3 a diferencia del primer piso en donde se le dio un uso recreativo, en el segundo piso se le dará un uso educativo, y estas dos estructuras al igual que en el primer nivel estarán interconectadas.

8.6.1.3 Diseño Arquitectónico. Después de establecer las diferentes estructuras en las que se divide la edificación del C.D.I y los usos que se le darán a cada una de ellas, se procede a realizar el diseño arquitectónico, en donde se diseña detalladamente cada espacio dentro de cada estructura.

En total se realizará el diseño arquitectónico de cuatro estructuras diferentes, las cuales se denominan estructura 1, estructura 2, estructura 3 y por último la estructura 4. A continuación, se podrá observar los diseños arquitectónicos de cada una de ellas, con su respectivo cuadro de áreas:

- **Diseño arquitectónico estructura 1.** La estructura número uno se utilizará como zona administrativa del Centro de Desarrollo Infantil, en la siguiente tabla se especifica los diferentes espacios que conforman esta zona y el área que ocupa cada uno de ellos:

Tabla 64: Áreas de la estructura 1 del Centro de Desarrollo Infantil.

ZONA ADMINISTRATIVA-ESTRUCTURA 1	
Espacio	Área
Portería	6,23 m2
Recepción	13,51 m2
Sala de Espera	19,62 m2
Baño para hombres	15,06 m2
Baño para damas	15,06 m2
Archivo	15,06 m2
Despacho médico y Enfermería	56,57 m2
Deposito	7,33 m2
Sala Polivalente	56,57 m2
Despacho psicología y trabajo social	27,67 m2
Auxiliar Administrativo	12,47 m2
Dirección Y administración	27,67 m2
Corredor y acceso	72,55 m2
Área que ocupan los muros	16,63 m2
ÁREA TOTAL	362,00 m2

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra el plano arquitectónico de la estructura 1 del Centro de Desarrollo Infantil.

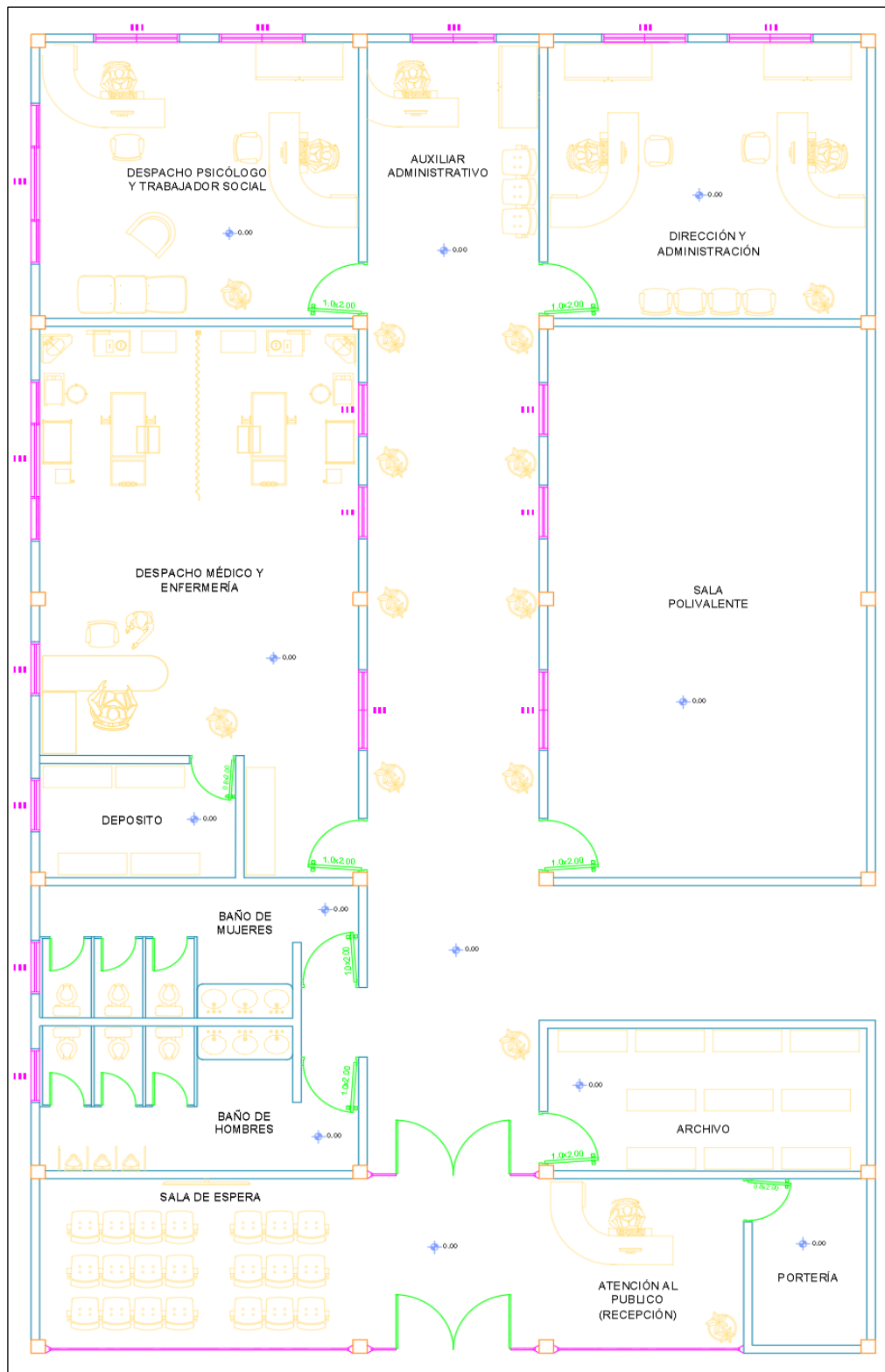


Ilustración 13: Diseño arquitectónico de la estructura 1 del C.D.I. Fuente: Autores del proyecto.

- **Diseño arquitectónico estructura 2.** La estructura número dos se utilizará como zona educativa del Centro de Desarrollo Infantil, en la siguiente tabla se especifica los diferentes espacios que conforman esta zona y el área que ocupa cada uno de ellos:

Tabla 65: Áreas de la estructura 2, nivel número 1 del Centro de Desarrollo Infantil.

ZONA DE EDUCACIÓN, ESTRUCTURA 2 NIVEL 1	
Espacio	Área
Sala de cunas	97,82 m2
Sala de conservación de leche materna	20,36 m2
Zona de lactancia	35,70 m2
Sala zona de gateo	96,83 m2
Sala aprendizaje de control de esfínteres	7,54 m2
Baño para niños de 0 a 2 años	28,24 m2
Escaleras	15,05 m2
Corredor	97,58 m2

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 66: Áreas de la estructura 2, nivel número 2 del Centro de Desarrollo Infantil.

ZONA DE EDUCACIÓN, ESTRUCTURA 2 - NIVEL 2	
Espacio	Área
Aula n° 1	97,82 m2
Aula n° 2	96,83 m2
Aula n° 3	56,30 m2
Bodega	7,54 m2
Baño para niños de 2 a 5 años	28,24 m2
Corredor	97,58 m2
escaleras	15,05 m2

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra el plano arquitectónico de la estructura 2 del nivel 1 y 2 del Centro de Desarrollo Infantil.

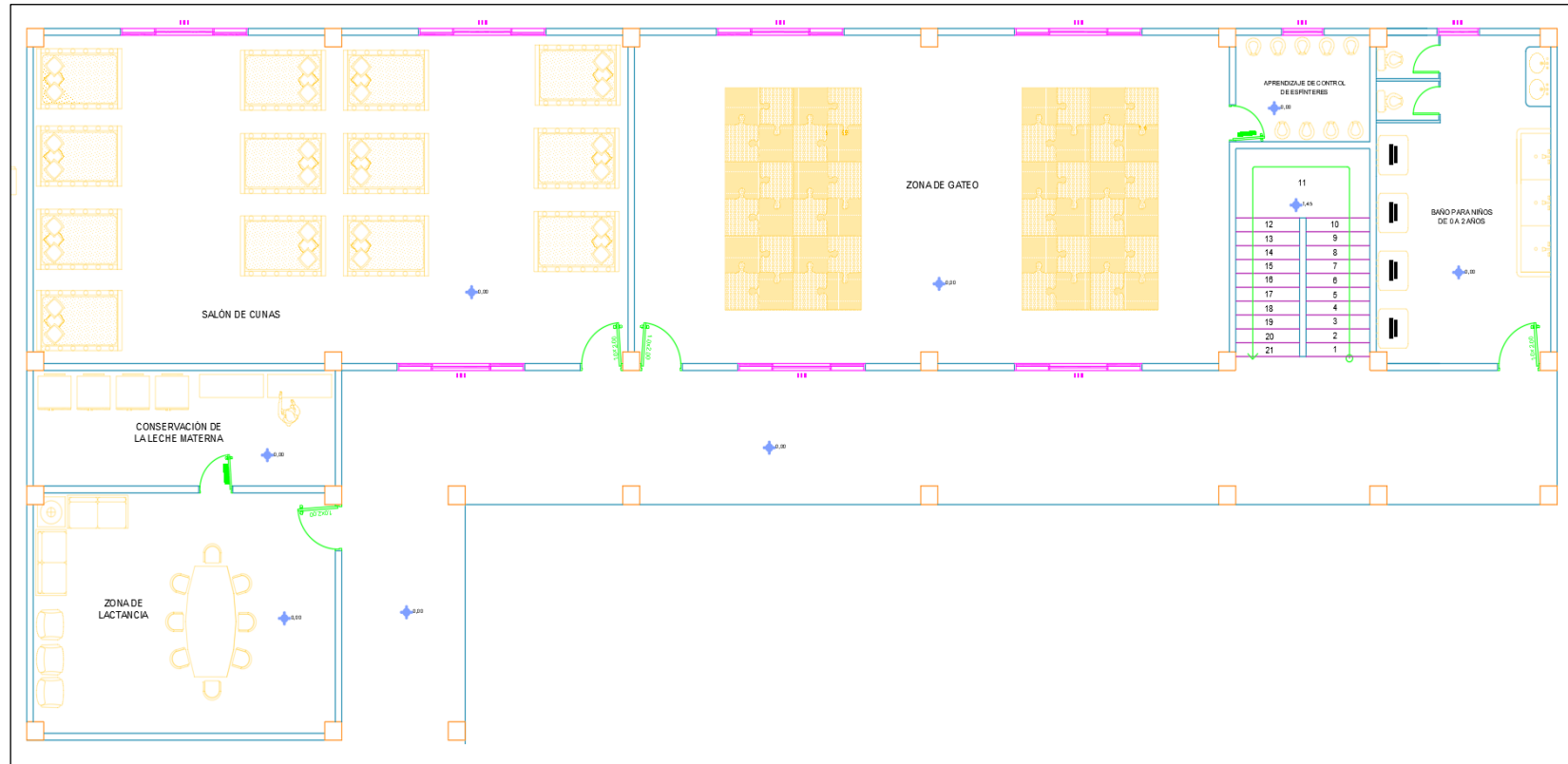


Ilustración 14: Diseño arquitectónico de la estructura 2, nivel 1 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

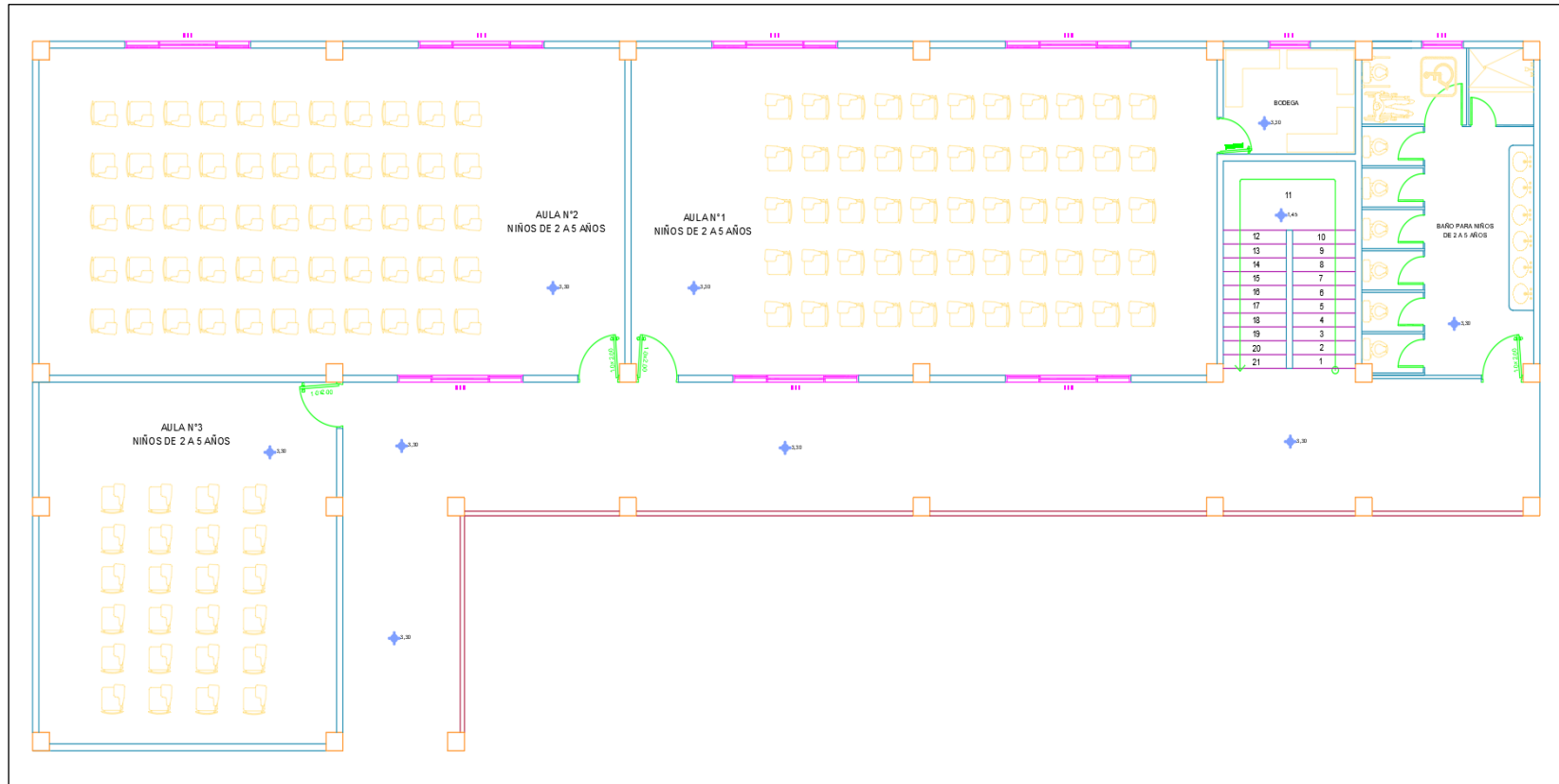


Ilustración 15: Diseño arquitectónico de la estructura 2, nivel 2 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

- **Diseño arquitectónico estructura 3.** La estructura número tres del Centro de Desarrollo Infantil, se utilizará como zona recreacional en el primer nivel y como educativa en el segundo nivel, en la siguiente tabla se especifica los diferentes espacios que conforman esta zona y el área que ocupa cada uno de ellos:

Tabla 67: Áreas de la estructura 3, nivel número 1 del Centro de Desarrollo Infantil.

ZONA DE RECREACIÓN, ESTRUCTURA 3 NIVEL 1	
Espacio	Área
Ludoteca	128,90 m2
Bodega	7,98 m2
Escaleras	16,08 m2
Corredor	63,58 m2

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 68: Áreas de la estructura 3, nivel número 2 del Centro de Desarrollo Infantil.

ZONA EDUCATIVA, ESTRUCTURA 3 NIVEL 2	
Espacio	Área
Aula n° 4	64,45 m2
Aula n° 5	64,45 m2
Bodega	7,98 m2
Escaleras	16,06 m2
Corredor	63,58 m2

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra el plano arquitectónico de la estructura 3 del nivel 1 y 2 del Centro de Desarrollo Infantil

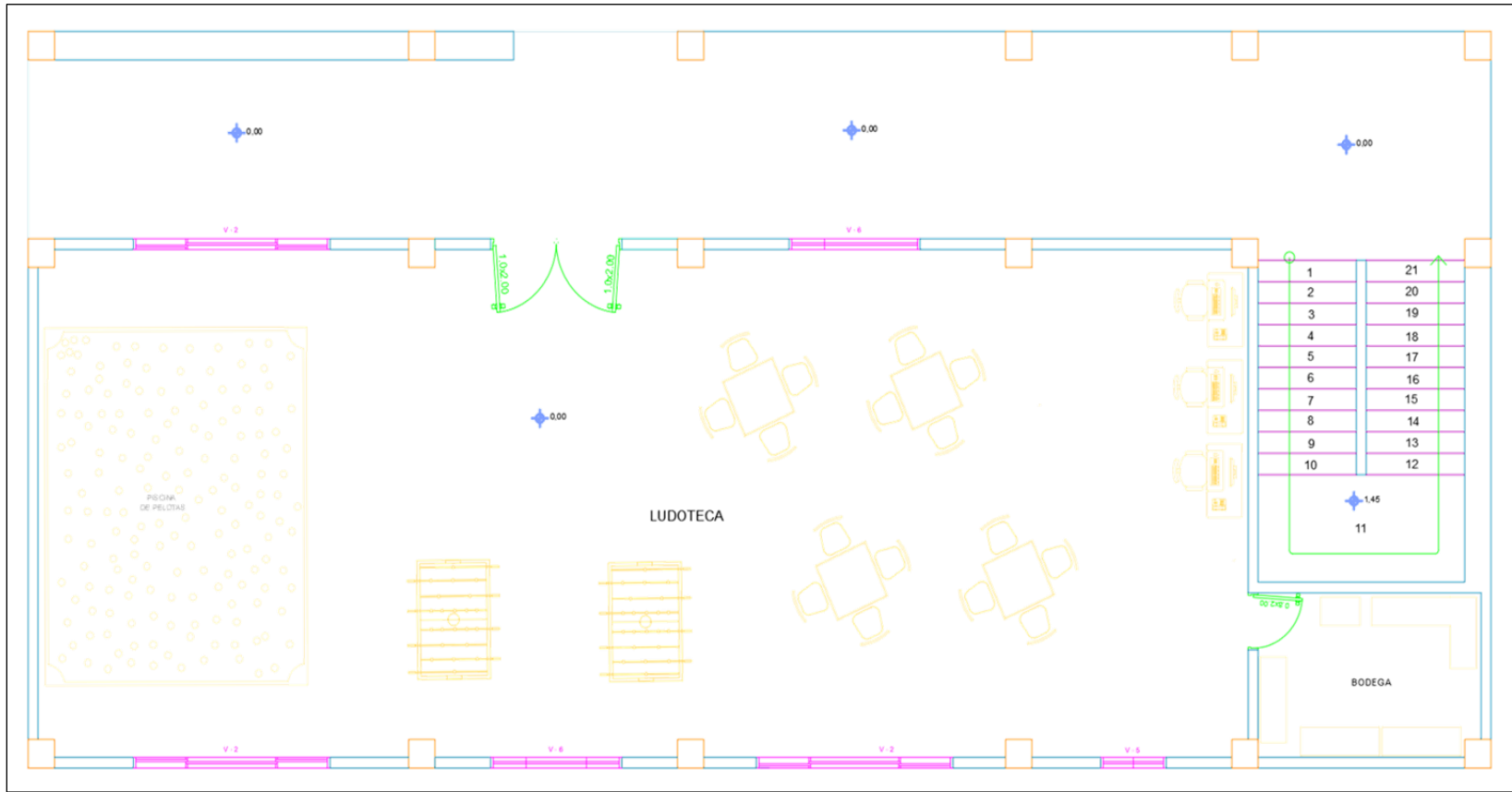


Ilustración 16: Diseño arquitectónico de la estructura 3, nivel 1 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

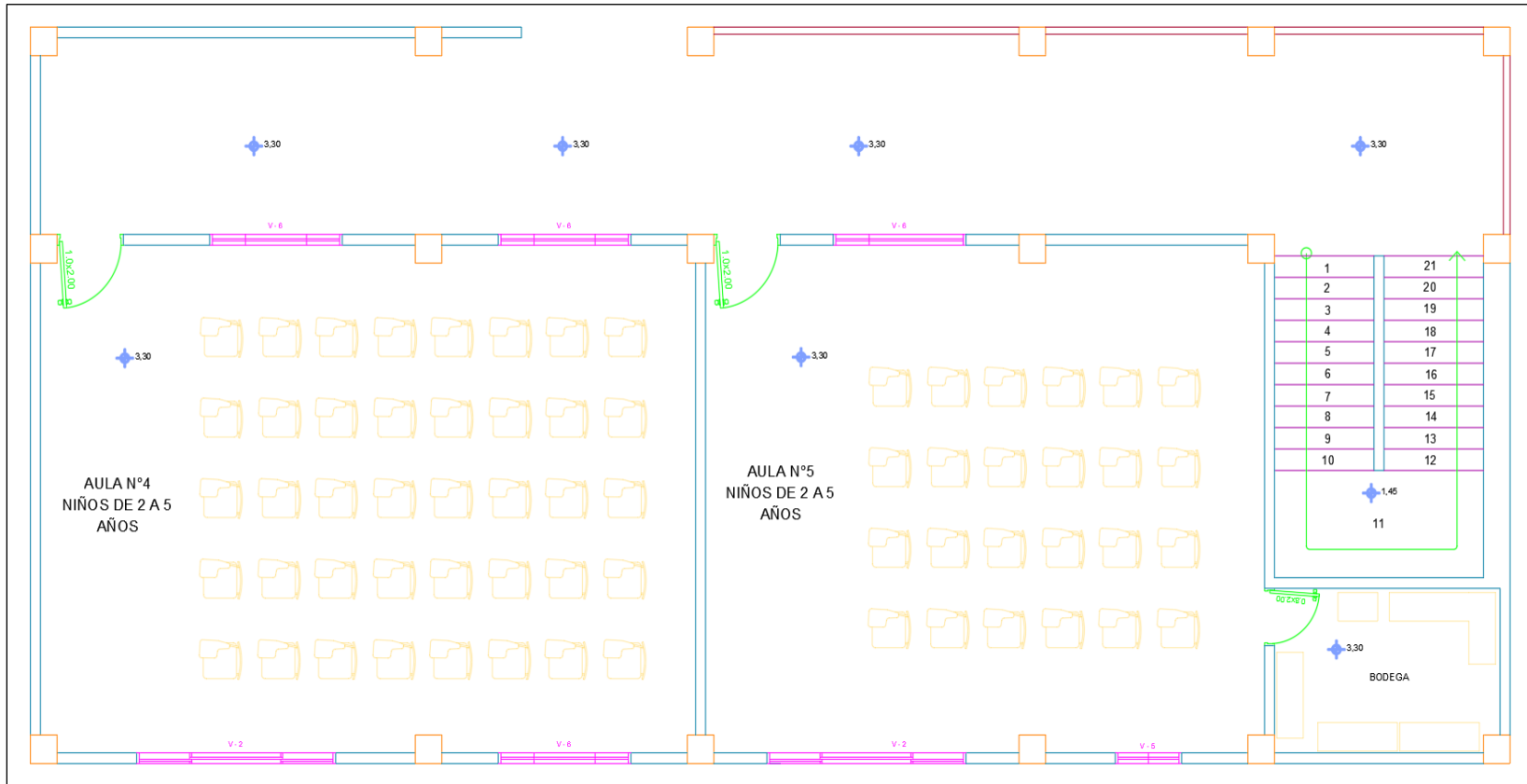


Ilustración 17: Diseño arquitectónico de la estructura 3, nivel 2 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

- **Diseño arquitectónico estructura 4.** La estructura número cuatro del Centro de Desarrollo Infantil, se utilizará como zona de alimentación y de lavandería, en la siguiente tabla se especifica los diferentes espacios que conforman esta zona y el área que ocupa cada uno de ellos:

Tabla 69: Áreas de la estructura 4 del Centro de Desarrollo Infantil.

ZONA DE ALIMENTACION, ESTRUCTURA 4	
Espacio	Área
Comedor	176,55 m2
Cocina	55,04 m2
Bodega de Alimentos	16,33 m2
Zona de almacenamiento de productos de aseo	7,40 m2
Lavandería	14,64 m2
Shut de basura	9,89 m2

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra el plano arquitectónico de la estructura 4 del Centro de Desarrollo Infantil.

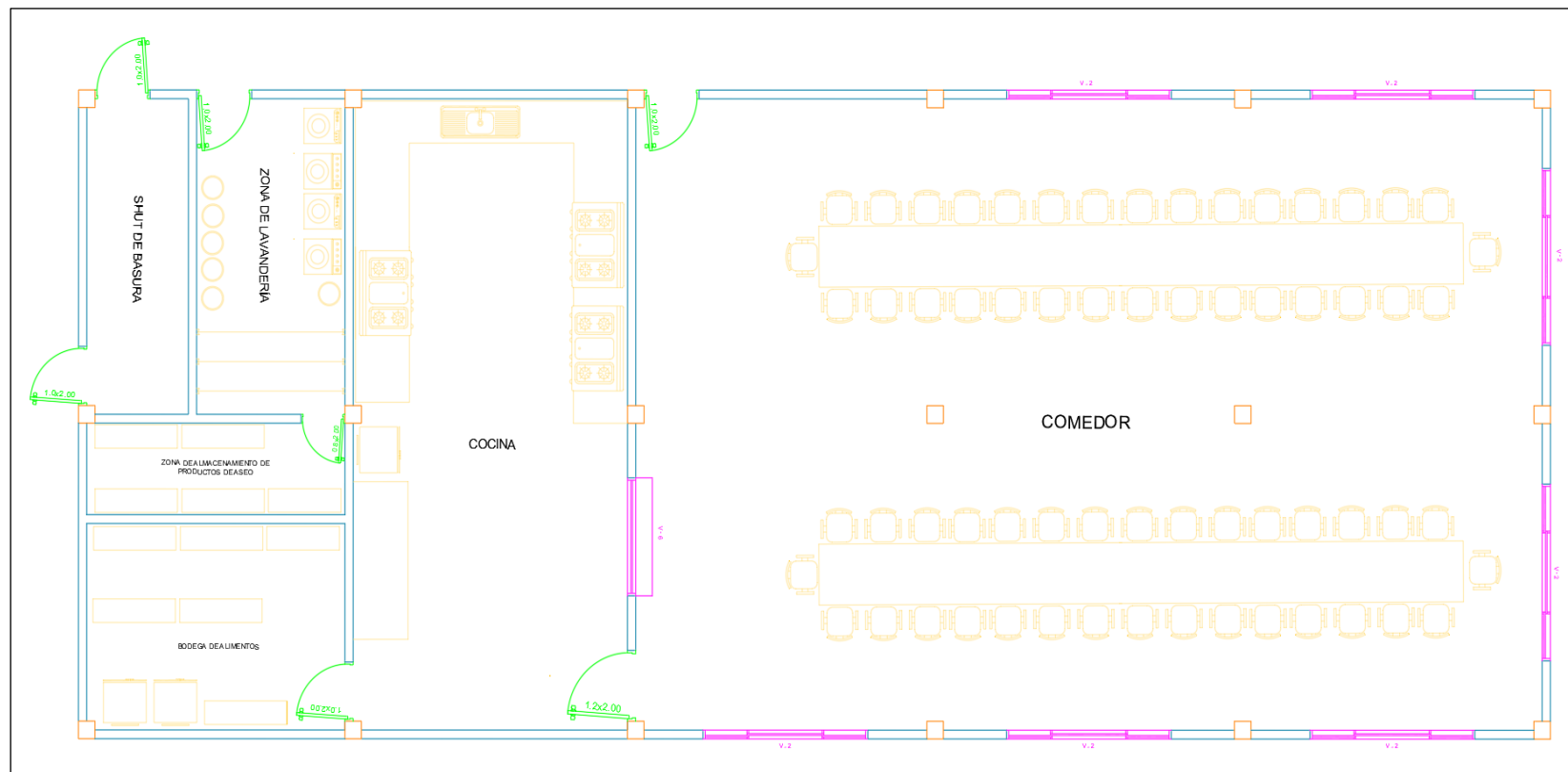


Ilustración 18: Diseño arquitectónico de la estructura 4 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

8.6.2 Diseño Arquitectónico del Centro Vida. El diseño del Centro Vida responde a las necesidades de la población del adulto mayor del municipio de Apulo. El diseño de la edificación se realizará dentro del área establecida en el diseño urbanístico del proyecto.

El diseño arquitectónico se dividirá en tres fases y son las siguientes:

1. Determinar los espacios y áreas mínimas con las que debe ser diseñado un Centro Vida, teniendo en cuenta la cantidad de población que se requiere atender.
2. Distribución de los tipos de área.
3. Diseño Arquitectónico.

8.6.2.1 Determinación de espacios y áreas necesarias para el C.D.I. Para realizar la determinación de los espacios y las áreas mínimas con las que debe contar el Centro Vida, se tuvo en cuenta los parámetros establecidos por entidades y grupos internacionales, como lo es la Organización Iberoamericana de Seguridad Social (OISS).

Es importante resaltar que se tuvo en cuenta lo establecido por esta organización internacional, porque no se encontró información oficial colombiana que se relacionara con el diseño de espacios y áreas mínimas que debe de contar un Centro Vida.

La OISS en su documento denominado “Guía sobre Centros de Día para personas mayores en situación de dependencia”, establece los diferentes espacios y profesionales que debe de tener un Centro Vida, para garantizar un lugar apropiado y un buen servicio al adulto mayor.

La edificación del Centro Vida se divide en dos áreas:

1. Área profesional y de organización.
2. Área de usuarios.

Los espacios correspondientes al área profesional y de organización son los siguientes:

- Dirección y Administración.
- Despacho psicólogo.
- Despacho trabajador social.
- Despacho médico y enfermería.
- Sala de reuniones.
- Sala polivalente.
- Almacén general.

Los espacios correspondientes al área de usuarios son los siguientes:

- Entrada y Recepción
- Guardarropa usuarios
- Sala polivalente de actividades y/o atención especializada
- Sala de rehabilitación
- Sala de descanso
- Baño y Aseos accesibles
- Zonas opcionales
- Zona exterior
- Cocina
- Comedor

Por medio de la caracterización y la proyección de población se determinó la capacidad mínima con la que se debía de diseñar el Centro Vida. El resultado del estudio determinó que 693 adultos mayores serán beneficiarios de los servicios que ofrece el centro.

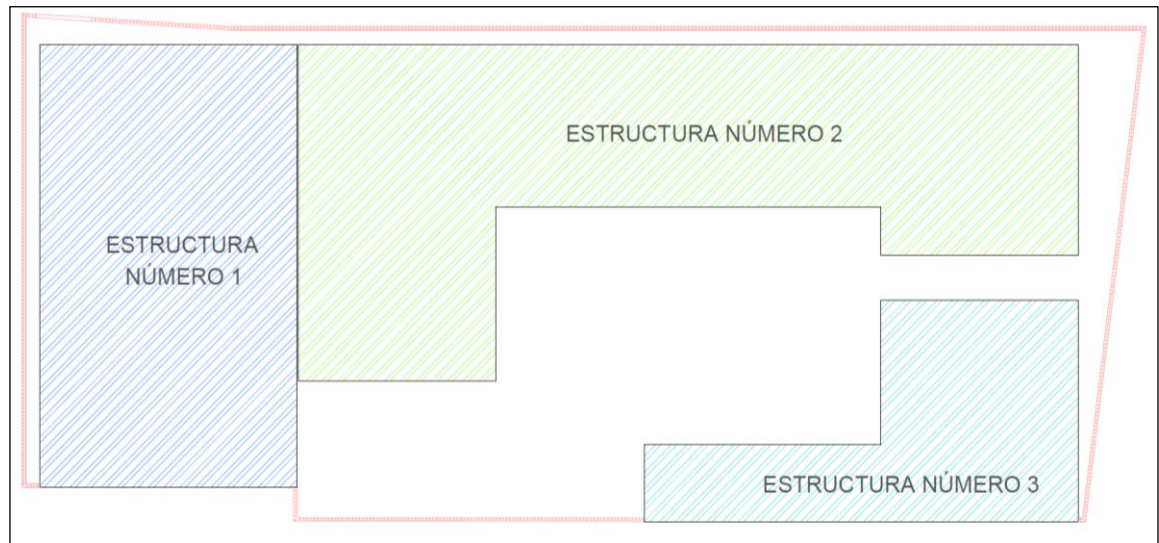
A diferencia del diseño de las áreas del C.D.I, para el Centro Vida no se encontró ningún documento que reglamentara el área mínima que debía de tener cada espacio, debido a esto, se decidió diseñar con un parámetro mínimo de área de 2 metros cuadrados por persona.

8.6.2.2 Distribución de los tipos de área. Después de identificar las áreas mínimas para cada uno de los espacios del Centro Vida, se procede a clasificar cada uno de estos espacios.

Con el fin de realizar un diseño arquitectónico organizado, se decidió dejar separado la zona profesional y de organización de la zona usuarios, con el objetivo de que el trabajo de los profesionales no afecte la comodidad y el flujo de los usuarios.

Debido a las grandes áreas que se deben de diseñar y a las irregularidades en planta que presenta el anteproyecto del diseño arquitectónico, se procedió a separar el área total de la edificación del Centro Vida en áreas más pequeñas y geométricamente más regulares, esto también se hizo con el fin de facilitar el análisis y diseño estructural.

En el siguiente plano se observará las tres diferentes estructuras en las cuales se divide el Centro Vida.






	ESTRUCTURA NÚMERO 1	361,99 m ²
	ESTRUCTURA NÚMERO 2	541,18 m ²
	ESTRUCTURA NÚMERO 3	197.04 m ²

Ilustración 19: Plano del primer nivel de las cuatro estructuras que conforman el CDI.

Fuente: Autores del proyecto.

A continuación, se especifica el uso que se le dará a cada una de las estructuras:

- Estructura 1: Área profesional y de organización
- Estructura 2: Área de usuarios.
- Estructura 3: Área de usuarios (comedor y cocina).
- Zonas verdes: Área de 654.1 m²

8.6.2.3 Diseño Arquitectónico. Después de establecer las diferentes estructuras en las que se divide la edificación del Centro Vida y los usos que se le darán a cada una de ellas, se procede a realizar el diseño arquitectónico, en donde se diseña detalladamente cada espacio dentro de cada estructura.

En total se realizará el diseño arquitectónico de tres estructuras diferentes, las cuales se denominan estructura 1, estructura 2 y por último la estructura 3. A continuación, se podrá observar los diseños arquitectónicos de cada una de ellas, con su respectivo cuadro de áreas:

- **Diseño arquitectónico estructura 1.** La estructura número uno se utilizará como zona administrativa del Centro Vida, en la siguiente tabla se especifica los diferentes espacios que conforman esta zona y el área que ocupa cada uno de ellos:

Tabla 70: Áreas de la estructura 1 del Centro Vida.

ZONA ADMINISTRATIVA-ESTRUCTURA 1	
Espacio	Área
Portería	6,23 m2
Recepción	13,51 m2
Sala de Espera	19,62 m2
Baño para hombres	15,06 m2
Baño para damas	15,06 m2
Archivo	15,06 m2
Despacho médico y Enfermería	56,57 m2
Deposito	7,33 m2
Sala Polivalente	56,57 m2
Despacho psicología y trabajo social	27,67 m2
Auxiliar Administrativo	12,47 m2
Dirección Y administración	27,67 m2
Corredor y acceso	72,55 m2
Área que ocupan los muros	16,63 m2
ÁREA TOTAL	362,00 m2

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra el plano arquitectónico de la estructura 1 del Centro de Desarrollo Infantil.

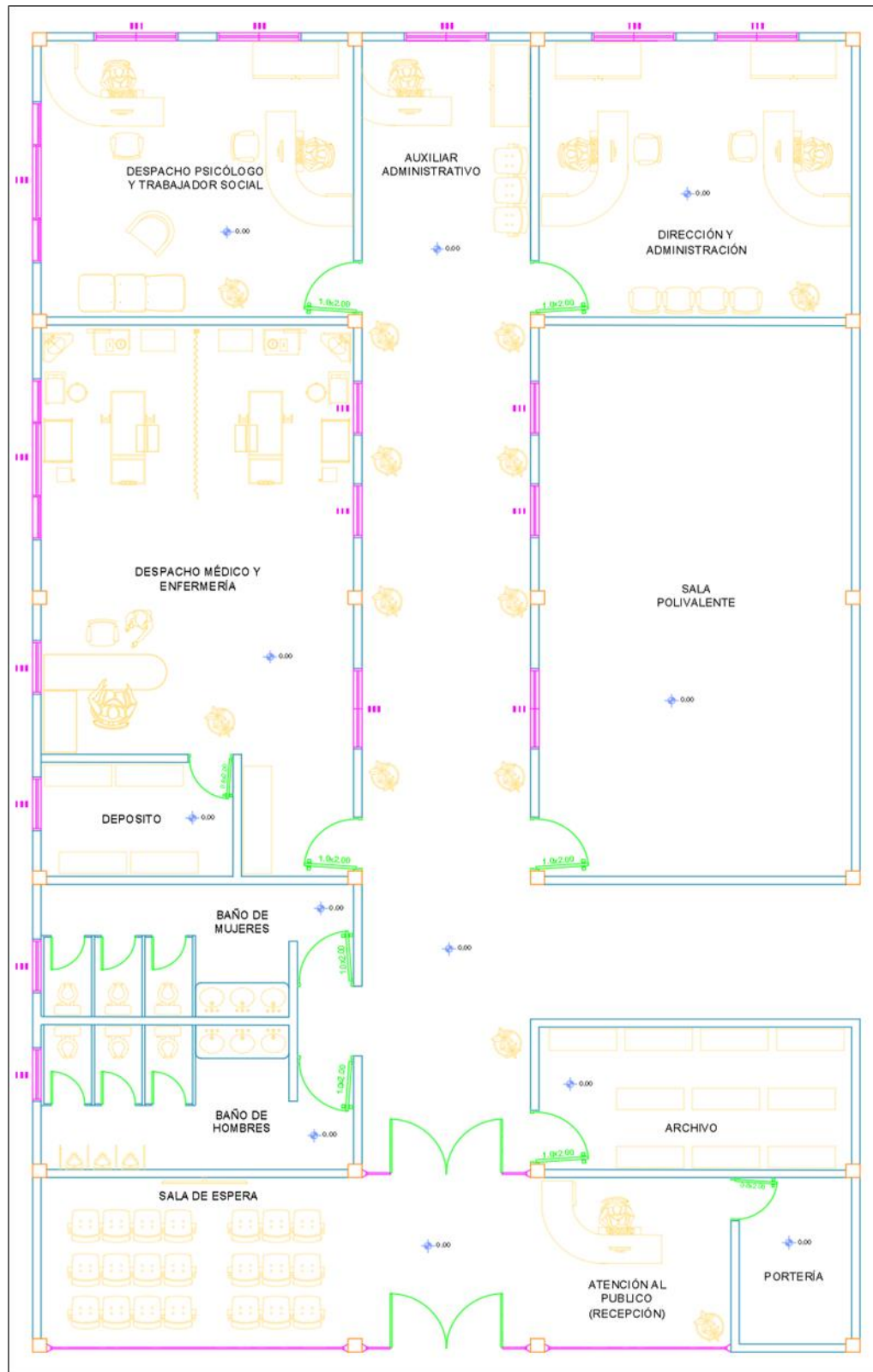


Ilustración 20: Diseño arquitectónico de la estructura 1 del Centro Vida. Fuente: Autores del proyecto.

- **Diseño arquitectónico estructura 2.** La estructura número dos se utilizará como zona de usuarios del Centro Vida, en la siguiente tabla se especifica los diferentes espacios que conforman esta zona y el área que ocupa cada uno de ellos:

Tabla 71: Áreas de la estructura 2 del Centro Vida.

ÁREA DE USUARIOS ESTRUCTURA 2	
Espacio	Área
Sala polivalente N°1 de atención especializada	55,55 m2
Bodegas sala polivalente N°1	8,68 m2
Sala polivalente N°2 de atención especializada	55,55 m2
Bodegas sala polivalente N°2	8,68 m2
Sala de Terapias	54,40 m2
Bodegas sala de Terapias	8,68 m2
Biblioteca	55,14 m2
Bodegas de biblioteca	8,68 m2
Sala de descanso	43,86 m2
zona de lockers	33,00 m2
Baños mujeres	24,23 m2
Baño Hombre	24,23 m2
Corredor	128,72 m2
Área de muros	31,78 m2
ÁREA TOTAL	541,18 m2

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra el plano arquitectónico de la estructura 2 del nivel 1 y 2 del Centro de Desarrollo Infantil.

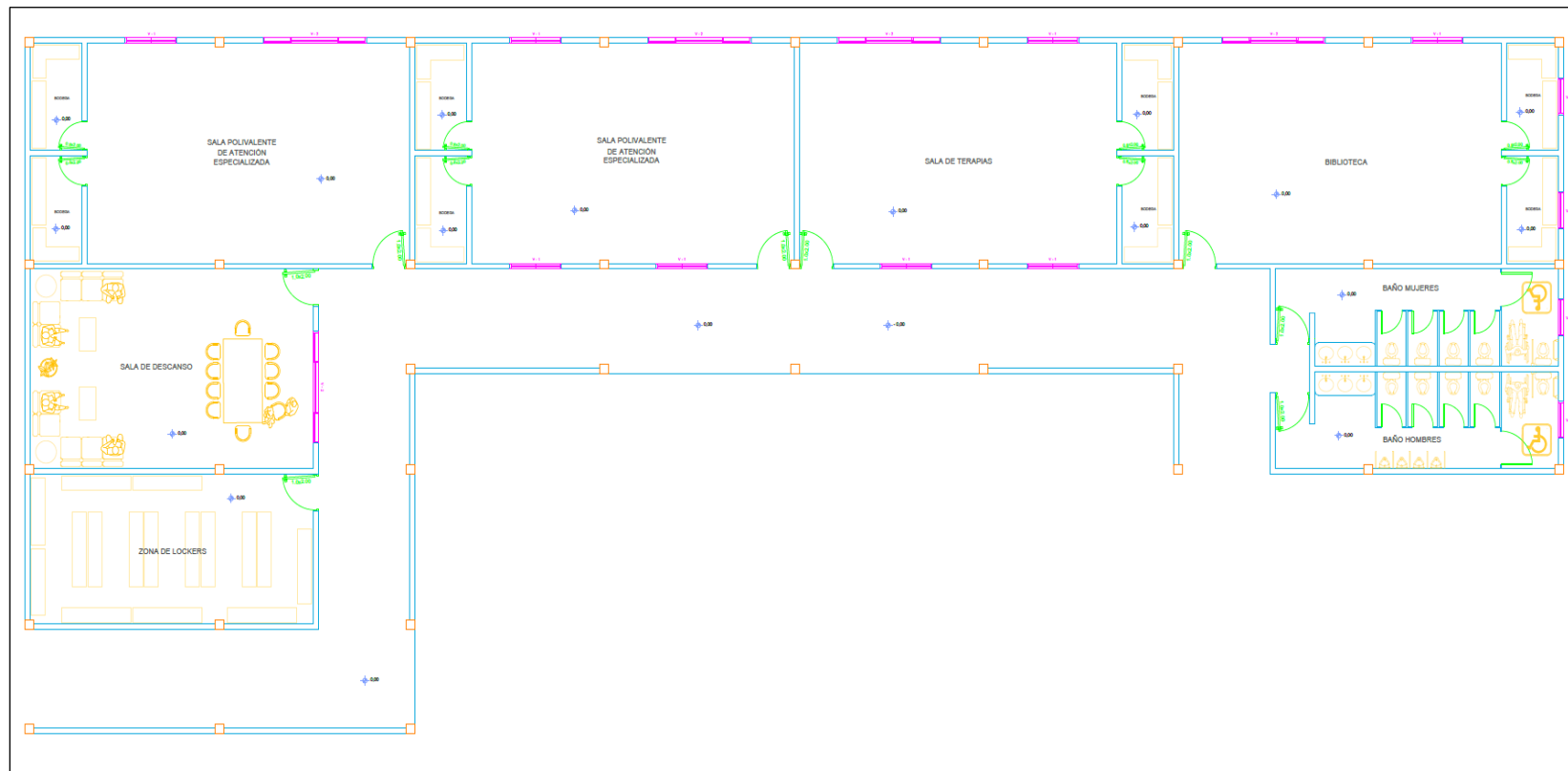


Ilustración 21: Diseño arquitectónico de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

- **Diseño arquitectónico estructura 3.** La estructura número tres del Centro de Desarrollo Infantil, se utilizará como zona recreacional en el primer nivel y como educativa en el segundo nivel, en la siguiente tabla se especifica los diferentes espacios que conforman esta zona y el área que ocupa cada uno de ellos:

Tabla 72: Áreas de la estructura 3 del Centro Vida.

ÁREA DE USUARIOS (MONEDOR Y COCINA) ESTRUCTURA 3	
Espacio	Área
Comedor	132,40 m ²
Cocina	27,27 m ²
Almacenamiento de Alimentos	7,37 m ²
Zona de almacenamiento de productos de aseo	8,40 m ²
Aacceso	8,38 m ²
Área de muros	13,18 m ²
ÁREA TOTAL	197,00 m²

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra el plano arquitectónico de la estructura 3 del nivel 1 y 2 del Centro de Desarrollo Infantil

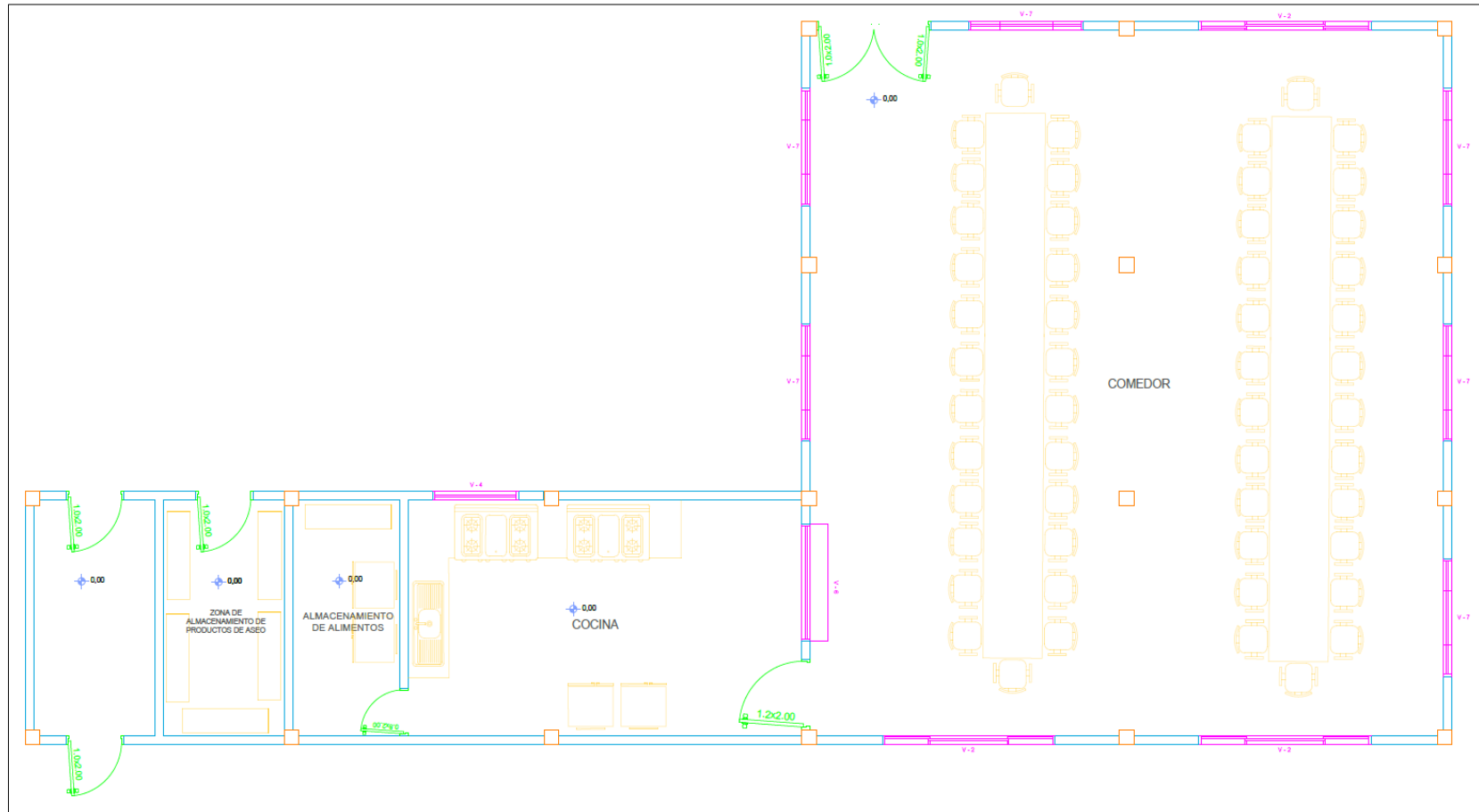


Ilustración 22: Diseño arquitectónico de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto

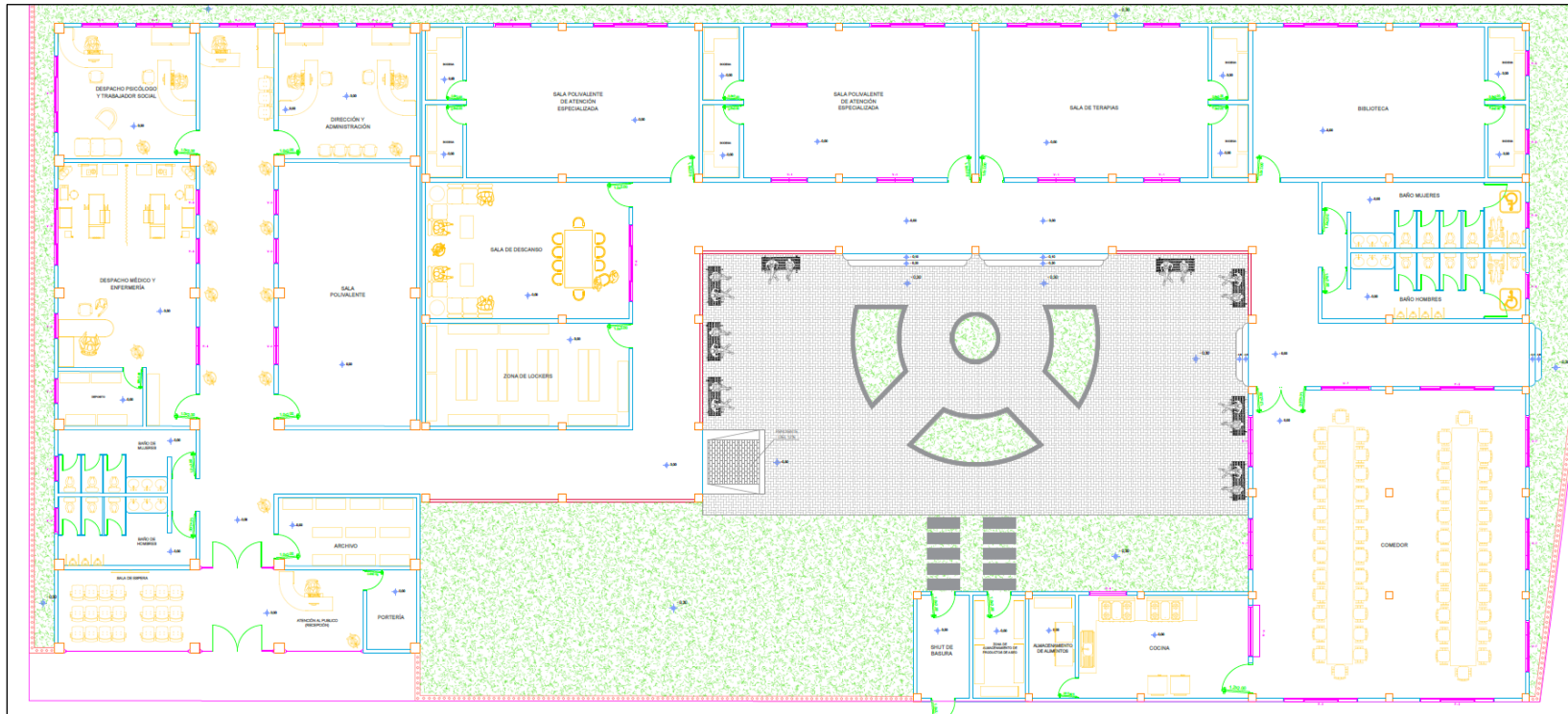


Ilustración 23: Diseño arquitectónico de las tres estructuras que conforman el Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

8.7 ANALISIS HIDRAULICO Y DISEÑO DE CUBIERTA LIVIANA

Se realizará el correspondiente análisis hidráulico de la cubierta liviana, con el objetivo de diseñar un sistema de canaletas que tengan la capacidad suficiente de retención y conducción de agua.

8.7.1 Análisis hidráulico y diseño de cubierta liviana del C.D.I. Para cada una de las estructuras que conforman el Centro de Desarrollo Infantil se procede a realizar el análisis hidráulico y el diseño de la estructura de cubierta liviana. Dentro del diseño de la estructura de techo se deben tener en cuenta aspectos como lo son el material, la pendiente y el manejo de aguas lluvias. Para el manejo de esta última se utilizará canaleta de PVC.

Para poder determinar el tamaño de la canaleta que se necesita, se realiza el siguiente proceso de diseño:

8.7.1.1 Diseño de canaleta. Para realizar un óptimo manejo del agua pluvial, se procedió a realizar el diseño de la canaleta, el objetivo final es obtener las dimensiones mínimas necesarias que debe tener la canal para poder soportar y evacuar los volúmenes de agua. Los diferentes cálculos que se efectuaron para realizar el diseño son los siguientes:

1. Cálculo de la intensidad de lluvia del municipio de Apulo.
2. Cálculo del área de la cubierta.
3. Cálculo del coeficiente de escorrentía.
4. Cálculo de caudal de diseño.
5. Cálculo del caudal de funcionamiento hidráulico.
6. Cálculo de capacidad de bajantes.

1. Cálculo de la intensidad de lluvia del municipio de Apulo. El primer paso para la realización de este diseño es obtener información de las precipitaciones del municipio de Apulo, con el fin de conseguir el valor de la intensidad de lluvia. En el siguiente gráfico se podrán observar las curvas de Intensidad Duración y Frecuencia que permitirán obtener los datos anteriormente mencionados:

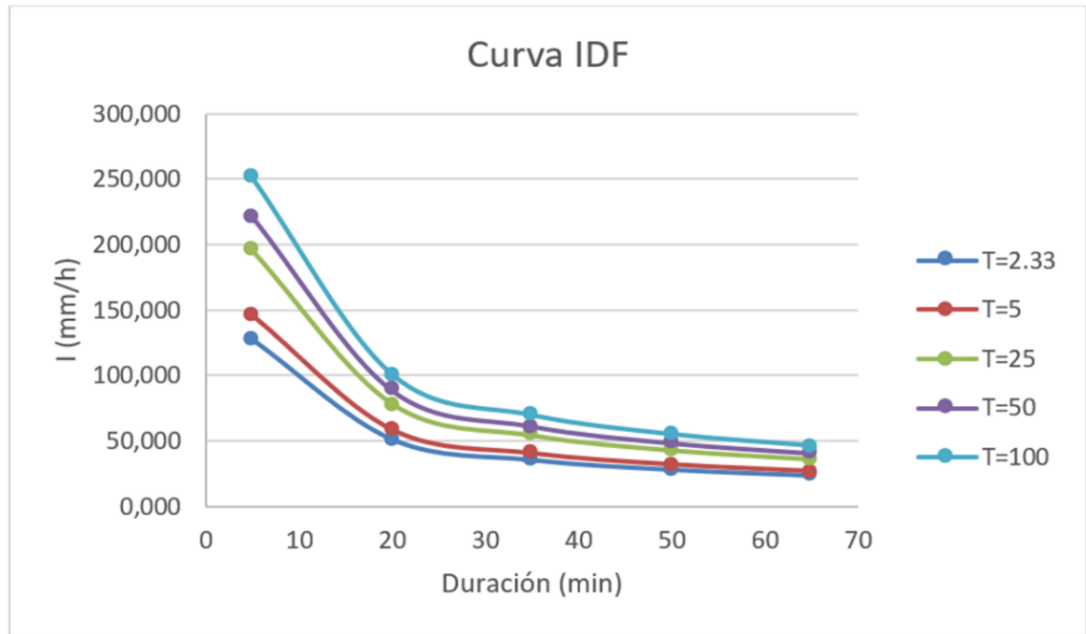


Gráfico 30: Curvas I.D.F de la microcuenca B del río Apulo.

Fuente: Trabajo de grado de la universidad Santo Tomas denominado "Caracterización climática e hidrológica de la cuenca del río Apulo".

En el grafico anterior se observa la relación de la intensidad y el tiempo de duración de la lluvia, para cada uno de los 5 periodos de retorno. Es importante analizar que, con el paso del tiempo de la precipitación, la intensidad de la lluvia disminuye, esto quiere decir que la intensidad y la duración son variables inversamente proporcionales, y otro aspecto importante es que entre mayor sea el periodo de retorno, la relación entre intensidad y duración también aumentaran. Esto revela la importancia de determinar correctamente cada una de las variables de estudio, con el fin de obtener el dato de intensidad de lluvia más apropiado para el diseño hidráulico de la cubierta liviana.

Es importante mencionar que las curvas I.D.F fueron extraídas de un trabajo de grado de la universidad Santo Tomas denominado "Caracterización climática e hidrológica de la cuenca del río Apulo". En este proyecto se realizó la debida recolección de datos y todos los procedimientos matemáticos para poder obtener resultados confiables.

A continuación, se procede a determinar el valor del periodo de retorno y el tiempo de concentración de la lluvia:

- **Periodo de retorno.** De acuerdo con la norma RAS del año 2017 en la tabla 16 del artículo 135 de dicho documento, se establecen los periodos de retorno de acuerdo con las características del área de drenaje:

Tabla 73: Periodo de retorno.

Características del área de drenaje	Período de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Fuente: Norma RAS del año 2017.

Se selecciono un periodo de retorno de 5 años, debido a que el ítem donde se encuentra este valor es el que mejor se ajusta a las características del proyecto, ya que las áreas tributarias de los techos de las edificaciones tienen un área menor de dos hectáreas y los dos usos que allí se especifican son los que mejor se relacionan al uso institucional.

- **Tiempo de concentración.** Para el tiempo de concentración de la lluvia, se tendrá en cuenta un tiempo medio de 20 minutos.

- **Intensidad de la lluvia.** Después de determinar el periodo de retorno y el tiempo de concentración de la lluvia, se procede a identificar el valor de la intensidad de precipitación del municipio de Apulo. La siguiente tabla contiene los valores de las intensidades, de acuerdo con el periodo de retorno y la duración de la lluvia:

Tabla 74: Valores de intensidades de acuerdo con el periodo de retorno y a la duración de la lluvia.

PERIODO DE RETORNO	5	20	35	50	65
2,33	127,628	51,12	35,333	27,922	23,482
5	146,432	58,651	40,539	32,036	26,942
25	195,637	78,36	54,161	42,801	35,996
50	221,634	88,772	61,358	48,488	40,779
100	251,086	100,569	69,512	54,932	46,198

Fuente: Trabajo de grado de la universidad Santo Tomas denominado "Caracterización climática e hidrológica de la cuenca del río Apulo".

Se identifica que la intensidad para un periodo de retorno de 5 años y un tiempo de concentración de 20 minutos es de 58.651 mm/h. Esta intensidad se utilizará para el proceso de cálculo del caudal de diseño mediante el método racional.

2. Cálculo del área de la cubierta. Se realizó el cálculo del área de las cubiertas mediante el software de diseño AutoCAD, las áreas se obtuvieron en metros cuadrados, así que se tuvo que realizar la conversión de unidades a hectáreas.

Tabla 75: Área de cubiertas de las estructuras que conforman el Centro de Desarrollo Infantil.

CANAL	A
ESTRUCTURA NÚMERO 1	0,0362 Ha
ESTRUCTURA NÚMERO 2	0,0423 Ha
ESTRUCTURA NÚMERO 3	0,0230 Ha
ESTRUCTURA NÚMERO 4	0,0295 Ha

Fuente: Autores del proyecto.

El área total de techo de las tres estructuras que componen el Centro Vida es de 0.131 hectáreas, lo que equivale a 1.310 metros cuadrados.

3. Cálculo del coeficiente de escorrentía. El coeficiente de escorrentía se determinó mediante la siguiente tabla:

Tabla 76: Coeficientes de escorrentía, según el tipo de superficie.

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Zona comercial	0,70	0,95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0,50	0,70
Zonas residenciales unifamiliares	0,30	0,50
Zonas residenciales multifamiliares espaciadas	0,40	0,60
Zonas residenciales multifamiliares densas	0,60	0,75
Zonas residenciales semiurbanas	0,25	0,40
Zonas industriales espaciadas	0,50	0,80
Zonas industriales densas	0,60	0,90
Parques	0,10	0,25
Zonas deportivas	0,20	0,35
Estaciones e infraestructuras viarias del ferrocarril	0,20	0,40
Zonas suburbanas	0,10	0,30
Calles asfaltadas	0,70	0,95
Calles hormigonadas	0,70	0,95
Calles adoquinadas	0,70	0,85
Aparcamientos	0,75	0,85
Techados	0,75	0,95
Praderas (suelos arenosos con pendientes inferiores al 2%)	0,05	0,10
Praderas (suelos arenosos con pendientes intermedias)	0,10	0,15
Praderas (suelos arenosos con pendientes superiores al 7%)	0,15	0,20
Praderas (suelos arcillosos con pendientes inferiores al 2%)	0,13	0,17
Praderas (suelos arcillosos con pendientes intermedias)	0,18	0,22
Praderas (suelos arcillosos con pendientes superiores al 7%)	0,25	0,35

Fuente: Aparicio 1999.

Dentro del cuadro de color rojo se observa el tipo de superficie que corresponde a este caso de estudio, existen dos tipos de coeficientes uno mínimo de 0.75 y un máximo de 0.95. Se determina que se utilizara el coeficiente de 0.95, ya que, por ser una cubierta, se espera que no haya ningún tipo de infiltración.

4. Cálculo de caudal de diseño. El proceso de cálculo del caudal de diseño se llevará a cabo utilizando el método racional, método que es permitido por la norma RAS del año 2017, ya que puede ser usado para áreas de drenaje menores a 80 hectáreas. A continuación, se mostrará la ecuación del método racional establecida por la norma:

Ecuación 11: Método racional.

$$Q = 2.78 * C * I * A$$

Fuente: Norma RAS del año 2017.

Donde:

Q= Caudal de diseño (L/s).

C= Coeficiente de escorrentía (adimensional).

I= Intensidad de la lluvia (mm/hr).

A= Área de drenaje (ha).

En la siguiente tabla se observa el proceso de cálculo del caudal de diseño para cada una de las tres estructuras que conforman el Centro Vida:

Tabla 77: Calculo de caudal de diseño, mediante el método racional de las estructuras que conforman el Centro de Desarrollo Infantil.

CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO (METODO RACIONAL)				
CANAL	C	I	A	Q de Diseño
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 1	0,95	58,651 mm/h	0,0362 Ha	5,607 L/seg
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 2	0,95	58,651 mm/h	0,0423 Ha	6,549 L/seg
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 3	0,95	58,651 mm/h	0,0230 Ha	3,558 L/seg
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 4	0,95	58,651 mm/h	0,0295 Ha	4,565 L/seg

Fuente: Autores del proyecto.

5. Cálculo del caudal de funcionamiento hidráulico. Para calcular el caudal de funcionamiento, es necesario utilizar la ecuación de Manning:

Ecuación 12: Ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} (AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}})$$

Fuente: Manual de INVIAS.

Donde:

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (Adimensional).

A = Área mojada (m²).

R = Radio hidráulico (m).

S = Pendiente (m).

El coeficiente de rugosidad de Manning para el material de PVC es de 0.009, en la siguiente tabla se evidencia dicho coeficiente:

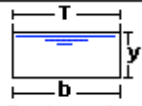
Tabla 78: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Material	Manning	
	n	
	New	In service
Cast iron	0,012	0,017
Concrete	0,013	0,017
Steel	0,008	0,011
Polyethylene	0,007	0,009
GFRP	0,009	0,010
PVC	0,007	0,009
PVC-O	0,007	0,009

Fuente: Autores del proyecto.

El área mojada y del radio hidráulico es diferente para cada tipo de sección, para el caso del presente proyecto el tipo de sección de la canaleta es rectangular, en la siguiente tabla se observa las ecuaciones para calcular las dos variables anteriormente mencionadas:

Tabla 79: Ecuaciones de área mojada y radio hidráulico, para un tipo de sección rectangular.

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b

Fuente: http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/wp-content/uploads/2012/02/01_Elementos-Geometricos-en-Canales.png

Teniendo el coeficiente de rugosidad, la pendiente de la canaleta y las ecuaciones para el cálculo del área mojada y del radio hidráulico, se procede a realizar el cálculo del caudal de funcionamiento.

El caudal de funcionamiento se calcula y se comprueba que sea mayor que el caudal de diseño, si esta condición se cumple, significa que la canaleta cuenta con la capacidad suficiente de transportar el volumen de agua pluvial. En la siguiente tabla se observa el proceso de cálculo del caudal de funcionamiento.

Tabla 80: Cálculo del caudal de funcionamiento de la canaleta de cada estructura del Centro de Desarrollo Infantil.

DISEÑO DE CANAL EN PVC PARA LA CONDUCCIÓN DE AGUAS DE ESCORRENTIA DE TECHO CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL MUNICIPIO DE APULO						
BASE DE LA CANAL	0,10 m	ALTURA DE LA CANAL		0,10 m	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING "n"	0,009
CANAL	ÁREA MOJADA	RADIO HIDRAULICO	S (PENDIENTE)	Q (FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO)	Q (FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO)	
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 1	0,01 m ²	0,0333 m	0,005	0,008 m ³ /seg	8,14 L/seg	
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 2	0,01 m ²	0,0333 m	0,005	0,008 m ³ /seg	8,14 L/seg	
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 3	0,01 m ²	0,0333 m	0,005	0,008 m ³ /seg	8,14 L/seg	
CANAL DE PVC 1- ESTRUCTURA 4	0,01 m ²	0,0333 m	0,005	0,008 m ³ /seg	8,14 L/seg	

Fuente: Autores del proyecto.

Teniendo el caudal de funcionamiento, se procede a comprobar si es mayor que el caudal de diseño:

Tabla 81: Comprobación del caudal de funcionamiento.

Q de Diseño	Q (FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO)	CUMPLE / NO CUMPLE
5,607 L/seg	8,14 L/seg	SI CUMPLE
6,549 L/seg	8,14 L/seg	SI CUMPLE
3,558 L/seg	8,14 L/seg	SI CUMPLE
4,565 L/seg	8,14 L/seg	SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Se observa que el caudal de funcionamiento es mayor que el caudal de diseño, con este resultado se confirma que la canaleta necesita un mínimo de 0.1m x 0.1m de dimensiones para poder transportar el caudal de diseño.

Las dimensiones que se utilizarán para la canaleta serán de 0,15m x 0,15m, debido a que el proveedor tiene medidas de cada 5 cm desde los 10 cm.

6. Cálculo de capacidad de bajantes. El cálculo del número de bajantes necesarias para cada canaleta se realiza mediante el proceso de diseño encontrado en el libro denominado “Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones”, en la página 138 describen una ecuación para calcular la capacidad de las bajantes y es la siguiente:

Ecuación 13: Ecuación para el cálculo de la capacidad de bajantes.

$$Q = 1,754 r^{5/3} d^{8/3}$$

Fuente: Libro de Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones

Donde:

Q = Capacidad (L/s).

r = Relación de áreas (Adimensional).

d = Diámetro tubería (in).

La relación entre áreas hace referencia al área del anillo de agua de la bajante y el área transversal total, la mayoría de los reglamentos adoptan la relación de 7/24. De acuerdo con el autor (Pérez Carmona, 2010) “Los investigadores Both Dawson y Roy B. Hunter encontraron que cuando dicha relación está entre 1/4 y 1/3 no se producen fluctuaciones de presión peligrosas para sifonamiento”. De acuerdo con lo anterior se procede a calcular la capacidad de bajante con cada una de las tres relaciones y para un diámetro de tubería de 4 pulgadas.

Tabla 82: Calculo de capacidad de bajantes de acuerdo con el diámetro y a la relación de áreas.

CALCULO DE CAPACIDAD DE BAJANTES DE CANAL CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO		
DIAMETRO DE TUBERIA	r RELACIÓN DE LAS AREAS	CAPACIDAD DE DESAGUE
4 Pulg	1/4	7,016 L/seg
4 Pulg	7/24	9,071 L/seg
4 Pulg	1/3	11,332 L/seg

Fuente: Autores del proyecto.

Se observa que la relación de áreas de 1/4 es la menos favorable, porque solo puede evacuar 7.016 litros por segundo y la relación de áreas de 1/3 es la más favorable permitiendo evacuar 11.331 litros por segundo.

Debido a que la cantidad del caudal de diseño es pequeña, se toma la relación de áreas de 1/4 para realizar el diseño de las bajantes de la canaleta.

Tabla 83: Cantidad de desagües necesarios para cada canaleta.

CANTIDAD DE DESAGUES NECESARIOS PARA CADA CANAL CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL MUNICIPIO DE APULO			
CANAL	Q de Diseño	CAPACIDAD DE DESAGUE	# DE DESAGUES NECESARIOS
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 1	5,607 L/seg	7,016 L/seg	1 Desague
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 2	6,549 L/seg	7,016 L/seg	1 Desague
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 3	3,558 L/seg	7,016 L/seg	1 Desague
CANAL DE PVC 1- ESTRUCTURA 4	4,565 L/seg	7,016 L/seg	1 Desague

Fuente: Autores del proyecto.

En total se necesita una sola bajante para las cuatro canaletas de las estructuras.

Se decide utilizar dos bajantes para cada una de las canaletas de las cuatro estructuras, con el objetivo de brindar un nivel de seguridad y para poder manejar dos pendientes diferentes.

8.7.1.2 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 1. Se realizaron los correspondientes diseños de techo, en donde se estableció la pendiente de la cubierta, el tipo de canaleta y los materiales.

Los materiales que se utilizaran para la construcción de la cubierta son los siguientes:

- Teja termo acústica de 3660X800mm 0.30mm Arquitectónica Galvanizada.
- Tubo rectangular de 120 x 60 x 2mm estructural HR50, soportados en la viga de amarre.

En la siguiente ilustración se puede observar el plano vista en planta del techo de teja termo acústica, y la canaleta en PVC. El tejado tiene una pendiente de 4.7 por ciento.

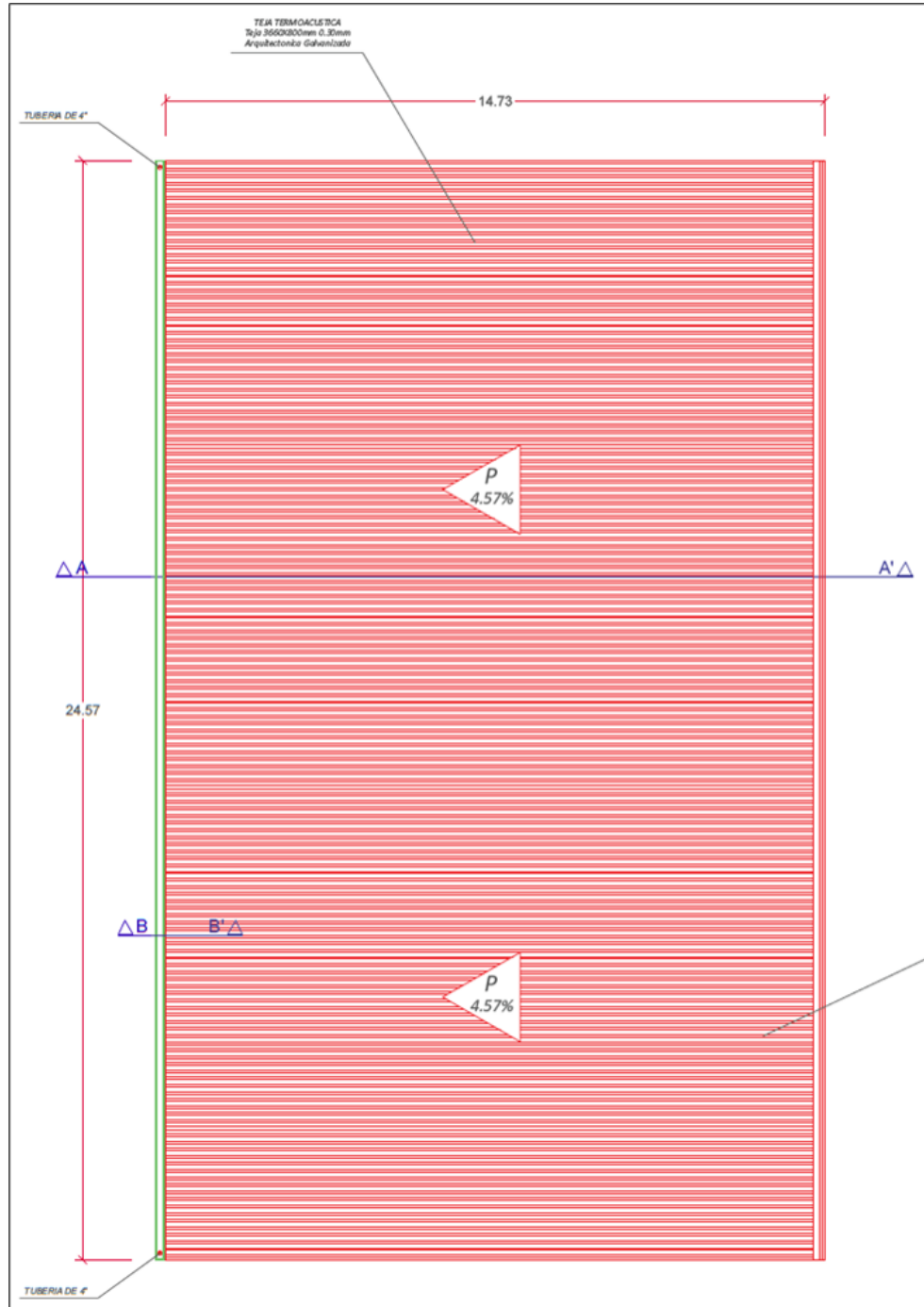


Ilustración 24: Vista en planta de tejado de la estructura 1 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra el plano en planta del entramado de Tubo rectangular de 120 x 60 x 2mm estructural HR50, cada tubo esta distanciado un metro de uno a otro.

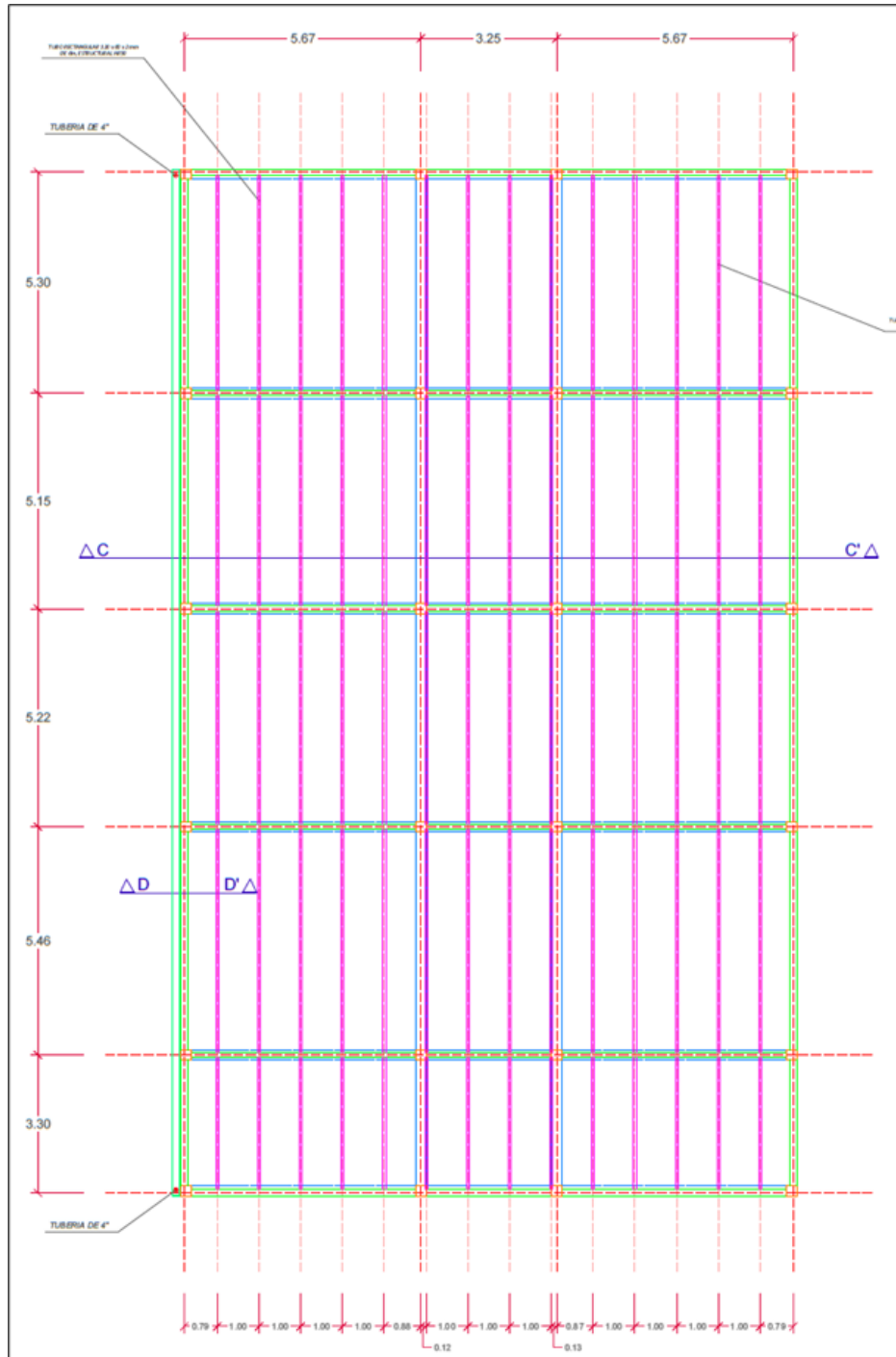


Ilustración 25: Vista en planta de entramado de perfil de acero.

Fuente: Autores del proyecto.

En las siguientes dos ilustraciones se muestran los siguientes cortes arquitectónicos:

- Corte A-A.
- Corte B-B.
- Corte C-C.
- Corte D-D.

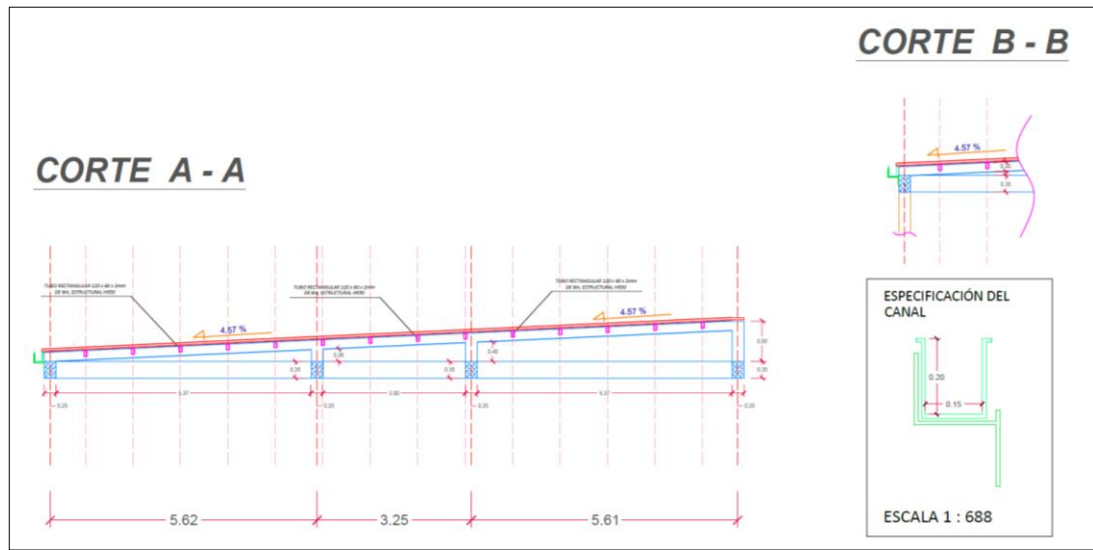


Ilustración 26: Corte arquitectónico A-A y B-B, de la estructura 1 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

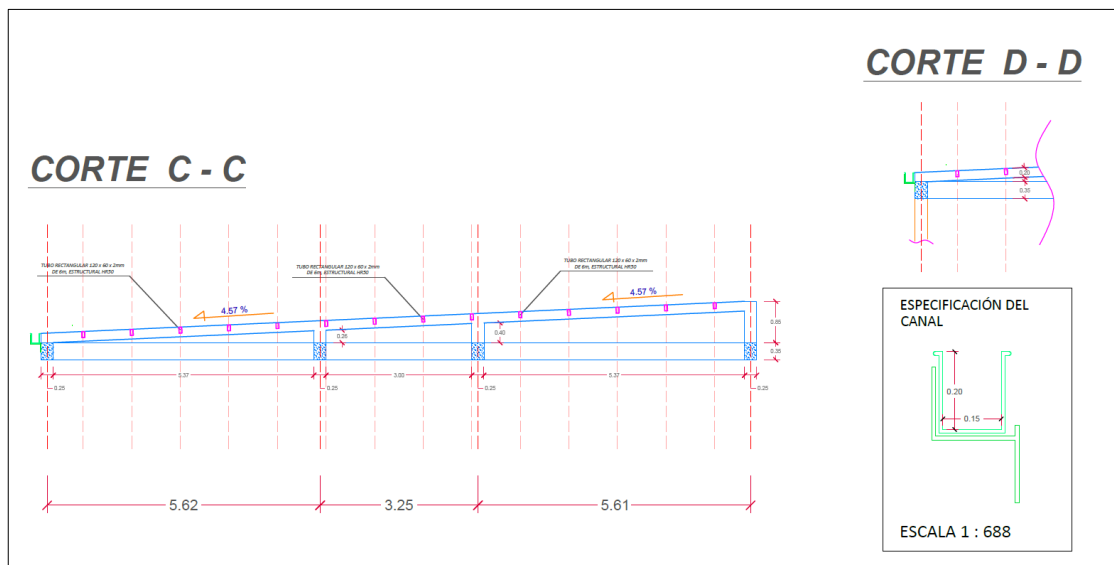


Ilustración 27: Corte arquitectónico C-C y D-D, de la estructura 1 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

8.7.1.3 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 2. Se realizaron los correspondientes diseños de techo, en donde se estableció la pendiente de la cubierta, el tipo de canaleta y los materiales.

En la siguiente ilustración se observa el plano en planta del techo, donde se evidencia de color rojo la teja termo acústica y la pendiente del tejado es de 7.79%.

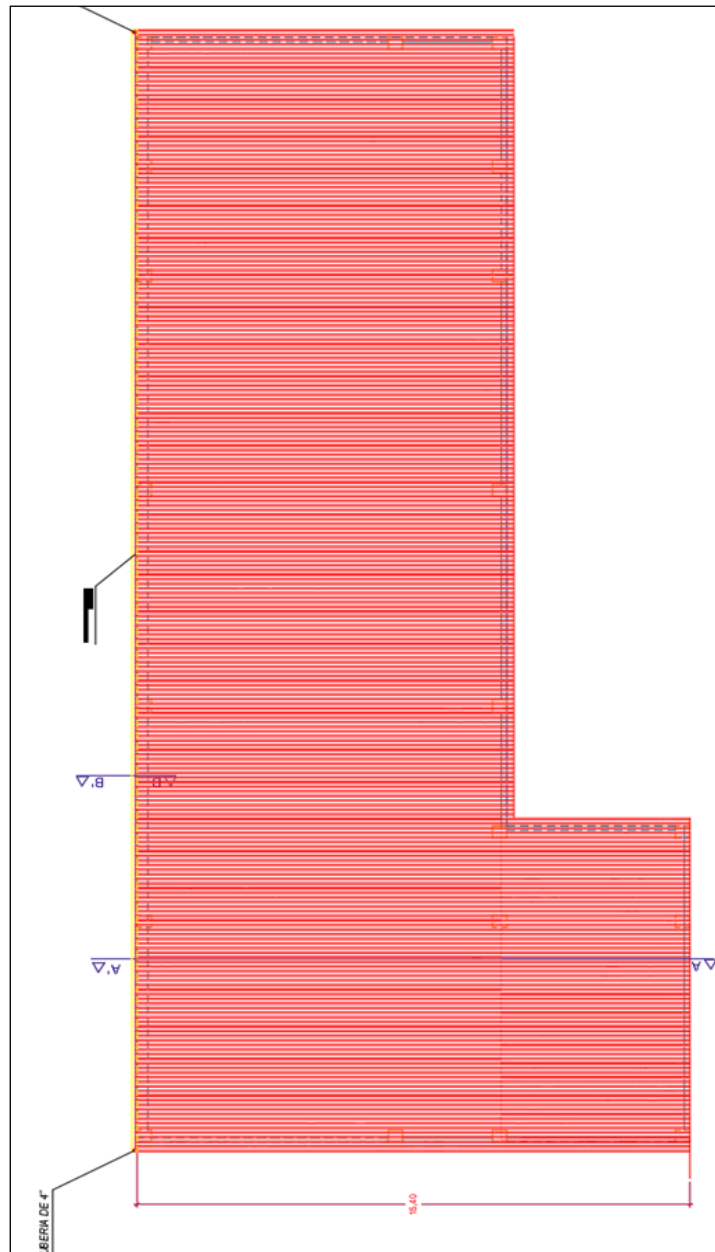


Ilustración 28: Vista en planta de tejado de la estructura 2 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente Autores del proyecto

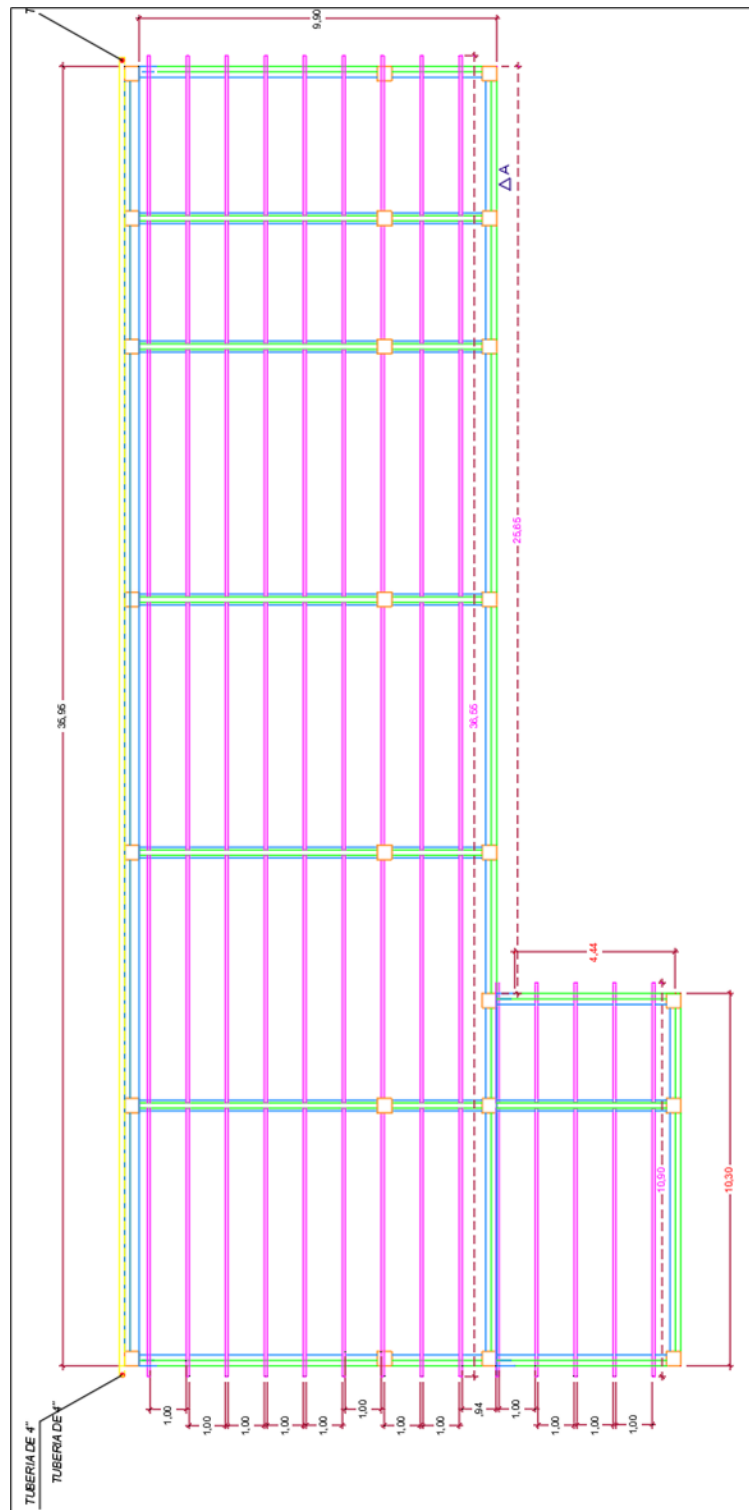


Ilustración 29: Vista en planta de entramado de perfil de acero, de la estructura 2 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente Autores del proyecto

En la siguiente ilustración se muestra el siguiente corte arquitectónico:

- Corte A-A'.
- Corte B-B'.

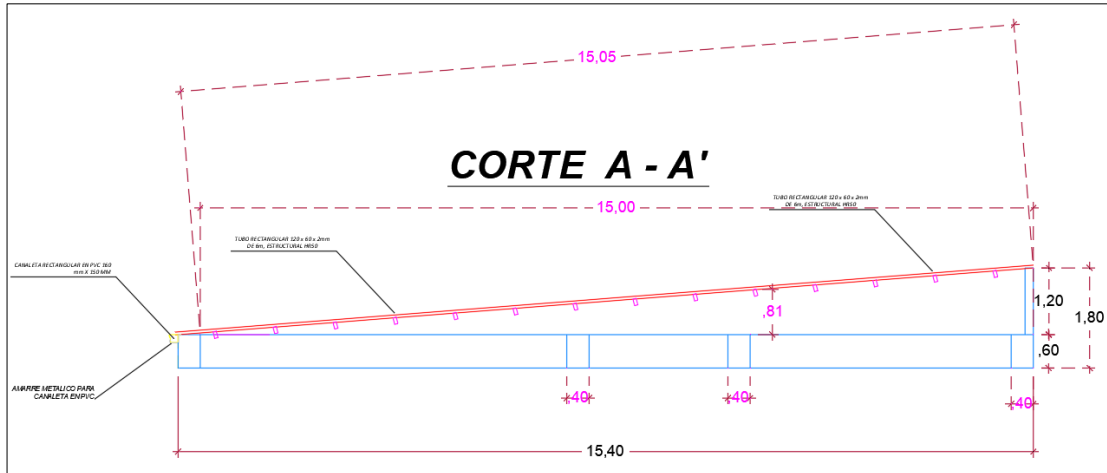


Ilustración 30: Corte arquitectónico A-A, de la estructura 2 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

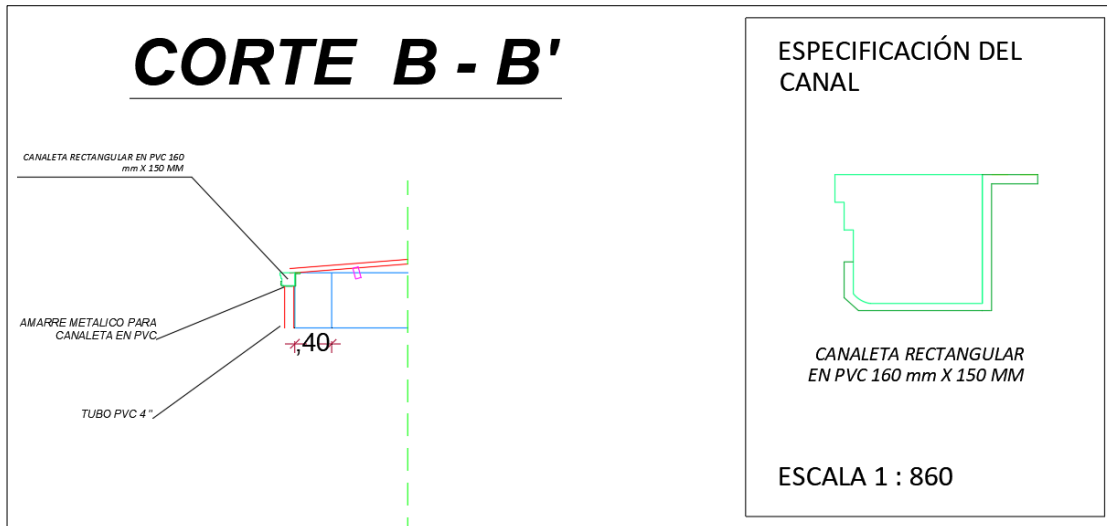


Ilustración 31: Corte arquitectónico B-B', de la estructura 2 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

8.7.1.4 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 3. Se realizaron los correspondientes diseños de techo, en donde se estableció la pendiente de la cubierta, el tipo de canaleta y los materiales.

En la siguiente ilustración se observa el plano en planta del techo, donde se evidencia de color rojo la teja termo acústica y la pendiente del tejado es de 11.65%.

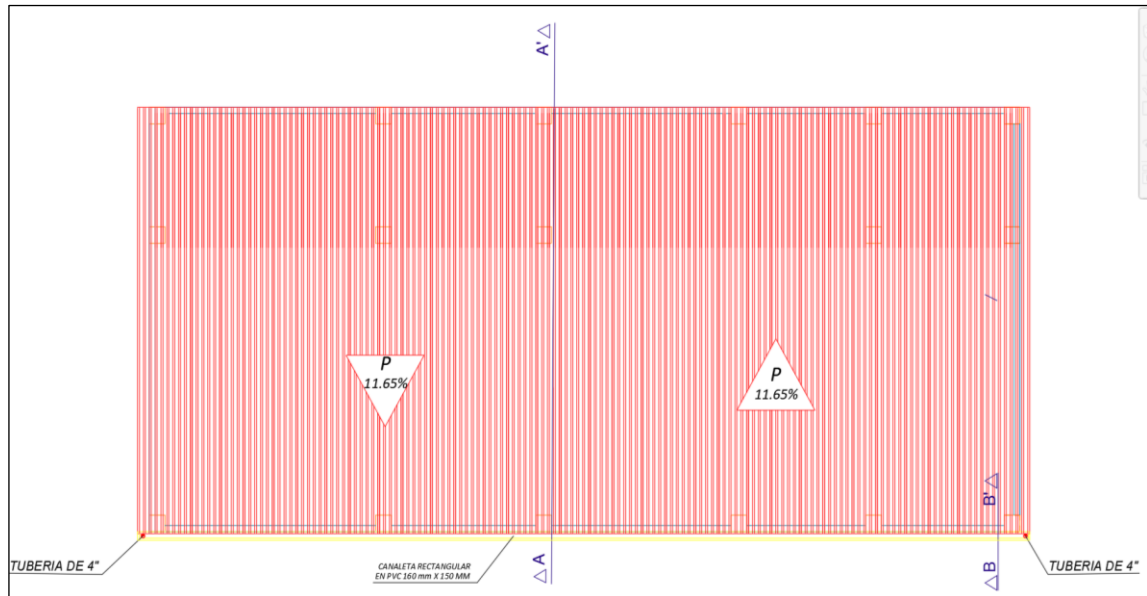


Ilustración 32: Vista en planta de tejado de la estructura 3 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

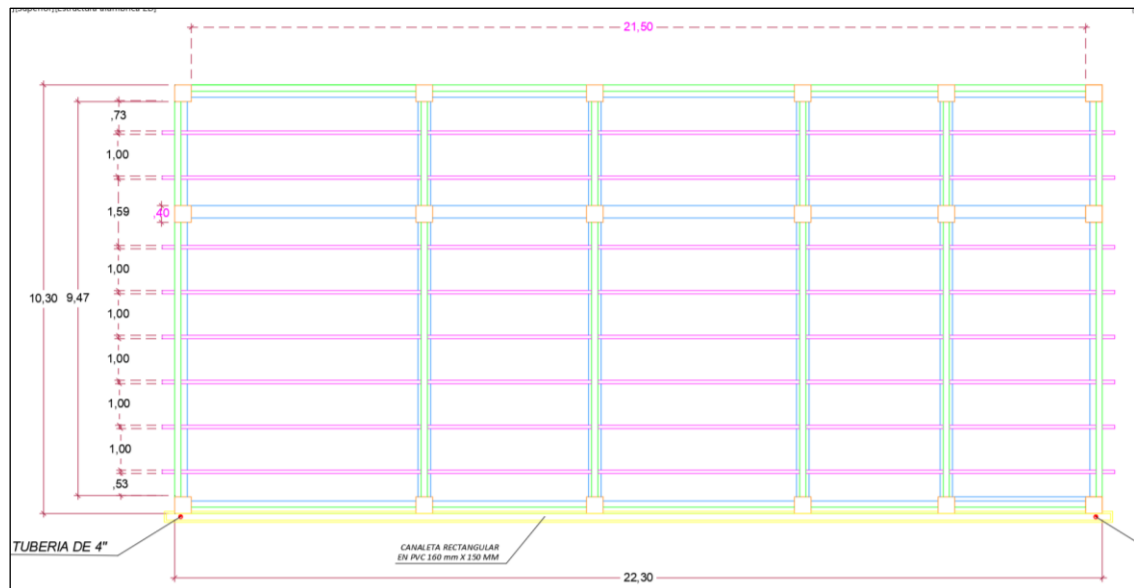


Ilustración 33: Vista en planta de entramado de perfil de acero, de la estructura 3 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra el siguiente corte arquitectónico:

- Corte A-A'.
- Corte B-B'.

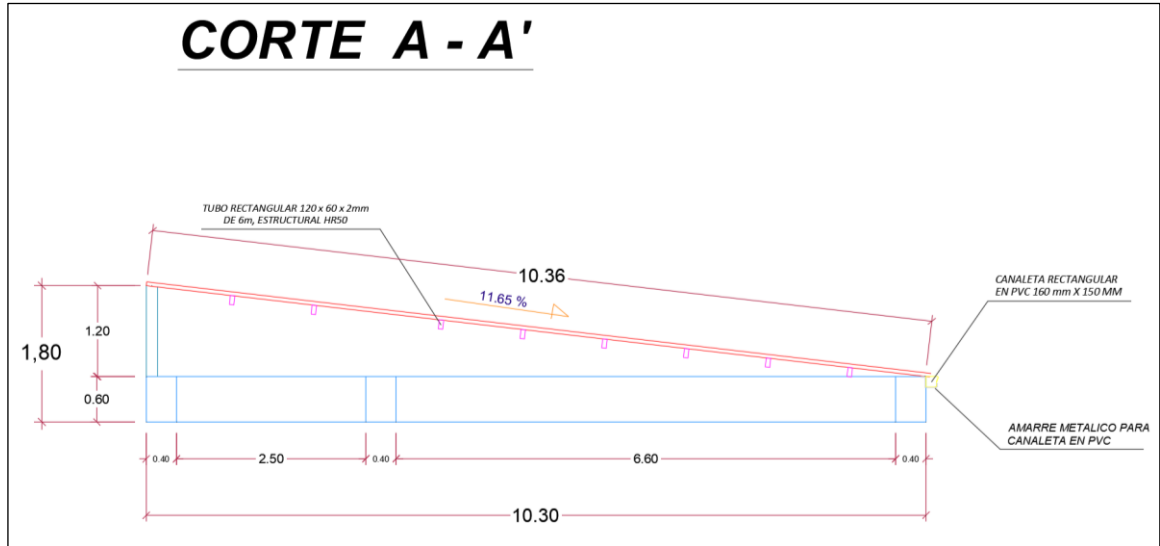


Ilustración 34: Corte arquitectónico A-A, de la estructura 3 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

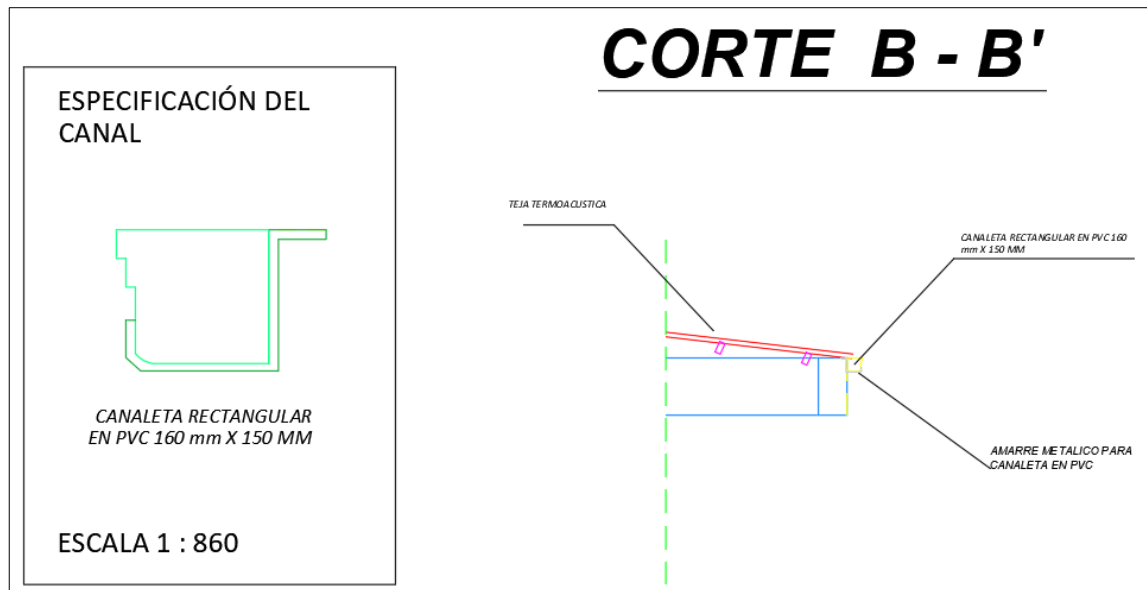


Ilustración 35: Corte arquitectónico B-B', de la estructura 3 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

8.7.1.5 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 4. Se realizaron los correspondientes diseños de techo, en donde se estableció la pendiente de la cubierta, el tipo de canaleta y los materiales.

En la siguiente ilustración se observa el plano en planta del techo, donde se evidencia de color rojo la teja termo acústica y la pendiente del tejado es de 10.9%.

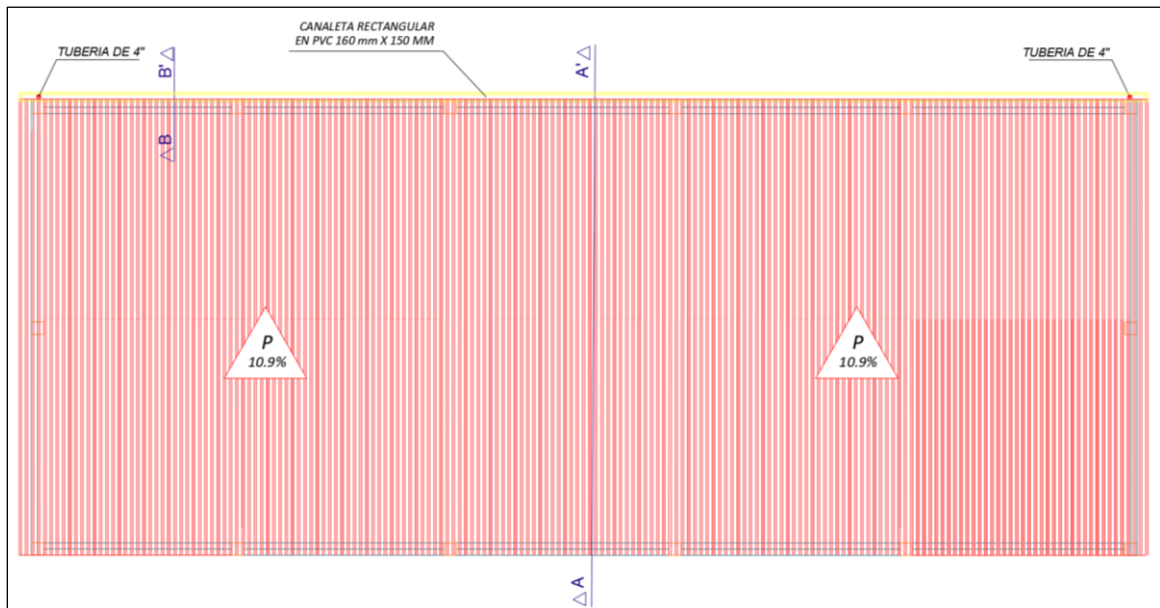


Ilustración 36: Vista en planta de tejado de la estructura 4 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

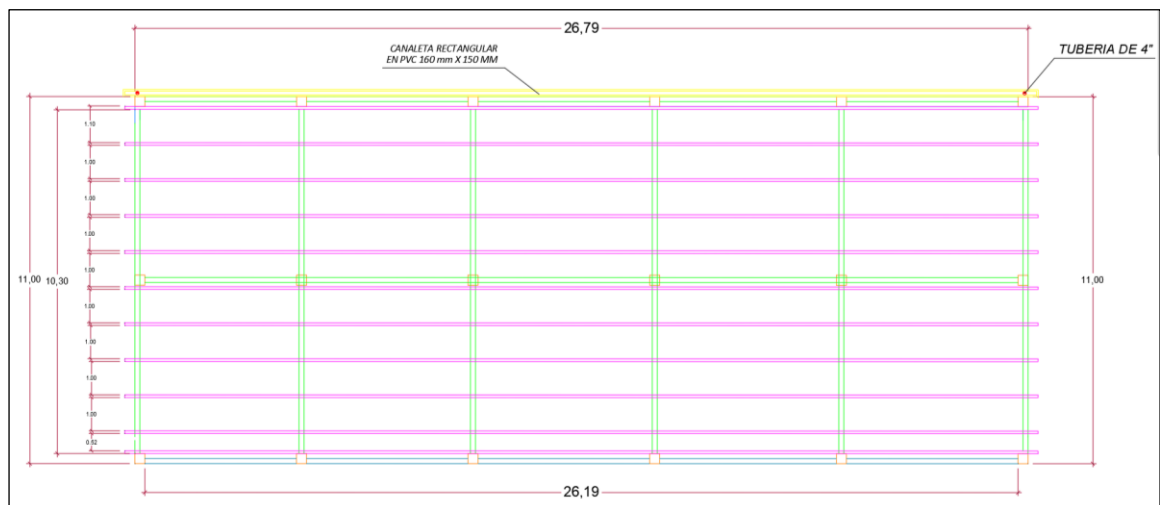


Ilustración 37: Vista en planta de entramado de perfil de acero, de la estructura 4 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra el siguiente corte arquitectónico:

- Corte A-A'.
- Corte B-B'.

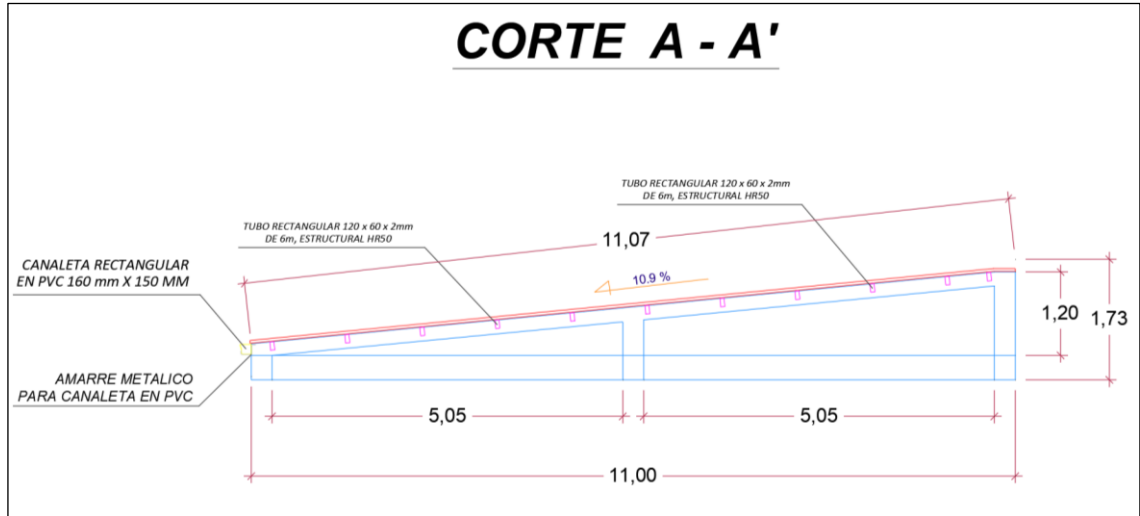


Ilustración 38: Corte arquitectónico A-A, de la estructura 4 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

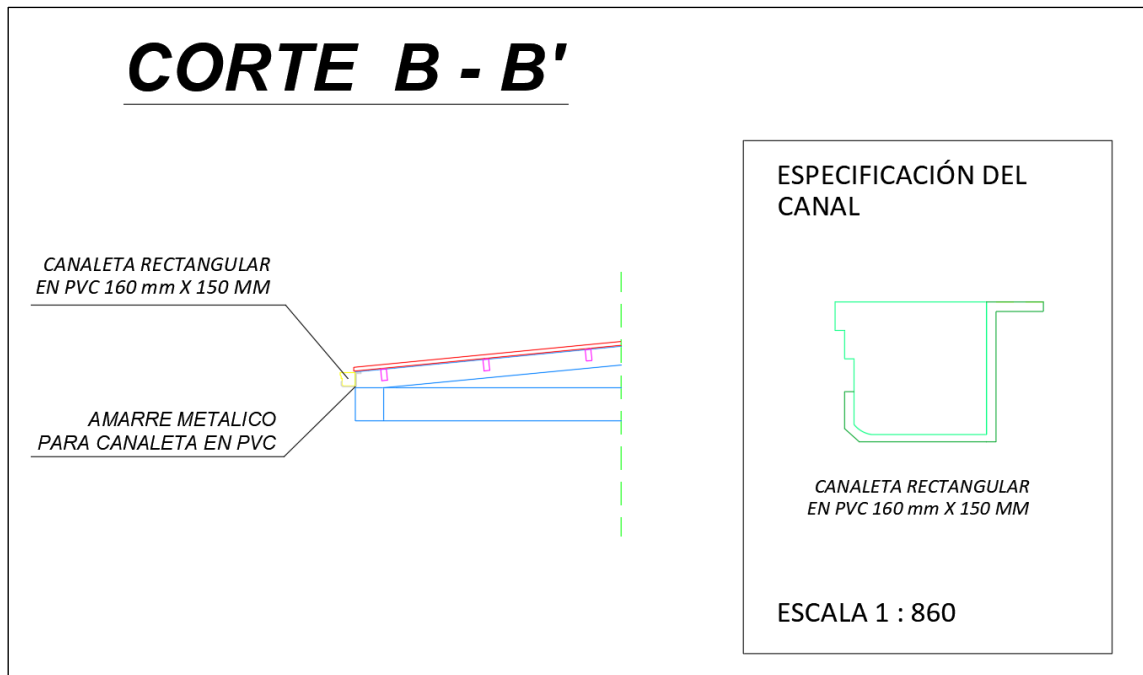


Ilustración 39: Corte arquitectónico B-B', de la estructura 4 del Centro de Desarrollo Infantil.

Fuente: Autores del proyecto.

8.7.2 Análisis hidráulico y diseño de cubierta liviana del Centro Vida. Para cada una de las estructuras que conforman el Centro Vida se procede a realizar el análisis hidráulico y el diseño de la estructura de cubierta liviana. Dentro del diseño de la estructura de techo se deben de tener en cuenta aspectos como lo son el material, la pendiente y el manejo de aguas lluvias. Para el manejo de esta última se utilizará canaleta de PVC. Para poder determinar el tamaño de la canaleta que se necesita, se realiza el siguiente proceso de diseño:

8.7.2.1 Diseño de canaleta. Para realizar un óptimo manejo del agua pluvial, se procedió a realizar el diseño de la canaleta, el objetivo final es obtener las dimensiones mínimas necesarias que debe de tener la canal para poder soportar y evacuar los volúmenes de agua. Los diferentes cálculos que se efectuaron para realizar el diseño son los siguientes:

1. Cálculo de la intensidad de lluvia del municipio de Apulo.
2. Cálculo del área de la cubierta.
3. Cálculo del coeficiente de escorrentía.
4. Cálculo de caudal de diseño.
5. Cálculo del caudal de funcionamiento hidráulico.
6. Cálculo de capacidad de bajantes.

1. Cálculo de la intensidad de lluvia del municipio de Apulo. El primer paso para la realización de este diseño es obtener información de las precipitaciones del municipio de Apulo, con el fin de conseguir el valor de la intensidad de lluvia. En el siguiente grafico se podrán observar las curvas de Intensidad Duración y Frecuencia que permitirán obtener los datos anteriormente mencionados:

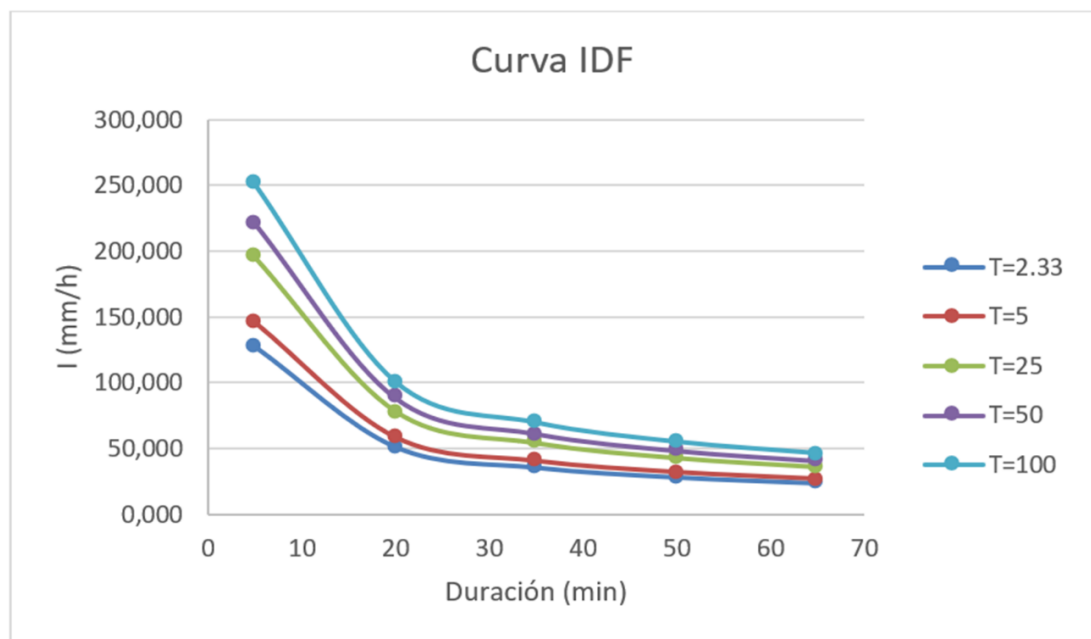


Gráfico 31: Curvas I.D.F de la microcuenca B del rio Apulo.

Fuente: Trabajo de grado de la universidad Santo Tomas denominado "Caracterización climática e hidrológica de la cuenca del río Apulo".

En el grafico anterior se observa la relación de la intensidad y el tiempo de duración de la lluvia, para cada uno de los 5 periodos de retorno. Es importante analizar que, con el paso del tiempo de la precipitación, la intensidad de la lluvia disminuye, esto quiere decir que la intensidad y la duración son variables inversamente proporcionales, y otro aspecto importante es que entre mayor sea el periodo de retorno, la relación entre intensidad y duración también aumentaran. Esto revela la importancia de determinar correctamente cada una de las variables de estudio, con el fin de obtener el dato de intensidad de lluvia más apropiado para el diseño hidráulico de la cubierta liviana.

Es importante mencionar que las curvas I.D.F fueron extraídas de un trabajo de grado de la universidad Santo Tomas denominado "Caracterización climática e hidrológica de la cuenca del río Apulo". En este proyecto se realizó la debida recolección de datos y todos los procedimientos matemáticos para poder obtener resultados confiables.

A continuación, se procede a determinar el valor del periodo de retorno y el tiempo de concentración de la lluvia:

- **Periodo de retorno.** De acuerdo con la norma RAS del año 2017 en la tabla 16 del artículo 135 de dicho documento, se establecen los periodos de retorno de acuerdo con las características del área de drenaje:

Tabla 84: Periodo de retorno. Fuente:

Características del área de drenaje	Período de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Norma RAS del año 2017.

Se selecciono un periodo de retorno de 5 años debido a que el ítem donde se encuentra este valor es el que mejor se ajusta a las características del proyecto, ya que las áreas tributarias de los techos de las edificaciones tienen un área menor de dos hectáreas.

- **Tiempo de concentración.** Para el tiempo de concentración de la lluvia, se tendrá en cuenta un tiempo medio de 20 minutos.

- **Intensidad de la lluvia.** Después de determinar el periodo de retorno y el tiempo de concentración de la lluvia, se procede a identificar el valor de la intensidad de precipitación del municipio de Apulo. La siguiente tabla contiene los valores de las intensidades, de acuerdo con el periodo de retorno y la duración de la lluvia:

Tabla 85: Valores de intensidades de acuerdo con el periodo de retorno y a la duración de la lluvia.

PERIODO DE RETORNO	5	20	35	50	65
2,33	127,628	51,12	35,333	27,922	23,482
5	146,432	58,651	40,539	32,036	26,942
25	195,637	78,36	54,161	42,801	35,996
50	221,634	88,772	61,358	48,488	40,779
100	251,086	100,569	69,512	54,932	46,198

Fuente: Trabajo de grado de la universidad Santo Tomas denominado "Caracterización climática e hidrológica de la cuenca del río Apulo".

Se identifica que la intensidad para un periodo de retorno de 5 años y un tiempo de concentración de 20 minutos es de 58.651 mm/h. Esta intensidad se utilizará para el proceso de cálculo del caudal de diseño mediante el método racional.

2. Cálculo del área de la cubierta. Se realizó el cálculo del área de las cubiertas mediante el software de diseño AutoCAD, las áreas se obtuvieron en metros cuadrados, así que se tuvo que realizar la conversión de unidades a hectáreas.

Tabla 86: Área de cubiertas de las estructuras que conforman el Centro Vida.

CANAL	A
ESTRUCTURA NÚMERO 1	0,0362 Ha
ESTRUCTURA NÚMERO 2	0,0541 Ha
ESTRUCTURA NÚMERO 3	0,0197 Ha

Fuente: Autores del proyecto.

El área total de techo de las tres estructuras que componen el Centro Vida es de 0.11 hectáreas, lo que equivale a 1.100 metros cuadrados.

3. Cálculo del coeficiente de escorrentía. El coeficiente de escorrentía se determinó mediante la siguiente tabla:

Tabla 87: Coeficientes de escorrentía, según el tipo de superficie.

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Zona comercial	0,70	0,95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0,50	0,70
Zonas residenciales unifamiliares	0,30	0,50
Zonas residenciales multifamiliares espaciadas	0,40	0,60
Zonas residenciales multifamiliares densas	0,60	0,75
Zonas residenciales semiurbanas	0,25	0,40
Zonas industriales espaciadas	0,50	0,80
Zonas industriales densas	0,60	0,90
Parques	0,10	0,25
Zonas deportivas	0,20	0,35
Estaciones e infraestructuras viarias del ferrocarril	0,20	0,40
Zonas suburbanas	0,10	0,30
Calles asfaltadas	0,70	0,95
Calles hormigonadas	0,70	0,95
Calles adoquinadas	0,70	0,85
Aparcamientos	0,75	0,85
Techados	0,75	0,95
Praderas (suelos arenosos con pendientes inferiores al 2%)	0,05	0,10
Praderas (suelos arenosos con pendientes intermedias)	0,10	0,15
Praderas (suelos arenosos con pendientes superiores al 7%)	0,15	0,20
Praderas (suelos arcillosos con pendientes inferiores al 2%)	0,13	0,17
Praderas (suelos arcillosos con pendientes intermedias)	0,18	0,22
Praderas (suelos arcillosos con pendientes superiores al 7%)	0,25	0,35

Fuente: Aparicio 1999.

Dentro del cuadro de color rojo se observa el tipo de superficie que corresponde a este caso de estudio, existen dos tipos de coeficientes uno mínimo de 0.75 y un máximo de 0.95. Se determina que se utilizara el coeficiente de 0.95, ya que, por ser una cubierta, se espera que no haya ningún tipo de infiltración.

4. Cálculo de caudal de diseño. El proceso de cálculo del caudal de diseño se llevará a cabo utilizando el método racional, método que es permitido por la norma RAS del año 2017, ya que puede ser usado para áreas de drenaje menores a 80 hectáreas. A continuación, se mostrará la ecuación del método racional establecida por la norma:

Ecuación 14: Método racional.

$$Q = 2.78 * C * I * A$$

Fuente: Norma RAS del año 2017.

Donde:

Q= Caudal de diseño (L/s).

C= Coeficiente de escorrentía (adimensional).

I= Intensidad de la lluvia (mm/hr).

A= Área de drenaje (ha).

En la siguiente tabla se observa el proceso de cálculo del caudal de diseño para cada una de las tres estructuras que conforman el Centro Vida:

Tabla 88: Calculo de caudal de diseño, mediante el método racional de las estructuras que conforman el Centro Vida.

CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO (METODO RACIONAL)				
CANAL	C	I	A	Q de Diseño
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 1	0,95	58,651 mm/h	0,0362 Ha	5,607 L/seg
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 2	0,95	58,651 mm/h	0,0541 Ha	8,383 L/seg
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 3	0,95	58,651 mm/h	0,0197 Ha	3,052 L/seg

Fuente: Autores del proyecto.

5. Cálculo del caudal de funcionamiento hidráulico. Para calcular el caudal de funcionamiento, es necesario utilizar la ecuación de Manning:

Ecuación 15: Ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} (AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}})$$

Fuente: Manual de INVIAS.

Donde:

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (Adimensional).

A = Área mojada (m²).

R = Radio hidráulico (m).

S = Pendiente (m).

El coeficiente de rugosidad de Manning para el material de PVC es de 0.009, en la siguiente tabla se evidencia dicho coeficiente:

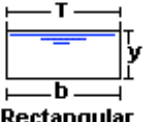
Tabla 89: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Material	Manning	
	n	
	New	In service
Cast iron	0,012	0,017
Concrete	0,013	0,017
Steel	0,008	0,011
Polyethylene	0,007	0,009
GFRP	0,009	0,010
PVC	0,007	0,009
PVC-O	0,007	0,009

Fuente: Autores del proyecto.

El área mojada y del radio hidráulico es diferente para cada tipo de sección, para el caso del presente proyecto el tipo de sección de la canaleta es rectangular, en la siguiente tabla se observa las ecuaciones para calcular las dos variables anteriormente mencionadas:

Tabla 90: Ecuaciones de área mojada y radio hidráulico, para un tipo de sección rectangular.

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b

Fuente: [http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/wp-content/uploads/2012/02/01 Elementos-Geometricos-en-Canales.png](http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/wp-content/uploads/2012/02/01_Elementos-Geometricos-en-Canales.png)

Teniendo el coeficiente de rugosidad, la pendiente de la canaleta y las ecuaciones para el cálculo del área mojada y del radio hidráulico, se procede a realizar el cálculo del caudal de funcionamiento.

El caudal de funcionamiento se calcula y se comprueba que sea mayor que el caudal de diseño, si esta condición se cumple, significa que la canaleta cuenta con la capacidad suficiente de transportar el volumen de agua pluvial. En la siguiente tabla se observa el proceso de cálculo del caudal de funcionamiento.

Tabla 91: Calculo del caudal de funcionamiento de la canaleta de cada estructura del Centro Vida.

DISEÑO DE CANAL EN PVC PARA LA CONDUCCIÓN DE AGUAS DE ESCORRENTIA DE TECHO CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO						
BASE DE LA CANAL	0,11 m	ALTURA DE LA CANAL		0,11 m	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING "n"	0,009
CANAL		ÁREA MOJADA	RADIO HIDRAULICO	S (PENDIENTE)	Q (FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO)	Q (FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO)
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 1		0,01 m ²	0,0367 m	0,005	0,010 m ³ /seg	10,49 L/seg
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 2		0,01 m ²	0,0367 m	0,005	0,010 m ³ /seg	10,49 L/seg
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 3		0,01 m ²	0,0367 m	0,005	0,010 m ³ /seg	10,49 L/seg

Fuente: Autores del proyecto.

Teniendo el caudal de funcionamiento, se procede a comprobar si es mayor que el caudal de diseño:

Tabla 92: Comprobación del caudal de funcionamiento.

Q de Diseño	Q (FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO)	CUMPLE / NO CUMPLE
5,607 L/seg	10,49 L/seg	SI CUMPLE
8,383 L/seg	10,49 L/seg	SI CUMPLE
3,052 L/seg	10,49 L/seg	SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Se observa que el caudal de funcionamiento es mayor que el caudal de diseño, con este resultado se confirma que la canaleta necesita un mínimo de 0.11m x 0.11m de dimensiones para poder transportar el caudal de diseño.

Las dimensiones que se utilizarán para la canaleta serán de 0,15m x 0,15m, debido a que el proveedor tiene medidas de cada 5 cm desde los 10 cm.

6. Cálculo de capacidad de bajantes. El cálculo del número de bajantes necesarias para cada canaleta se realiza mediante el proceso de diseño encontrado en el libro denominado “Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones”, en la página 138 describen una ecuación para calcular la capacidad de las bajantes y es la siguiente:

Ecuación 16: Ecuación para el cálculo de la capacidad de bajantes.

$$Q = 1,754 r^{5/3} d^{8/3}$$

Fuente: Libro de Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones

Donde:

Q = Capacidad (L/s).

r = Relación de áreas (Adimensional).

d = Diámetro tubería (in).

La relación entre áreas hace referencia al área del anillo de agua de la bajante y el área transversal total, la mayoría de los reglamentos adoptan la relación de 7/24. De acuerdo con el autor (Pérez Carmona, 2010) “Los investigadores Both Dawson y Roy B. Hunter encontraron que cuando dicha relación está entre 1/4 y 1/3 no se producen fluctuaciones de presión peligrosas para sifonamiento”. De acuerdo con

lo anterior se procede a calcular la capacidad de bajante con cada una de las tres relaciones y para un diámetro de tubería de 4 pulgadas.

Tabla 93: Cálculo de capacidad de bajantes de acuerdo con el diámetro y a la relación de áreas.

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE BAJANTES DE CANAL CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO		
DIÁMETRO DE TUBERÍA	RELACIÓN DE LAS ÁREAS	CAPACIDAD DE DESAGUE
4 Pulg	1/4	7,016 L/seg
4 Pulg	7/24	9,071 L/seg
4 Pulg	1/3	11,332 L/seg

Fuente: Autores del proyecto.

Se observa que la relación de áreas de 1/4 es la menos favorable, porque solo puede evacuar 7.016 litros por segundo y la relación de áreas de 1/3 es la más favorable permitiendo evacuar 11.331 litros por segundo.

Debido a que la cantidad del caudal de diseño es pequeña, se toma la relación de áreas de 1/4 para realizar el diseño de las bajantes de la canaleta.

Tabla 94: Cantidad de desagües necesarios para cada canaleta.

CANTIDAD DE DESAGÜES NECESARIOS PARA CADA CANAL CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO			
CANAL	Q de Diseño	CAPACIDAD DE DESAGUE	# DE DESAGÜES NECESARIOS
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 1	5,607 L/seg	7,016 L/seg	1 Desague
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 2	8,383 L/seg	7,016 L/seg	2 Desague
CANAL DE PVC 1 - ESTRUCTURA 3	3,052 L/seg	7,016 L/seg	1 Desague

Fuente: Autores del proyecto.

En total se necesita una sola bajante para las canaletas de la estructura 1 y 3, y para la canaleta de la estructura 2 se necesita dos bajantes.

Se decide utilizar dos bajantes para cada una de las canaletas de las tres estructuras, con el objetivo de brindar un nivel de seguridad y para poder manejar dos pendientes diferentes.

- **Planos arquitectónicos de techo de la estructura 1.** Se realizaron los correspondientes diseños de techo, en donde se estableció la pendiente de la cubierta, el tipo de canaleta y los materiales.

Los materiales que se utilizaran para la construcción de la cubierta son los siguientes:

- Teja termo acústica de 3660X800mm 0.30mm Arquitectónica Galvanizada.
- Tubo rectangular de 120 x 60 x 2mm estructural HR50, soportados en la viga de amarre.

8.7.2.2 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 1. En la siguiente ilustración se puede observar el plano vista en planta del techo de teja termo acústica, y la canaleta en PVC. El tejado tiene una pendiente de 4.7 por ciento.

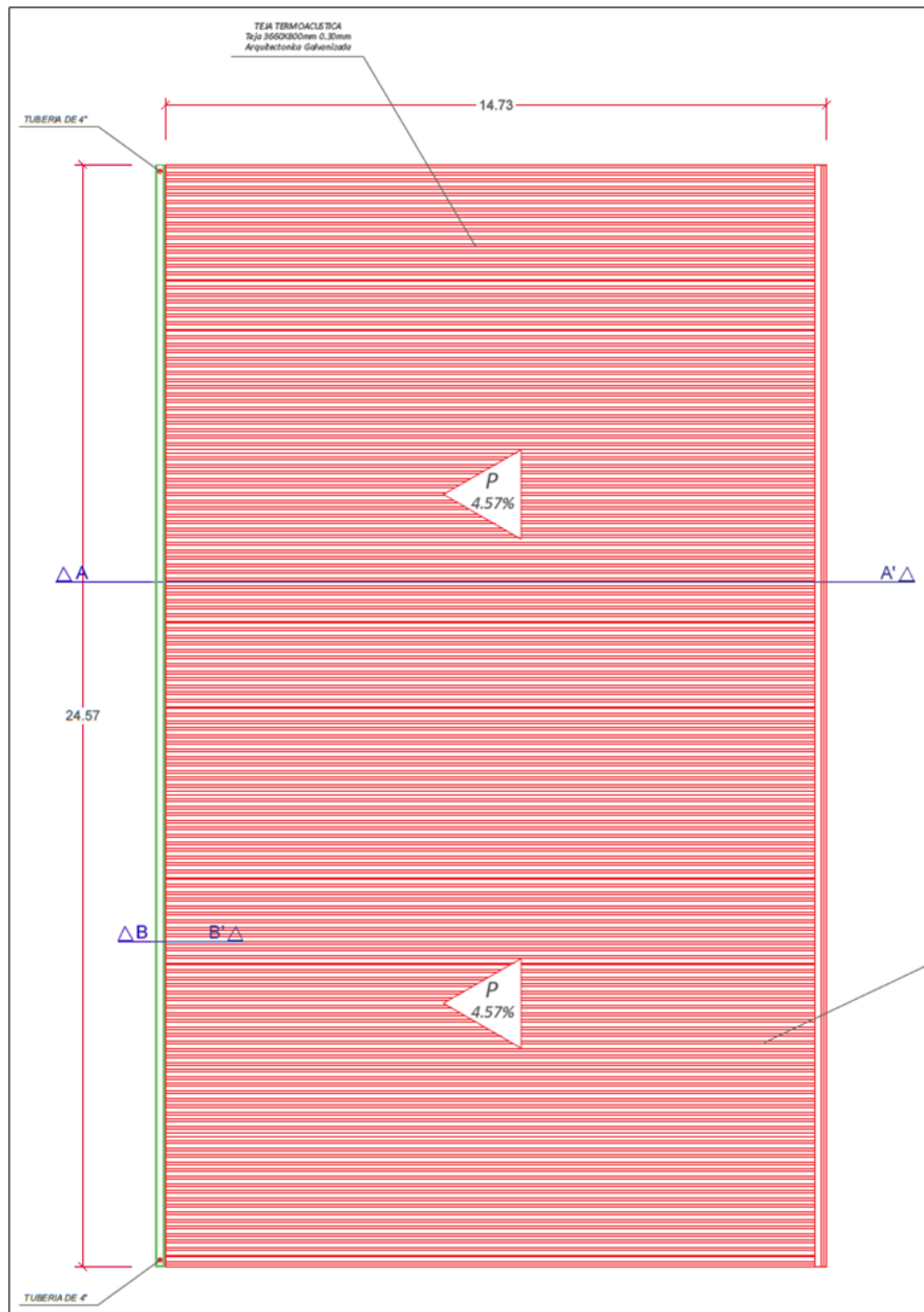


Ilustración 40: Vista en planta de tejado de la estructura 1 del Centro vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra el plano en planta del entramado de Tubo rectangular de 120 x 60 x 2mm estructural HR50, cada tubo esta distanciado un metro de uno a otro.

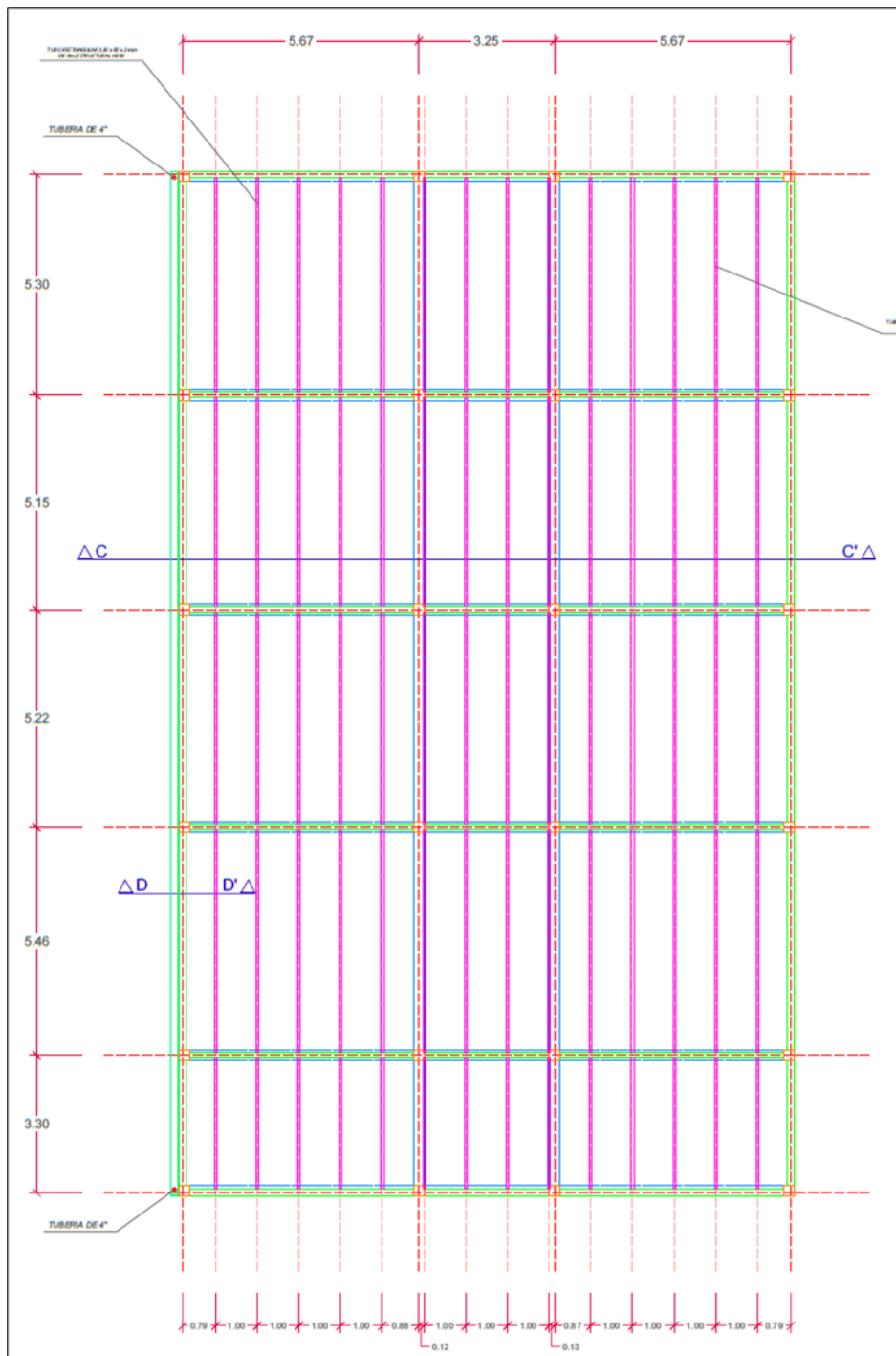


Ilustración 41: Vista en planta de entramado de perfil de acero.

Fuente: Autores del proyecto.

En las siguientes dos ilustraciones se muestran los siguientes cortes arquitectónicos:

- Corte A-A.
- Corte B-B.
- Corte C-C.
- Corte D-D.

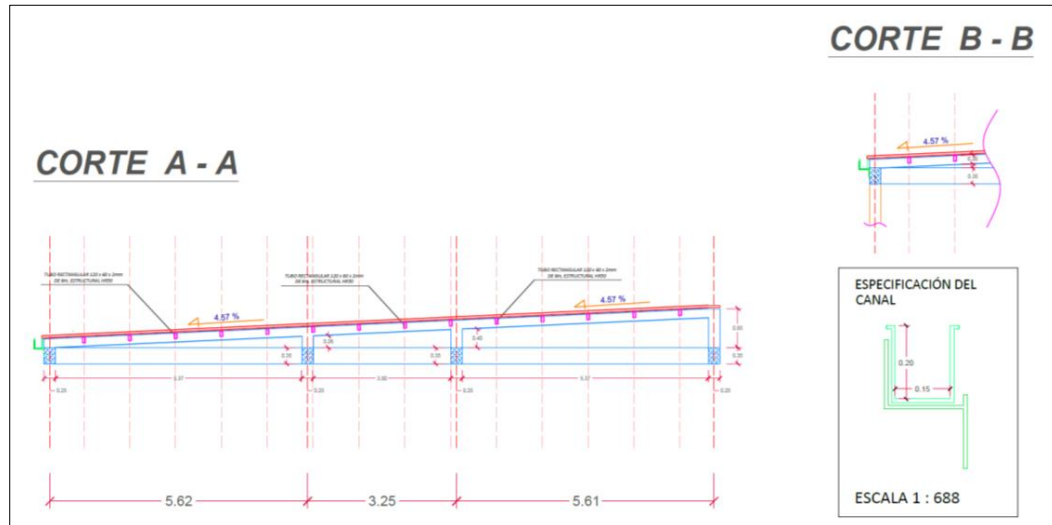


Ilustración 42: Corte arquitectónico A-A y B-B, de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

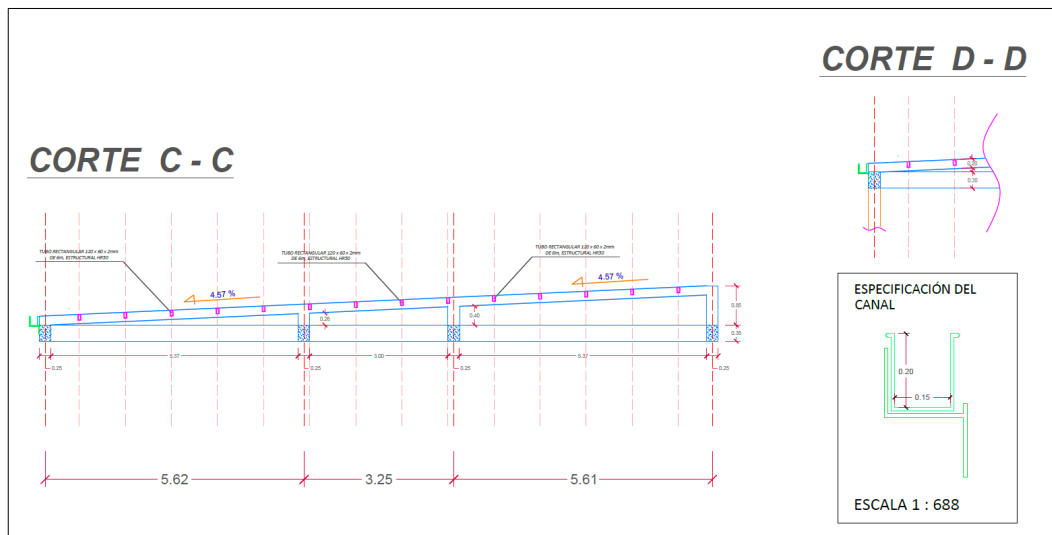


Ilustración 43: Corte arquitectónico C-C y D-D, de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

8.7.2.3 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 2. Se realizaron los correspondientes diseños de techo, en donde se estableció la pendiente de la cubierta, el tipo de canaleta y los materiales.

En la siguiente ilustración se observa el plano en planta del techo, donde se evidencia de color rojo la teja termo acústica y la pendiente del tejado es de 3.58%.

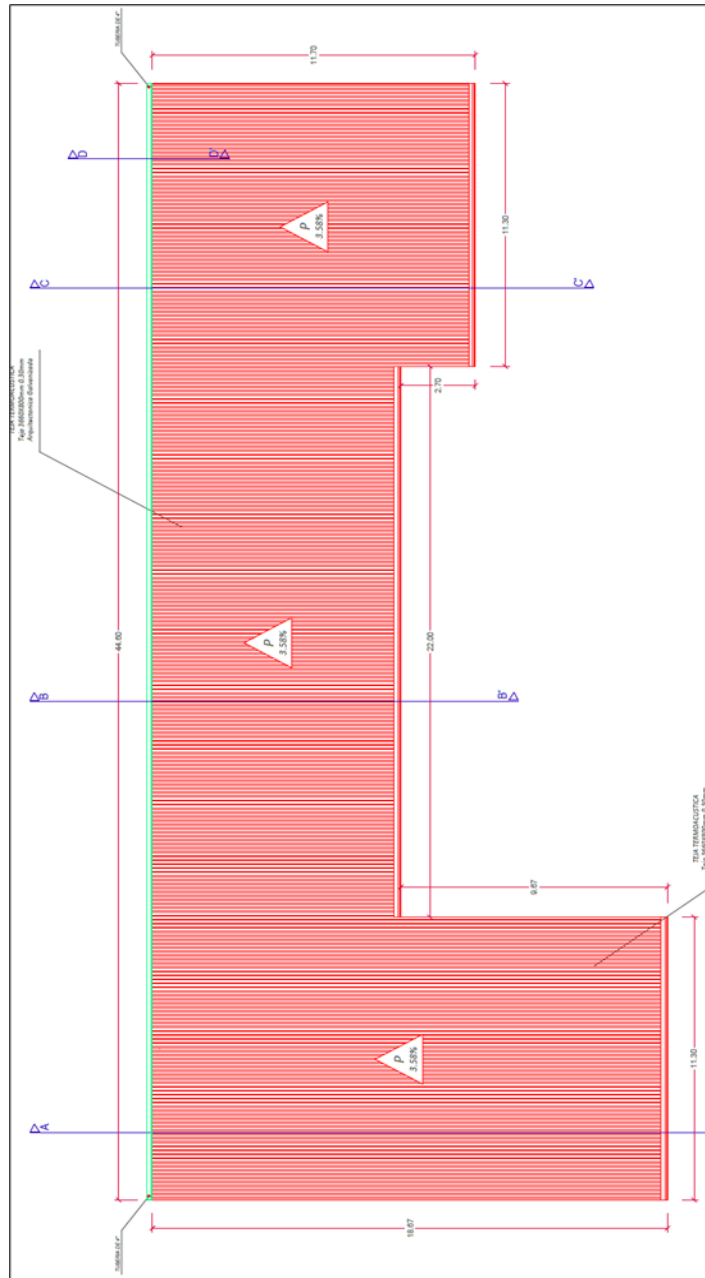


Ilustración 44: Vista en planta de techo de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra el plano en planta del entramado de Tubo rectangular de 120 x 60 x 2mm estructural HR50, cada tubo esta distanciado un metro de uno a otro.

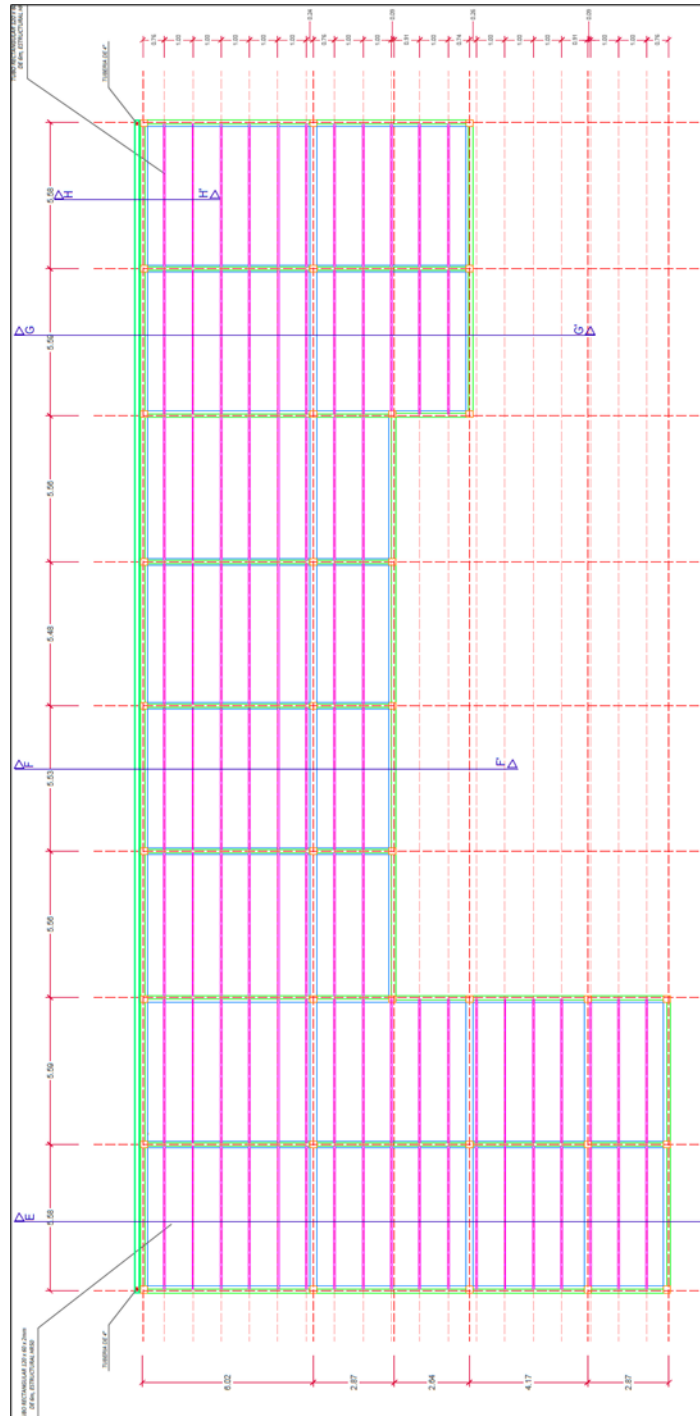


Ilustración 45: Vista en planta de entramado de perfil de acero de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En las siguientes dos ilustraciones se muestran los siguientes cortes arquitectónicos:

- Corte A-A'.
- Corte B-B'.
- Corte C-C'.
- Corte D-D'.
- Corte E-E'.
- Corte F-F'.
- Corte G-G'.
- Corte H-H'.

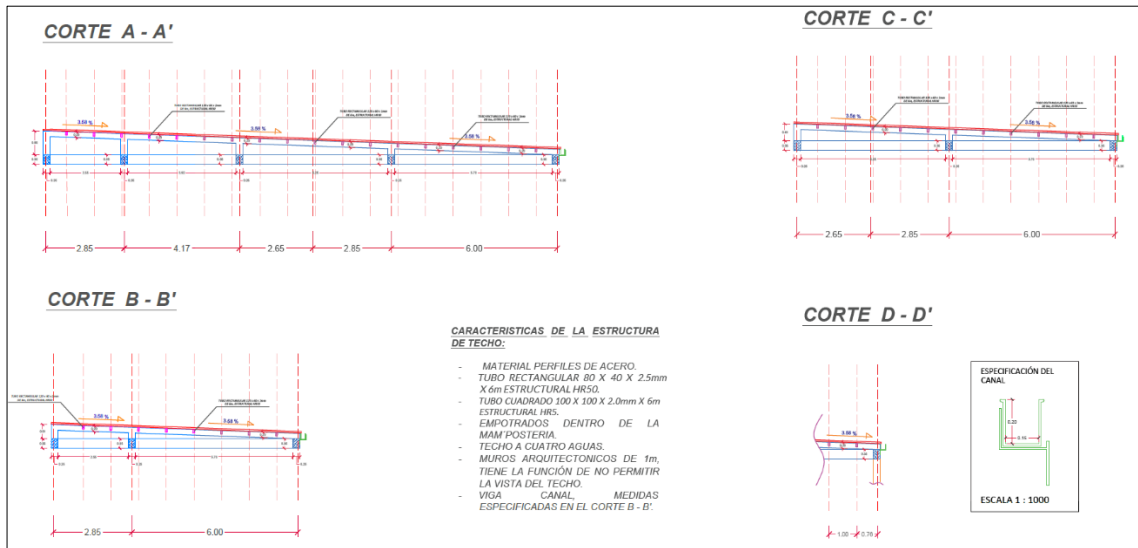


Ilustración 46: Corte arquitectónico A-A', B-B', C-C', D-D' de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

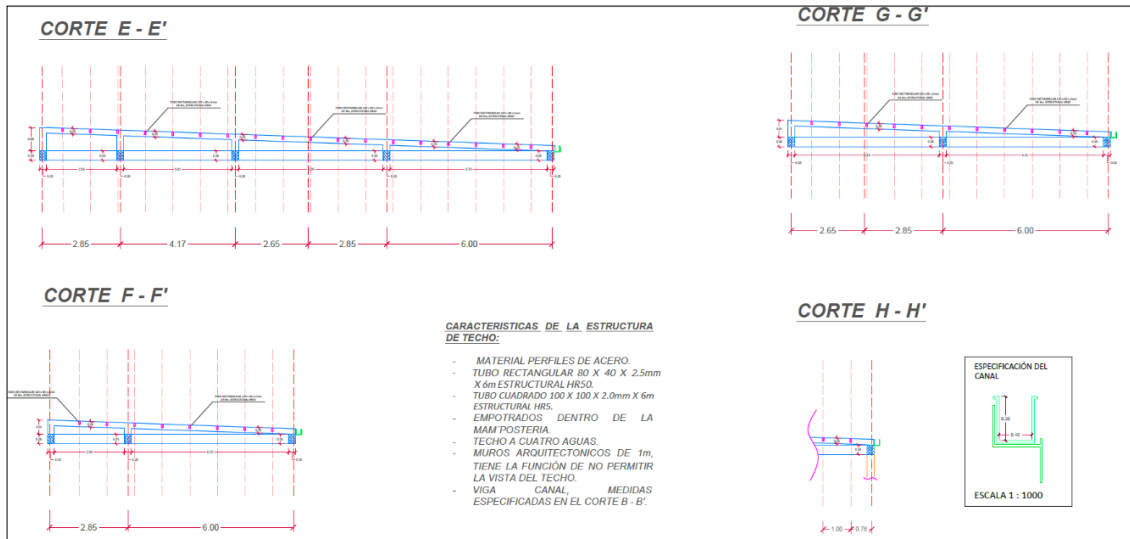


Ilustración 47: Corte arquitectónico E-E', F-F', G-G' H-H', de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

8.7.2.4 Planos de diseños de cubierta liviana de la estructura 3. Se realizaron los correspondientes diseños de techo, en donde se estableció la pendiente de la cubierta, el tipo de canaleta y los materiales.

En la siguiente ilustración se observa el plano en planta del techo, donde se evidencia de color rojo la teja termo acústica y la pendiente del tejado es de 5.51%.

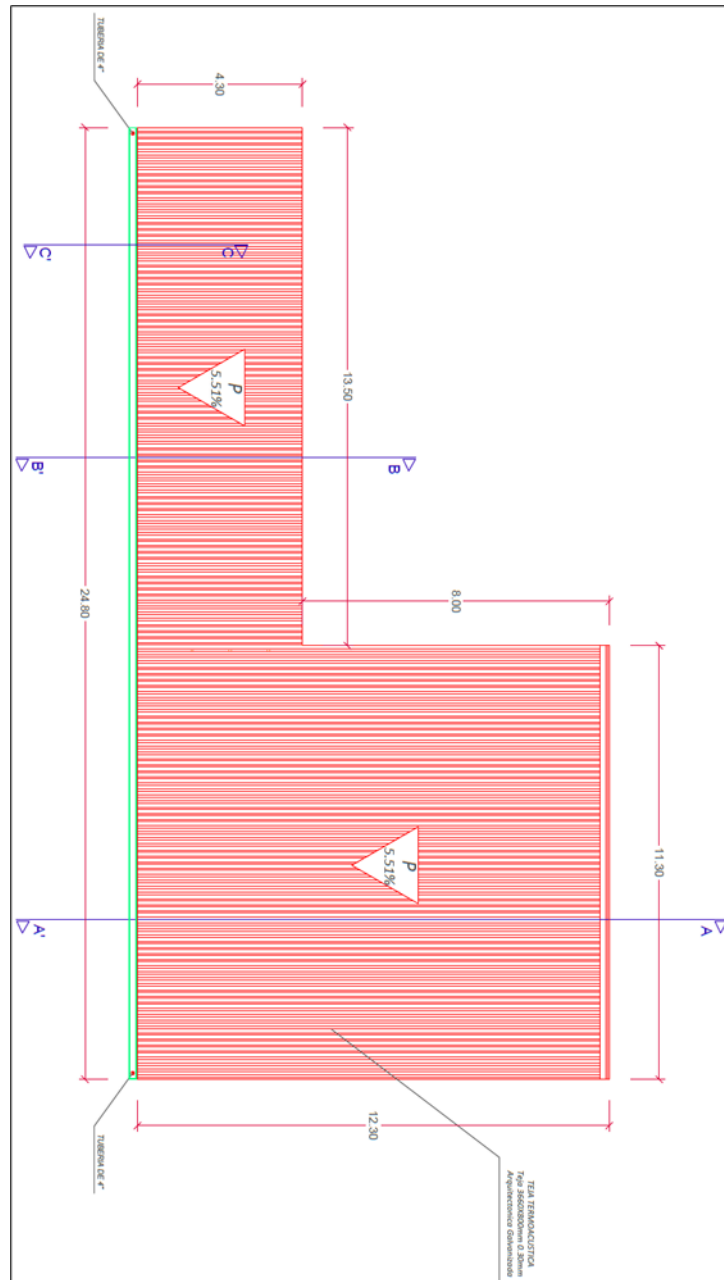


Ilustración 48: Vista en planta de techo de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

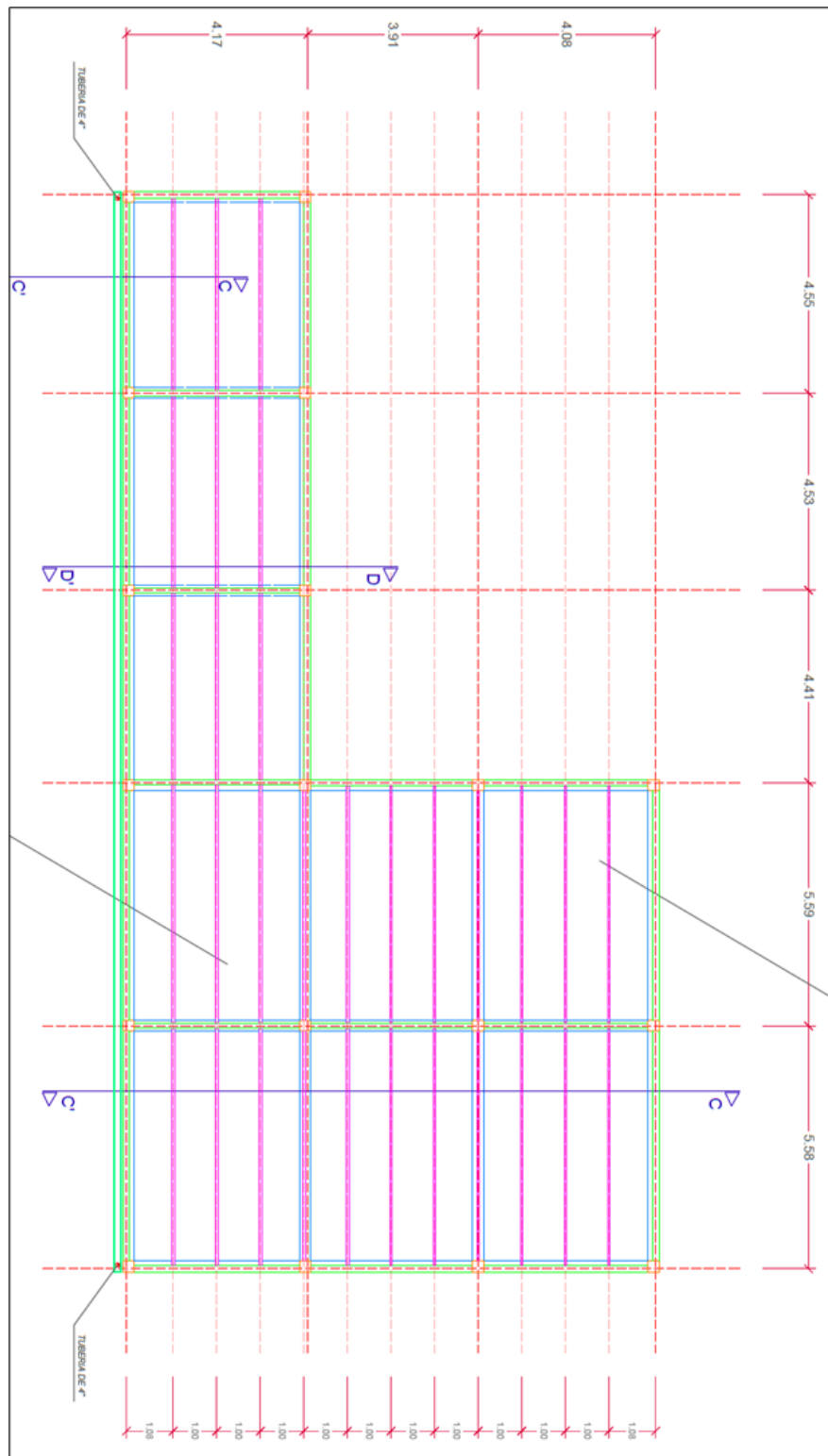


Ilustración 49: Vista en planta de entramado de perfil de acero de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En las siguientes cuatro ilustraciones se muestran los siguientes cortes arquitectónicos de la estructura 3 del Centro Vida:

- Corte A-A'.
- Corte B-B'.
- Corte C-C'.

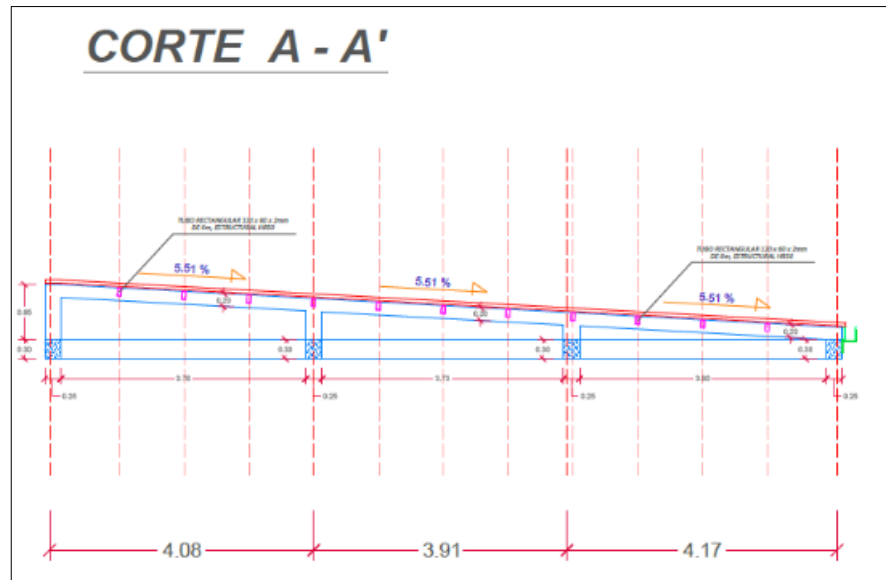


Ilustración 50: Corte arquitectónico A-A' de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto

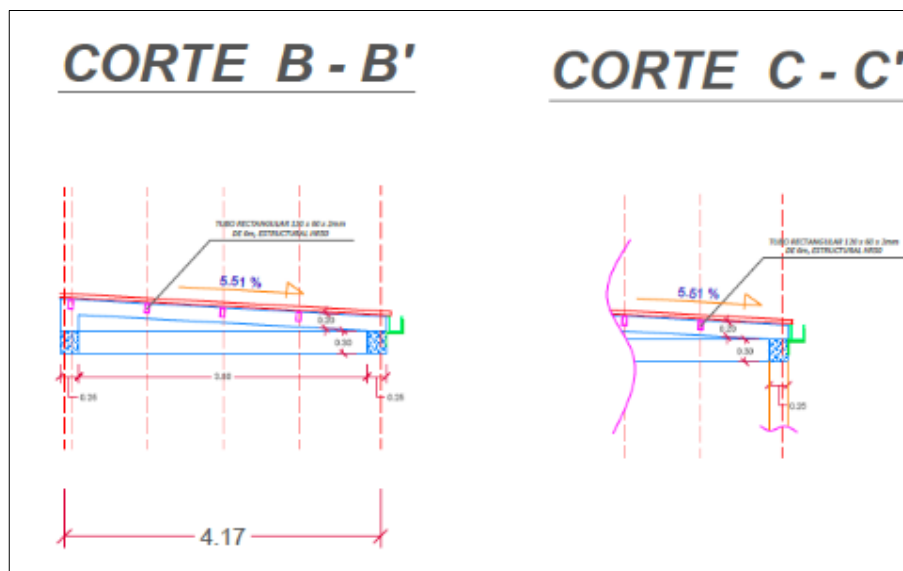


Ilustración 51: Corte arquitectónico B-B', C-C'' de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

8.8 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CENTRO VIDA

El diseño estructural se realiza en base a los diseños arquitectónicos anteriormente realizados, este proceso consta en establecer columnas en los puntos de la estructura donde sean necesarias, dando una configuración estructural idónea, funcional y que vaya acorde con la estética que se le quiere dar a la edificación. En este proceso también se realiza el predimensionamiento de cada elemento estructural que conforma la estructura, teniendo en cuenta los parámetros mínimos de diseño establecidos en la NSR10, por último, se realiza la modelación y el análisis sísmico de la edificación dentro del software de diseño Robot Structural Analysis Professional, dando como resultado el refuerzo en acero necesario para suplir cada una de las solicitaciones estructurales.

8.8.1 Datos del proyecto. Para realizar el diseño estructural de las estructuras que componen el Centro Vida, es necesario conocer los datos de localización, uso de la edificación, sistema estructural que se utilizara, entre otros. A continuación, en la siguiente tabla se encuentran cada uno de los datos iniciales del proyecto:

Tabla 95: Datos del proyecto.

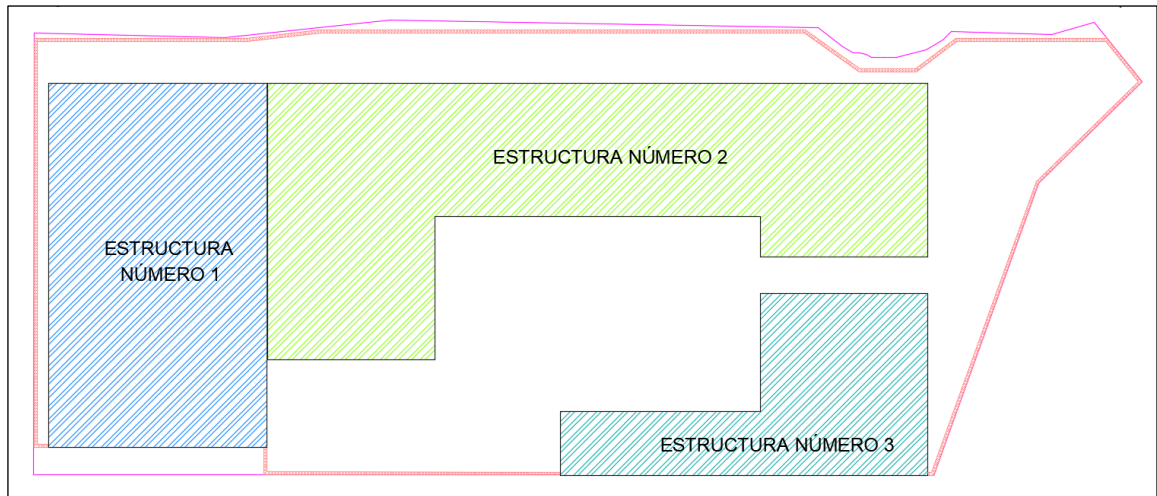
DATOS DEL PROYECTO	
LOCALIZACIÓN	APULO CUNDINAMARCA
	ZONA URBANA
ZONA DE AMENAZA SISMICA	INTERMEDIA
USO	INSTITUCIONAL
SISTEMA ESTRUCTURAL	PORTICOS DUCTILES
CAPACIDAD DE DISIPACIÓN DE ENERGIA	DMO
PERFIL DE SUELO	D
GRUPO DE USO	3

Fuente: Autores del proyecto.

En estos datos destaca la capacidad de disipación de energía, en este caso la estructura se diseñará con una capacidad de disipación moderada de energía (DMO), que fue determinada porque el municipio de Apulo se localiza en una zona de amenaza sísmica intermedia. El perfil de suelo es tipo D, de acuerdo con el estudio de suelos que suministro la alcaldía municipal, véase el anexo 15 el enlace de descarga del documento en formato P.D.F.

La edificación será de uso institucional, dentro del reglamento NSR10 este tipo de estructuras se clasifican como uso tres, denominadas como edificaciones de atención a la comunidad dentro del literal (d) Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza.

8.8.2 Estructuras que conforman el Centro Vida. Debido a la distribución de espacios del diseño arquitectónico, a la irregularidad en planta y a la extensa área que ocupa la edificación del Centro Vida, fue necesario diseñar tres diferentes estructuras independientes que conformen la totalidad de la edificación. En la siguiente ilustración se muestra la localización de dichas estructuras dentro del predio perteneciente al Centro Vida, también se podrá encontrar el plano en formato A1 en el anexo 16.






	ESTRUCTURA NÚMERO 1	361,99 m ²
	ESTRUCTURA NÚMERO 2	541,18 m ²
	ESTRUCTURA NÚMERO 3	197.04 m ²

Ilustración 52: Estructuras que componen el Centro de Vida para el adulto mayor.

Fuente: Autores del proyecto.

8.8.3 Diseño estructural de la Edificación 1 del Centro Vida. La estructura número 1 que conforma el Centro Vida, cuenta con un área de 361.99 metros cuadrados, esto corresponde a un 20.63% del área total del predio en donde se localizara dicho centro de atención.

A continuación, se procede a realizar el proceso de diseño, predimensionamiento y cálculo de la estructura, siguiendo los parámetros que dicta el reglamento de construcción NSR10.

8.8.3.1 Ejes estructurales. Los ejes estructurales se dibujaron de acuerdo con la arquitectura establecida anteriormente. Se localizaron las columnas en donde eran necesarias, de manera que jugaran de la mejor manera con la arquitectura.

A continuación, en la siguiente ilustración se podrá observar el resultado final de los ejes estructurales.

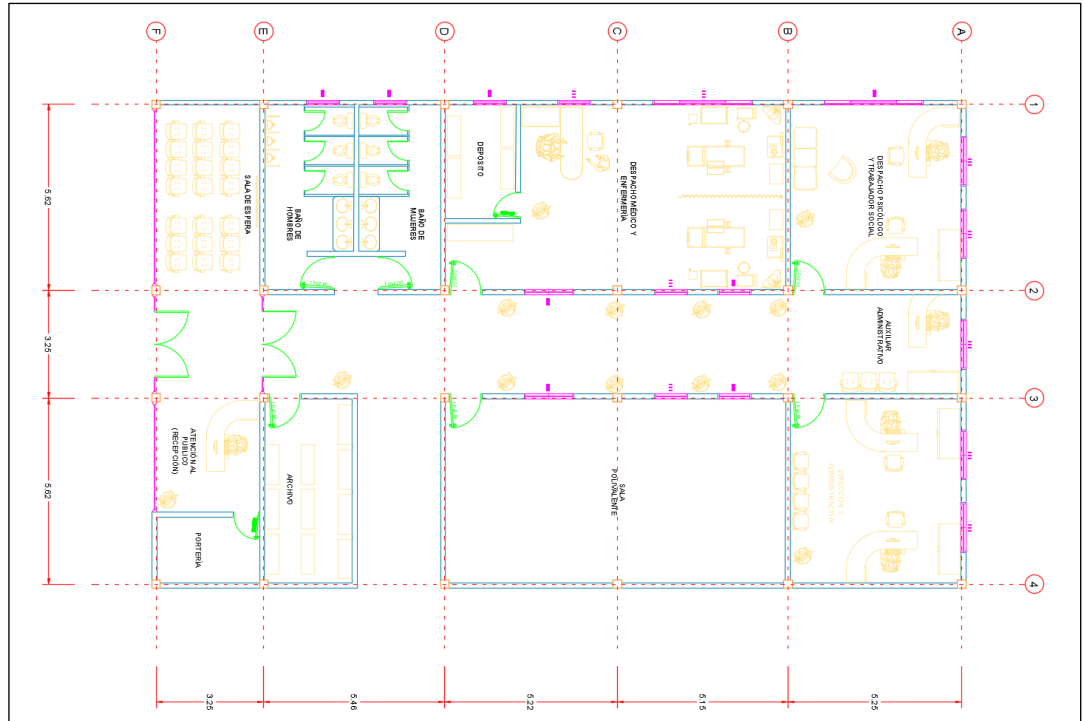


Ilustración 53: Ejes estructurales de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En total se realizaron 10 ejes estructurales, 4 longitudinales y 6 transversales, los longitudinales van del número 1 al número 4 y los transversales van de la letra “A” a la letra “F”. Dentro del software de diseño estructural los ejes transversales serán en sentido X y los longitudinales serán en sentido Y.

8.8.3.2 Predimensionamiento de vigas. Se realizó el proceso de predimensionamiento de las vigas de la estructura, de acuerdo con los parámetros dados en la NSR10 en la tabla C.9.5.

Tabla 96: Tabla C.9.5 del título C de la NSR 10.

TABLA C.9.5(a) — Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones				
Elementos	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos que NO soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.				
Losas macizas en una dirección	$\frac{A}{20}$	$\frac{A}{24}$	$\frac{A}{28}$	$\frac{A}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{A}{16}$	$\frac{A}{18.5}$	$\frac{A}{21}$	$\frac{A}{8}$

NOTAS:
 Los valores dados en esta tabla se deben usar directamente en elementos de concreto de peso normal y refuerzo grado 420 MPa. Para otras condiciones, los valores deben modificarse como sigue:
 (a) Para concreto liviano estructural con densidad w_c dentro del rango de 1 440 a 1 840 kg/m³, los valores de la tabla deben multiplicarse por $(1, 65 - 0.0003w_c)$, pero no menos de 1.09.
 (b) Para f_y distinto de 420 MPa, los valores de esta tabla deben multiplicarse por $(0.4 + f_y / 700)$.

Fuente: Autores del proyecto.

Se decidió utilizar la tabla C.9.5 para realizar el predimensionamiento de las vigas, ya que, al ser una estructura de un solo nivel, las vigas no tendrán que soportar muros divisorios o particiones frágiles que sean susceptibles a daños por deflexiones grandes.

En esta estructura se encuentran dos tipos de vigas: con un extremo continuo y con dos extremos continuos. La tabla C.9.5 dice que para vigas con un extremo continuo la distancia entre ejes se divide en 18.5 y para vigas con dos extremos continuos la distancia entre ejes se divide en 21. En la siguiente tabla se podrá observar el cálculo de los peraltes de vigas de acuerdo con los parámetros anteriormente mencionados:

Tabla 97: Peraltes de vigas de entrepiso de la estructura 1 del Centro Vida.

PERALTE VIGAS DE ENTREPISO				
TIPO DE APOYO	EJE	TRAMO	LONGITUD	h
Con un extremo continuo	1	A - B	5,25 m	0,29 m
	1	E - F	3,25 m	0,18 m
	2	A - B	5,25 m	0,29 m
	2	E - F	3,25 m	0,18 m
	3	A - B	5,25 m	0,29 m
	3	E - F	3,25 m	0,18 m
	4	A - B	5,25 m	0,29 m
	4	E - F	3,25 m	0,18 m
	A	1 - 2	5,62 m	0,31 m
	A	3 - 4	5,62 m	0,31 m
	B	1 - 2	5,62 m	0,31 m
	B	3 - 4	5,62 m	0,31 m
	C	1 - 2	5,62 m	0,31 m
	C	3 - 4	5,62 m	0,31 m
	D	1 - 2	5,62 m	0,31 m
	D	3 - 4	5,62 m	0,31 m
	E	1 - 2	5,62 m	0,31 m
	E	3 - 4	5,62 m	0,31 m
F	1 - 2	5,62 m	0,31 m	
F	3 - 4	5,62 m	0,31 m	
Con ambos extremos continuos	1	B - C	5,15 m	0,25 m
	1	C - D	5,22 m	0,25 m
	1	D - E	5,46 m	0,26 m
	2	B - C	5,15 m	0,25 m
	2	C - D	5,22 m	0,25 m
	2	D - E	5,46 m	0,26 m
	3	B - C	5,15 m	0,25 m
	3	C - D	5,22 m	0,25 m
	3	D - E	5,46 m	0,26 m
	4	B - C	5,15 m	0,25 m
	4	C - D	5,22 m	0,25 m
	4	D - E	5,46 m	0,26 m
	A	2 - 3	3,25 m	0,16 m
	B	2 - 3	3,25 m	0,16 m
	C	2 - 3	3,25 m	0,16 m
	D	2 - 3	3,25 m	0,16 m
	E	2 - 3	3,25 m	0,16 m
	F	2 - 3	3,25 m	0,16 m
LONGITUD TOTAL DE VIGAS			184,26 m	
PERALTE DE VIGA A UTILIZAR SEGÚN EL CALCULO			0,31 m	
PERALTE DE VIGA DEFINITIVO A UTILIZAR			0,35 m	

Fuente: Autores del proyecto.

El peralte máximo de viga necesario según la norma es de 0.31 metros, pero se decide utilizar un peralte de 0.35 metros para todas las vigas, con el fin de dar una facilidad a la hora de la construcción y un factor de seguridad adicional. En total se necesitan 184.26 metros de viga, el ancho de la base de cada viga será de 0,25 metros, este ancho de la base se determinó dando cumplimiento de reglamento NSR10 en su inciso C.21.3.4.1.

Tabla 98: Carga de vigas en KN – Estructura 1 del Centro Vida.

CALCULO DE CARGAS DE VIGAS	
h	0,35 m
b	0,25 m
ÁREA TRANSVERSAL	0,088 m ²
PESO ESPECIFICO CONCRETO ARMADO	24 KN/m ³
CARGA TOTAL VIGAS	386,95 KN

Fuente: Autores del proyecto.

8.8.3.3 Predimensionamiento de columnas.

- **Cálculo de cargas transmitidas por columna.** El cálculo de cargas que transmitirán las columnas es el primer paso para realizar el predimensionamiento de dichos elementos estructurales. Para realizar el cálculo de las cargas que transmiten cada columna a la cimentación, es necesario identificar el área aferente que le corresponde a cada columna. Para poder calcular estas áreas, se realizó el siguiente plano:

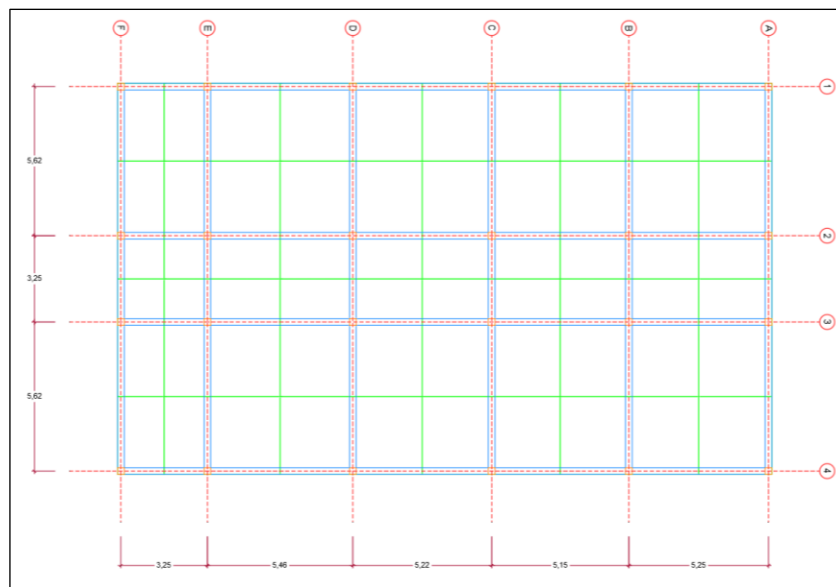


Ilustración 54: Distribución de áreas aferentes de cada columna de la estructura 1 del Centro vida. Fuente: Autores del proyecto.

En el anterior plano en color verde se puede observar las áreas aferentes que le corresponden a cada columna, estos valores de área se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 99: Áreas aferentes de cada columna de la estructura 1 del Centro Vida.

COLUMNA	ÁREA AFERENTE - CARGA COLUMNA
A1	8,06 m2
A2	12,20 m2
A3	12,20 m2
A4	8,06 m2
B1	15,24 m2
B2	23,04 m2
B3	23,04 m2
B4	15,22 m2
C1	15,20 m2
C2	22,99 m2
C3	22,99 m2
C4	15,19 m2
D1	15,64 m2
D2	23,66 m2
D3	23,66 m2
D4	15,63 m2
E1	12,77 m2
E2	19,31 m2
E3	19,31 m2
E4	12,76 m2
F1	5,13 m2
F2	7,76 m2
F3	7,76 m2
F4	5,13 m2

Fuente: Autores del proyecto.

Si se suma el valor de cada área aferente de columna daría como resultado 361.95 metros cuadrados, valor que corresponde con el área total que ocupa la estructura que se está analizando.

- **Cálculo de cargas transmitidas por columna.** Para realizar el cálculo de cargas que transmiten las columnas, solo se tendrán en cuenta dichos elementos que estén directamente soportados en ellas, esto quiere decir que en este cálculo previo de cargas no se tendrán en cuenta los pesos de muros, baldosas, puertas, ventanas, entre otros, ya que estos serán cargados directamente en la cimentación. A continuación, se podrá observar la siguiente tabla en donde se encuentra el cálculo de cargas transmitidas por columnas:

Tabla 100: Calculo de cargas transmitidas por las columnas de la estructura 1 del Centro Vida.

CALCULO DE CARGAS TRANSMITIDAS POR COLUMNA - ESTRUCTURA 1 DEL CENTRO VIDA			
MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA			
COMPONENTE	FACTOR DE CARGA	CUANTIA	CARGA
VIGAS	24 KN/m ³	16,12 m ³	386,95 KN
CIELO RASO (ENTRAMADO METALICO SUSPENDIDO AFINADO EN YESO)	0,34 KN/m ²	336,17 m ²	114,30 KN
TECHO (TEJA TERMOACUSTICA Teja 3660X800mm 0.30mm Arquitectonica Galvanizada)	0,06 KN/m ²	362,00 m ²	20,24 KN
TUBO RECTANGULAR 120 x 60 x 2mm DE 6m, ESTRUCTURAL HR50	0,055 KN/m	343,98 m	18,86 KN
CARGAS VIVAS DE CUBIERTAS INCLINADAS CON MAS DE 15° DE PENDIENTE EN ESTRUCTURA METALICA	0,35 KN/m ²	362,00 m ²	126,70 KN
MUROS INTERNOS SIN PAÑETAR (0,15m) (MUROS PARA SOSTENER TECHO)	2,00 KN/m ²	41,76 m ²	83,51 KN
CONTINUACIÓN COLUMNAS PARA AMARRE DE MUROS DE ANCLAJE DEL PERFIL DE ACERO	24 KN/m ³	0,49 m ³	11,79 KN
VIGA CORREA PARA TECHO	25 KN/m ³	5,65 m ³	141,26 KN
TOTAL CARGA			903,61 KN
VALOR DEL ESFUERZO			2,50 KN/m²

Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo con los cálculos de la tabla anterior, las columnas transmitirán un total de 903,61 KN. Si dicho peso expresado en Kilo Newtons se divide en el área total de la estructura que se expresa en metros cuadrados, da como resultado un esfuerzo de 2,5 KN/m². Este esfuerzo se utilizará para poder calcular la cantidad de carga que le corresponde transmitir a cada una de las columnas.

- **Áreas aferentes y cargas transmitidas por cada columna.** Después de realizar los dos cálculos anteriores, se obtiene el valor del área aferente que le corresponde a cada columna y la carga por metro cuadrado que se experimenta en el entrepiso. Lo siguiente que se debe de realizar es multiplicar el área aferente de cada columna por el esfuerzo, para obtener como resultado la carga que se transmite en cada columna, el mencionado procedimiento matemático se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 101: Cargas transmitidas por cada columna de la estructura 1 del Centro Vida.

CARGAS TRANSMITIDAS POR CADA COLUMNA		
COLUMNA	ÁREA AFERENTE - CARGA COLUMNA	CARGA QUE TRANSMITE CADA COLUMNA
A1	8,06 m ²	20,1213 KN
A2	12,20 m ²	30,4566 KN
A3	12,20 m ²	30,4566 KN
A4	8,06 m ²	20,1213 KN
B1	15,24 m ²	38,0458 KN
B2	23,04 m ²	57,5180 KN
B3	23,04 m ²	57,5180 KN
B4	15,22 m ²	37,9959 KN
C1	15,20 m ²	37,9459 KN
C2	22,99 m ²	57,3932 KN
C3	22,99 m ²	57,3932 KN
C4	15,19 m ²	37,9210 KN
D1	15,64 m ²	39,0444 KN
D2	23,66 m ²	59,0658 KN
D3	23,66 m ²	59,0658 KN
D4	15,63 m ²	39,0194 KN
E1	12,77 m ²	31,8796 KN
E2	19,31 m ²	48,2063 KN
E3	19,31 m ²	48,2063 KN
E4	12,76 m ²	31,8546 KN
F1	5,13 m ²	12,8068 KN
F2	7,76 m ²	19,3724 KN
F3	7,76 m ²	19,3724 KN
F4	5,13 m ²	12,8068 KN

Fuente: Autores del proyecto.

- **Área de sección requerida.** Conociendo la carga que transmitirá cada columna, se procede a calcular el área de sección transversal en centímetros cuadrados. Esta área se calcula multiplicando la carga por 43 para columnas que se localizan en los bordes de la estructura y multiplicando por 18 para columnas de centro que se localizan dentro de la estructura y por último dividiéndose en la fuerza de gravedad que se toma como 10 m/seg² de acuerdo con la norma NSR10 en el título A inciso A.4.5.

Tabla 102: Área de sección requerida por cada columna de la estructura 1 del Centro Vida.

ÁREA DE SECCIÓN REQUERIDA POR COLUMNA		
COLUMNA	COLUMNA DE BORDE	COLUMNA DE CENTRO
A1	86,5217 cm ²	
A2	130,9634 cm ²	
A3	130,9634 cm ²	
A4	86,5217 cm ²	
B1	163,5969 cm ²	
B2		103,5325 cm ²
B3		103,5325 cm ²
B4	163,3822 cm ²	
C1	163,1675 cm ²	
C2		103,3078 cm ²
C3		103,3078 cm ²
C4	163,0601 cm ²	
D1	167,8908 cm ²	
D2		106,3185 cm ²
D3		106,3185 cm ²
D4	167,7834 cm ²	
E1	137,0822 cm ²	
E2		86,7714 cm ²
E3		86,7714 cm ²
E4	136,9748 cm ²	
F1	55,0690 cm ²	
F2	83,3013 cm ²	
F3	83,3013 cm ²	
F4	55,0690 cm ²	

Fuente: Autores del proyecto.

Este procedimiento matemático se realiza con el fin de calcular el área de sección transversal que necesita tener cada columna, para poder suplir las solicitaciones de carga que posee de acuerdo con las características del diseño.

- **Predimensionamiento de columna.** Al tener calculada el área de sección requerida, se debe identificar que dimensiones multiplicadas entre sí, suplen el área transversal. A continuación, en la siguiente tabla se observa el proceso de dimensionamiento de dichas columnas:

Tabla 103: Dimensiones mínimas de columnas de la estructura 1 del Centro Vida.

DIMENSIONES MINIMAS DE COLUMNA - ESTRUCTURA 1 DEL CENTRO VIDA					
COLUMNA	ÁREA DE SECCIÓN REQUERIDA	SECCIÓN FINAL			SI CUMPLE / NO CUMPLE
		LARGO	ANCHO	ÁREA AFERENTE	
A1	86,52 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
A2	130,96 cm ²	12 cm	12 cm	144 cm ²	SI CUMPLE
A3	130,96 cm ²	12 cm	12 cm	144 cm ²	SI CUMPLE
A4	86,52 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
B1	163,60 cm ²	13 cm	13 cm	169 cm ²	SI CUMPLE
B2	103,53 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
B3	103,53 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
B4	163,38 cm ²	13 cm	13 cm	169 cm ²	SI CUMPLE
C1	163,17 cm ²	13 cm	13 cm	169 cm ²	SI CUMPLE
C2	103,31 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
C3	103,31 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
C4	163,06 cm ²	13 cm	13 cm	169 cm ²	SI CUMPLE
D1	167,89 cm ²	13 cm	13 cm	169 cm ²	SI CUMPLE
D2	106,32 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
D3	106,32 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
D4	167,78 cm ²	13 cm	13 cm	169 cm ²	SI CUMPLE
E1	137,08 cm ²	12 cm	12 cm	144 cm ²	SI CUMPLE
E2	86,77 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
E3	86,77 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
E4	136,97 cm ²	12 cm	12 cm	144 cm ²	SI CUMPLE
F1	55,07 cm ²	8 cm	8 cm	64 cm ²	SI CUMPLE
F2	83,30 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
F3	83,30 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
F4	55,07 cm ²	8 cm	8 cm	64 cm ²	SI CUMPLE
DIMENSIONES MINIMAS DE COLUMNA		13 cm	13 cm	169 cm²	
DIMENSIONES MINIMAS REQUERIDAS POR LA NSR10 (C.21.3.5.1)		25 cm	25 cm	625 cm²	

Fuente: Autores del proyecto.

En la tabla anterior se observa, que el área de sección mayor que necesitan las columnas para suplir las solicitaciones de carga es de 169 cm², esta área corresponde a dimensiones de 13cm x 13cm. Debido a que el municipio de Apulo se encuentra en una zona de riesgo sísmico intermedio, se identifica que dichas dimensiones son menores a las que permite la NSR 10 para zonas de sismicidad intermedia y edificaciones con capacidad moderada de disipación de energía (DMO).

En el título C de la NSR10, inciso C.21.3.5.1, (Ministerio de Ambiente, 2010) se establece lo siguiente:

La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 250mm. Las columnas en forma de T, C o I pueden tener una dimensión mínima de 0.20m, pero su área no puede ser menor de 0.0625m².

Por esta razón se determina que las dimensiones que se utilizarán para cada una de las 24 columnas, será de 0.25m x 0.25m. Utilizar estas dimensiones dará un factor de seguridad a la estructura y reduce la probabilidad de tener que aumentar las dimensiones de las columnas al momento de realizar la modelación y análisis sísmico en Robot Structural.

8.8.3.4 Carga viva de la estructura. Las cargas vivas de la estructura se determinaron de acuerdo con los parámetros dados por la NSR10, en el capítulo B inciso B.4.2.1-1.

Se clasificó el área de la estructura de acuerdo con la ocupación o uso que se le dará, dando como resultado el siguiente plano:

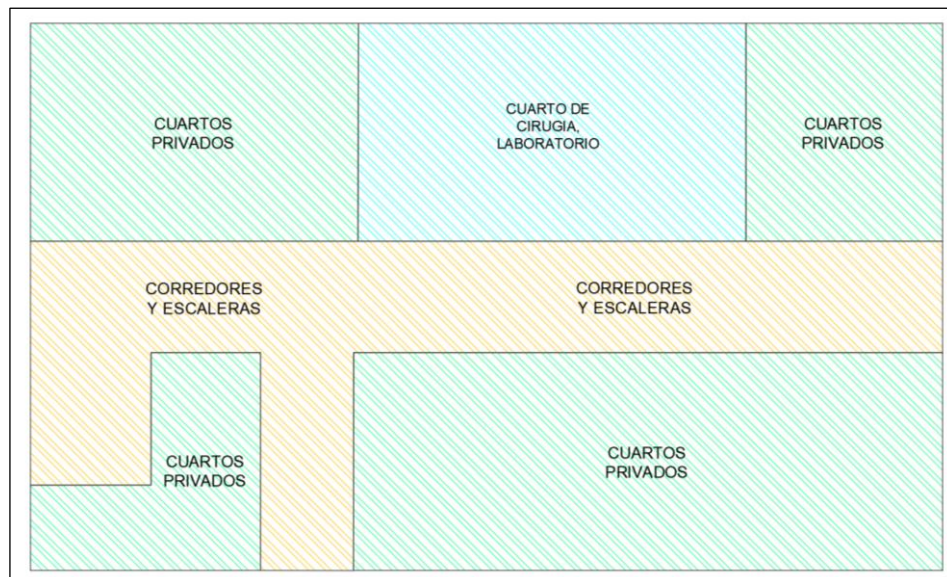


Ilustración 55: Cargas vivas de la estructura 1 del Centro vida. Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente tabla se observará el valor de las áreas de cada uno de los tres tipos de carga viva que experimenta la estructura y su correspondiente factor de carga dado por la NSR10:

Tabla 104: Carga viva de la estructura 1 del Centro Vida.

CARGA VIVA ESTRUCTURA 1 DEL CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA			
DESCRIPCIÓN	FACTOR DE CARGA	ÁREA	CARGA VIVA
CUARTOS DE CIRUGIA, LABORATORIO	4,00 KN/m ²	61,27 m ²	245,08 KN
CUARTOS PRIVADOS	2,00 KN/m ²	200,71 m ²	401,42 KN
CORREDORES Y ESCALERAS	5,00 KN/m ²	99,98 m ²	499,90 KN
TOTAL DE ÁREA Y CARGA VIVA		361,96 m²	1146,40 KN

Fuente: Autores del proyecto.

La carga para cada tipo de carga viva se obtuvo de la multiplicación del área con el factor de carga que da la norma sismorresistente colombiana.

En total la estructura experimenta una carga viva de 245.08KN en el área de cuartos de cirugía, una carga viva de 401.42KN en el área de cuartos privados y una carga viva de 499.90KN en el área de vestíbulos; para un total de carga viva de 1146.40KN.

8.8.3.5 Cálculo de cargas totales de la estructura 1. En la realización del cálculo de cargas se tuvieron en cuenta todos los pesos de cada uno de los elementos que componen la edificación.

Cada uno de los factores de carga que se encuentran en este cálculo de cargas, se tomaron de diferentes incisos que se encuentran en el título B de la NSR10, a excepción de los factores de carga de la teja termoacústica de 3660X800mm 0.30mm Arquitectónica Galvanizada y de los tubos rectangulares de 120 x 60 x 2mm de 6m de longitud, de acero tipo estructural HR50; estos dos últimos factores de carga se extrajeron de las fichas técnicas del proveedor.

A continuación, en la siguiente tabla se encuentra el cálculo de cargas de la estructura número 1 del Centro Vida:

Tabla 105: Calculo de cargas de la estructura 1 del Centro Vida.

CALCULO DE CARGAS ESTRUCTURA 1 DEL CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA			
COMPONENTE	FACTOR DE CARGA	CUANTIA	CARGA
VIGAS	24 KN/m ³	16,12 m ³	386,95 KN
MUROS EXTERNOS PAÑETADOS EN AMBAS CARAS (0,15m)	2,50 KN/m ²	139,66 m ²	349,15 KN
MUROS INTERNOS PAÑETADOS EN AMBAS CARAS (0,15m)	2,50 KN/m ²	213,89 m ²	534,72 KN
MUROS CORTINA	0,50 KN/m ²	38,39 m ²	19,20 KN
VENTANAS	0,45 KN/m ²	20,85 m ²	9,38 KN
PUERTAS	0,40 KN/m ²	17,60 m ²	7,04 KN
CIELO RASO (ENTRAMADO METALICO SUSPENDIDO AFINADO EN YESO)	0,34 KN/m ²	336,17 m ²	114,30 KN
TECHO (TEJA TERMOACUSTICA Teja 3660X800mm 0.30mm Arquitectonica Galvanizada)	0,06 KN/m ²	362,00 m ²	20,24 KN
TUBO RECTANGULAR 120 x 60 x 2mm DE 6m, ESTRUCTURAL HR50	0,055 KN/m	343,98 m	18,86 KN
CARGA VIVA		361,96 m ²	1146,40 KN
COLUMNAS	24 KN/m ³	4,05 m ³	97,20 KN
BALDOSA CERAMICA (20mm) SOBRE 12 mm DE MORTERO	0,80 KN/m ²	336,17 m ²	268,94 KN
ENCHAPE CERAMICO PARA BAÑOS	0,68 KN/m	19,87 m	13,41 KN
CARGAS VIVAS DE CUBIERTAS INCLINADAS CON MAS DE 15° DE PENDIENTE EN ESTRUCTURA METALICA	0,35 KN/m ²	362,00 m ²	126,70 KN
MUROS INTERNOS SIN PAÑETAR (0,15m) (MUROS PARA SOSTENER TECHO)	2,00 KN/m ²	41,76 m ²	83,51 KN
CONTINUACIÓN COLUMNAS PARA AMARRE DE MUROS DE ANCLAJE DEL PERFIL DE ACERO	24 KN/m ³	0,49 m ³	11,79 KN
VIGA CORREA PARA TECHO	24 KN/m ³	5,65 m ³	135,61 KN
TOTAL DE CARGA			3343,39 KN

Fuente: Autores del proyecto.

La carga total de toda la estructura es de 3343,39 KN, que equivale a 340,81 toneladas. Es importante resaltar que el anterior cálculo de cargas puede variar en el proceso de diseño estructural, debido a la probabilidad de aumento de dimensiones de las columnas debido a las cargas de sismo.

8.8.3.6 Método de Fuerza Horizontal Equivalente. El tipo de uso de la edificación está clasificado dentro de la NSR10 como uso tres. Dentro del inciso A.1.3.10 de la norma, se indica que para edificaciones del grupo de uso IV, y las incluidas en los literales (a), (b), (c) y (d) del grupo de uso III, se amplía el Paso 10 de A.1.3.4, exigiendo una verificación adicional de la edificación para los movimientos sísmicos correspondientes al umbral de daño (Min de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Esto quiere decir se realizará el método de Fuerza Horizontal Equivalente para el cálculo de la fuerza sísmica, y se verificará que las derivas máximas generadas por la fuerza de sismo no excedan el 1% de la altura del piso, conforme a lo establecido en la tabla A.6.4-1 del título A de la NSR10. Además, se evaluará el umbral de daño conforme a lo establecido en el inciso A.12 de la norma y se verificará que las derivas máximas generadas por la fuerza de sismo no excedan el 0.4% de la altura del piso, conforme a lo establecido en la tabla A.12.5-1.

- Cálculo de fuerzas sísmicas mediante F.H.E. Para la realización del presente método se va a seguir los lineamientos establecidos en el capítulo A.4 de la norma NSR10. Lo primero que se realiza es el cálculo de cargas de la estructura, en donde se identifica las cargas que se van a mover con en entrepiso al momento de experimentar una fuerza horizontal de sismo. A continuación, en la siguiente tabla se muestra el cálculo de cargas de la estructura 1:

Tabla 106: Cargas de la estructura 1 para realización del método de Fuerza Horizontal Equivalente.

CARGAS DE LA ESTRUCTURA 1 PARA LA REALIZACIÓN DEL METODO DE FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA			
COMPONENTE	FACTOR DE CARGA	CUANTIA	CARGA
VIGAS	24 KN/m ³	16,12 m ³	386,95 KN
CIELO RASO (ENTRAMADO METALICO SUSPENDIDO AFINADO EN YESO)	0,34 KN/m ²	336,17 m ²	114,30 KN
TECHO (TEJA TERMOACUSTICA Teja 3660X800mm 0.30mm Arquitectonica Galvanizada)	0,06 KN/m ²	362,00 m ²	20,24 KN
TUBO RECTANGULAR 120 x 60 x 2mm DE 6m, ESTRUCTURAL HR50	0,055 KN/m	343,98 m	18,86 KN
COLUMNAS	24 KN/m ³	3,91 m ³	93,74 KN
MUROS INTERNOS SIN PAÑETAR (0,15m) (MUROS PARA SOSTENER TECHO)	2,00 KN/m ²	26,76 m ²	53,52 KN
CONTINUACIÓN COLUMNAS PARA AMARRE DE MUROS DE ANCLAJE DEL PERFIL DE ACERO	24 KN/m ³	0,96 m ³	23,11 KN
VIGA CORREA PARA TECHO	24 KN/m ³	5,65 m ³	135,60 KN
TOTAL DE CARGA			846,32 KN
MASA DE LA ESTRUCTURA			84632,13 Kg

Fuente: Autores del proyecto.

El cálculo de cargas da un resultado final de 846,32 KN, este peso corresponde a una masa de 84632,13 Kg.

- **Datos para el cálculo de F.H.E.** Para realizar el método de fuerza horizontal equivalente es necesario tener los siguientes datos:

Tabla 107: Datos del proyecto, para el cálculo de F.H.E.

DATOS DEL PROYECTO	
LOCALIZACIÓN	APULO CUNDINAMARCA
ZONA DE AMENAZA SISMICA	INTERMEDIA
USO	INSTITUCIONAL
SISTEMA ESTRUCTURAL	PORTICOS DUCTILES
PERFIL DE SUELO	D
GRUPO DE USO	3
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	1,25
Aa	0,2
Av	0,2
Fa	1,4
Fv	2

Fuente: Autores del proyecto.

La zona de amenaza sísmica y los coeficientes de aceleración horizontal pico efectiva “Aa” y velocidad horizontal pico efectiva “Av”, se extrajeron de la tabla del departamento de Cundinamarca que se encuentra dentro del apéndice A-4 del título A de la norma NSR10. Los coeficientes de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos “Fa” y el coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios “Fv” se identificaron en las tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 del mismo reglamento.

- **Periodo real aproximado de la estructura.** Se realiza el cálculo del periodo del periodo de vibración fundamental aproximado “Ta” de la estructura y el valor de “Cu”, y por último se realiza la comprobación descrita en la parte final del inciso A.4.2.1.

Para el cálculo del “Ta” se necesitan los siguientes datos:

Tabla 108: Datos para el cálculo del "Ta".

h (m)	3,85 m
Ct	0,047
α	0,9

Fuente: Autores del proyecto.

Es importante resaltar que este periodo es aproximado, y más adelante dentro del desarrollo presente documento se calculara el periodo real de la estructura.

Los datos de C_t y α , se obtuvieron de la tabla A.4.2-1 que se muestra a continuación:

Tabla 109: Tabla A.4.2-1.

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9

Fuente: Título A de la norma NSR10.

Con los datos anteriores se calcula el valor del periodo de vibración fundamental aproximado "Ta". La fórmula para el cálculo de este valor esta descrita dentro del inciso A.4.2.2 en la ecuación A.4.2-3.

Tabla 110: Calculo del periodo fundamental de vibración de la estructura 1.

PERIODO DE VIBRACIÓN FUNDAMENTAL APROXIMADO (Ta)
0,16 Seg

Fuente: Autores del proyecto.

Ecuación 17: Ecuación para el cálculo del periodo fundamental aproximado "Ta".

$$T_a = C_t h^\alpha$$

Fuente: Título A de la NSR10.

Después de realizar el cálculo del "Ta" se procede a calcular el valor del "Cu" y se realiza la verificación de que no sea menor que 1,2, este requisito esta descrito al final del inciso A.4.2.1.

Tabla 111: Calculo del "Cu".

Cu
1,27
SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

- **Espectro de aceleración.** El espectro de aceleración para el cálculo de fuerza horizontal equivalente propuesto por la norma es el siguiente:

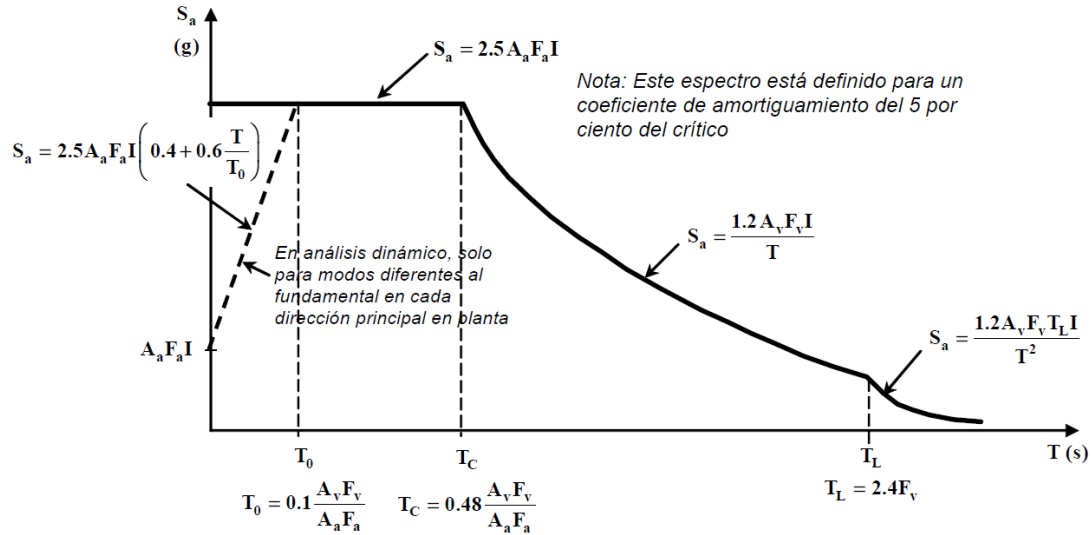


Ilustración 56: Espectro de aceleración.

Fuente: Título A de la NSR10, figura A.2.6-1.

El anterior espectro de aceleración se encuentra en el título A de la norma NSR10 en la figura A.2.6-1.

A continuación, se calcula mediante las ecuaciones descritas en la ilustración anterior, el periodo inicial “T₀”, el periodo corto “T_c”, el periodo largo “T_L”, y la aceleración “S_a”.

Tabla 112: Cálculo de T₀, T_c, T_L y S_a. Fuente: Autores del proyecto.

T₀	T_c
0,14 Seg	0,69 Seg
T_L	S_a
4,80 Seg	0,875

Fuente: Autores del proyecto.

Después de calcular estos datos, se realiza una tabla de dos columnas en donde se encuentra el periodo y la aceleración, de color amarillo en la primera columna, se diferencia los límites entre cada tipo de periodo, para cada tipo de periodo el valor de la aceleración se calcula con una ecuación diferente.

A continuación, se muestra la tabla anteriormente mencionada:

Tabla 113: Tabla para el cálculo del espectro de aceleración.

T	Sa		
0,00 Seg	0,875	1,00 Seg	0,600
0,05 Seg	0,875	1,25 Seg	0,480
0,10 Seg	0,875	1,50 Seg	0,400
0,14 Seg	0,875	1,75 Seg	0,343
0,15 Seg	0,875	2,00 Seg	0,300
0,20 Seg	0,875	2,25 Seg	0,267
0,25 Seg	0,875	2,50 Seg	0,240
0,30 Seg	0,875	2,75 Seg	0,218
0,35 Seg	0,875	3,00 Seg	0,200
0,40 Seg	0,875	3,25 Seg	0,185
0,45 Seg	0,875	3,50 Seg	0,171
0,50 Seg	0,875	3,75 Seg	0,160
0,55 Seg	0,875	4,00 Seg	0,150
0,60 Seg	0,875	4,25 Seg	0,141
0,65 Seg	0,875	4,50 Seg	0,133
0,69 Seg	0,875	4,75 Seg	0,126
0,70 Seg	0,857	4,80 Seg	0,125
0,75 Seg	0,800	5,00 Seg	0,115
0,80 Seg	0,750	5,25 Seg	0,104
0,85 Seg	0,706	5,50 Seg	0,095
0,90 Seg	0,667	5,75 Seg	0,087
0,95 Seg	0,632	6,00 Seg	0,080

Fuente Autores del proyecto.

Dentro de esta tabla están todos los valores de periodo y aceleración necesarios para tabular y crear el espectro de aceleración del proyecto.

El siguiente grafico muestra el espectro de aceleración que le corresponde al proyecto:

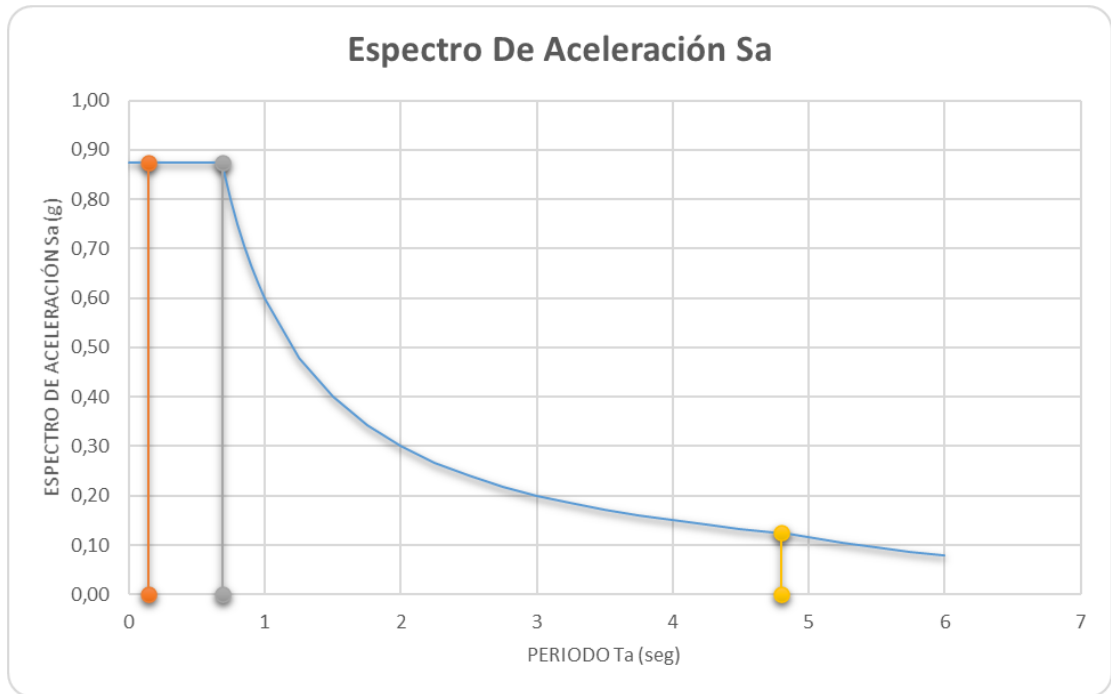


Gráfico 32: Espectro de aceleración correspondiente a la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

- **Calculo de Fuerza Horizontal Equivalente.** Para el cálculo de la F.H.E es necesario tener los tres datos importantes:

- La masa de la edificación (mi).
- La altura de la edificación (h).
- La cortante sísmica en la base (Vs).

A continuación, se realiza el cálculo de la cortante sísmica en la base:

Tabla 114: Cortante sísmica en la base, de la estructura 1 del Centro Vida.

Vs
740,53 KN

Fuente: Autores del proyecto.

Ecuación 18: Ecuación de cortante sísmica en la base.

$$V_b = S_s * M * g$$

Fuente: Título A de la NSR10, inciso A.4.3.

Esta cortante se calcula mediante la ecuación A.4.3-1, del inciso A.4.3 de la NSR10.

Mediante el cálculo de la masa de la edificación y la cortante sísmica en la base, se procede a realizar el método de Fuerza Horizontal Equivalente:

Tabla 115: Método de Fuerza Horizontal Equivalente – estructura 1 del Centro Vida.

ENTREPISO	h_{ni} (m)	m_i	$m_i * h_i^k$	C_{vi}	F_i (KN)	V_i (KN)
NIVEL 1	3,85 m	84632,13 Kg	325833,70 Kg*m	1,0	740,53 KN	740,53 KN
SUMATORIA	3,85 m	84632,13 Kg	325833,70 Kg*m	1,0	740,53 KN	740,53 KN

Fuente: Autores del proyecto.

La fuerza horizontal que experimenta el único nivel de la edificación es de 740.53 KN.

8.8.3.7 Verificación adicional - movimientos sísmicos umbral de daño. El propósito de la verificación del umbral de daño de la edificación, según la NSR10 en el inciso A.12.1 del título A (Título A - NSR10 , 2010) es el siguiente:

Preservar las edificaciones pertenecientes al grupo de uso IV, definido en A.2.5.1.1, y las incluidas en los literales (a), (b), (c) y (d) del grupo de uso III, tal como lo define A.2.5.1.2, esenciales para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de una emergencia, incluyendo un sismo, con el fin de garantizar que puedan operar durante y después de la ocurrencia de un temblor.

En el inciso A.12 del título A de la NSR10, se explica detalladamente como realizar la verificación del umbral de daño. En el inciso se establece que la verificación se realiza mediante el método de análisis de Fuerza Horizontal Equivalente, es decir, que el umbral de daño se evalúa mediante este método, pero se realizan algunos cambios y son los siguiente:

- Reemplazo del “Aa” por el “Ad”.
- Utilización del coeficiente de sitio \bar{S} .
- Se utiliza el espectro de aceleraciones de la figura A.12.3-1, en lugar del espectro de aceleraciones de la figura A.2.6-1.
- Se transforma el “Vs” por el “Vsd” (aunque su ecuación sigue siendo la misma).
- El periodo inicial se toma como 0,25 segundos.

- **Cálculo de cargas del entrepiso.** El cálculo de cargas para la realización de la verificación adicional de movimientos sísmicos de umbral de daño será el mismo que se encuentra en la tabla 106 del presente documento. El cálculo de cargas en esta tabla da un resultado final de 846,32 KN, este peso corresponde a una masa de 84632,13 Kg.

- **Movimientos sísmicos del umbral de daño.** Lo primero que se debe de hacer para evaluar el umbral de daño es calcular los movimientos sísmicos. El inciso A.12.2 establece que el valor de aceleración pico efectiva “Aa” será reemplazado por el coeficiente que representa la aceleración pico efectiva “Ad”. El valor de “Ad” para el municipio de Apulo es de 0.06, este coeficiente se encuentra dentro del apéndice A-4 del título A de la norma NSR10, en la tabla del departamento de Cundinamarca.

Después de realizar el cambio de la aceleración pico efectiva, los datos para el cálculo de la fuerza horizontal equivalente con umbral de daño son los siguientes:

Tabla 116: Datos del proyecto para el cálculo de F.H.E con la evaluación del umbral de daño - Estructura 1 del Centro Vida.

DATOS DEL PROYECTO - UMBRAL DE DAÑO	
LOCALIZACIÓN	APULO
ZONA DE AMENAZA SISMICA	INTERMEDIA
USO	INSTITUCIONAL
SISTEMA ESTRUCTURAL	PORTICOS DUCTILES
PERFIL DE SUELO	D
GRUPO DE USO	3
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	1,25
Ad	0,06
Av	0,2
Fv	2,0

Fuente: Autores del proyecto.

En la tabla anterior se observa el cambio de “Aa” por “Ad” y que ya no se necesitara el valor de “Fa”.

- **Periodo real aproximado de la estructura.** El periodo real aproximado se calcula de la misma manera que en el anterior ejemplo de F.H.E.

Con una altura de piso de 3.85 metros, un “Ct” de 0.047 y un “α” de 0.9, el periodo real aproximado “Ta” de la estructura es de aproximadamente 0.16 segundos. Se realiza la comprobación de que el “Cu” sea mayor a 1,2, en este caso el “Cu” tiene un valor de 1,27.

- **Espectro de aceleración.** El espectro de aceleración para el cálculo de fuerza horizontal equivalente con verificación de umbral de daño propuesto por la norma es el siguiente:

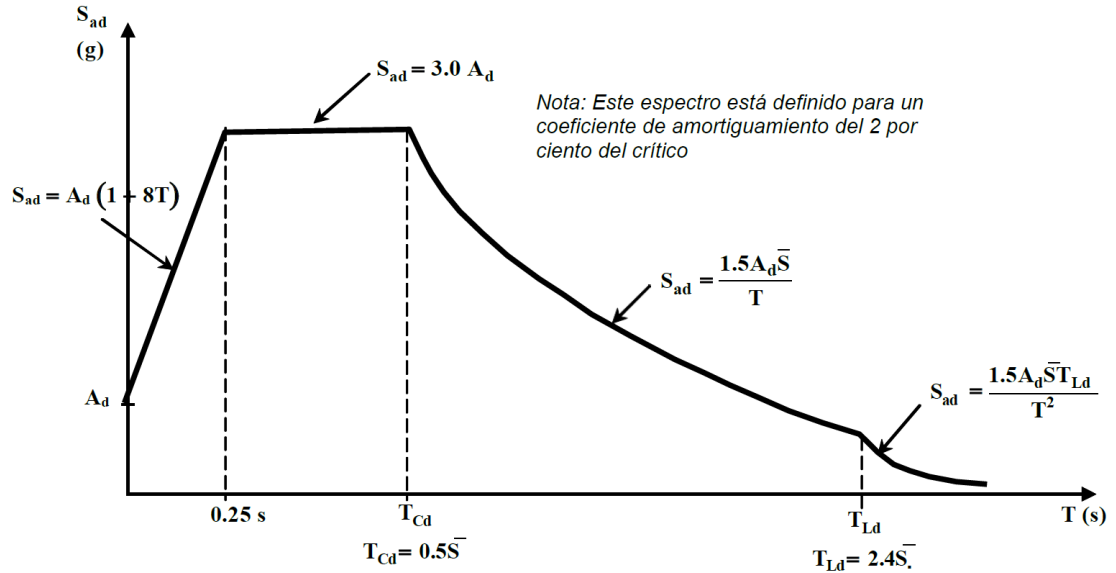


Ilustración 57: Espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño.

Fuente: Título A de la NSR10, figura A.12.3-1.

El anterior espectro de aceleración se encuentra en el título A de la norma NSR10 en la figura A.12.3-1.

A continuación, se calcula mediante las ecuaciones descritas en la ilustración anterior, el periodo corto “T_{cd}”, el periodo largo “T_{Ld}”, la aceleración “S_{ad}” y el coeficiente de sitio “S̄”. El coeficiente de sitio se calcula multiplicando 1.25 por el valor del “F_v”.

Tabla 117: Cálculo de T_{cd}, T_{Ld} y S_{ad}. Fuente: Autores del proyecto.

	0,25 Seg
T_{cd}	1,25 Seg
T_{Ld}	6,00 Seg
S̄	2,50
S_{ad}	0,136

Fuente: Autores del proyecto.

Después de calcular estos datos, se realiza una tabla de dos columnas en donde se encuentra el periodo y la aceleración. De color amarillo en la primera columna, se diferencian los límites entre cada tipo de periodo, para cada tipo de periodo el valor de la aceleración se calcula con una ecuación diferente.

A continuación, se muestra la tabla anteriormente mencionada:

Tabla 118: Tabla para el cálculo del espectro de aceleración – Umbral de daño.

T	Sa
0,00 Seg	0,060
0,05 Seg	0,084
0,10 Seg	0,108
0,14 Seg	0,127
0,15 Seg	0,132
0,20 Seg	0,156
0,25 Seg	0,180
0,30 Seg	0,180
0,35 Seg	0,180
0,40 Seg	0,180
0,45 Seg	0,180
0,50 Seg	0,180
0,55 Seg	0,180
0,60 Seg	0,180
0,65 Seg	0,180
0,69 Seg	0,180
0,70 Seg	0,180
0,75 Seg	0,180
0,80 Seg	0,180
0,85 Seg	0,180
0,90 Seg	0,180
0,95 Seg	0,180
1,00 Seg	0,180
1,25 Seg	0,180
1,50 Seg	0,150
1,75 Seg	0,129
2,00 Seg	0,113
2,25 Seg	0,100
2,50 Seg	0,090
2,75 Seg	0,082
3,00 Seg	0,075
3,25 Seg	0,069
3,50 Seg	0,064
3,75 Seg	0,060
4,00 Seg	0,056
4,25 Seg	0,053
4,50 Seg	0,050
4,75 Seg	0,047
4,80 Seg	0,047
5,00 Seg	0,045
5,25 Seg	0,043
5,50 Seg	0,041
5,75 Seg	0,039
6,00 Seg	0,038
6,25 Seg	0,035
6,50 Seg	0,032
6,75 Seg	0,030
7,00 Seg	0,028
7,25 Seg	0,026

Fuente: Autores del proyecto.

Dentro de esta tabla están todos los valores de periodo y aceleración necesarios para tabular y crear el espectro de aceleración de umbral de daño del proyecto.

El siguiente grafico muestra el espectro de aceleración con umbral de daño que le corresponde al proyecto:

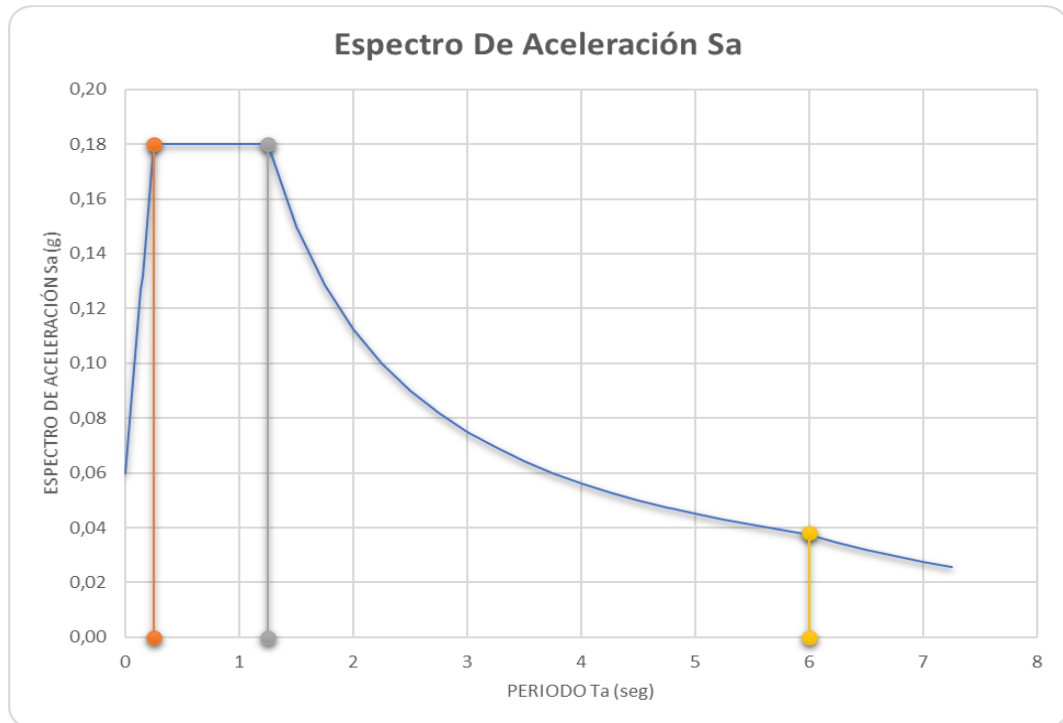


Gráfico 33: Espectro de aceleración para umbral de daño correspondiente a la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

- **Calculo de Fuerza Horizontal Equivalente.** Para el cálculo de la F.H.E es necesario tener los tres datos importantes:

- La masa de la edificación (mi).
- La altura de la edificación (h).
- La cortante sísmica en la base, para las fuerzas sísmicas del umbral de daño (V_{sd}).

A continuación, se realiza el cálculo de la cortante sísmica en la base:

Tabla 119: Cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño, de la estructura 1 del Centro Vida.

V_{sd}	115,02 Seg
----------------------------	-------------------

Fuente: Autores del proyecto.

Ecuación 19 : Ecuación de cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño.

$$V_{sd} = S_{ad} g M$$

Fuente: Título A de la NSR10, inciso A.12.4.3.2.

Esta cortante se calcula mediante la ecuación A.12.4-1, del inciso A.12.4.3.2 de la NSR10.

Mediante el cálculo de la masa de la edificación y la cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño, se procede a realizar el método de Fuerza Horizontal Equivalente:

Tabla 120: Método de Fuerza Horizontal Equivalente con verificación de Umbral de daño – estructura 1 del Centro Vida.

ENTREPISO	h_{ni} (m)	m_i	$m_i * h_i^k$	C_{vi}	F_i (KN)	V_i (KN)
NIVEL 1	3,85 m	84632,13 Kg	84632,13 Kg*m	1,0	115,02 KN	115,02 KN
SUMATORIA	3,85 m	84632,13 Kg	84632,13 Kg*m	1,0	115,02 KN	115,02 KN

Fuente: Autores del proyecto.

La fuerza horizontal de umbral de daño que experimenta el único nivel de la edificación es de 115.02 KN.

8.8.3.8 Modelación estructural para verificación de derivas. Después de obtener la cortante sísmica mediante el método de F.H.E, se procede a realizar la modelación de la estructura en el software de diseño Robot Structural Analysis Professional.

Se manejarán dos documentos de modelaciones diferentes, uno para verificación de las derivas y el otro para el diseño de la estructura. Véase en el anexo 18 los documentos de las modelaciones en robot de la estructura 1 del Centro Vida.

A continuación, se podrá observar el proceso de modelación dentro del programa, la obtención de datos y el correspondiente análisis que se realiza a cada uno de ellos:

- **Definir unidades.** En este primer paso se definen las unidades de medida que se utilizarán a lo largo de la modelación y análisis estructural.

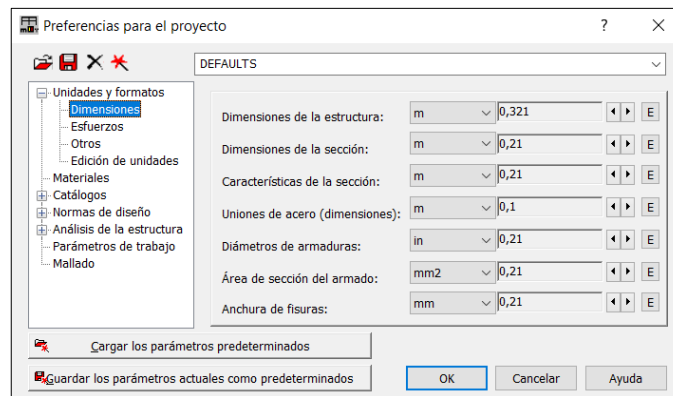


Ilustración 58: Definición de unidades para las dimensiones.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional

En esta ventana se definen las unidades que se utilizarán para las dimensiones de la estructura y todos sus componentes.

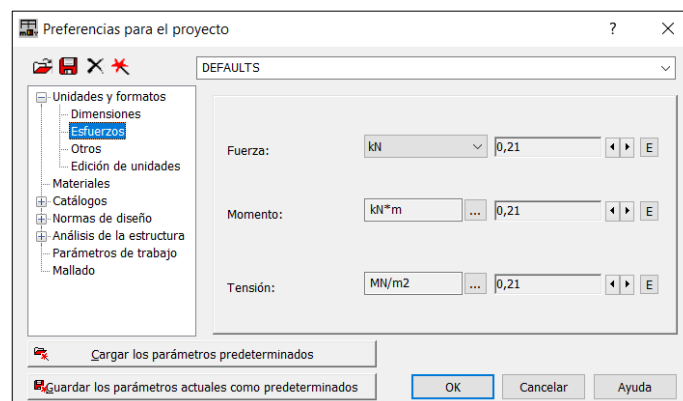


Ilustración 59: Definición de unidades para los esfuerzos.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional

En esta ventana las unidades se utilizarán para los esfuerzos, como lo son los esfuerzos de fuerza, de momento y de tensión.

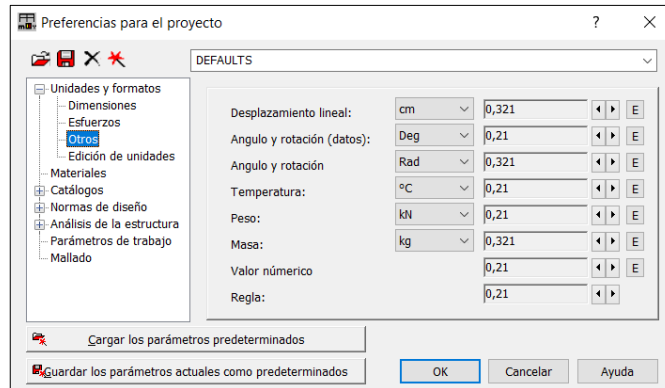


Ilustración 60: Definición de unidades para otros tipos de variables.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En esta ventana se establecen las unidades a variables importantes como lo son los desplazamientos lineales. Es importante definir estos desplazamientos en centímetros, ya que facilita el proceso de identificación de los valores de las derivas.

- **Creación de materiales.** Se procede a crear el material que se utilizara para el diseño de la estructura, en este caso, se utilizara concreto de 21 MPa (3000 PSI) para todos los elementos estructurales.

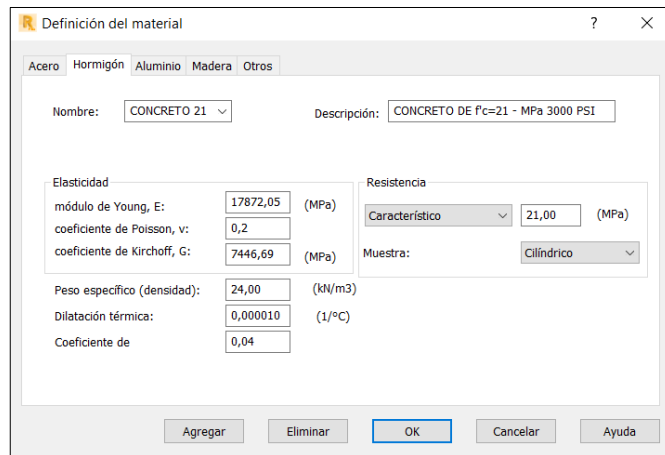


Ilustración 61: Creación del material de concreto de 21 MPa.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Al momento de crear el material el programa pide agregar las propiedades del material, entre ellas se encuentran:

- Módulo de Young (E).
- Coeficiente de Poisson (v).

- Coeficiente de Kirchoff (G).
- Dilatación térmica.
- Peso específico del concreto armado.
- Resistencia.

- **Ejes estructurales.** Los ejes estructurales se ingresaron al programa manualmente; se ingresaron las mismas distancias entre ejes que se encontraban en los diseños realizados en AutoCAD. En total se ingresaron 4 ejes con dirección en X y 6 ejes con dirección en Y.

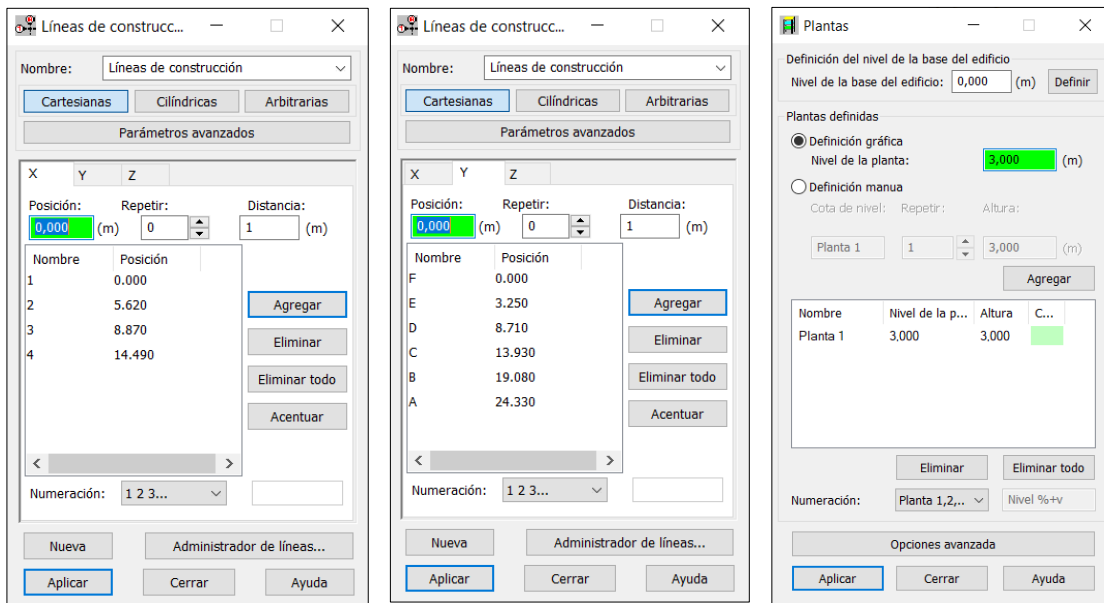


Ilustración 62: Creación de los ejes estructurales de la edificación 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

También se ingresó la planta del proyecto, que en este caso era una sola con una altura de 3 metros.

Creación de secciones. Se crean las secciones de las vigas y las columnas, las dimensiones para las vigas son de 0,25m de base por 0,35m de peralte y las dimensiones para la columna son de 0,3m x 0.3m.

Las medidas de las columnas obtenidas en el predimensionamiento son de 0,25m x 0,25m, pero se decidió utilizar dimensiones de 0.35m x 0.35m, debido a que las columnas del predimensionamiento después de ser analizarlas en el programa no cumplían con la deriva máxima permitida por la norma NSR10.

A continuación, en las siguientes ilustraciones se observa las propiedades que se les dio a las columnas y vigas dentro del software de diseño estructural:

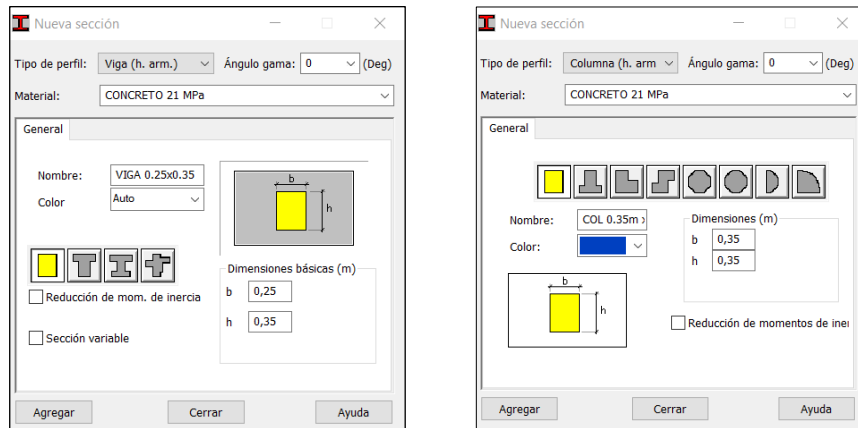


Ilustración 63: Creación de sección de vigas y de columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Dibujo de vigas.** Después de crear la sección de la viga se procede a dibujarlas dentro del modelo. El proceso de dibujo se lleva de manera organizada, con el fin de que sea fácil poder identificar más adelante estos elementos estructurales.

En la siguiente ilustración se observa el resultado del dibujo:

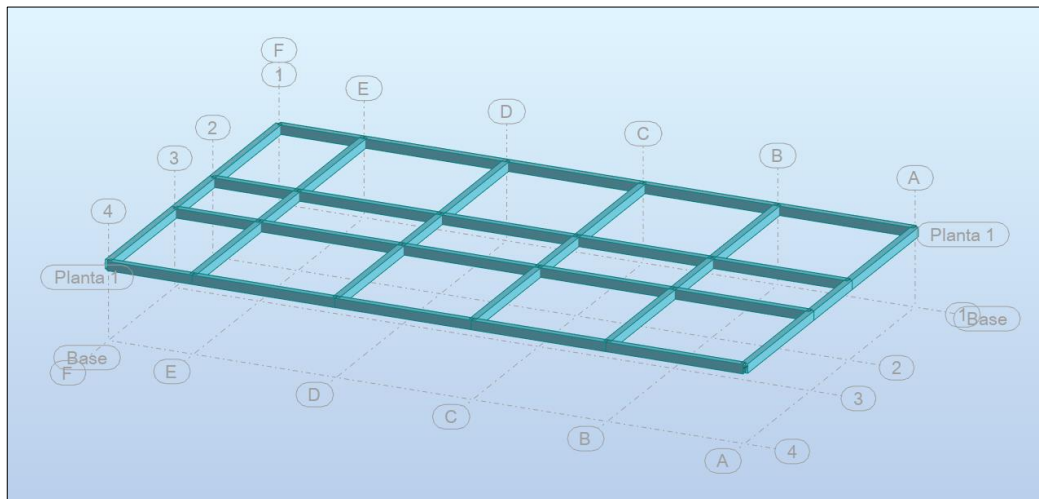


Ilustración 64: Dibujo de vigas de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Dibujo de columnas.** Después de crear la sección de la columna se procede a dibujarlas dentro del modelo. El proceso de dibujo se lleva de manera organizada, con el fin de que sea fácil poder identificar más adelante estos elementos estructurales.

En la siguiente ilustración se observa el resultado del dibujo:

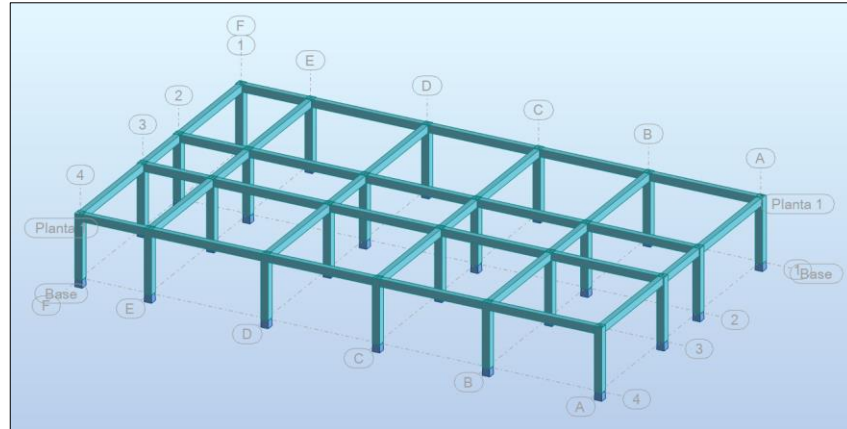


Ilustración 65: Dibujo de columnas de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Dibujo de cubierta liviana.** La representación de la cubierta liviana dentro del modelo matemático se realizó mediante cerramientos. Los cerramientos son herramientas de dibujo que permiten representar este tipo de cubiertas livianas, ya que no poseen ninguna propiedad y permiten ingresar sobre ellas las cargas correspondientes al peso de las tejas de los perfiles de acero, de la mampostería y de la viga de amarre.

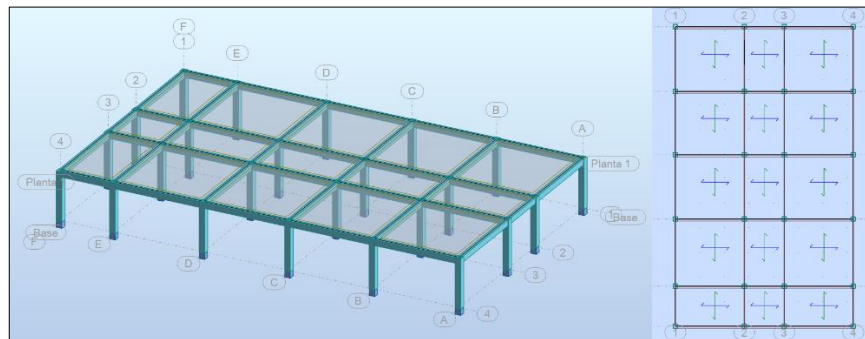


Ilustración 66: Dibujo de la cubierta liviana de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Como se observa en la parte derecha de la ilustración anterior, las cargas dentro de los cerramientos se distribuyen en dos direcciones. El proceso de dibujo se lleva de manera organizada, con el fin de que sea fácil poder identificar cada uno de estos elementos.

- **Creación de apoyos.** Con el dibujo de las columnas automáticamente se genera un apoyo en la parte inferior de estas, pero este apoyo que genera el programa no tiene las propiedades necesarias, por esta razón es de importancia verificar y hacer que dicho apoyo este empotrado, es decir, que este bloqueado en todos los sentidos.

En la siguiente ilustración se evidencia la creación y asignación del apoyo empotrado:

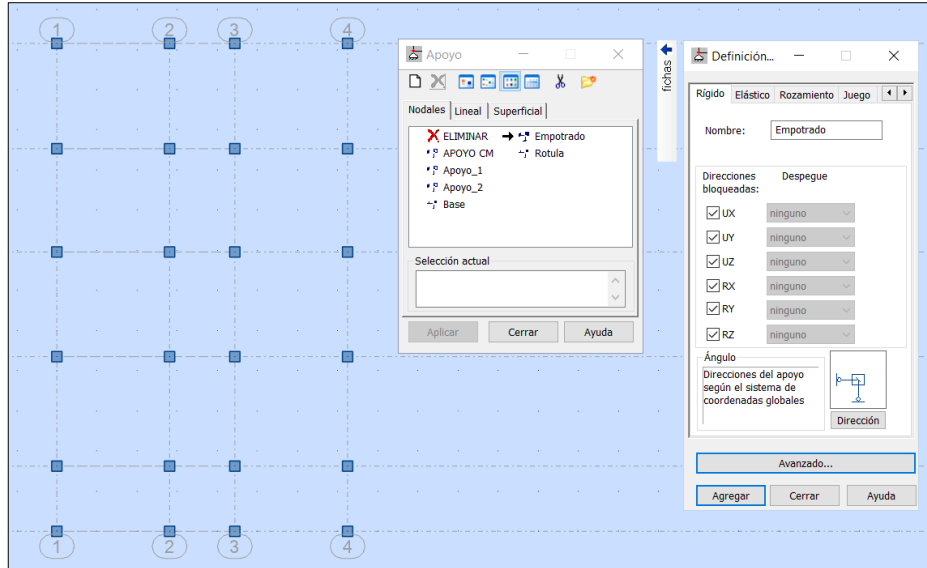


Ilustración 67: Creación de apoyo empotrado.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de los casos de carga.** En esta fase se realiza la creación de los casos de carga principales para el análisis de la estructura. Estos casos son los siguientes:

- Carga por peso propio (P.P).
- Carga Muerta (C.M).
- Carga viva (C.V).

Al momento de crear los casos de carga por peso propio y de cargas muertas es importante crearlos como tipo de carga permanente. Para el caso de carga viva se debe crear como tipo de carga de explotación de categoría A.

En la siguiente ilustración se muestran los casos de carga creados dentro del programa:

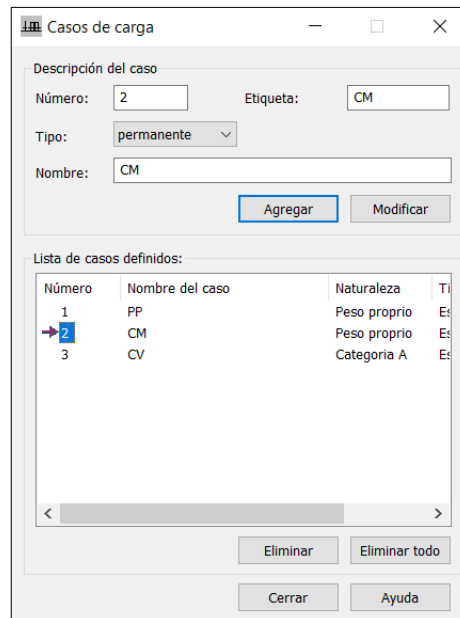


Ilustración 68: Casos de carga P.P, C.M y C.V, de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Inserción de valores de carga.** Después de crear los casos de carga se procedió a insertar las cargas dentro del modelo. Se inserto una carga muerta de 0.78 KN/m² correspondiente al peso de la cubierta liviana y una carga viva de 0.35 KN/m² correspondiente a la carga de cubierta inclinada con más de 15° de pendiente en estructura metálica.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de inserción de la carga muerta:

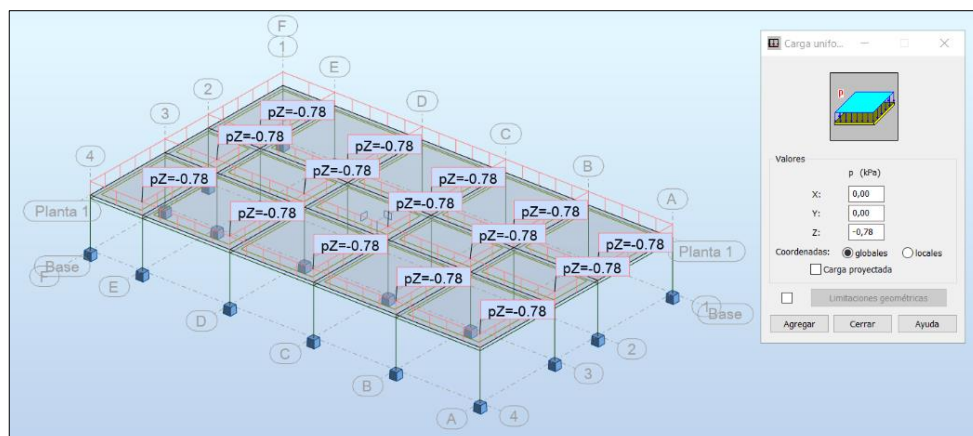


Ilustración 69: Inserción de carga muerta de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de inserción de la carga viva:

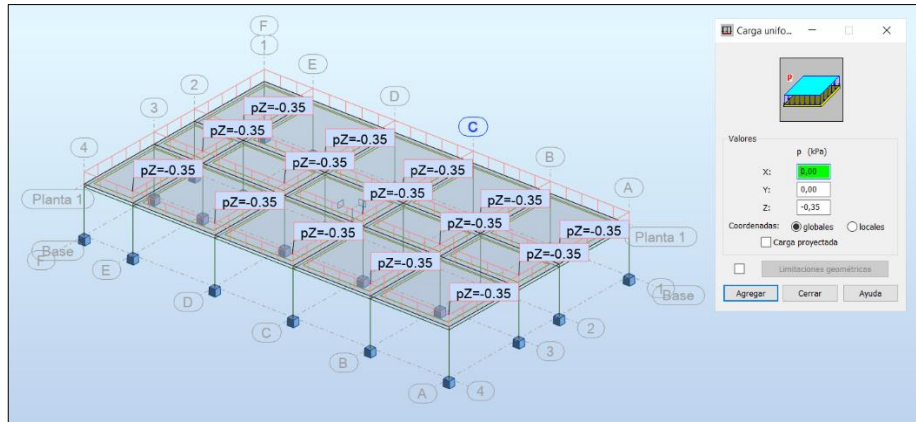


Ilustración 70: Inserción de carga viva de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Calculo parcial de del modelo matemático.** Se procedió a calcular el programa, con el objetivo de determinar las coordenadas del centro de masa y el centro de rigidez de la estructura.

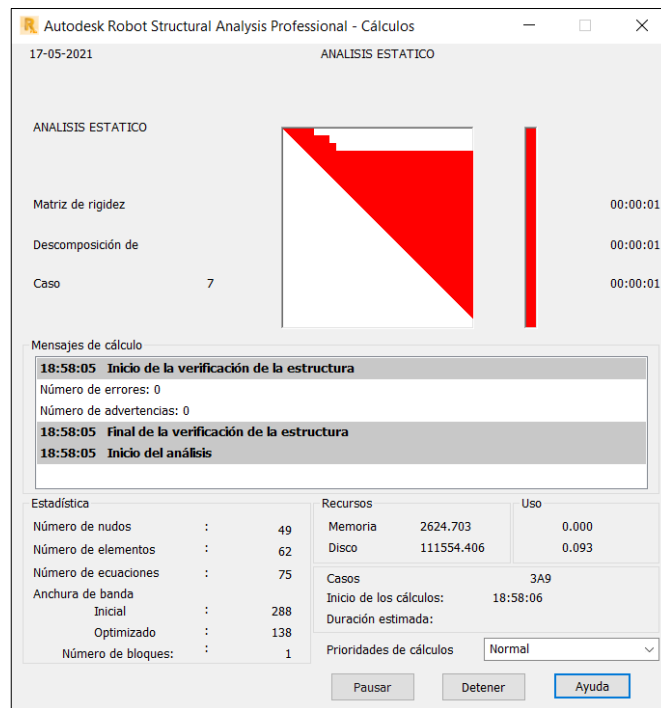


Ilustración 71: Calculo parcial del modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Determinación del centro de masa.** Al momento de la ocurrencia de un temblor, las fuerzas sísmicas que este provoca se van a concentrar en el centro de masa, por esto, es importante conocer las coordenadas de dicho punto antes de ingresar las fuerzas sísmicas obtenidas del análisis de Fuerza Horizontal Equivalente y la evaluación del umbral de daño.

En la siguiente ilustración se muestra las coordenadas del centro de masa de la estructura 1 del Centro Vida.

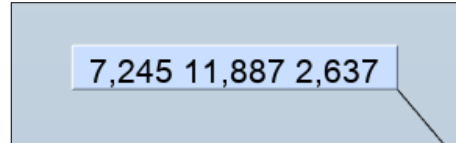


Ilustración 72: Coordenadas del centro de masa.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Después de identificar el centro de masa se procede a crear un nodo en este mismo punto y a este nodo se le asigna un apoyo con las siguientes configuraciones:

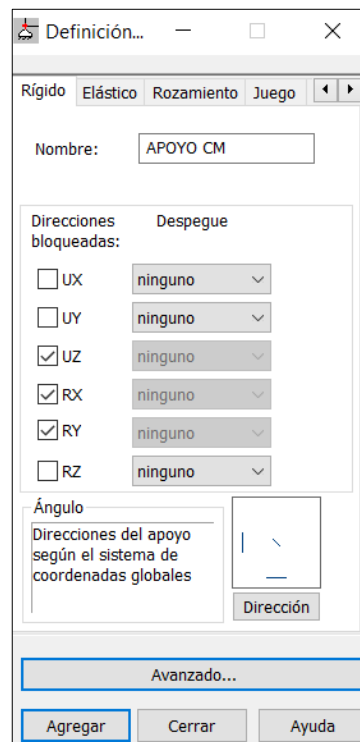


Ilustración 73: Configuración de apoyo del centro de gravedad.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la anterior ilustración se observa las direcciones bloqueadas que se deben de seleccionar para crear este tipo de apoyo.

En la siguiente ilustración se muestra el centro de gravedad, con el nodo y el apoyo creado:

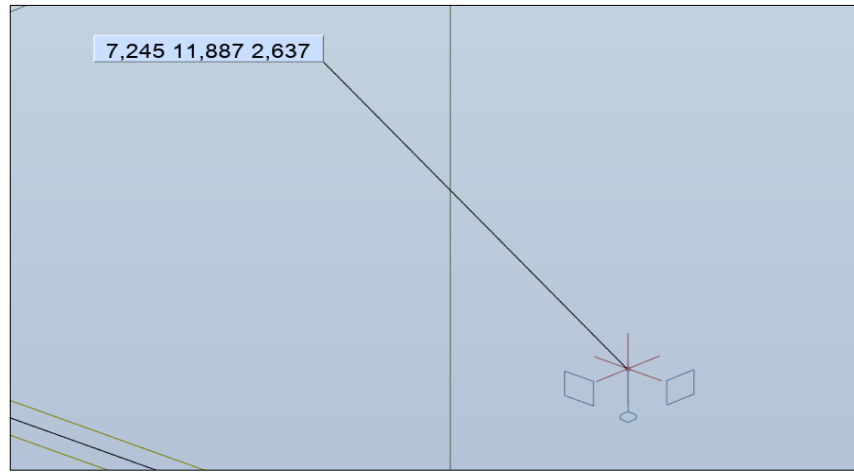


Ilustración 74: Centro de masa, con el respectivo nodo y apoyo.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de diafragma rígido.** Teniendo creado el nodo y el apoyo en las coordenadas del centro de masa, se procede a establecer el diafragma rígido de la estructura.

En la siguiente ilustración se puede observar el diafragma rígido:

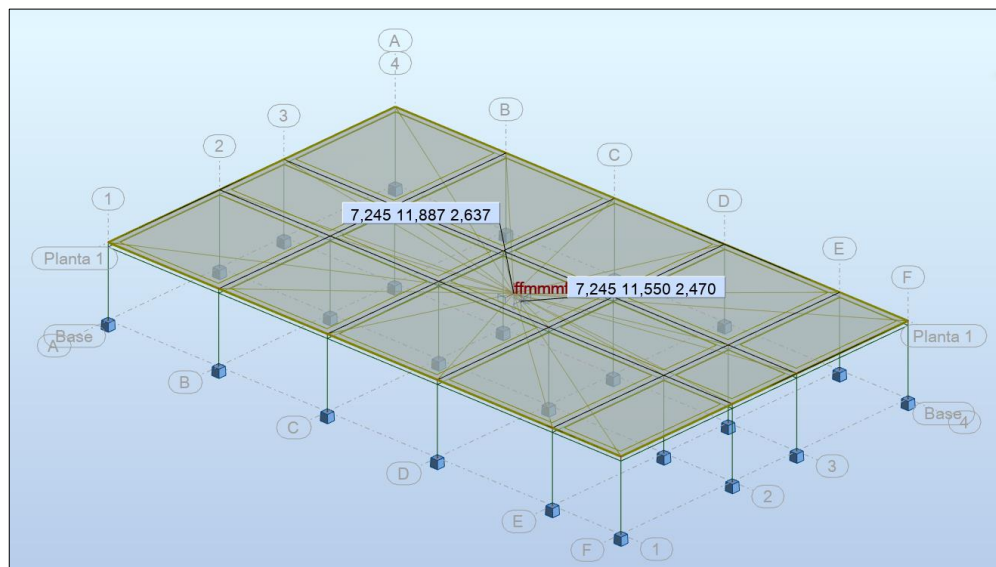


Ilustración 75: Diafragma rígido de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

El diafragma rígido permite que la fuerza sísmica que enfrentan todos los nodos sea conducida al nodo donde se encuentra el centro de masa.

- **Creación de casos de carga de sismo.** Se procede a crear dentro del modelo matemático en Robot los casos de carga correspondientes a las cargas de sismo en la dirección X y en la dirección Y.

En la siguiente imagen se observa la creación de los casos de carga dentro del programa:

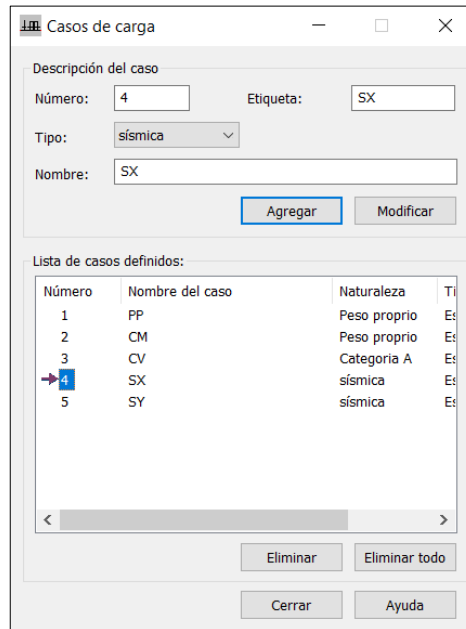


Ilustración 76: Creación de casos de carga SX y SY.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Al momento de crear los casos de carga es importante seleccionar en la característica “tipo” la opción de carga sísmica.

- **Inserción de fuerzas sísmicas (SX – SY).** Se realiza el proceso de inserción de las fuerzas sísmicas al modelo matemático de la estructura. Las fuerzas sísmicas se obtuvieron del análisis de Fuerza Horizontal Equivalente, en la siguiente tabla se muestra la fuerza sísmica total que se debe de ingresar al programa:

Tabla 121: Fuerza sísmica.

	F_i (KN)
ANALISIS DE F.H.E	740,53 KN

Fuente: Autores del proyecto

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de inserción de la carga sísmica en el eje X (SX):

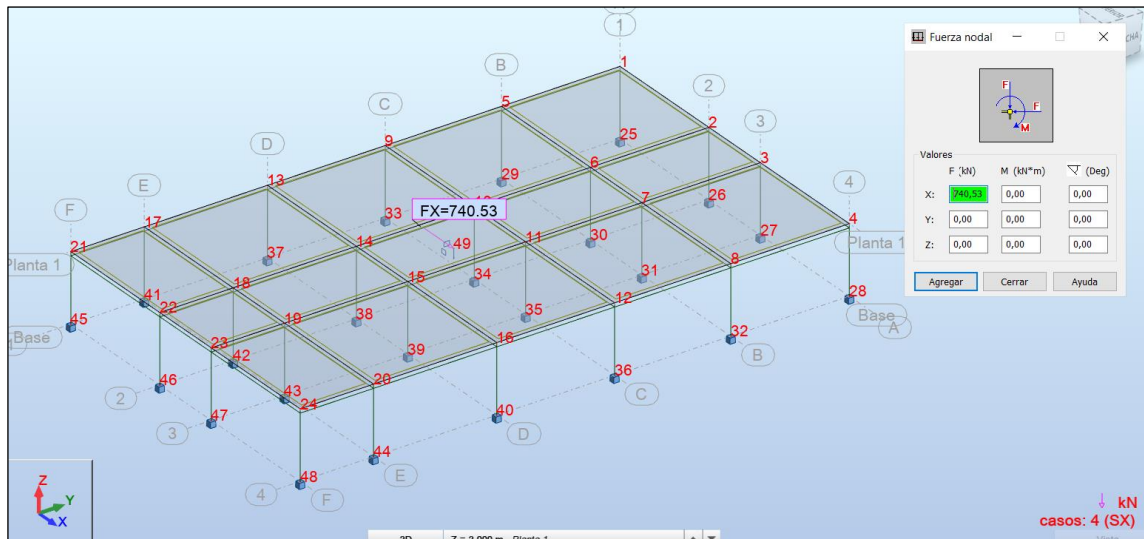


Ilustración 77: Inserción de cargas sísmicas en X.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de inserción de la carga sísmica en el eje Y (SY):

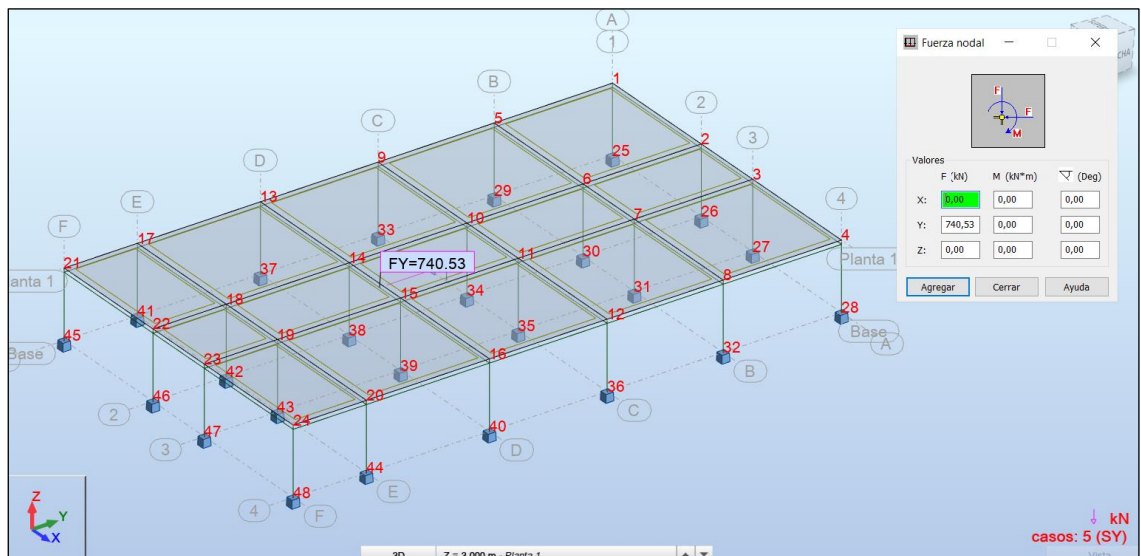


Ilustración 78: Inserción de cargas sísmicas en Y.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de casos de carga de torsión accidental.** Se procede a crear dentro del modelo matemático en Robot los casos de carga correspondientes a las a la torsión accidental de la estructura.

En la siguiente imagen se observa la creación de los casos de carga dentro del programa:

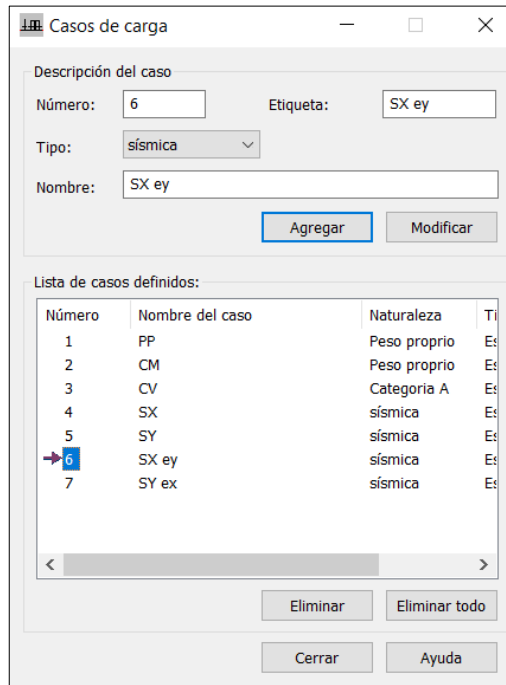


Ilustración 79: Creación de casos de carga de torsión accidental.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Evaluación de torsión accidental.** La torsión accidental se especifica dentro del inciso A.3.6.7.1 del título A de la NSR10. El texto establece que debe de suponerse que la masa de todos los pisos de la estructura esta desplazada transversalmente hacia cualquiera de los dos lados del punto de donde se localiza el centro de masa, y que esa distancia que se desplaza se puede determinar calculando el 5% de la dimensión de la edificación en ese piso, medida en la dirección perpendicular a la dirección en estudio.

Esto quiere decir que, si se evalúa el sismo en dirección X, se debe de calcular el 5% de la longitud del lado que es paralelo a la dirección en Y. De acuerdo con este concepto en la siguiente tabla se puede observar el cálculo de la torción accidental de la edificación 1 del Centro Vida.

Tabla 122: Dimensiones de la edificación.

NIVEL 1	
Lx (m)	14,73
Ly (m)	24,57

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 123: Calculo de torsión accidental.

TORCIÓN ACCIDENTAL	
SX	740,53 KN
SY	740,53 KN
ex acc	0,737 m
ey acc	1,229 m
SX ey	909,74 KN*m
SY ex	545,40 KN*m

Fuente: Autores del proyecto.

En total se experimenta un momento torsional respecto a X de 909.74 KN*m y un momento torsional respecto en Y de 545.40 KN*m.

A continuación, en la siguiente ilustración se observa el ingreso del momento torsional respecto al eje X, dentro del modelo matematico en Robot:

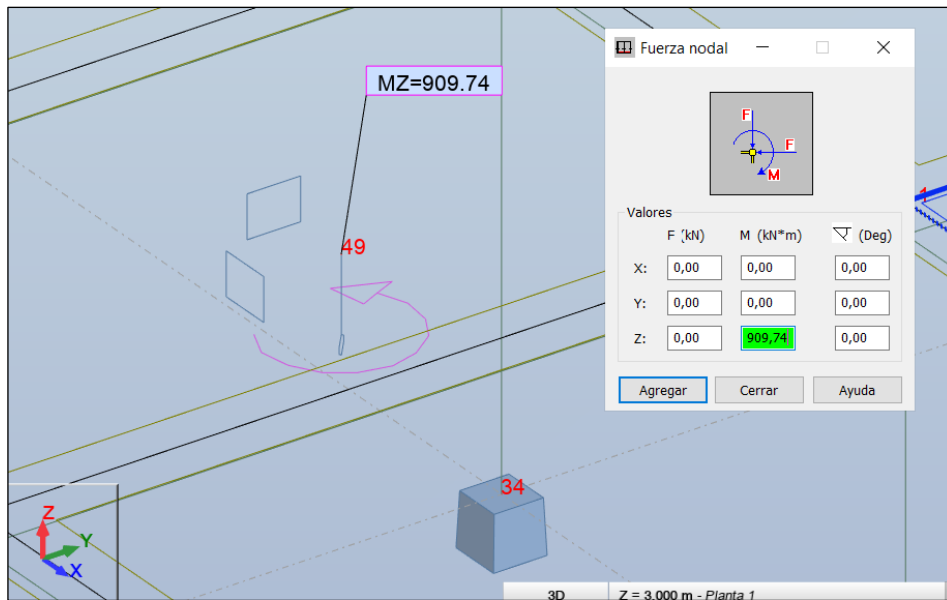


Ilustración 80: Inserción del momento torsional debido a la dirección X.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente ilustración se observa el ingreso del momento torsional respecto al eje Y, dentro del modelo matemático en Robot:

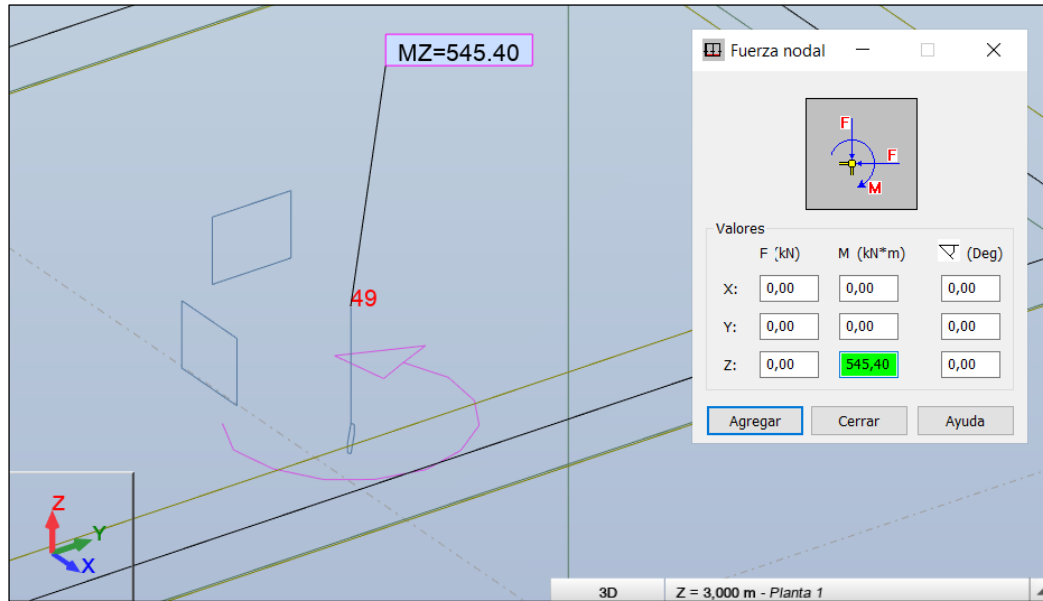


Ilustración 81: Inserción del momento torsional debido a la dirección Y.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de combinaciones de carga.** Se realizan las correspondientes combinaciones de carga con el objetivo de calcular los desplazamientos horizontales que experimenta la estructura:

A continuación, se exponen las combinaciones de cargas realizadas para dicha verificación:

Tabla 124: Combinaciones de carga para comprobación de derivas de la estructura 1 del Centro Vida.

Combinación	Nombre	Tipo de análisis	Tipo de combin	Naturaleza de caso	Definición
8 (C)	SX + SX ey	Combinación line	ACC	sísmica	(4+6)*1.00
9 (C)	SX - SX ey	Combinación line	ACC	sísmica	4*1.00+6*-1.00
10 (C)	-SX + SX ey	Combinación line	ACC	sísmica	4*-1.00+6*1.00
11 (C)	-SX - SX ey	Combinación line	ACC	sísmica	(4+6)*-1.00
12 (C)	SY + SY ex	Combinación line	ACC	sísmica	(5+7)*1.00
13 (C)	SY - SY ex	Combinación line	ACC	sísmica	5*1.00+7*-1.00
14 (C)	-SY + SY ex	Combinación line	ACC	sísmica	5*-1.00+7*1.00
15 (C)	-SY - SY ex	Combinación line	ACC	sísmica	(5+7)*-1.00

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Comprobación de derivas.** Después de realizar los pasos anteriores se procede a calcular nuevamente el modelo matemático, con el objetivo de realizar la comprobación de derivas.

Se generaron las tablas de desplazamientos para cada uno de los casos y combinaciones de carga, véase en el anexo 17 el documento en Excel donde se puede evidenciar detalladamente cada una de las tablas exportadas del software Robot. Para el cálculo de la deriva máxima se utilizó la siguiente ecuación del título A de la NSR10.

Ecuación 20: Deriva máxima.

$$\Delta_{\max}^i = \sqrt{\sum_{j=1}^2 \left(\delta_{\text{tot},j}^i - \delta_{\text{tot},j}^{i-1} \right)^2}$$

Fuente: Inciso A.6.3.1.2 del título A de la NSR10.

El porcentaje mínimo de deriva permitido por la NSR10 es el siguiente:

Tabla 125: Derivas máximas como porcentaje de h_{pi}.

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	1.0% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.010 h_{pi} \right)$
de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	0.5% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.005 h_{pi} \right)$

Fuente: Tabla A.6.4-1 del título A de la NSR10.

De acuerdo con lo establecido en la tabla anterior, para estructuras de concreto reforzado se realiza la verificación de que las derivas máximas no superen el 1% de la altura del piso.

En la siguiente tabla se muestra el proceso de cálculo de las derivas máximas y se realiza la verificación de que no excedan el porcentaje de deriva máximo establecido en la tabla A.6.4-1 del título A de la NSR10.

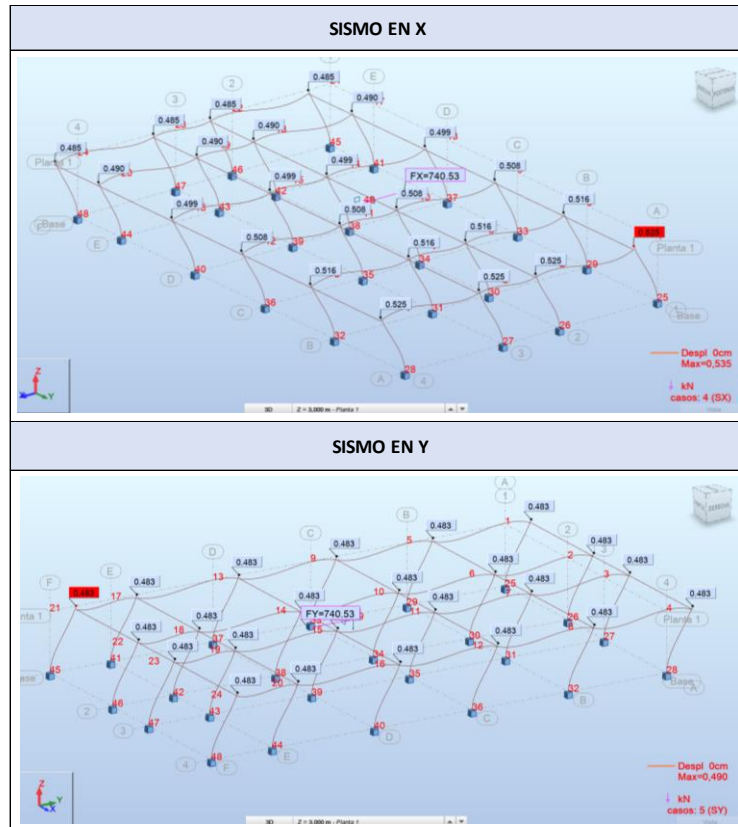
Tabla 126: Cálculo y verificación de deriva máxima de la estructura 1 del Centro Vida.

NUDO	CASO	UX	UY	δ MAXIMA	hpi	δ MAXIMA PERMITIDA	CUMPLE / NO CUMPLE
1	SX	0,52500 cm	0,01200 cm	0,52514 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
21	SY	0,00000 cm	0,48300 cm	0,48300 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
1	SX ey	0,07700 cm	0,04400 cm	0,08868 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
1	SY ex	0,04600 cm	0,02600 cm	0,05284 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
21	+SX + SX ey	0,55400 cm	0,03200 cm	0,55492 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
1	+SX - SX ey	0,60200 cm	0,05600 cm	0,60460 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
1	-SX + SX ey	0,60200 cm	0,05600 cm	0,60460 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
21	-SX - SX ey	0,55400 cm	0,03200 cm	0,55492 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
4	+SY + SY ex	0,04600 cm	0,50900 cm	0,51107 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
1	+SY - SY ex	0,04600 cm	0,50900 cm	0,51107 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
1	-SY + SY ex	0,04600 cm	0,50900 cm	0,51107 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
4	-SY - SY ex	0,04600 cm	0,50900 cm	0,51107 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Se comprobó que cumplieran las derivas máximas para cada uno de los casos y combinaciones de carga. En la siguiente tabla se observa evidencia de los desplazamientos en el eje X y Y, dentro de la modelación en Robot Structural.

Tabla 127: Desplazamientos horizontales.



Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Verificación de derivas máximas para el umbral de daño.** Para realizar la verificación del umbral de daño de la estructura, se modifica la fuerza de sismo del modelo matemático, por la obtenida en el análisis de F.H.E de umbral de daño.

Se procede a cambiar la fuerza de 740.53 KN por la obtenida en la evaluación del umbral de daño que corresponde a 115.02 KN, en la siguiente ilustración se observa el proceso:

- **Inserción de SX:**

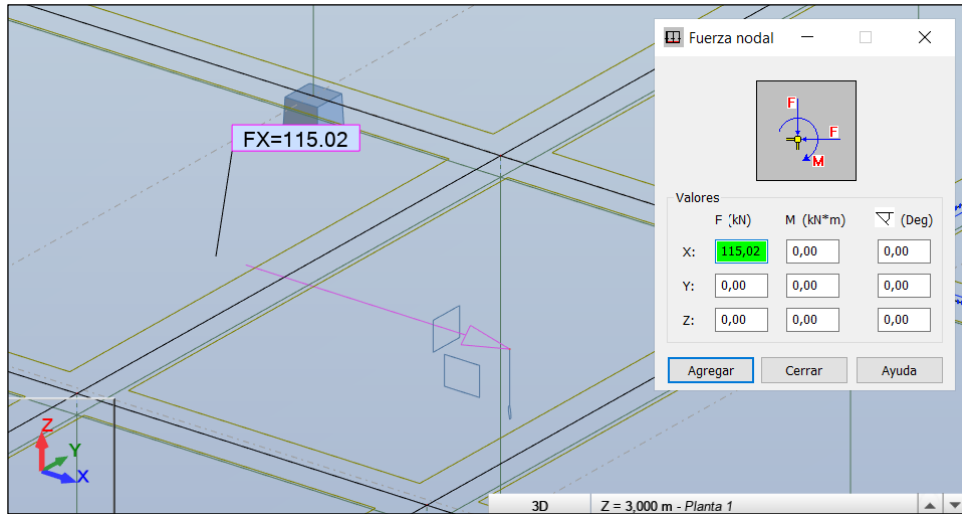


Ilustración 82: Inserción de carga SX de umbral de daño al modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Inserción de SY:**

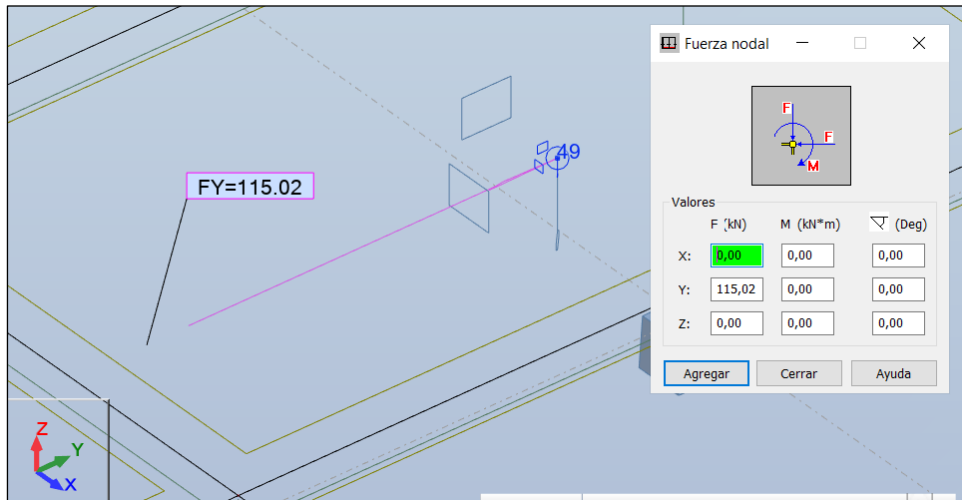


Ilustración 83: Inserción de carga SY de umbral de daño al modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Inserción de SX ey:**

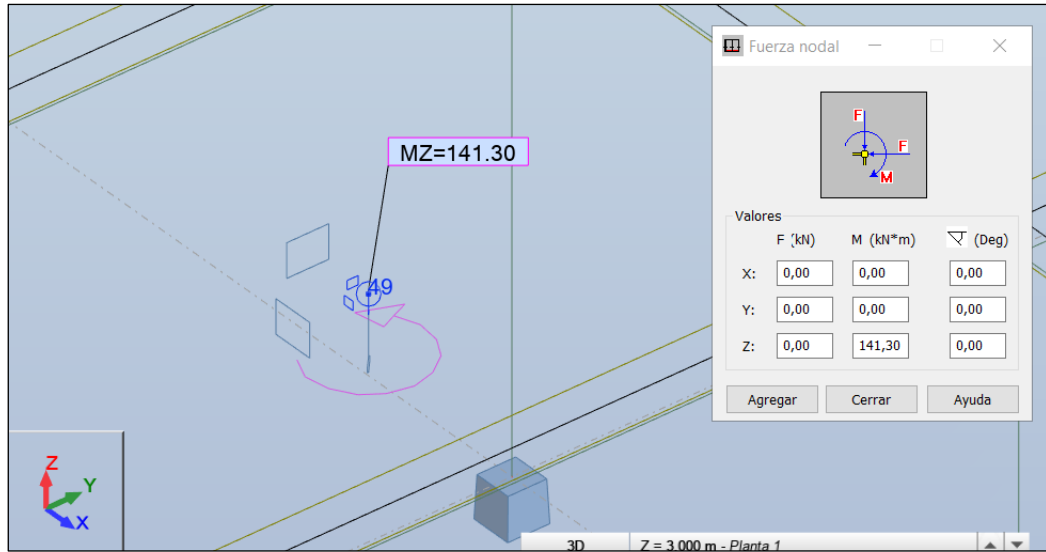


Ilustración 84: Inserción de momento SX ey de umbral de daño al modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Inserción de SY ex:**

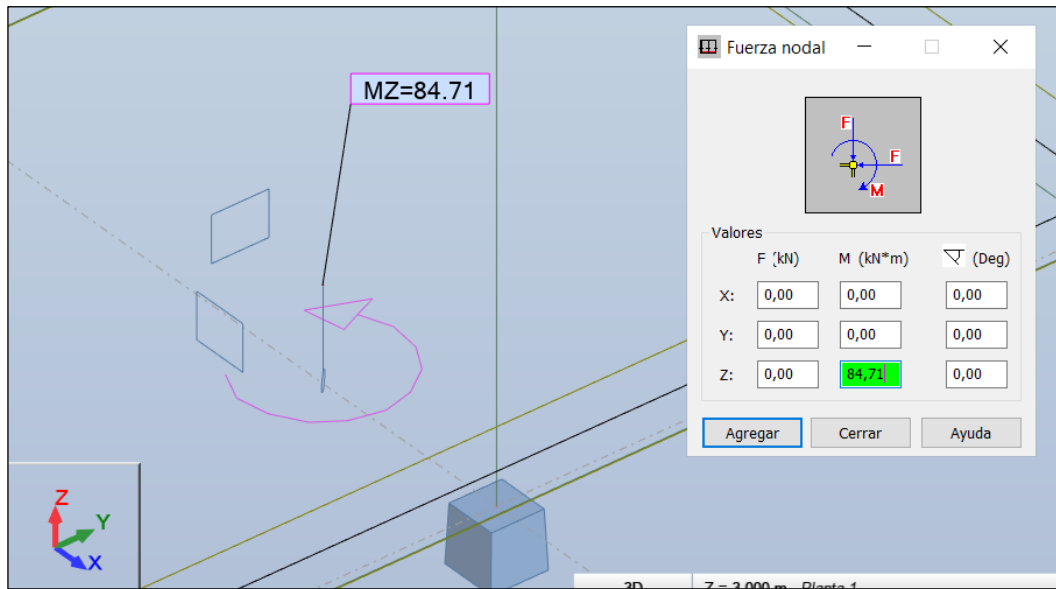


Ilustración 85: Inserción de momento SX ey de umbral de daño al modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Después de realizar los pasos anteriores se procede a calcular nuevamente el modelo matemático, con el objetivo de realizar la comprobación de derivas.

Se generaron las tablas de desplazamientos para cada uno de los casos y combinaciones de carga, véase en el anexo 17 el documento en Excel donde se puede evidenciar detalladamente cada una de las tablas exportadas del software Robot. Para el cálculo de la deriva máxima se utilizó la siguiente ecuación del título A de la NSR10.

Ecuación 21: Deriva máxima.

$$\Delta_{\max}^i = \sqrt{\sum_{j=1}^2 \left(\delta_{\text{tot},j}^i - \delta_{\text{tot},j}^{i-1} \right)^2}$$

Fuente: Inciso A.6.3.1.2 del título A de la NSR10.

Se realiza la verificación de deriva, mediante el porcentaje mínimo de deriva permitida establecido para umbral de daño en la siguiente tabla:

Tabla 128: Derivas máximas como porcentaje de h_{pi}, para umbral de daño.

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.1	0.40% $\left(\otimes_{\text{ma}}^i \leq 0.0040 h_{\text{pi}} \right)$
de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.2	0.20% $\left(\otimes_{\text{ma}}^i \leq 0.0020 h_{\text{pi}} \right)$

Fuente: Tabla A.12.5-1 del título A de la NSR10.

De acuerdo con lo establecido en la tabla anterior, para estructuras de concreto reforzado se realiza la verificación de que las derivas máximas no superen el 0.4% de la altura del piso.

En el caso de que no se cumpla con la deriva de umbral de daño, se debe de rigidizar la estructura.

En la siguiente tabla se muestra el proceso de cálculo de las derivas máximas y se realiza la verificación de que no excedan el porcentaje de deriva máximo establecido en la tabla A.12.5-1 del título A de la NSR10.

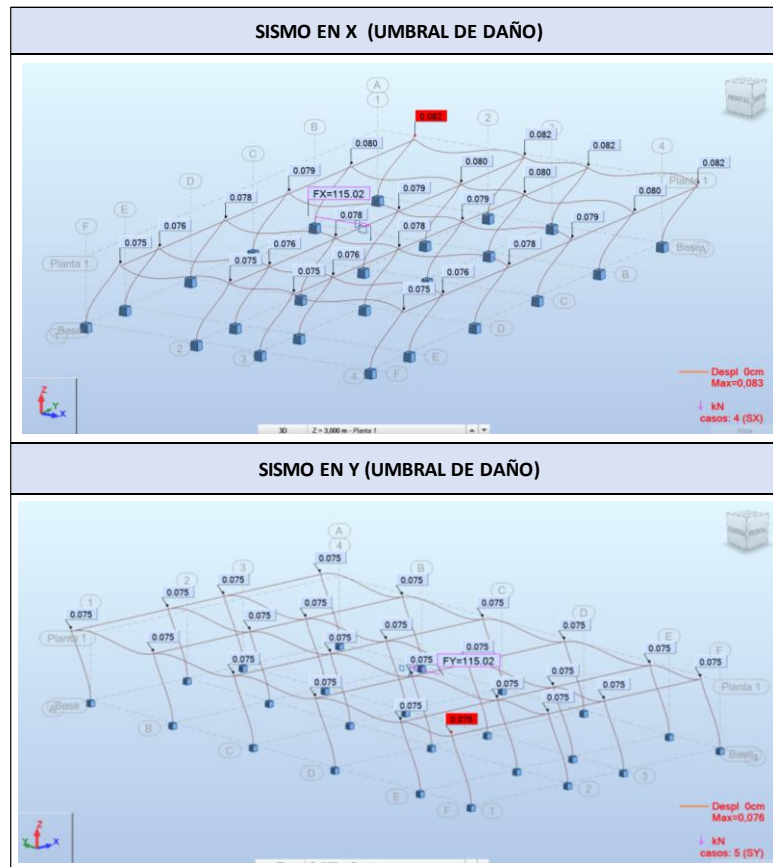
Tabla 129: Calculo y verificación de deriva máxima de umbral de daño, de la estructura 1 del Centro Vida

NUDO	CASO	UX	UY	δ MAXIMA	hpi	δ MAXIMA PERMITIDA	CUMPLE / NO CUMPLE
1	SX	0,08200 cm	0,00200 cm	0,08202 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
21	SY	0,00000 cm	0,07500 cm	0,07500 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
1	SX ey	0,01200 cm	0,00700 cm	0,01389 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
1	SY ex	0,00700 cm	0,00400 cm	0,00806 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
21	+SX + SX ey	0,08600 cm	0,00500 cm	0,08615 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
1	+SX - SX ey	0,09300 cm	0,00900 cm	0,09343 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
1	-SX + SX ey	0,09300 cm	0,00900 cm	0,09343 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
21	-SX - SX ey	0,08600 cm	0,00500 cm	0,08615 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
4	+SY + SY ex	0,00700 cm	0,07900 cm	0,07931 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
1	+SY - SY ex	0,00700 cm	0,07900 cm	0,07931 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
1	-SY + SY ex	0,00700 cm	0,07900 cm	0,07931 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
4	-SY - SY ex	0,00700 cm	0,07900 cm	0,07931 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Se comprobó que cumplieran las derivas máximas para cada uno de los casos y combinaciones de carga. En la siguiente tabla se observa evidencia de los desplazamientos en el eje X y Y, dentro de la modelación en Robot Structural.

Tabla 130: Desplazamientos horizontales – Umbral de daño.



Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional

- **Calculo y comprobación del periodo real de la estructura (T).** De acuerdo con la NSR10 el valor del periodo fundamental de la estructura “debe obtenerse a partir de las propiedades de su sistema de resistencia sísmica, en la dirección bajo consideración, de acuerdo con los principios de la dinámica estructural, utilizando un modelo matemático linealmente elástico de la estructura” (Min de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Título A - NSR10, 2010, pag.64).

El requisito anterior se puede suplir utilizando la siguiente formula:

Ecuación 22:Periodo fundamental de la edificación.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i \delta_i^2)}{\sum_{i=1}^n (f_i \delta_i)}}$$

Fuente: Ecuación A.4.2-1, del título A de la NSR10.

En la siguiente tabla se realiza el cálculo del periodo fundamental de la edificación respecto al sismo en dirección X, por medio de la operación de la ecuación 21 del presente documento:

Tabla 131: Calculo del periodo fundamental respecto al sismo en dirección X, de la estructura 1 del C.V.

SISMO EN DIRECCION X					
NIVEL	mi (kgf)	Fx (N)	DESP U1	mi* U1^2	Fxi*U1
1	84632,13	855547,97	0,005251371	2,333891772	4492,800003
				2,333891772	4492,800003

Fuente: Autores del proyecto.

A continuación, se realiza la comprobación del periodo fundamental, de acuerdo con lo establecido en el inciso A.4.2.1 del título A de la norma NSR10:

Tabla 132: Comprobación del periodo fundamental (SX). Fuente: Autores del proyecto.

RESULTADOS SX	
T	0,143 Seg
hn	3,85 m
α	0,900
Ct	0,047
Ta	0,158 Seg
Cu	1,27
Cu*Ta	0,201
T < Cu*Ta	SI CUMPLE
T < 1,2 Ta	SI CUMPLE

En la siguiente tabla se realiza el cálculo del periodo fundamental de la edificación respecto al sismo en dirección Y, por medio de la operación de la ecuación 21 del presente documento:

Tabla 133: Calculo del periodo fundamental respecto al sismo en dirección Y, de la estructura 1 del C.V.

SISMO EN DIRECCION Y					
NIVEL	mi (kgf)	Fx (KN)	DESP U2	mi* U2^2	Fxi*U2
1	84632,13	855547,97	0,00483	1,974374486	4132,296687
				1,974374486	4132,296687

Fuente: Autores del proyecto.

A continuación, se realiza la comprobación del periodo fundamental, de acuerdo con lo establecido en el inciso A.4.2.1 del título A de la norma NSR10:

Tabla 134: Comprobación del periodo fundamental (SY).

RESULTADOS SY	
T	0,137 Seg
hn	3,85 m
α	0,900
Ct	0,047
Ta	0,158 Seg
Cu	1,27
Cu*Ta	0,201
T < Cu*Ta	SI CUMPLE
T < 1,2 Ta	SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

- **Índice de estabilidad.** Se procede a calcular este coeficiente definido en el inciso A.6.2.3 del título A de la NSR10, con el objetivo de verificar si se debe de hacer un análisis de los esfuerzos de segundo orden (efectos P-Delta). El reglamento establece que se debe de utilizar la siguiente ecuación:

Ecuación 23: Índice de estabilidad por piso.

$$Q_i = \frac{P_i \Delta_{cm}}{V_i h_{pi}}$$

Fuente: Ecuación A.6.2-2 del título A de la NSR10.

En el caso de que el resultado de esta ecuación sea mayor a 0.1, se deberán de tener en cuenta dentro del análisis de la estructura los esfuerzos de segundo orden.

En la siguiente tabla se presentan el área y los factores de carga que se utilizaran para el cálculo del índice de estabilidad por piso:

Tabla 135: Datos para el cálculo del índice de estabilidad de la estructura 1 del Centro Vida.

DATOS PARA EL CALCULO DEL INDICE DE ESTABILIDAD POR PISO	
Area cubierta (m2)	361,92 m2
CM- Cubierta (KN/m2)	0,78 KN/m2
C.V DE CUBIERTAS INCLINADAS CON MAS DE 15° DE PENDIENTE EN	0,35 KN/m2

Fuente: Autores del proyecto.

A contracción, se procede a calcular el índice de estabilidad de la estructura respecto al sismo en dirección X:

Tabla 136: Índice de estabilidad por piso en sentido X.

INDICE DE ESTABILIDAD POR PISO SENTIDO X									
NIVEL	C.M	C.V	Pi	Δ CM	Fx (N)	Vi (N)	hpi (m)	Qi	Qi \leq 0,10
CUBIERTA	281,30 KN	126,67 KN	407,97 KN	0,005251	855547,97	855547,97	3,85	0,0000006504	ES ESTABLE

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente tabla se observa el cálculo del índice de estabilidad de la estructura respecto al sismo en dirección Y:

Tabla 137: Índice de estabilidad por piso en sentido Y.

INDICE DE ESTABILIDAD POR PISO SENTIDO Y									
NIVEL	C.M	C.V	Pi	Δ CM	Fx (KN)	Vi (KN)	hpi (m)	Qi	Qi \leq 0,10
CUBIERTA	281,30 KN	126,67 KN	407,97 KN	0,00483	855547,97	855547,97	3,85	0,0000005982	ES ESTABLE

Fuente: Autores del proyecto.

8.8.3.9 Cálculo del coeficiente de reducción de energía R. El coeficiente de reducción se utiliza para reducir la energía de sismo que enfrenta la estructura y con dicha fuerza reducida realizar el diseño estructural de los elementos que componen la edificación. En el inciso A.3.3.3 se especifica la ecuación A.3.3-1 para calcular dicho coeficiente:

Ecuación 24: Ecuación para el cálculo del coeficiente de reducción de la estructura.

$$R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$$

Fuente: Título A de la NSR10.

Dónde:

R₀= Coeficiente de capacidad de disipación de energía para ser empleado en el diseño, dado de acuerdo con el tipo de sistema estructural.

Φ_a= Coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en altura de la edificación.

Φ_p= Coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en planta de la edificación.

Φ_r= Coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por ausencia de redundancia en el sistema de resistencia sísmica. Véase A.3.3.8.

- **Cálculo de coeficiente de capacidad de disipación de energía R₀.** El valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía depende del tipo de sistema estructural que se esté utilizando.

En este caso el sistema estructural utilizado para las edificaciones del presente documento es de pórticos resistentes a momentos. Debido a que el municipio de Apulo está localizado en una zona de amenaza sísmica intermedia, el análisis estructural y el diseño, se está realizando para un grado de capacidad de disipación de energía moderada (DMO).

De acuerdo con lo anterior, se establece que el cálculo de coeficiente R₀, depende del sistema estructural y el grado de capacidad de disipación de energía. A continuación, en la tabla A.3-3 de la norma NSR10 se establece el valor de R₀:

Tabla 138: Sistema estructural de pórtico resistente a momentos.

Tabla A.3-3
Sistema estructural de pórtico resistente a momentos (Nota 1)

C. SISTEMA DE PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTOS		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Δ_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			Alta		Intermedia		baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.
1. Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES)									
a. De concreto (DES)	el mismo	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DES)	el mismo	7.0 (Nota-3)	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
d. De acero con cerchas dúctiles (DES)	Pórticos de acero resistentes o no a momentos	6.0	3.0	si	30 m	si	45 m	si	sin límite
2. Pórticos resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)									
a. De concreto (DMO)	el mismo	5.0	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DMO)	el mismo	5.0 (Nota-3)	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos con conexiones rígidas (DMO)	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	5.0	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite

Fuente: Autores del proyecto.

Se determina que el valor de R_0 , para la estructura 1 del presente proyecto es de:

$$R_0 = 5.0.$$

- Cálculo del coeficiente de reducción debido a irregularidades en altura Φ_a .

Para el cálculo del coeficiente de reducción por irregularidad en altura se debe de tener en cuenta lo estipulado en la tabla A-3-7 de la NSR10. En esta tabla la norma muestra los tipos de irregularidades en altura que existen, se procede a analizar las características del proyecto, con el fin de identificar si existe algún tipo de irregularidad.

Después de analizar las características de la estructura, se identifica que no existe ningún tipo de irregularidad en altura, debido a que la edificación posee un solo nivel, de acuerdo con esto el valor de Φ_a es el siguiente:

$$\Phi_a = 1.0$$

- Cálculo del coeficiente de reducción debido a irregularidades en planta Φ_p .

Para el cálculo del coeficiente de reducción por irregularidad en planta se debe de tener en cuenta lo estipulado en la tabla A-3-6 de la NSR10. En esta tabla la norma muestra los tipos de irregularidades en altura que existen, se procede a analizar las características del proyecto, con el fin de identificar si existe algún tipo de irregularidad.

Primero se realizará la comprobación de irregularidad del tipo 1Ap (Irregularidad torsional) y 1bP (Irregularidad torsional extrema).

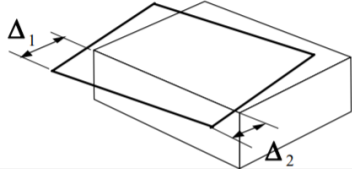
Tipo 1aP — Irregularidad torsional $\phi_p = 0.9$ $1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1 > 1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	Tipo 1bP — Irregularidad torsional extrema $\phi_p = 0.8$ $\Delta_1 > 1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$
	

Ilustración 86: Irregularidades en planta.

Fuente: Figura A.3-1 del título A de la NSR10

Lo primero que se debe de realizar para hacer la comprobación es identificar los nodos de las esquinas, con el fin de conocer los desplazamientos laterales que experimentan dependiendo el Sismo en X y el sismo en Y.

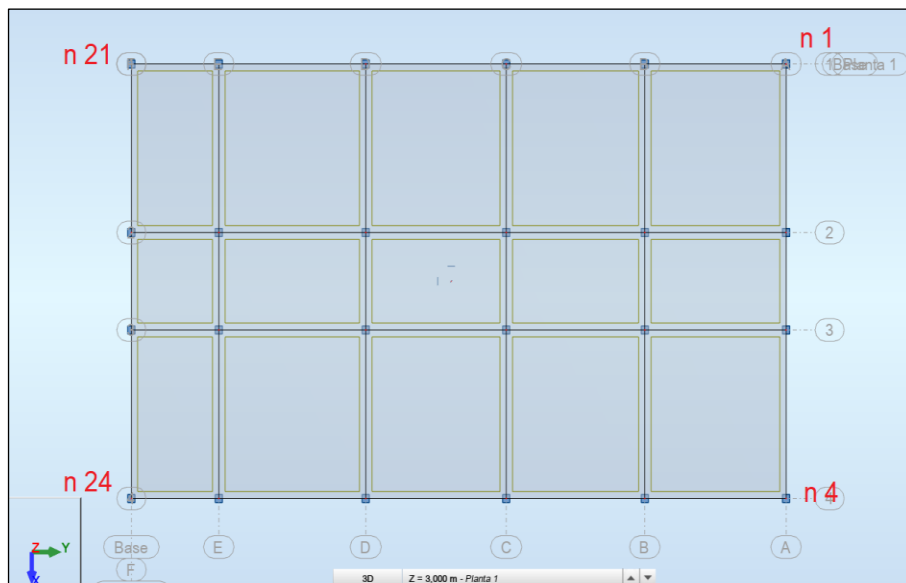


Ilustración 87: Esquema para comprobación de irregularidades en planta tipo 1Ap y 1bP.

Fuente: Autores del proyecto.

Después de establecer el esquema para el análisis, se procede a extraer los desplazamientos horizontales del modelo matemático realizado en Robot Structural. Los desplazamientos que se evaluarán serán los ocasionados por los casos de carga de sismo y las combinaciones de carga de sismo.

El análisis se realizará con los casos y las combinaciones en el sentido X y el sentido Y. A continuación, se realizará el proceso anteriormente descrito:

Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto al SISMO EN X:

Tabla 139: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 1 y 21.

	NODO 1	NODO 21	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 4	0,525 cm	0,485 cm	0,707	0,606	NO APLICA	NO APLICA
CASO 6	0,088 cm	0,082 cm	0,119	0,102	NO APLICA	NO APLICA
COMB 8	0,449 cm	0,555 cm	0,7028	0,6024	NO APLICA	NO APLICA
COMB 9	0,604 cm	0,419 cm	0,7161	0,6138	NO APLICA	NO APLICA
COMB 10	0,604 cm	0,419 cm	0,7161	0,6138	NO APLICA	NO APLICA
COMB 11	0,449 cm	0,555 cm	0,7028	0,6024	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 140: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 4 y 24.

	NODO 4	NODO 24	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 4	0,525 cm	0,485 cm	0,707	0,606	NO APLICA	NO APLICA
CASO 6	0,088 cm	0,082 cm	0,119	0,102	NO APLICA	NO APLICA
COMB 8	0,449 cm	0,555 cm	0,7028	0,6024	NO APLICA	NO APLICA
COMB 9	0,604 cm	0,419 cm	0,7161	0,6138	NO APLICA	NO APLICA
COMB 10	0,604 cm	0,419 cm	0,7161	0,6138	NO APLICA	NO APLICA
COMB 11	0,449 cm	0,555 cm	0,7028	0,6024	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Autores del proyecto.

Se observa que, en los casos y combinaciones respecto a X, ninguno cumple con ninguna irregularidad torsional y torsional extrema.

Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto al SISMO EN Y:

Tabla 141: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 1 y 4.

	NODO 1	NODO 4	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 5	0,483 cm	0,483 cm	0,6762	0,5796	NO APLICA	NO APLICA
CASO 7	0,053 cm	0,053 cm	0,0742	0,0636	NO APLICA	NO APLICA
COMB 12	0,459 cm	0,512 cm	0,6797	0,5826	NO APLICA	NO APLICA
COMB 13	0,512 cm	0,459 cm	0,6797	0,5826	NO APLICA	NO APLICA
COMB 14	0,512 cm	0,459 cm	0,6797	0,5826	NO APLICA	NO APLICA
COMB 15	0,459 cm	0,512 cm	0,6797	0,5826	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 142: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 21 y 24.

	NODO 21	NODO 24	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 5	0,483 cm	0,483 cm	0,6762	0,5796	NO APLICA	NO APLICA
CASO 7	0,049 cm	0,049 cm	0,0686	0,0588	NO APLICA	NO APLICA
COMB 12	0,459 cm	0,511 cm	0,679	0,582	NO APLICA	NO APLICA
COMB 13	0,511 cm	0,459 cm	0,679	0,582	NO APLICA	NO APLICA
COMB 14	0,511 cm	0,459 cm	0,679	0,582	NO APLICA	NO APLICA
COMB 15	0,459 cm	0,511 cm	0,679	0,582	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Autores del proyecto.

Se observa que en los casos y combinaciones respecto a Y, ninguno cumple con ninguna irregularidad torsional y torsional extrema.

Después de realizar el análisis, se puede concluir que la edificación no experimenta irregularidad torsional e irregularidad torsional extrema, además se evaluaron los demás tipos de irregularidad en planta y se encontró que no cumple con ninguna de ellas, esto quiere decir que el valor de Φ_p es el siguiente:

$$\Phi_p = 1,0$$

- **Coefficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por ausencia de redundancia Φ_r .** Dentro de lo dispuesto por la norma NSR10 en el inciso A.3.3.8 (Titulo A - NSR10 , 2010), se dispone lo siguiente:

Para edificaciones cuyo sistema estructural es de un material que cumple los requisitos de capacidad de disipación de energía moderada (DMO) o especial (DES) el valor del factor de reducción de resistencia por ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica, Φ_r , se le puede asignar un valor de la unidad ($\Phi_r=1.0$) cuando en todos los pisos que resistan más del 35 por ciento del corte basal en la dirección bajo estudio el sistema estructural de resistencia sísmica cumpla las siguientes condiciones de redundancia

De acuerdo con lo anterior, se cumple este primer aspecto, ya que la estructura es de un solo nivel, esto quiere decir que el entrepiso resistirá el 100% del corte basal, pero se debe de evaluar el segundo aspecto que se encuentra en el ítem C del mismo inciso de la norma (Titulo A - NSR10 , 2010):

(c) En sistemas de pórtico resistente a momentos — La pérdida de la resistencia a momento en la conexión viga-columna de los dos extremos de una viga no resulta en una reducción de más del 33 por ciento de la resistencia ante fuerzas horizontales del piso ni produce una irregularidad torsional en planta extrema (Tipo 1bP).

Para realizar esta comprobación se debe de eliminar del modelo matemático un elemento que haga parte del sistema sísmico y después de esto se vuelve a calcular el modelo y se extraen los datos de desplazamiento y se vuelve a realizar la verificación de la existencia de una irregularidad torsional en planta extrema (Tipo 1bP). A la estructura número 1 del Centro Vida se le realizó dicho proceso y no se evidencio ninguna irregularidad torsional, por este motivo no existen razones para asignarle esta irregularidad. Véase en el anexo 18 en el documento de Excel, en la hoja denominada “COMPROBACIÓN Φ_r ” el proceso de calculo que permitió identificar que la estructura es redundante.

En conclusión, el valor de Φ_r para esta estructura será el siguiente:

$$\Phi_r = 1,0$$

- **Calculo del R.** Habiendo calculado cada una de las variables de la ecuación, se procede a realizar el cálculo del coeficiente de reducción de energía:

$$R = \Phi_a * \Phi_p * \Phi_r * R_o$$

$$R = 1,00 * 1,00 * 1,00 * 5$$

$$R = 5$$

8.8.3.10 Modelación estructural para diseño de elementos. Después de obtener las derivas máximas y verificar el cumplimiento de estas, y de calcular el coeficiente de reducción de carga sísmica se procede a realizar el diseño estructural de todos los elementos que hacen parte del sistema de resistencia sísmica de la edificación.

- **Combinaciones de carga.** Se eliminaron las combinaciones que se utilizaron para la evaluación de las derivas máximas y se procedió a definir las combinaciones dadas en el título B de la norma NSR10.

En la siguiente tabla se pueden observar las combinaciones de carga que se utilizaran para el diseño estructural de las columnas y las vigas.

Tabla 143: Combinaciones de carga del título B de la norma NSR10.

Combinación	Nombre	Tipo de análisis	Tipo de combin	Naturaleza de caso	Definición
8 (C)	COMB 1	Combinación line	ELU	Peso propio	2*1.40
9 (C)	COMB 2	Combinación line	ELU	Peso propio	2*1.20+3*1.60
10 (C)	COMB 3	Combinación line	ELU	Peso propio	2*1.20+(3+4+6)*1.00
11 (C)	COMB 4	Combinación line	ELU	Peso propio	2*1.20+(3+4)*1.00+6*-1.00
12 (C)	COMB 5	Combinación line	ELU	Peso propio	2*1.20+(3+6)*1.00+4*-1.00
13 (C)	COMB 6	Combinación line	ELU	Peso propio	2*1.20+3*1.00+(4+6)*-1.00
14 (C)	COMB 7	Combinación line	ELU	Peso propio	2*1.20+(3+5+7)*1.00
15 (C)	COMB 8	Combinación line	ELU	Peso propio	2*1.20+(3+5)*1.00+7*-1.00
16 (C)	COMB 9	Combinación line	ELU	Peso propio	2*1.20+(3+7)*1.00+5*-1.00
17 (C)	COMB 10	Combinación line	ELU	Peso propio	2*1.20+3*1.00+(5+7)*-1.00
18 (C)	COMB 11	Combinación line	ELU	Peso propio	(4+6)*1.00+2*0.90
19 (C)	COMB 12	Combinación line	ELU	Peso propio	2*0.90+4*1.00+6*-1.00
20 (C)	COMB 13	Combinación line	ELU	Peso propio	2*0.90+4*-1.00+6*1.00
21 (C)	COMB 14	Combinación line	ELU	Peso propio	2*0.90+(4+6)*-1.00
22 (C)	COMB 15	Combinación line	ELU	Peso propio	2*0.90+(5+7)*1.00
23 (C)	COMB 16	Combinación line	ELU	Peso propio	2*0.90+5*1.00+7*-1.00
24 (C)	COMB 17	Combinación line	ELU	Peso propio	2*0.90+7*1.00+5*-1.00
25 (C)	COMB 18	Combinación line	ELU	Peso propio	2*0.90+(5+7)*-1.00

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Reducción las fuerzas sísmicas.** Después de calcular el coeficiente de reducción de energía (R), se procede a aplicarlo a las cargas sísmicas obtenidas en el análisis de Fuerza Horizontal Equivalente y la evaluación de umbral de daño. A continuación, se realiza el proceso de reducción:

Tabla 144: Reducción de fuerza sísmica.

ANALISIS	Fi	R	Fi (Reducida)
ANALISIS F.H.E	740,53 KN	5	148,11 KN
TOTAL			148,11 KN

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente imagen se observa el proceso de reducción de la fuerza sísmica en sentido X, dentro del programa Robot:

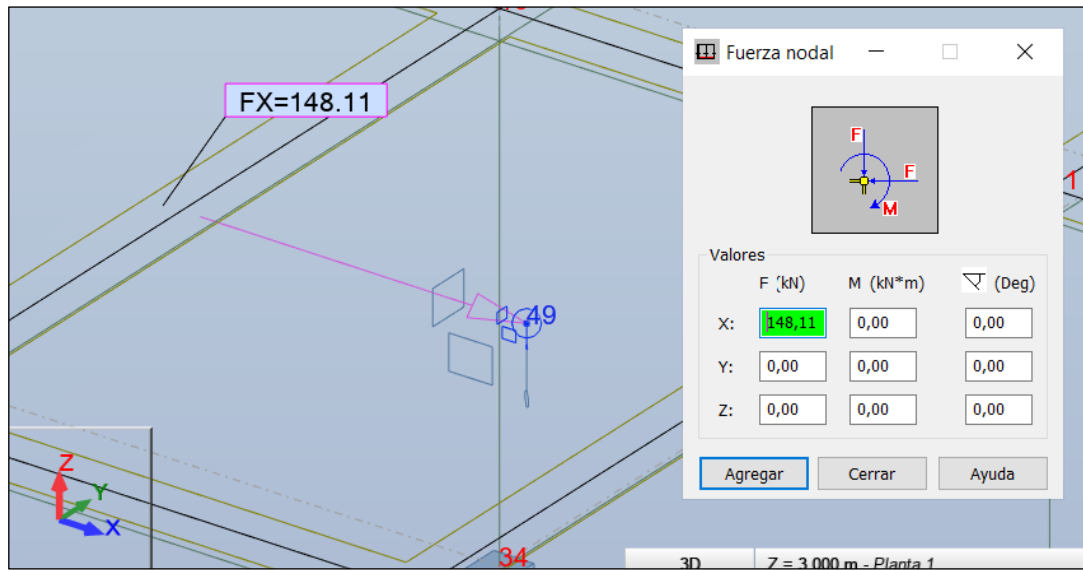


Ilustración 88: Reducción de energía sísmica en sentido X (EX).

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente imagen se observa el proceso de reducción de la fuerza sísmica en sentido Y, dentro del programa Robot:

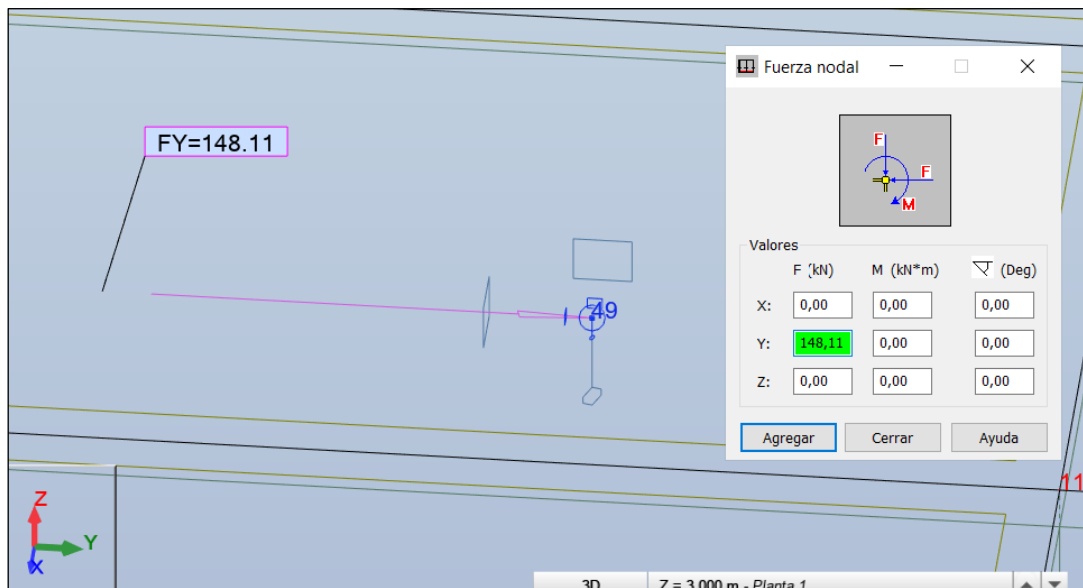


Ilustración 89: Reducción de energía sísmica en sentido Y (EY).

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Reducción de los momentos torsionales.** Al igual que las fuerzas sísmicas, también se procede realizar la reducción de energía para los momentos torsionales de la estructura.

En la siguiente tabla se evidencia el proceso de reducción de energía de los momentos torsionales:

Tabla 145: Reducción de momentos torsionales.

REDUCCIÓN DE ENERGÍA DE LA TORCIÓN ACCIDENTAL	
SX	148,11 KN
SY	148,11 KN
ex acc	0,737 m
ey acc	1,229 m
SX ey	181,95 KN*m
SY ex	109,08 KN*m

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente imagen se observa el proceso de reducción del momento “SX ey” dentro del programa Robot:

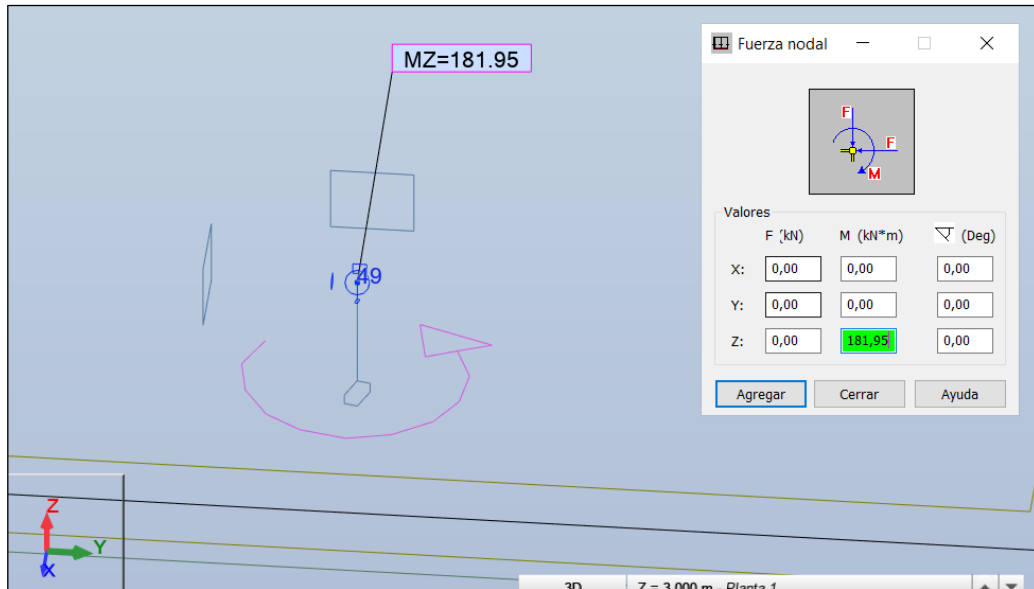


Ilustración 90: Reducción de momento torsional SX ey.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente imagen se observa el proceso de reducción del momento “SY ex” dentro del programa Robot:

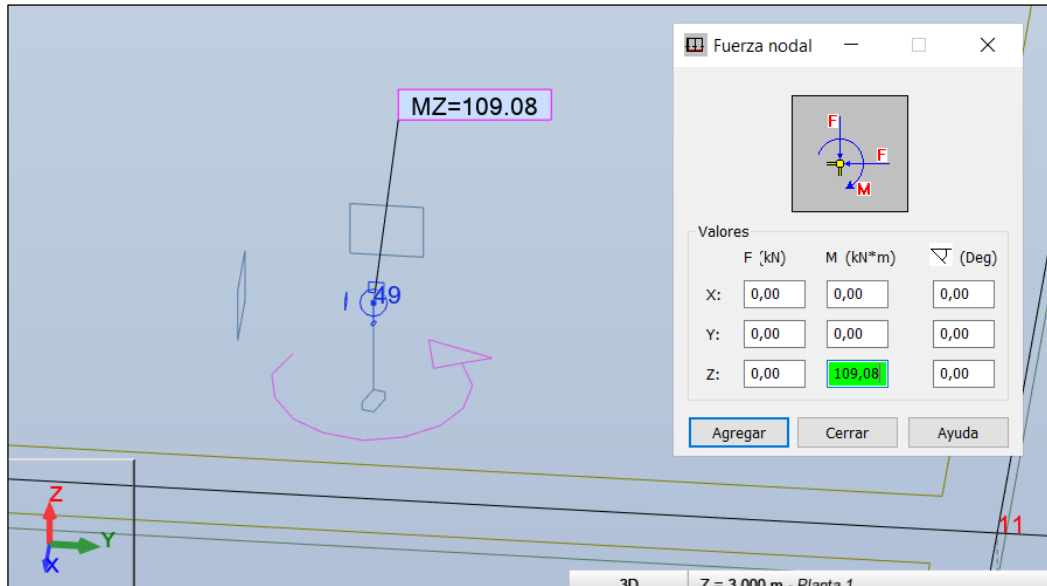


Ilustración 91: Reducción de momento torsional SY ex.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de envoltente.** Para el diseño de los elementos estructurales se debe de crear una envoltente que contenga todas las combinaciones de carga. La envoltente permite identificar cual es la combinación más desfavorable, que produce los momentos y cortantes máximos, para realizar con esta información el diseño de los elementos.

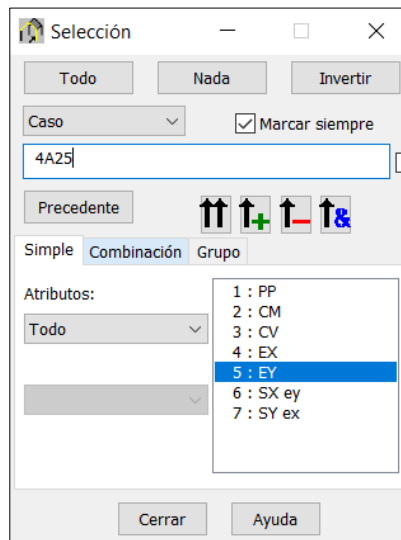


Ilustración 92: Envoltente para el diseño estructural de la edificación.

Fuente: Autores del proyecto.

8.8.3.11 Resultados obtenidos de la modelación. Después de realizar cada uno de los pasos de la modelación y de realizar cada una de las verificaciones, se procede a observar todos los resultados que ofrece el programa para el diseño de cada uno de los elementos estructurales.

A continuación, se mostrarán cada uno de los resultados obtenidos en el programa:

Primero se observarán todos los resultados obtenidos de los elementos estructurales de columna.

- **Columnas.**

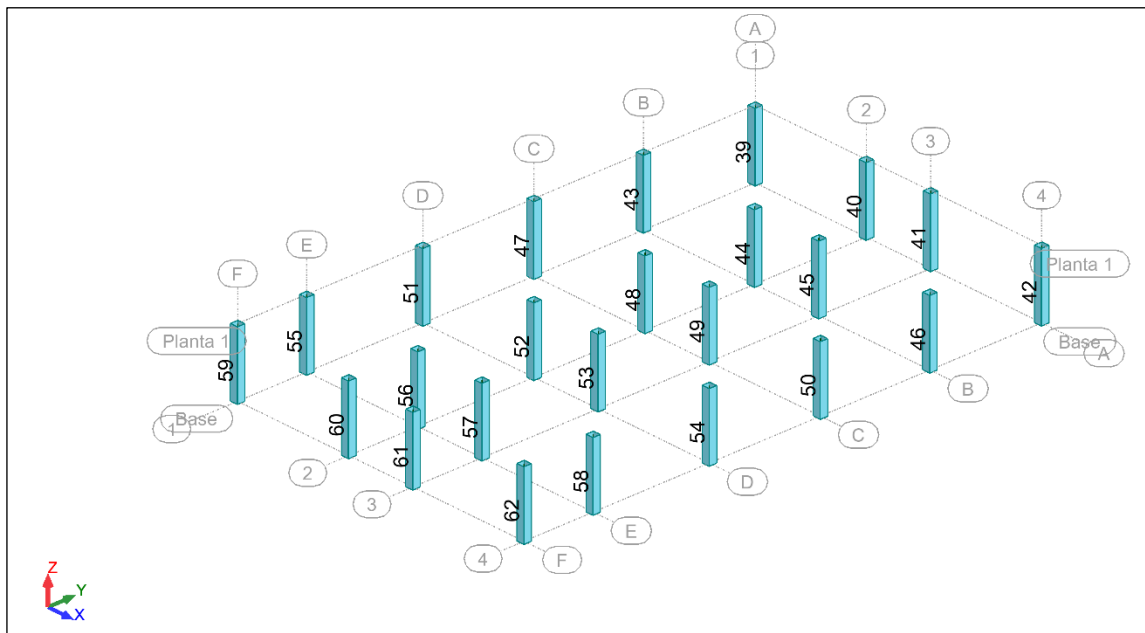


Ilustración 95: Columnas enumeradas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

La estructura cuenta con un total de 24 columnas, en las siguientes imágenes se observarán todas las cargas que produce la envolvente de todas las combinaciones de carga. En color rojo se observará siempre el máximo valor de carga positivo y de color verde el máximo valor de carga negativo.

- **Fuerzas de Cortantes columnas en dirección X.**

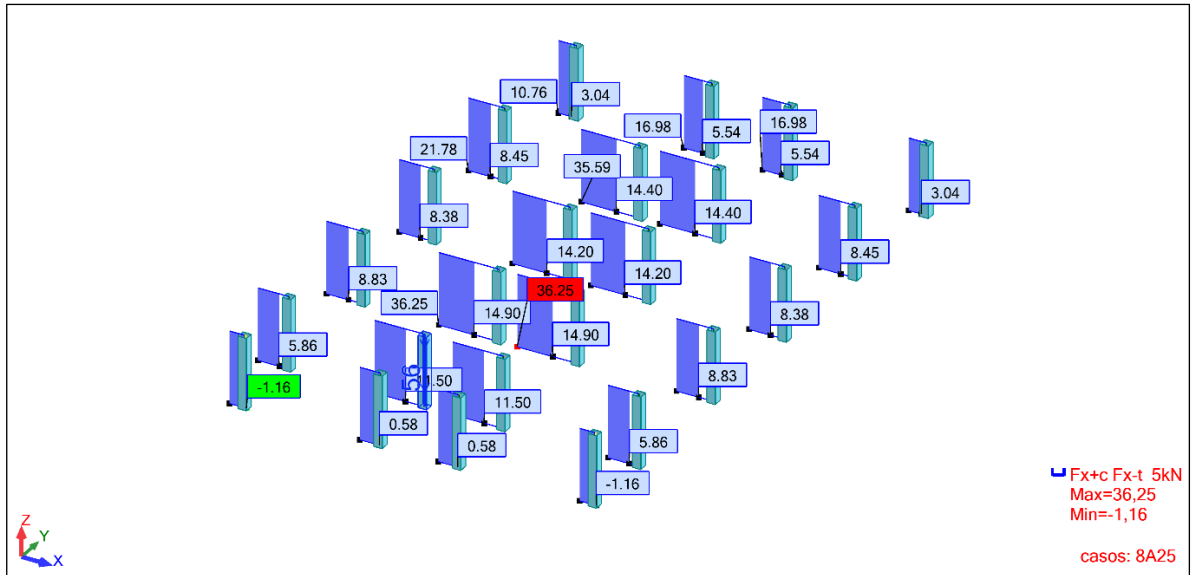


Ilustración 96: Cargas de cortante en dirección X, para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Fuerzas cortantes de columnas en dirección Y.**

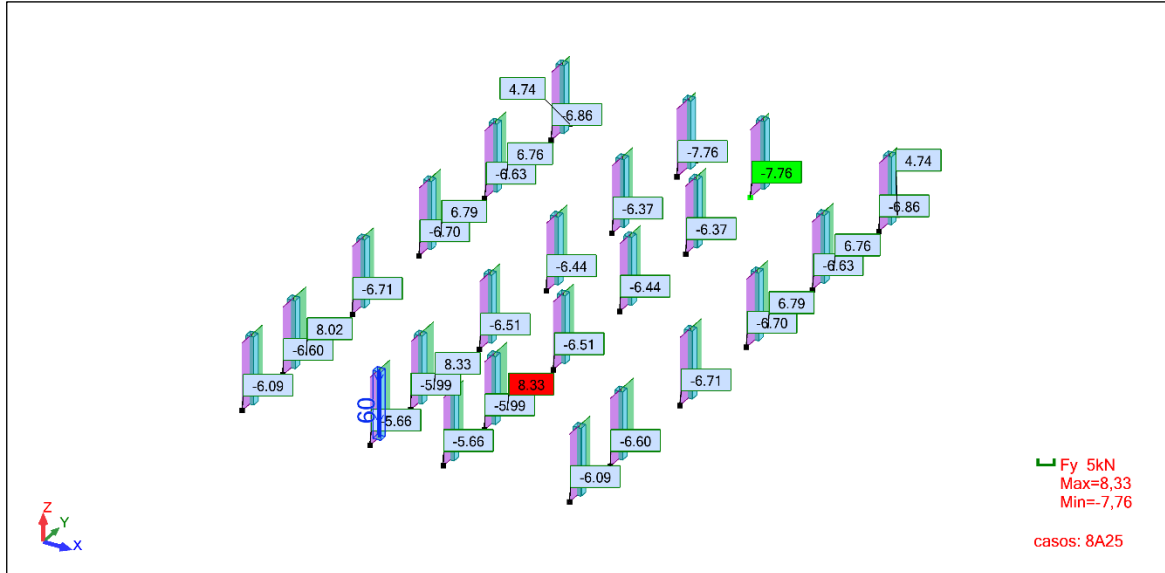


Ilustración 97: Cargas de cortante en dirección Y, para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Momento de columnas.**

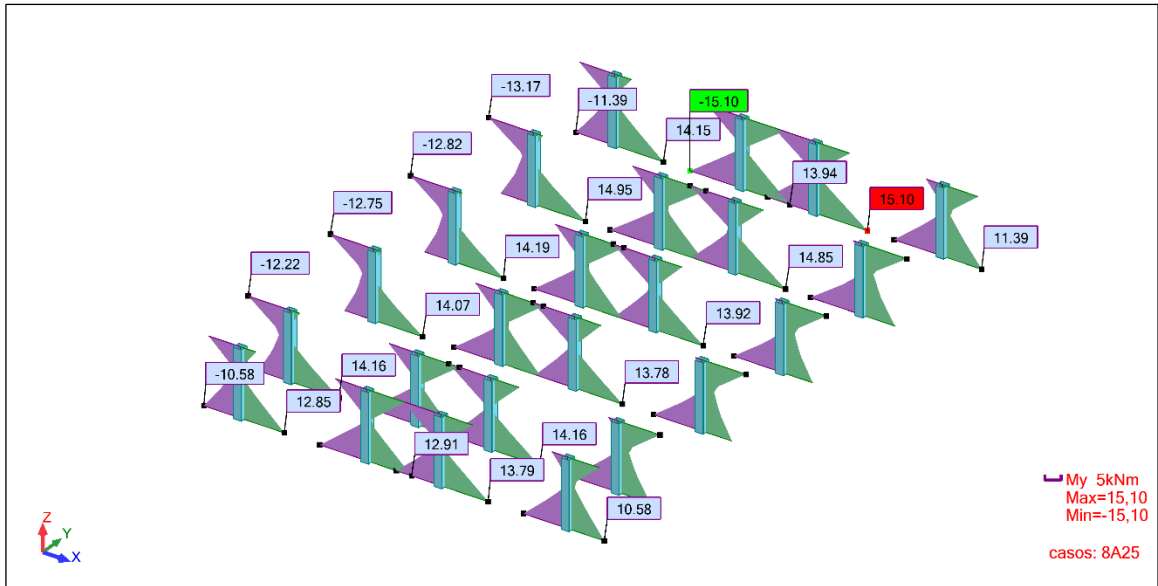


Ilustración 98: Momentos para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

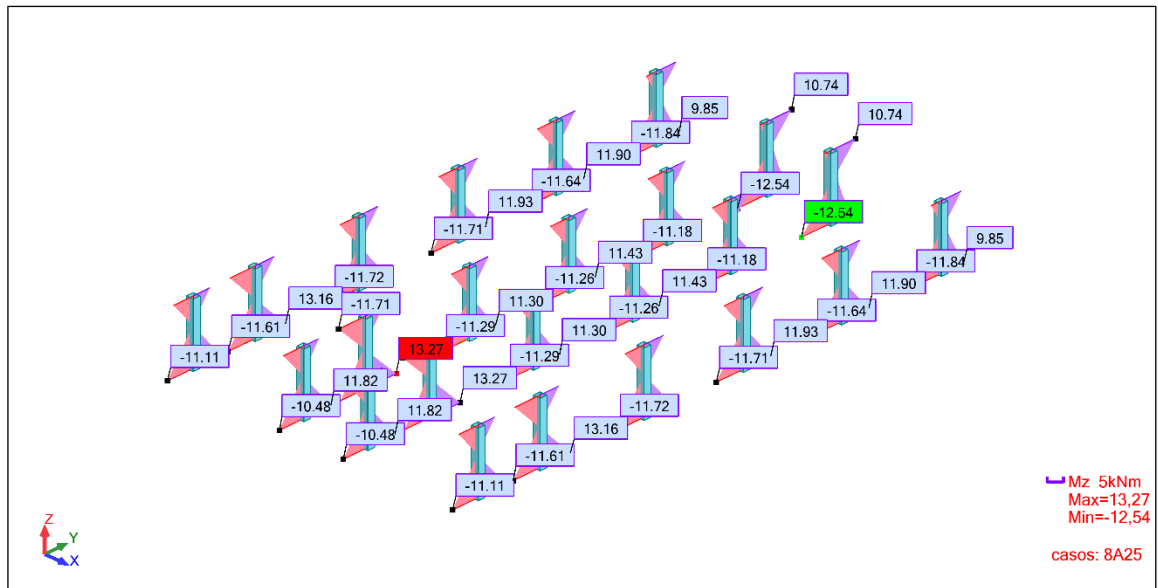


Ilustración 99: Momentos para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Acero teórico para columnas.**

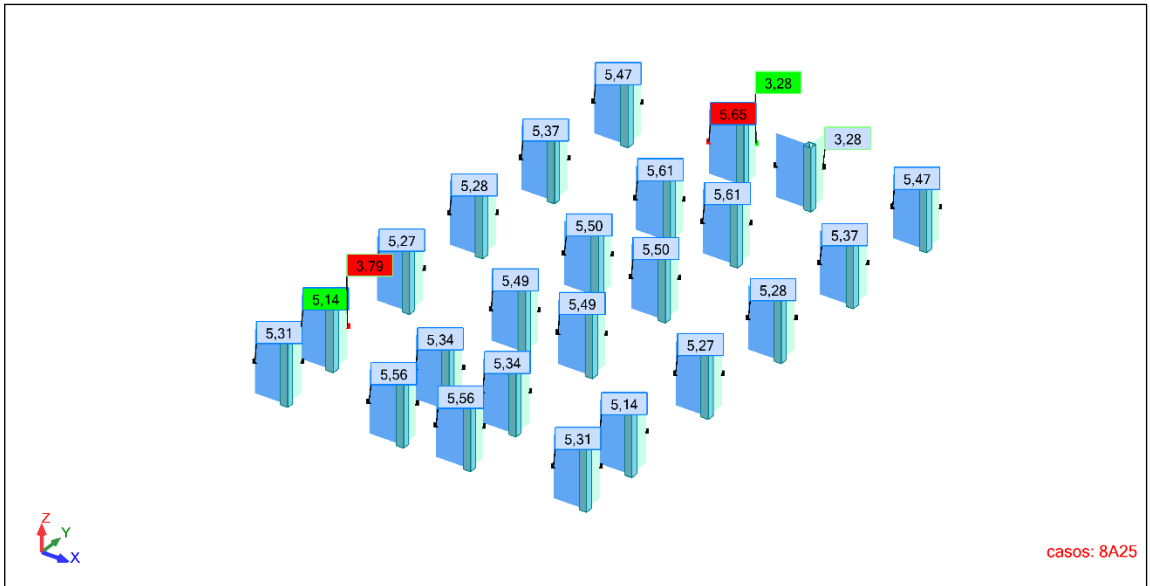


Ilustración 100: Acero teórico para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Acero real para columnas.**

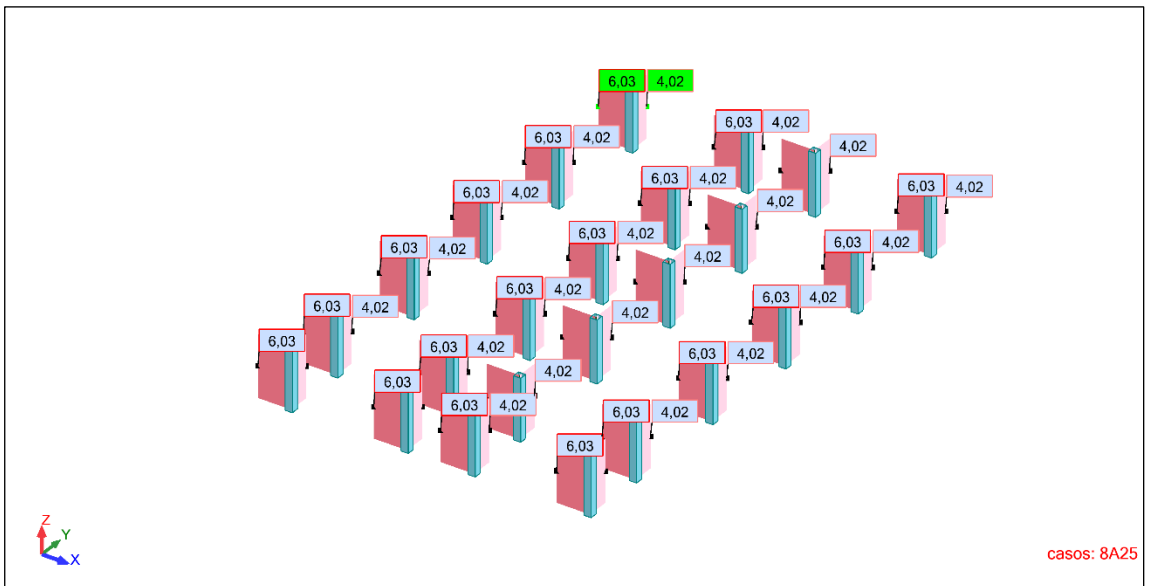


Ilustración 101: Acero real para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En segundo lugar, se observarán todos los resultados obtenidos de los elementos estructurales de viga.

- **Vigas.**

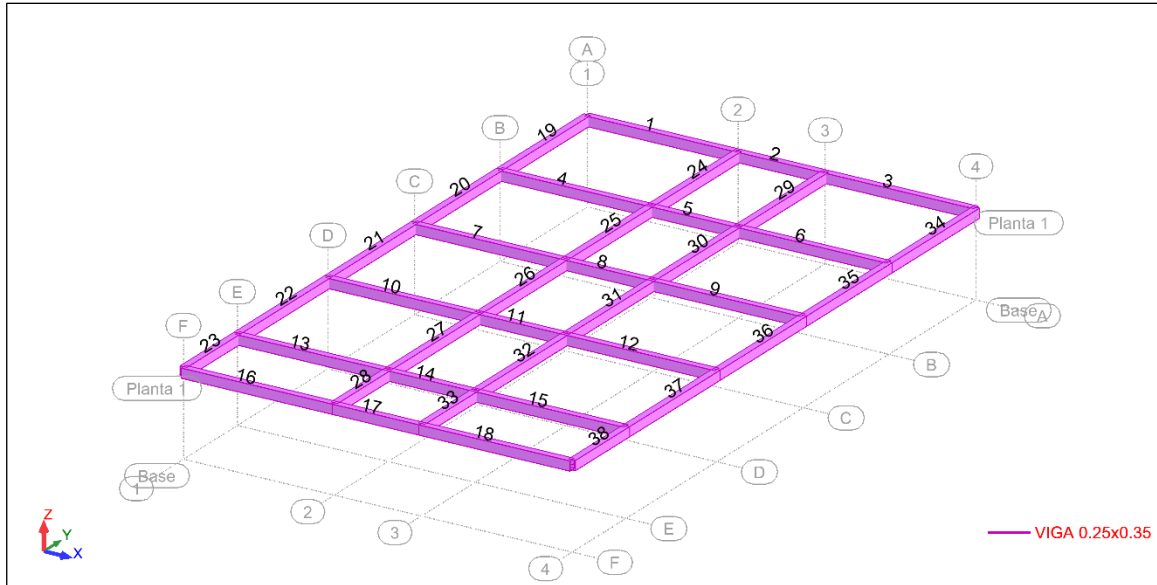


Ilustración 102: Vigas enumeradas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

La estructura cuenta con un total de 38 vigas, en las siguientes imágenes se observarán todas las cargas que produce la envolvente de todas las combinaciones de carga. En color rojo se observará siempre el máximo valor de carga positivo y de color verde el máximo valor de carga negativo.

- **Fuerzas de Cortantes de vigas.**

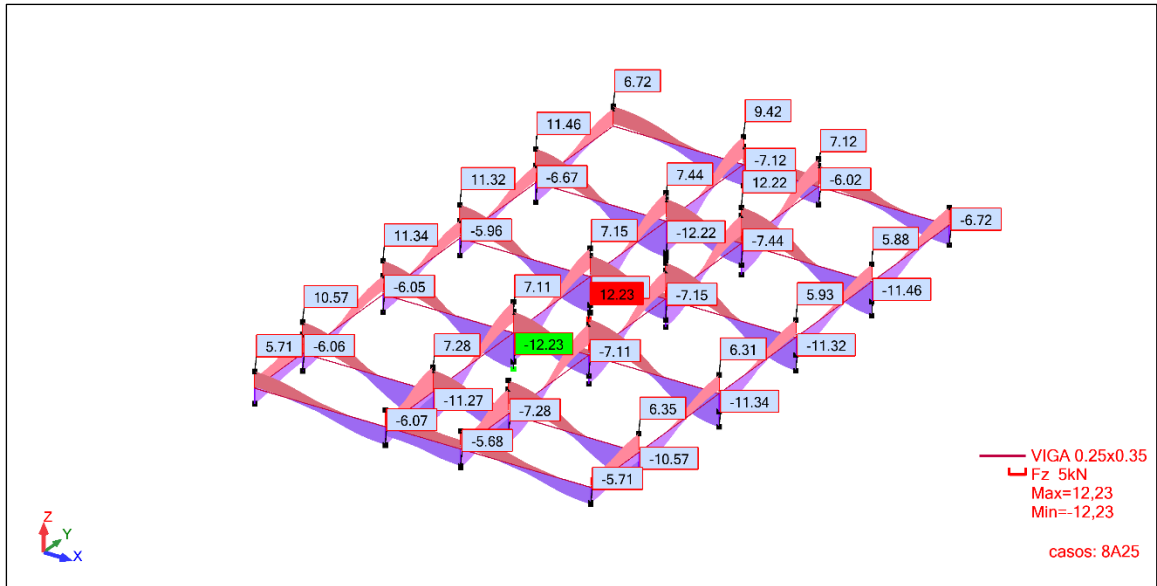


Ilustración 103: Cargas de cortante para vigas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Fuerzas de momentos de vigas.**

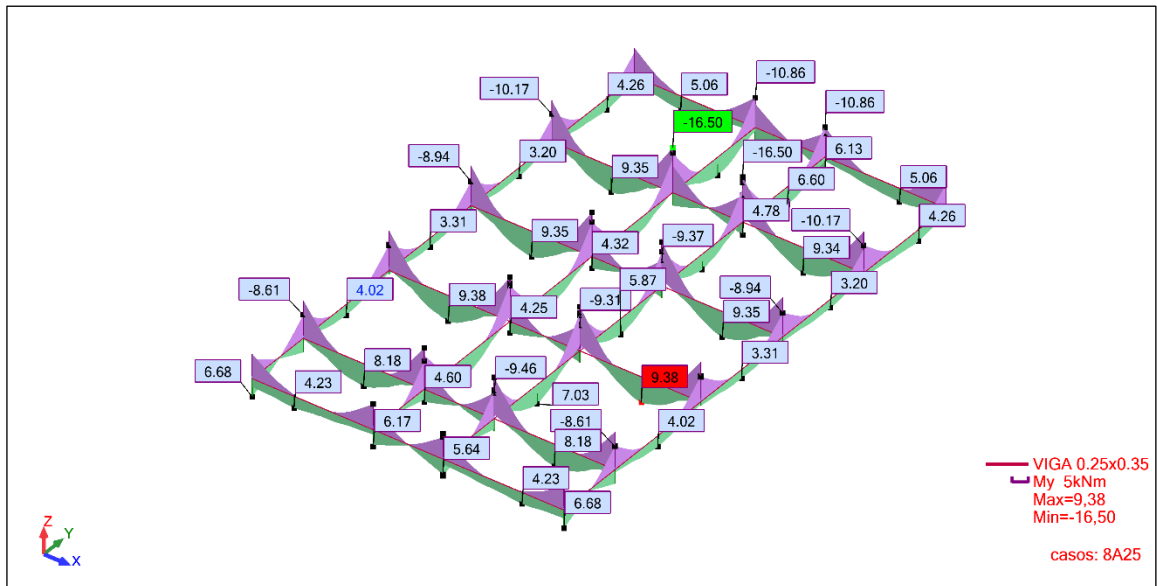


Ilustración 104: Momentos para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Acero teórico para vigas.**

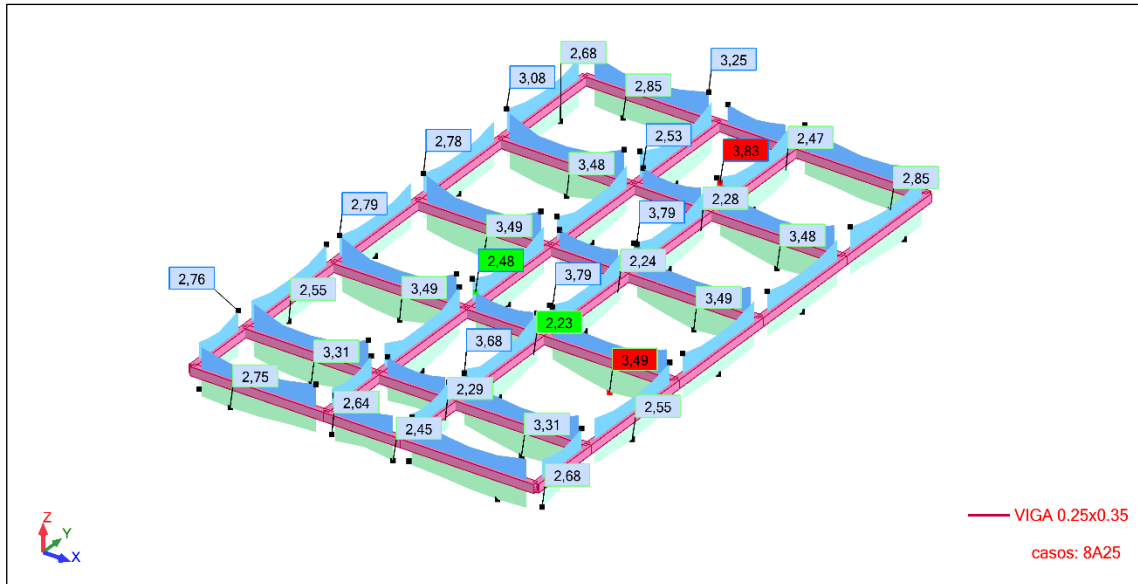


Ilustración 105: Acero teórico para vigas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Acero real para vigas.**

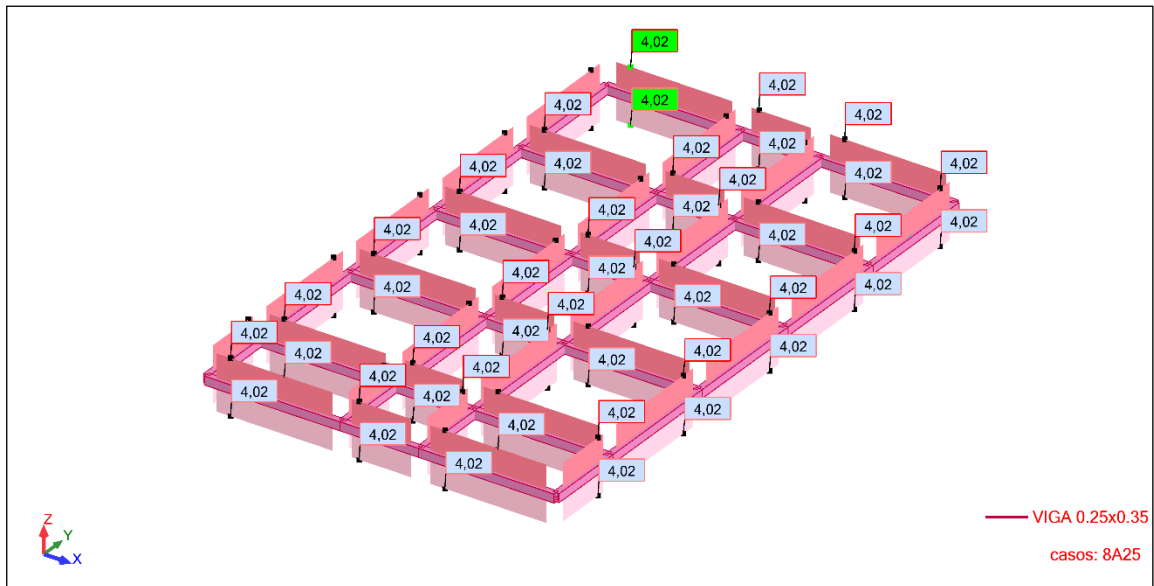


Ilustración 106: Acero real para vigas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

8.8.3.12 Diseño de los elementos estructurales. Con la obtención de los resultados anteriores se procede a realizar el diseño estructural de cada uno de los elementos que conforman la edificación.

El software Robot Structural Analysis Professional permite realizar el diseño y los despieces de acero de los elementos estructurales, es importante aclarar que se debe de dar la configuración apropiada para que el programa calcule dentro de los parámetros establecidos por la NSR10. De esta manera se realizó el diseño de cada uno de los elementos estructurales, en la siguiente ilustración se muestra como ejemplo el diseño de la viga 26 de la estructura:

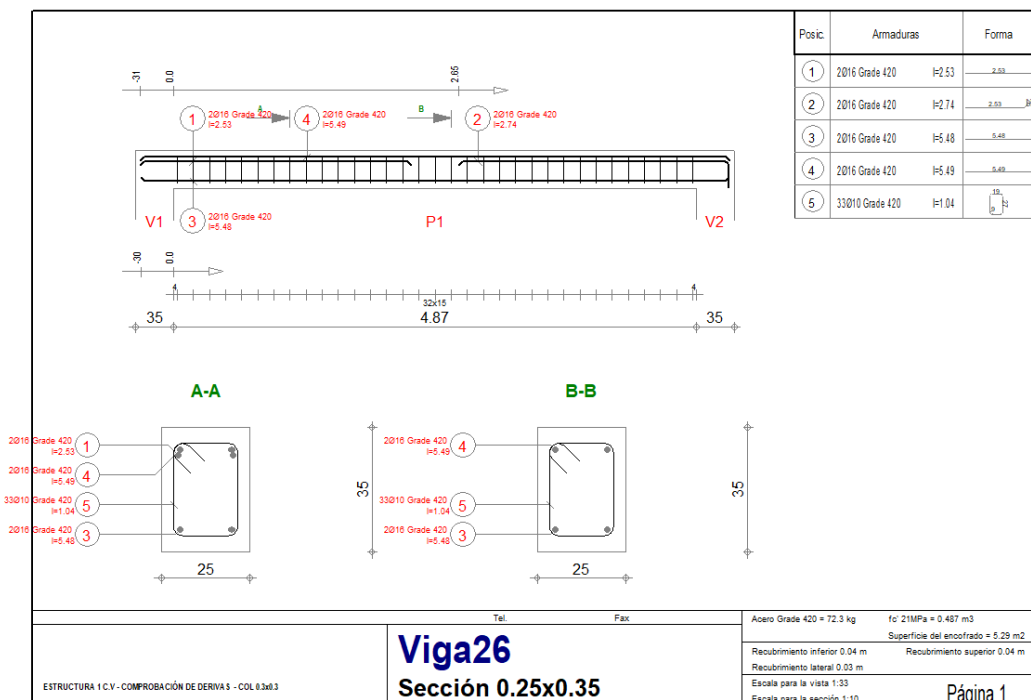


Ilustración 107: Despiece estructural de la viga 26 de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Es importante resaltar que los planos que genera el programa Robot serán reorganizados en AutoCAD, con el objetivo de unificarlos y organizarlos mucho mejor para que sean aún más entendibles.

Con el objetivo de corroborar que los resultados de diseño que realiza el programa son correctos, el diseño se realiza también manualmente mediante una hoja de Excel creada por los autores del proyecto, véase en el anexo 19 el cálculo de las vigas doblemente reforzadas y la totalidad de planos obtenidos del proceso de diseño.

8.8.3.13 Diseño de cimentación. De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de suelos (DAPCIL S.A.S, 2016) suministrado por la administración municipal de Apulo, se especifica lo siguiente:

Teniendo en cuenta las características del perfil del subsuelo, las propiedades geomecánicas de los materiales, las características del proyecto y de acuerdo con la magnitud de las sobrecargas inducidas por la estructura, se pueden utilizar estructuras de cimentación convencionales de tipo superficial, conformadas por elementos tipo Zapatas aisladas o combinadas apoyadas directamente sobre el suelo de fundación.

Cumpliendo con lo que estipula el estudio de suelos se decide utilizar una cimentación superficial, conformada por zapatas aisladas con viga de amarre de cimentación para la estructura 1 del Centro Vida. El diseño de cimentación de la estructura se realizará mediante la obtención de las reacciones de las columnas.

A continuación, se observará en la siguiente ilustración las reacciones de cada una de las columnas de la estructura:

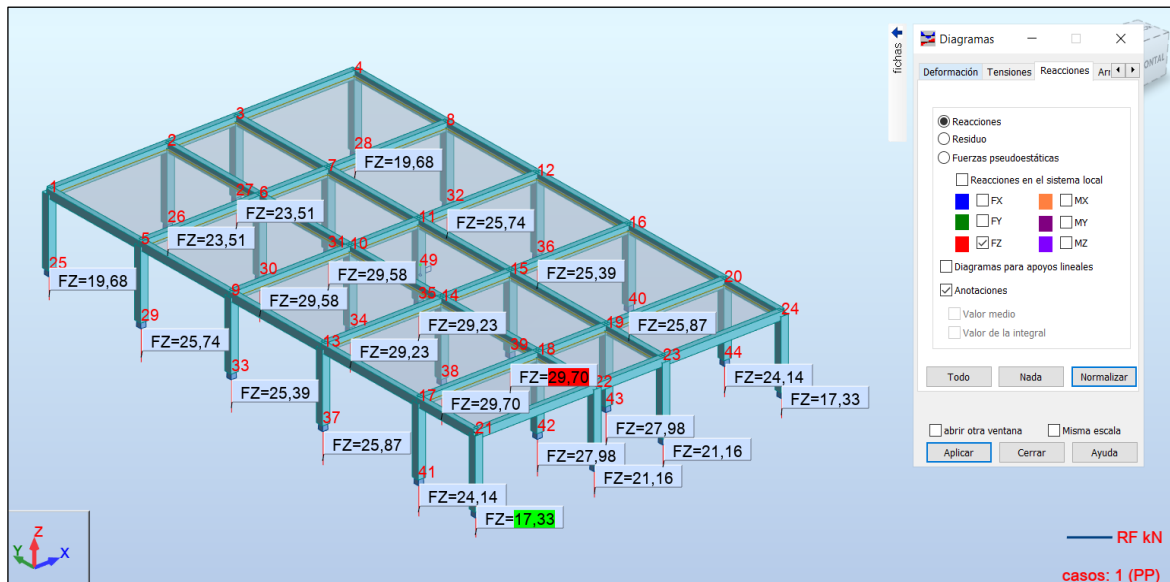


Ilustración 108: Reacciones de cada columna.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Mediante el programa se generó la tabla de reacciones con envolvente, con el fin de obtener las reacciones más grandes para el diseño de las zapatas, en la siguiente tabla se observarán los datos máximos ya clasificados:

Tabla 146: Reacciones de columnas para el diseño de zapatas, de la estructura 1 del Centro Vida.

REACCIONES DE COLUMNAS PARA DISEÑO DE ZAPATAS		
COLUMNAS	Nudo/Caso	FZ
39	25/ 1	19,68 KN
40	26/ 1	23,51 KN
41	27/ 1	23,51 KN
42	28/ 1	19,68 KN
43	29/ 1	25,74 KN
44	30/ 9 (C)	35,59 KN
45	31/ 9 (C)	35,59 KN
46	32/ 1	25,74 KN
47	33/ 1	25,39 KN
48	34/ 9 (C)	34,82 KN
49	35/ 9 (C)	34,82 KN
50	36/ 1	25,39 KN
51	37/ 1	25,87 KN
52	38/ 9 (C)	36,25 KN
53	39/ 9 (C)	36,25 KN
54	40/ 1	25,87 KN
55	41/ 1	24,14 KN
56	42/ 9 (C)	30,27 KN
57	43/ 9 (C)	30,27 KN
58	44/ 1	24,14 KN
59	45/ 1	17,33 KN
60	46/ 1	21,16 KN
61	47/ 1	21,16 KN
62	48/ 1	17,33 KN

Fuente: Autores del proyecto.

Con los datos de las cargas que transfiere cada columna, se procede a realizar el diseño de las zapatas aisladas, el diseño se realizara mediante una plantilla de Excel realizada por los autores del presente proyecto. A continuación, se mostrará el diseño de la zapata número 39 de la estructura:

- **Primera etapa.**

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SAM			
En esta hoja de calculo permite realizar el diseño de una zapata corrida para muro, acoerde con los datos fijos y especificaciones de diseño, los calculos se realizan de acuerdo con los parametros establecidos en la NSR10.	JUAN DAVID PATIÑO GONZALEZ		CODIGO
	LUIS FELIPE RODRIGUEZ ALDANA		CODIGO
	PROYECTO DE GRADO	CARACTERIZACIÓN Y PROYECCIÓN DE GRUPO ETARIO DEL MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA, PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE UN C.D.I Y EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO VIDA.	
	TUTOR	ING. CRISTIAN ANDRES QUINCHIA AGUIRRE	

TIPOS DE DATOS	
DATOS FIJOS	INGRESADO POR EL USUARIO
ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	INGRESADO POR EL USUARIO
VARIABLES DE DISEÑO	CALCULADO POR EL PROGRAMA

DATOS FIJOS		
DATOS	VARIABLE	VALOR
Profundidad de desplante	Z	1,5 m
Espesor de placa	Z1	0,2 m
Espesor del suelo (Valor Automati	Z2	0,0 m
Ancho de Columna	CB	0,35 m
Largo de Columna	CL	0,35 m
Ø Barra - Refuerzo de Columna	Ø Colum.	22,00
Presión admisible del suelo	Qa	216 KN/m2
Peso especifico del suelo sobre la zapata	γs	18,85 KN/m3
Carga Ultima	U	19,68 KN

Ilustración 109: Primera parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

La plantilla se divide en tres partes, estas tres etapas se diferencian por su color, las celdas de color gris se llenan con los datos de diseño, en estos datos se observa la presión admisible del suelo en KN/m2, esta presión fue obtenida del estudio de suelos:

Tabla 147: Capacidad portante del suelo.

Alternativa de Cimentación	Capacidad portante neta ultima promedio (tn/m2)	Capacidad portante neta de seguridad (tn/m2)
Zapatas aisladas	66.12	22.04

Fuente: Estudio de suelos.

La capacidad portante del suelo es de 22,04 Ton/m², lo que equivale a 216,21 KN/m².

- **Segunda etapa.**

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO			
Resistencia a la compresión del concreto (ZAPATA)	f'_c	21 MPa	
Resistencia a la compresión del concreto (COLUMNA)	$f'_c \text{ colm}$	21 MPa	
Resistencia a la tracción del acero	f_y	420 MPa	
Peso específico del concreto	γ_c	24,00 KN/m ³	
Peso del concreto	λ	1	
Factor de altura del concreto fresco	ψ_t	1	
Factor de barras y epóxico	ψ_e	1	
Altura de zapata	h	1,3 m	SI CUMPLE
Ancho de la zapata	B	0,7 m	SI CUMPLE
Largo de la zapata	L	0,7 m	
Recubrimiento	r	0,075 m	SI CUMPLE
Diametro de barra paralela a B (Diseño a flexión)	ϕ_B	20,00	
Diametro de barra paralela a L (Diseño a flexión)	ϕ_L	20,00	
Relación del lado largo con el lado corto (columna)	β	1	
Factor por tipo de columna	α_s	20,00	
Diametro de barra de acero del Espigo	ϕ_E	10,00	

Ilustración 110: Segunda parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En esta segunda parte de la plantilla, en las celdas de color naranja se ingresan los datos de diseño, como lo son la resistencia del concreto, fluencia del acero, el diámetro de barras, el largo, el ancho y la altura de la zapata, etc. En color amarillo se ven unas celdas donde se programaron unas condicionales, que permiten saber si los datos que se están ingresando son suficientes para cumplir con las solicitudes de carga.

• Tercera etapa.

PASO	CALCULO	VARIABLE	VALOR	EVALUACIÓN
1. Estimar el tamaño de la zapata y la presión neta factorizada Q_{nu}	Longitud de desarrollo del refuerzo de la columna	L_d	1,19 m	
	Presión Neta	q_n	180,21 KN/m ²	
	Área requerida	A	0,11 m ²	
	Area Real	A_r	0,49 m ²	
	Presión neta factorizada	q_{nu}	40,16 KN/m ²	
2. Revisión de cortante en dos direcciones	Altura efectiva	d	1,22 m	
	Area Tributaria	$A_{Tributaria}$	-1,96 m ²	
	Cortante Ultimo	V_u	-78,69 KN	
	Perimetro de cortante minimo	B_o	6,26 m	
	Cortante del concreto	V_{c1}	562,1218082	SI CUMPLE
		V_{c2}	538,0811794	SI CUMPLE
V_{c3}		363,7258759	SI CUMPLE	
3. Revisar el cortante en una dirección.	Cortante ultimo	$V_u - L$	-43,88	
	Cortante del concreto	$\phi V_c - L$	15,71	SI CUMPLE
	Cortante ultimo	$V_u - B$	-29,24	
	Cortante del concreto	$\phi V_c - B$	15,71	SI CUMPLE
4.1. Diseño a flexión - cara L	Distancia de la cara de la columna a la cara de la zapata	f	0,2 m	
	Momento Ultimo	M_u	0,43 KN/m	
	Cuantía del acero	A_s	0,94 mm ²	NO APLICA
	Cuantía minima del acero	$A_{s\ min}$	1530,90 mm ²	SI CUMPLE
	Cantidad teórica de barras paralelas a B		5 BARRAS	
	Separación de barras paralelas a B (Barras sometidas a flexión)	S_L	0,11 m	SI CUMPLE
	Altura del bloque de compresión	a	0,05146	
	Altura deformación por compresión	c	0,06054	
	Deformación del acero en tensión	ϵ_t	0,057	SI CUMPLE
4.2. Diseño a flexión - cara B	Distancia de la cara de la columna a la cara de la zapata	f	0,2 m	
	Momento Ultimo	M_u	0,43 KN/m	
	Cuantía del acero	A_s	0,94 mm ²	NO APLICA
	Cuantía minima del acero	$A_{s\ min}$	1530,90 mm ²	SI CUMPLE
	Cantidad teórica de barras paralelas a L		5 BARRAS	
	Separación de barras paralelas a L (Barras sometidas a flexión)	S_B	0,11 m	SI CUMPLE
	Altura del bloque de compresión	a	0,05146	
	Altura deformación por compresión	c	0,06054	
	Deformación del acero en tensión	ϵ_t	0,057	SI CUMPLE

5. Revisión de longitud de desarrollo	Longitud de desarrollo - Barras de la cara L	$L_d - L$	1,08 m	SI REQUIERE GANCHOS
	Longitud de gancho	$L_{\text{gancho} - L}$	0,40 m	
	Longitud de desarrollo - Barras de la cara B	$L_d - B$	1,08 m	SI REQUIERE GANCHOS
	Longitud de gancho	$L_{\text{gancho} - B}$	0,40 m	
6. Diseño de la unión columna - zapata	Area de contacto entre la columna y la zapata	A_1	0,12 m ²	
	Area de la base inferior de una piramide (Relacion 2:1)	A_2	0,49 m ²	
	Relacion de áreas	VA_2/A_1	2	
	Carga de la zapata	P_Z	2842,61 KN	SI CUMPLE
	Carga de la columna	P_C	1421,31 KN	SI CUMPLE
	Carga Ultima	U	19,68 KN	
	Cuantia del espigo	A_s	612,50 mm ²	
	Cantidad de Varilla		8 BARRAS	SI CUMPLE
	Longitud del gancho espigo	$L_g - \text{espigo}$	0,20 m	
	Ld del espigo dentro de la zapata	$L_d - \text{espigo}$	0,44 m	SI CUMPLE
	Longitud de desarrollo de espigo dentro de la columna	$L_d - \text{espigo}$	0,44 m	SE TOMA COMO L_d DENTRO DE LA COLUMNA
		$L_{dc} - \text{traslapo}$	0,30	NO SE TOMA COMO L_d DENTRO DE LA COLUMNA

Ilustración 111: Tercera parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 1 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En esta tercera y última etapa de la plantilla se puede observar de color amarillo los resultados de diseño. Se realizó el siguiente proceso de diseño:

- Estimación del tamaño de la zapata y la presión neta factorizada Q_{nu} .
- Revisión de cortante en dos direcciones.
- Revisar el cortante en una dirección.
- Diseño a flexión - cara L.
- Diseño a flexión - cara B.
- Revisión de longitud de desarrollo.
- Diseño de la unión columna – zapata.

Se observa que la zapata cumple con todos los valores, ya con estos datos obtenidos se procede a realizar el diseño de la zapata en AutoCAD, y se calculan el resto de las zapatas. Véase en el anexo 19 el documento Excel con los cálculos de diseño de la cimentación y los planos.

8.8.4.2 Predimensionamiento de vigas. Se realizó el proceso de predimensionamiento de las vigas de la estructura, de acuerdo con los parámetros dados en la NSR10 en la tabla C.9.5.

Tabla 148: Tabla C.9.5 del título C de la NSR 10.

TABLA C.9.5(a) — Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones				
Elementos	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos que NO soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.				
Losas macizas en una dirección	$\frac{A}{20}$	$\frac{A}{24}$	$\frac{A}{28}$	$\frac{A}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{A}{16}$	$\frac{A}{18.5}$	$\frac{A}{21}$	$\frac{A}{8}$

NOTAS:
 Los valores dados en esta tabla se deben usar directamente en elementos de concreto de peso normal y refuerzo grado 420 MPa. Para otras condiciones, los valores deben modificarse como sigue:
 (a) Para concreto liviano estructural con densidad w_c dentro del rango de 1 440 a 1 840 kg/m³, los valores de la tabla deben multiplicarse por $(1, 65 - 0.0003w_c)$, pero no menos de 1.09.
 (b) Para f_y distinto de 420 MPa, los valores de esta tabla deben multiplicarse por $(0.4 + f_y/700)$.

Fuente: Título C de la NSR10.

Se decidió utilizar la tabla C.9.5 para realizar el predimensionamiento de las vigas, ya que, al ser una estructura de un solo nivel, las vigas no tendrán que soportar muros divisorios o particiones frágiles que sean susceptibles a daños por deflexiones grandes.

En esta estructura se encuentran dos tipos de vigas: con un extremo continuo y con dos extremos continuos. La tabla C.9.5 dice que para vigas con un extremo continuo la distancia entre ejes se divide en 18.5 y para vigas con dos extremos continuos la distancia entre ejes se divide en 21. En la siguiente tabla se podrá observar el cálculo de los peraltes de vigas de acuerdo con los parámetros anteriormente mencionados:

Tabla 149: Peraltes de vigas de entrepiso de la estructura 2 del Centro Vida.

PERALTE VIGAS DE ENTREPISO				
TIPO DE APOYO	EJE	TRAMO	LONGITUD	h
Con un extremo continuo	1	A - B	5,95 m	0,33 m
	1	D - F	2,80 m	0,16 m
	2	A - B	5,95 m	0,33 m
	2	D - F	2,80 m	0,16 m
	3	A - B	5,95 m	0,33 m
	3	D - F	2,80 m	0,16 m
	4	A - B	5,95 m	0,33 m
	4	B - B'	2,80 m	0,16 m
	5	A - B	5,95 m	0,33 m
	5	B - B'	2,80 m	0,16 m
	6	A - B	5,95 m	0,33 m
	6	B - B'	2,80 m	0,16 m
	7	A - B	5,95 m	0,33 m
	7	B' - C	2,70 m	0,15 m
	8	A - B	5,95 m	0,33 m
	8	B - C	5,50 m	0,30 m
	9	A - B	5,95 m	0,33 m
	9	B - C	5,50 m	0,30 m
	A	1 - 2	5,53 m	0,30 m
	A	8 - 9	5,53 m	0,30 m
	B	1 - 2	5,53 m	0,30 m
	B	8 - 9	5,53 m	0,30 m
	B'	3 - 4	5,63 m	0,31 m
	B'	6 - 7	5,63 m	0,31 m
	C	1 - 2	5,53 m	0,30 m
	C	2 - 3	5,53 m	0,30 m
	C	7 - 8	5,53 m	0,30 m
	C	8 - 9	5,53 m	0,30 m
	D	1 - 2	5,53 m	0,30 m
	D	2 - 3	5,53 m	0,30 m
E	1 - 2	5,53 m	0,30 m	
E	2 - 3	5,53 m	0,30 m	
Con ambos extremos continuos	1	B - C	5,50 m	0,27 m
	1	C - D	4,17 m	0,20 m
	2	B - C	5,50 m	0,27 m
	2	C - D	4,17 m	0,20 m
	3	B - B'	2,80 m	0,14 m
	3	B' - C	2,70 m	0,13 m
	3	C - D	4,17 m	0,20 m
	7	B - B'	2,80 m	0,14 m
	A	2 - 3	5,53 m	0,27 m
	A	3 - 4	5,63 m	0,27 m
	A	4 - 5	5,53 m	0,27 m
	A	5 - 6	5,48 m	0,27 m
	A	6 - 7	5,63 m	0,27 m
	A	7 - 8	5,53 m	0,27 m
	B	2 - 3	5,53 m	0,27 m
	B	3 - 4	5,63 m	0,27 m
	B	4 - 5	5,53 m	0,27 m
	B	5 - 6	5,48 m	0,27 m
	B	6 - 7	5,63 m	0,27 m
	B	7 - 8	5,53 m	0,27 m
B'	4 - 5	5,53 m	0,27 m	
B'	5 - 6	5,48 m	0,27 m	
LONGITUD TOTAL DE VIGAS			271,15 m	
PERALTE DE VIGA A UTILIZAR SEGÚN EL CALCULO			0,33 m	
PERALTE DE VIGA DEFINITIVO A UTILIZAR			0,35 m	

Fuente: Autores del proyecto.

El peralte máximo de viga necesario según la norma es de 0.33 metros, pero se decide utilizar un peralte de 0.35 metros para todas las vigas, con el fin de dar una facilidad a la hora de la construcción y un factor de seguridad adicional. En total se necesitan 271.15 metros de viga, el ancho de la base de cada viga será de 0,25 metros, este ancho de la base se determinó dando cumplimiento de reglamento NSR10 en su inciso C.21.3.4.1.

Tabla 150: Carga de vigas en KN – Estructura 2 del Centro Vida.

CALCULO DE CARGAS DE VIGAS	
h	0,35 m
b	0,25 m
ÁREA TRANSVERSAL	0,088 m ²
PESO ESPECIFICO CONCRETO ARMADO	24 KN/m ³
CARGA TOTAL VIGAS	569,42 KN

Fuente: Autores del proyecto.

8.8.4.3 Predimensionamiento de columnas.

- **Cálculo de cargas transmitidas por columna.** Para realizar el cálculo de las cargas que transmiten cada columna a la cimentación, es necesario identificar el área aferente que le corresponde a cada columna. Para poder calcular estas áreas, se realizó el siguiente plano:

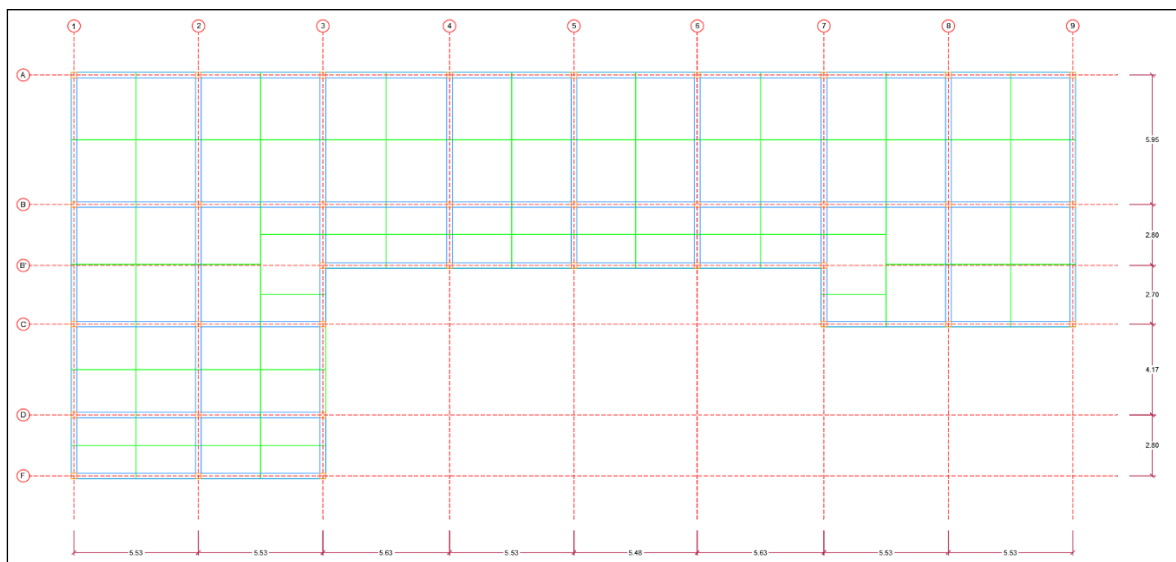


Ilustración 113: Distribución de áreas aferentes de cada columna de la estructura 2 del Centro vida. Fuente: Autores del proyecto.

En el anterior plano en color verde se puede observar las áreas aferentes que le corresponden a cada columna, estos valores de área se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 151: Áreas aferentes de cada columna de la estructura 2 del Centro Vida.

COLUMNA	ÁREA AFERENTE - CARGA COLUMNA
A1	8,93 m ²
A2	17,14 m ²
A3	17,28 m ²
A4	17,28 m ²
A5	17,07 m ²
A6	17,19 m ²
A7	17,28 m ²
A8	17,14 m ²
A9	8,94 m ²
B1	16,49 m ²
B2	31,65 m ²
B3	24,25 m ²
B4	24,25 m ²
B5	23,95 m ²
B6	24,12 m ²
B7	24,25 m ²
B8	31,66 m ²
B9	16,52 m ²
B'3	12,11 m ²
B'4	8,64 m ²
B'5	8,53 m ²
B'6	8,59 m ²
B'7	12,09 m ²
C1	13,92 m ²
C2	26,74 m ²
C3	10,00 m ²
C7	4,33 m ²
C8	15,91 m ²
C9	8,29 m ²
D1	10,04 m ²
D2	19,27 m ²
D3	10,07 m ²
E1	4,39 m ²
E2	8,43 m ²
E3	4,41 m ²

Fuente: Autores del proyecto.

Si se suma el valor de cada área aferente de columna daría como resultado 541.18 metros cuadrados, valor que corresponde con el área total que ocupa la estructura que se está analizando.

- **Cálculo de cargas transmitidas por columna.** Para realizar el cálculo de cargas que transmiten las columnas, solo se tendrán en cuenta dichos elementos que estén directamente soportados en ellas, esto quiere decir que en este cálculo previo de cargas no se tendrán en cuenta los pesos de muros, baldosas, puertas, ventanas, entre otros, ya que estos serán cargados directamente en la cimentación. A continuación, se podrá observar la siguiente tabla en donde se encuentra el cálculo de cargas transmitidas por columnas:

Tabla 152: Calculo de cargas transmitidas por las columnas de la estructura 2 del Centro Vida.

CALCULO DE CARGAS TRASMITIDAS POR COLUMNA - ESTRUCTURA 2 DEL CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA			
COMPONENTE	FACTOR DE CARGA	CUANTIA	CARGA
VIGAS	24 KN/m ³	23,73 m ³	569,42 KN
CIELO RASO (ENTRAMADO METALICO SUSPENDIDO AFINADO EN YESO)	0,34 KN/m ²	504,28 m ²	171,46 KN
TECHO (TEJA TERMOACUSTICA Teja 3660X800mm 0.30mm Arquitectonica Galvanizada)	0,06 KN/m ²	541,18 m ²	30,26 KN
TUBO RECTANGULAR 120 x 60 x 2mm DE 6m, ESTRUCTURAL HR50	0,055 KN/m	503,70 m	27,70 KN
CARGAS VIVAS DE CUBIERTAS INCLINADAS CON MAS DE 15° DE PENDIENTE EN ESTRUCTURA METALICA	0,35 KN/m ²	541,18 m ²	189,41 KN
MUROS INTERNOS SIN PAÑETAR (0,15m) (MUROS PARA SOSTENER TECHO)	2,00 KN/m ²	54,65 m ²	109,30 KN
CONTINUACIÓN COLUMNAS PARA AMARRE DE MUROS DE ANCLAJE DEL PERFIL DE ACERO	24 KN/m ³	0,59 m ³	14,18 KN
VIGA CORREA PARA TECHO	24 KN/m ³	8,14 m ³	195,30 KN
TOTAL CARGA			1307,02 KN
VALOR DEL ESFUERZO			2,42 KN/m²

Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo con los cálculos de la tabla anterior, las columnas transmitirán un total de 1307,02 KN. Si dicho peso expresado en Kilo Newtons se divide en el área total de la estructura que se expresa en metros cuadrados, da como resultado un esfuerzo de 2,42 KN/m². Este esfuerzo se utilizará más adelante para poder calcular la cantidad de carga que le corresponde transmitir a cada una de las columnas.

- **Áreas aferentes y cargas transmitidas por cada columna.** Después de realizar los dos cálculos anteriores, se obtiene el valor del área aferente que le corresponde a cada columna y la carga por metro cuadrado que se experimenta en el entrepiso. Lo siguiente que se debe de realizar es multiplicar el área aferente de cada columna por el esfuerzo, para obtener como resultado la carga que se transmite en cada columna, el mencionado procedimiento matemático se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 153: Cargas transmitidas por cada columna de la estructura 2 del Centro Vida.

CARGAS TRANSMITIDAS POR CADA COLUMNA		
COLUMNA	ÁREA AFERENTE - CARGA COLUMNA	CARGA QUE TRANSMITE CADA COLUMNA
A1	8,93 m2	21,5671 KN
A2	17,14 m2	41,3953 KN
A3	17,28 m2	41,7335 KN
A4	17,28 m2	41,7335 KN
A5	17,07 m2	41,2263 KN
A6	17,19 m2	41,5161 KN
A7	17,28 m2	41,7335 KN
A8	17,14 m2	41,3953 KN
A9	8,94 m2	21,5913 KN
B1	16,49 m2	39,8255 KN
B2	31,65 m2	76,4389 KN
B3	24,25 m2	58,5669 KN
B4	24,25 m2	58,5669 KN
B5	23,95 m2	57,8424 KN
B6	24,12 m2	58,2529 KN
B7	24,25 m2	58,5669 KN
B8	31,66 m2	76,4630 KN
B9	16,52 m2	39,8980 KN
B'3	12,11 m2	29,2472 KN
B'4	8,64 m2	20,8667 KN
B'5	8,53 m2	20,6011 KN
B'6	8,59 m2	20,7460 KN
B'7	12,09 m2	29,1989 KN
C1	13,92 m2	33,6186 KN
C2	26,74 m2	64,5806 KN
C3	10,00 m2	24,1513 KN
C7	4,33 m2	10,4575 KN
C8	15,91 m2	38,4247 KN
C9	8,29 m2	20,0214 KN
D1	10,04 m2	24,2479 KN
D2	19,27 m2	46,5396 KN
D3	10,07 m2	24,3204 KN
E1	4,39 m2	10,6024 KN
E2	8,43 m2	20,3595 KN
E3	4,41 m2	10,6507 KN

Fuente: Autores del proyecto.

- **Área de sección requerida.** Conociendo la carga que transmitirá cada columna, se procede a calcular el área de sección transversal en centímetros cuadrados. Esta área se calcula multiplicando la carga por 43 para columnas que se localizan en los bordes de la estructura y multiplicando por 18 para columnas de centro que se localizan dentro de la estructura y por último dividiéndose en la fuerza de gravedad que se toma como 10 m/seg² de acuerdo con la norma NSR10 en el título A inciso A.4.5.

Tabla 154: Área de sección requerida por cada columna de la estructura 2 del Centro Vida.

ÁREA DE SECCIÓN REQUERIDA POR COLUMNA		
COLUMNA	COLUMNA DE BORDE	COLUMNA DE CENTRO
A1	92,7386 cm ²	
A2	177,9999 cm ²	
A3	179,4538 cm ²	
A4	179,4538 cm ²	
A5	177,2730 cm ²	
A6	178,5192 cm ²	
A7	179,4538 cm ²	
A8	177,9999 cm ²	
A9	92,8424 cm ²	
B1	171,2497 cm ²	
B2		137,5900 cm ²
B3		105,4204 cm ²
B4		105,4204 cm ²
B5		104,1163 cm ²
B6		104,8553 cm ²
B7		105,4204 cm ²
B8		137,6335 cm ²
B9	171,5612 cm ²	
B'3	125,7631 cm ²	
B'4	89,7269 cm ²	
B'5	88,5846 cm ²	
B'6	89,2077 cm ²	
B'7	125,5554 cm ²	
C1	144,5600 cm ²	
C2		116,2451 cm ²
C3	103,8506 cm ²	
C7	44,9673 cm ²	
C8	165,2263 cm ²	
C9	86,0922 cm ²	
D1	104,2660 cm ²	
D2		83,7712 cm ²
D3	104,5776 cm ²	
E1	45,5904 cm ²	
E2	87,5461 cm ²	
E3	45,7981 cm ²	

Fuente: Autores del proyecto.

Este procedimiento matemático se realiza con el fin de calcular el área de sección transversal que necesita tener cada columna, para poder suplir las solicitaciones de carga que posee de acuerdo con las características del diseño.

- **Predimensionamiento de columna.** Al tener calculada el área de sección requerida, se debe identificar que dimensiones multiplicadas entre sí, suplen el área transversal. A continuación, en la siguiente tabla se observa el proceso de dimensionamiento de dichas columnas:

Tabla 155: Dimensiones mínimas de columnas de la estructura 2 del Centro Vida.

DIMENSIONES MINIMAS DE COLUMNA - ESTRUCTURA 2 DEL CENTRO VIDA					
COLUMNA	ÁREA REQUERIDA	SECCIÓN FINAL			SI CUMPLE / NO CUMPLE
		LARGO	ANCHO	ÁREA AFERENTE	
A1	92,74 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
A2	178,00 cm ²	14 cm	14 cm	196 cm ²	SI CUMPLE
A3	179,45 cm ²	14 cm	14 cm	196 cm ²	SI CUMPLE
A4	179,45 cm ²	14 cm	14 cm	196 cm ²	SI CUMPLE
A5	177,27 cm ²	14 cm	14 cm	196 cm ²	SI CUMPLE
A6	178,52 cm ²	14 cm	14 cm	196 cm ²	SI CUMPLE
A7	179,45 cm ²	14 cm	14 cm	196 cm ²	SI CUMPLE
A8	178,00 cm ²	14 cm	14 cm	196 cm ²	SI CUMPLE
A9	92,84 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
B1	171,25 cm ²	14 cm	14 cm	196 cm ²	SI CUMPLE
B2	137,59 cm ²	12 cm	12 cm	144 cm ²	SI CUMPLE
B3	105,42 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
B4	105,42 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
B5	104,12 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
B6	104,86 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
B7	105,42 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
B8	137,63 cm ²	12 cm	12 cm	144 cm ²	SI CUMPLE
B9	171,56 cm ²	14 cm	14 cm	196 cm ²	SI CUMPLE
B'3	125,76 cm ²	13 cm	13 cm	169 cm ²	SI CUMPLE
B'4	89,73 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
B'5	88,58 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
B'6	89,21 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
B'7	125,56 cm ²	12 cm	12 cm	144 cm ²	SI CUMPLE
C1	144,56 cm ²	13 cm	13 cm	169 cm ²	SI CUMPLE
C2	116,25 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
C3	103,85 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
C7	44,97 cm ²	7 cm	7 cm	49 cm ²	SI CUMPLE
C8	165,23 cm ²	13 cm	13 cm	169 cm ²	SI CUMPLE
C9	86,09 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
D1	104,27 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
D2	83,77 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
D3	104,58 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
E1	45,59 cm ²	7 cm	7 cm	49 cm ²	SI CUMPLE
E2	87,55 cm ²	10 cm	10 cm	100 cm ²	SI CUMPLE
E3	45,80 cm ²	7 cm	7 cm	49 cm ²	SI CUMPLE
DIMENSIONES MINIMAS		14 cm	14 cm	196 cm²	
DIMENSIONES MINIMAS REQUERIDAS POR LA NSR10 (C.21.3.5.1)		25 cm	25 cm	625 cm²	

Fuente: Autores del proyecto.

En la tabla anterior se observa como resultado, que el área de sección mayor que necesitan las columnas para suplir las solicitaciones de carga es de 196 cm², esta área corresponde a dimensiones de 14cm x 14cm. Debido a que el municipio de Apulo se encuentra en una zona de riesgo sísmico intermedio, se identifica que dichas dimensiones son menores a las que permite la NSR 10 para zonas de sismicidad intermedia y edificaciones con capacidad moderada de disipación de energía (DMO).

En el título C de la NSR10, inciso C.21.3.5.1, (Ministerio de Ambiente, 2010) se establece lo siguiente:

La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 250mm. Las columnas en forma de T, C o I pueden tener una dimensión mínima de 0.20m, pero su área no puede ser menor de 0.0625m².

Por esta razón se determina que las dimensiones que se utilizarán para cada una de las 35 columnas, será de 0.25m x 0.25m. Utilizar estas dimensiones dará un factor de seguridad a la estructura y reduce la probabilidad de tener que aumentar las dimensiones de las columnas al momento de realizar la modelación y análisis sísmico en Robot Structural.

8.8.4.4 Carga viva de la estructura. Las cargas vivas de la estructura se determinaron de acuerdo con los parámetros dados por la NSR10, en el capítulo B inciso B.4.2.1-1.

Se clasificó el área de la estructura de acuerdo con la ocupación o uso que se le dará, dando como resultado el siguiente plano:

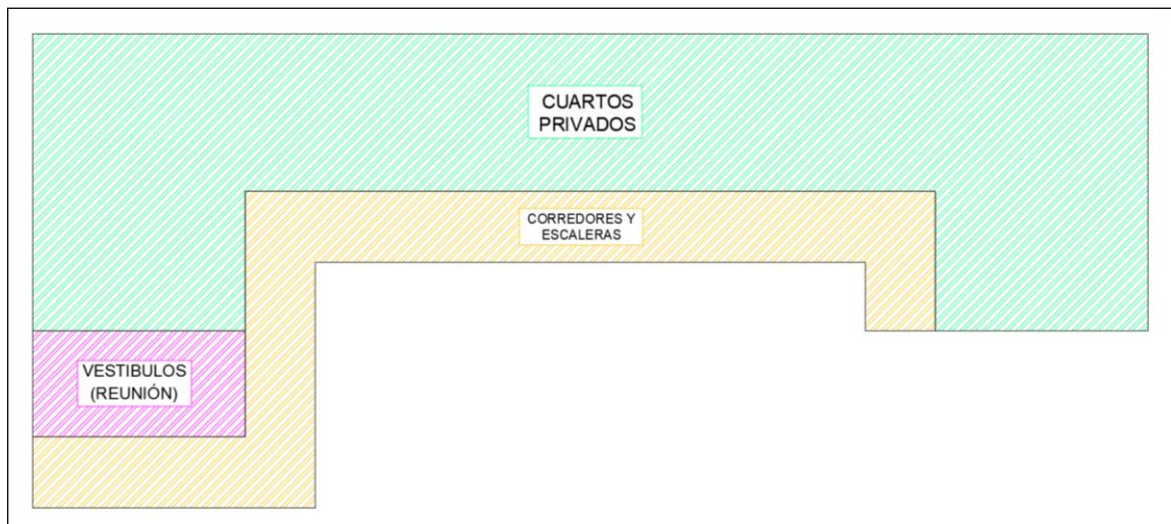


Ilustración 114: Cargas vivas de la estructura 2 del Centro vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente tabla se observará el valor de las áreas de cada uno de los tres tipos de carga viva que experimenta la estructura y su correspondiente factor de carga dado por la NSR10:

Tabla 156: Carga viva de la estructura 2 del Centro Vida.

CARGA VIVA ESTRUCTURA 2 DEL CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA			
DESCRIPCIÓN	FACTOR DE CARGA	ÁREA	CARGA
CUARTOS PRIVADOS	2,00 KN/m ²	370,02 m ²	740,04 KN
CORREDORES Y ESCALERAS	5,00 KN/m ²	135,72 m ²	678,60 KN
VESTIBULOS (REUNIÓN)	5,00 KN/m ²	35,45 m ²	177,25 KN
TOTAL CARGA VIVA			1418,64 KN

Fuente: Autores del proyecto.

La carga para cada tipo de carga viva se obtuvo de la multiplicación del área con el factor de carga que da la norma sismorresistente colombiana.

En total la estructura experimenta una carga viva de 740.04 KN en el área de cuartos privados, una carga viva de 678.60 KN en el área de corredores y una carga viva de 177.25 KN en el área de vestíbulos; para un total de carga viva de 1418.64 KN.

8.8.4.5 Cálculo de cargas totales de la estructura 2. En la realización del cálculo de cargas se tuvieron en cuenta todos los pesos de cada uno de los elementos que componen la edificación.

Cada uno de los factores de carga que se encuentran en este cálculo de cargas, se tomaron de diferentes incisos que se encuentran en el título B de la NSR10, a excepción de los factores de carga de la teja termoacústica de 3660X800mm 0.30mm Arquitectónica Galvanizada y de los tubos rectangulares de 120 x 60 x 2mm de 6m de longitud, de acero tipo estructural HR50; estos dos últimos factores de carga se extrajeron de las fichas técnicas del proveedor.

A continuación, en la siguiente tabla se encuentra el cálculo de cargas de la estructura número 2 del Centro Vida:

Tabla 157: Calculo de cargas de la estructura 2 del Centro Vida.

CALCULO DE CARGAS ESTRUCTURA 2 DEL CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA			
COMPONENTE	FACTOR DE CARGA	CUANTIA	CARGA
VIGAS	24 KN/m ³	23,73 m ³	569,42 KN
MUROS EXTERNOS PAÑETADOS EN AMBAS CARAS (0,15m)	2,50 KN/m ²	217,26 m ²	543,16 KN
MUROS INTERNOS PAÑETADOS EN AMBAS CARAS (0,15m)	2,50 KN/m ²	280,98 m ²	702,45 KN
VENTANAS	0,45 KN/m ²	36,30 m ²	16,34 KN
PUERTAS	0,40 KN/m ²	28,80 m ²	11,52 KN
CIELO RASO (ENTRAMADO METALICO SUSPENDIDO AFINADO EN YESO)	0,34 KN/m ²	504,28 m ²	171,46 KN
TECHO (TEJA TERMOACUSTICA Teja 3660X800mm 0.30mm Arquitectonica Galvanizada)	0,06 KN/m ²	541,18 m ²	30,26 KN
TUBO RECTANGULAR 120 x 60 x 2mm DE 6m, ESTRUCTURAL HR50	0,055 KN/m	503,70 m	27,70 KN
CARGA VIVA		541,15 m ²	1418,64 KN
COLUMNAS	24 KN/m ³	4,05 m ³	97,20 KN
BALDOSA CERAMICA (20mm) SOBRE 12 mm DE MORTERO	0,80 KN/m ²	336,17 m ²	268,94 KN
ENCHAPE CERAMICO PARA BAÑOS	0,68 KN/m	19,87 m	13,41 KN
CARGAS VIVAS DE CUBIERTAS INCLINADAS CON MAS DE 15° DE PENDIENTE EN ESTRUCTURA METALICA	0,35 KN/m ²	541,18 m ²	189,41 KN
MUROS INTERNOS SIN PAÑETAR (0,15m) (MUROS PARA SOSTENER TECHO)	2,00 KN/m ²	54,65 m ²	109,30 KN
CONTINUACIÓN COLUMNAS PARA AMARRE DE MUROS DE ANCLAJE DEL PERFIL DE ACERO	24 KN/m ³	0,59 m ³	14,18 KN
VIGA CORREA PARA TECHO	24 KN/m ³	8,14 m ³	195,30 KN
TOTAL DE CARGA			4378,67 KN

Fuente: Autores del proyecto.

La carga total de toda la estructura es de 4378,67 KN, que equivale a un peso de 437,86 toneladas. Es importante resaltar que el anterior cálculo de cargas puede variar en el proceso de diseño estructural, debido a la probabilidad de aumento de dimensiones de las columnas debido a las cargas de sismo.

8.8.4.6 Método de Fuerza Horizontal Equivalente. El tipo de uso de la edificación está clasificado dentro de la NSR10 como uso tres. Dentro del inciso A.1.3.10 de la norma, se indica que para edificaciones del grupo de uso IV, y las incluidas en los literales (a), (b), (c) y (d) del grupo de uso III, se amplía el Paso 10 de A.1.3.4, exigiendo una verificación adicional de la edificación para los movimientos sísmicos correspondientes al umbral de daño (Min de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Esto quiere decir que se debe de realizar el método de fuerza horizontal equivalente, más la verificación de los movimientos sísmicos correspondientes al umbral de daño, para la realización de lo anteriormente dicho se tendrá en cuenta lo establecido en el título A de la NSR10 en los incisos A.4 y A.12 correspondientemente.

- Cálculo de fuerzas sísmicas mediante F.H.E. Para la realización del presente método se va a seguir los lineamientos establecidos en el capítulo A.4 de la norma NSR10. Lo primero que se realiza es el cálculo de cargas de la estructura, en donde se identifica las cargas que se van a mover con en entrepiso al momento de experimentar una fuerza horizontal de sismo. A continuación, en la siguiente tabla se muestra el cálculo de cargas de la estructura 2:

Tabla 158: Cargas de la estructura 2 para realización del método de Fuerza Horizontal Equivalente.

CARGAS DE LA ESTRUCTURA 2 PARA LA REALIZACIÓN DEL METODO DE FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE			
CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA			
COMPONENTE	FACTOR DE CARGA	CUANTIA	CARGA
VIGAS	24 KN/m ³	23,86 m ³	572,67 KN
CIELO RASO (ENTRAMADO METALICO SUSPENDIDO AFINADO EN YESO)	0,34 KN/m ²	504,28 m ²	171,46 KN
TECHO (TEJA TERMOACUSTICA Teja 3660X800mm 0.30mm Arquitectonica Galvanizada)	0,06 KN/m ²	541,18 m ²	30,26 KN
TUBO RECTANGULAR 120 x 60 x 2mm DE 6m, ESTRUCTURAL HR50	0,0550 KN/m	503,70 m	27,70 KN
COLUMNAS	24 KN/m ³	3,97 m ³	95,26 KN
MUROS INTERNOS SIN PAÑETAR (0,15m) (MUROS PARA SOSTENER TECHO)	2,00 KN/m ²	54,65 m ²	109,30 KN
CONTINUACIÓN COLUMNAS PARA AMARRE DE MUROS DE ANCLAJE DEL PERFIL DE ACERO	24 KN/m ³	1,16 m ³	27,78 KN
VIGA CORREA PARA TECHO	24 KN/m ³	8,14 m ³	195,30 KN
TOTAL DE CARGA			1229,73 KN

Fuente: Autores del proyecto.

El cálculo de cargas da un resultado final de 1129,73 KN, este peso corresponde a una masa de 112973 Kg.

- **Datos para el cálculo de F.H.E.** Para realizar el método de fuerza horizontal equivalente es necesario tener los siguientes datos:

Tabla 159: Datos del proyecto, para el cálculo de F.H.E.

DATOS DEL PROYECTO	
LOCALIZACIÓN	APULO
ZONA DE AMENAZA SISMICA	INTERMEDIA
USO	INSTITUCIONAL
SISTEMA ESTRUCTURAL	PORTICOS DUCTILES
PERFIL DE SUELO	D
GRUPO DE USO	3
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	1,25
Aa	0,2
Av	0,2
Fa	1,4
Fv	2

Fuente: Autores del proyecto.

La zona de amenaza sísmica y los coeficientes de aceleración horizontal pico efectiva "Aa" y velocidad horizontal pico efectiva "Av", se extrajeron de la tabla del departamento de Cundinamarca que se encuentra dentro del apéndice A-4 del título A de la norma NSR10. Los coeficientes de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos "Fa" y el coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios "Fv" se identificaron en las tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 del mismo reglamento.

- **Periodo real aproximado de la estructura.** Se realiza el cálculo del periodo del periodo de vibración fundamental aproximado "Ta" de la estructura y el valor de "Cu", y por último se realiza la comprobación descrita en la parte final del inciso A.4.2.1.

Para el cálculo del "Ta" se necesitan los siguientes datos:

Tabla 160: Datos para el cálculo del "Ta".

h (m)	3,85 m
Ct	0,047
α	0,9

Fuente: Autores del proyecto.

Es importante resaltar que este periodo es aproximado, y más adelante dentro del desarrollo presente documento se calculara el periodo real de la estructura.

Los datos de C_t y α , se obtuvieron de la tabla A.4.2-1 que se muestra a continuación:

Tabla 161: Tabla A.4.2-1.

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9

Fuente: Título A de la norma NSR10.

Con los datos anteriores se calcula el valor del periodo de vibración fundamental aproximado "Ta". La fórmula para el cálculo de este valor esta descrita dentro del inciso A.4.2.2 en la ecuación A.4.2-3.

Tabla 162: Calculo del periodo fundamental de vibración de la estructura 2.

PERIODO DE VIBRACIÓN FUNDAMENTAL APROXIMADO (Ta)
0,16 Seg

Fuente: Autores del proyecto.

Ecuación 25: Ecuación para el cálculo del periodo fundamental aproximado "Ta".

$$T_a = C_t h^\alpha$$

Fuente: Título A de la NSR10.

Después de realizar el cálculo del "Ta" se procede a calcular el valor del "Cu" y se realiza la verificación de que no sea menor que 1,2, este requisito esta descrito al final del inciso A.4.2.1.

Tabla 163: Calculo del "Cu".

Cu
1,27
SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

- **Espectro de aceleración.** El espectro de aceleración para el cálculo de fuerza horizontal equivalente propuesto por la norma es el siguiente:

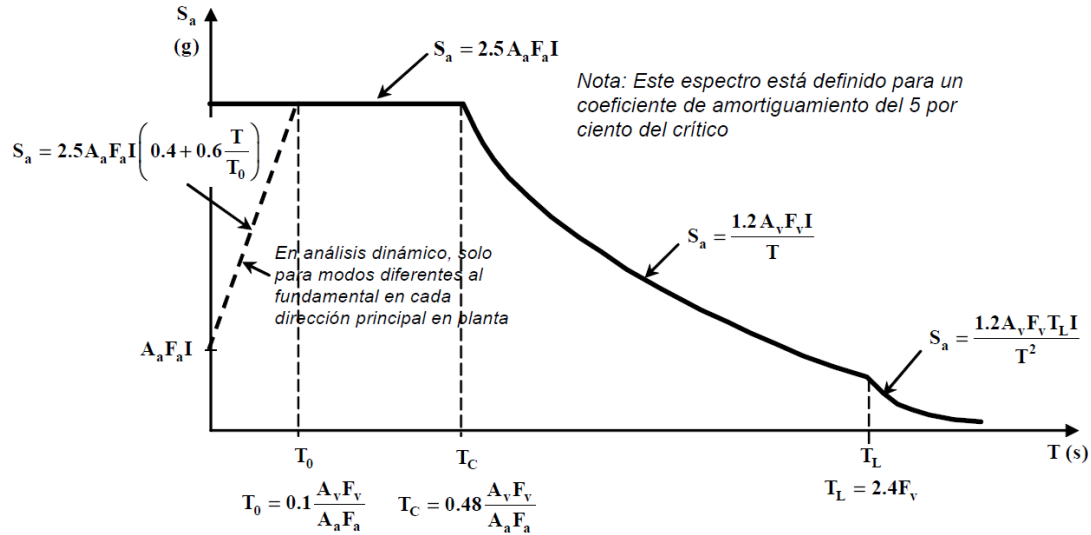


Ilustración 115: Espectro de aceleración.

Fuente: Título A de la NSR10, figura A.2.6-1.

El anterior espectro de aceleración se encuentra en el título A de la norma NSR10 en la figura A.2.6-1.

A continuación, se calcula mediante las ecuaciones descritas en la ilustración anterior, el periodo inicial “T₀”, el periodo corto “T_c”, el periodo largo “T_L”, y la aceleración “S_a”.

Tabla 164: Cálculo de T₀, T_c, T_L y S_a. Fuente: Autores del proyecto.

T₀	T_c
0,14 Seg	0,69 Seg
T_L	S_a
4,80 Seg	0,875

Fuente: Autores del proyecto.

Después de calcular estos datos, se realiza una tabla de dos columnas en donde se encuentra el periodo y la aceleración, de color amarillo en la primera columna, se diferencia los límites entre cada tipo de periodo, para cada tipo de periodo el valor de la aceleración se calcula con una ecuación diferente.

A continuación, se muestra la tabla anteriormente mencionada:

Tabla 165: Tabla para el cálculo del espectro de aceleración.

T	Sa		
0,00 Seg	0,875	1,00 Seg	0,600
0,05 Seg	0,875	1,25 Seg	0,480
0,10 Seg	0,875	1,50 Seg	0,400
0,14 Seg	0,875	1,75 Seg	0,343
0,15 Seg	0,875	2,00 Seg	0,300
0,20 Seg	0,875	2,25 Seg	0,267
0,25 Seg	0,875	2,50 Seg	0,240
0,30 Seg	0,875	2,75 Seg	0,218
0,35 Seg	0,875	3,00 Seg	0,200
0,40 Seg	0,875	3,25 Seg	0,185
0,45 Seg	0,875	3,50 Seg	0,171
0,50 Seg	0,875	3,75 Seg	0,160
0,55 Seg	0,875	4,00 Seg	0,150
0,60 Seg	0,875	4,25 Seg	0,141
0,65 Seg	0,875	4,50 Seg	0,133
0,69 Seg	0,875	4,75 Seg	0,126
0,70 Seg	0,857	4,80 Seg	0,125
0,75 Seg	0,800	5,00 Seg	0,115
0,80 Seg	0,750	5,25 Seg	0,104
0,85 Seg	0,706	5,50 Seg	0,095
0,90 Seg	0,667	5,75 Seg	0,087
0,95 Seg	0,632	6,00 Seg	0,080

Fuente Autores del proyecto.

Dentro de esta tabla están todos los valores de periodo y aceleración necesarios para tabular y crear el espectro de aceleración del proyecto.

El siguiente grafico muestra el espectro de aceleración que le corresponde al proyecto:

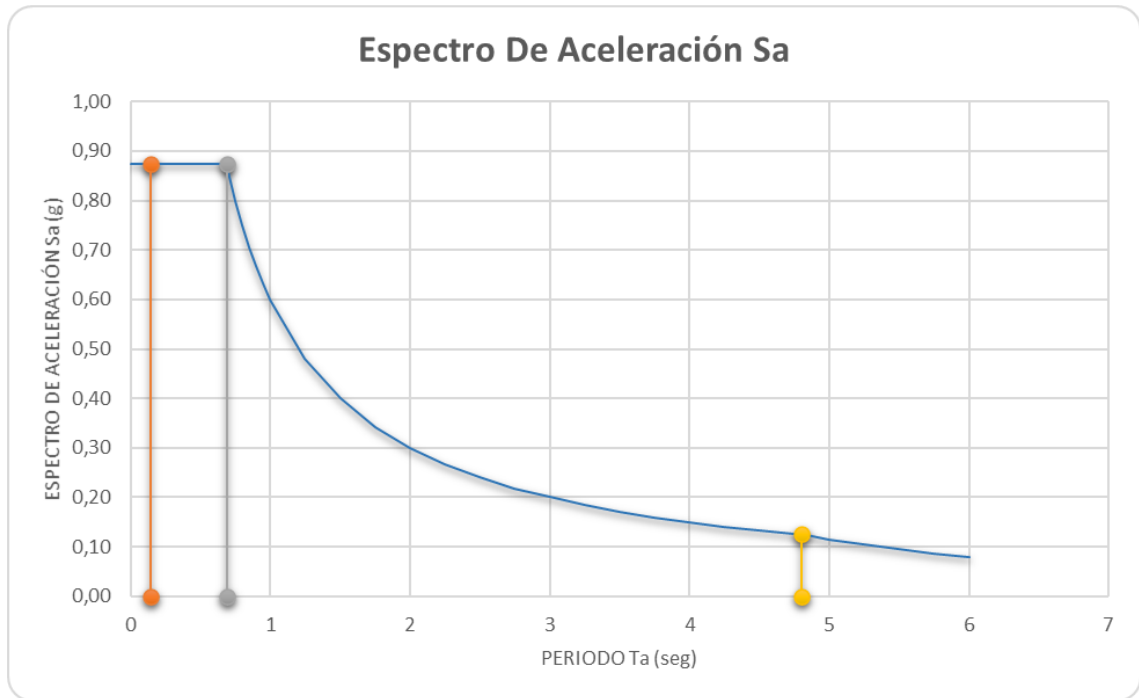


Gráfico 34: Espectro de aceleración correspondiente a la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

- **Calculo de Fuerza Horizontal Equivalente.** Para el cálculo de la F.H.E es necesario tener los tres datos importantes:

- La masa de la edificación (mi).
- La altura de la edificación (h).
- La cortante sísmica en la base (V_s).

A continuación, se realiza el cálculo de la cortante sísmica en la base:

Tabla 166: Cortante sísmica en la base, de la estructura 2 del Centro Vida.

V_s
1076,01 KN

Fuente: Autores del proyecto.

Ecuación 26: Ecuación de cortante sísmica en la base.

$$V_b = S_s * M * g$$

Fuente: Título A de la NSR10, inciso A.4.3.

Esta cortante se calcula mediante la ecuación A.4.3-1, del inciso A.4.3 de la NSR10.

Mediante el cálculo de la masa de la edificación y la cortante sísmica en la base, se procede a realizar el método de Fuerza Horizontal Equivalente:

Tabla 167: Método de Fuerza Horizontal Equivalente – estructura 2 del Centro Vida.

ENTREPISO	h_{ni} (m)	m_i	$m_i * h_i^k$	C_{vi}	F_i (KN)	V_i (KN)
NIVEL 1	3,85 m	122972,51 Kg	473444,15 Kg*m	1,0	1076,01 KN	1076,01 KN
SUMATORIA	3,85 m	122972,51 Kg	473444,15 Kg*m	1,0	1076,01 KN	1076,01 KN

Fuente: Autores del proyecto.

La fuerza horizontal que experimenta el único nivel de la edificación es de 1076.01 KN.

8.8.4.7 Verificación adicional - movimientos sísmicos umbral de daño. El propósito de la verificación del umbral de daño de la edificación, según la NSR10 en el inciso A.12.1 del título A (Título A - NSR10, 2010) es el siguiente:

Preservar las edificaciones pertenecientes al grupo de uso IV, definido en A.2.5.1.1, y las incluidas en los literales (a), (b), (c) y (d) del grupo de uso III, tal como lo define A.2.5.1.2, esenciales para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de una emergencia, incluyendo un sismo, con el fin de garantizar que puedan operar durante y después de la ocurrencia de un temblor.

En el inciso A.12 del título A de la NSR10, se explica detalladamente como realizar la verificación del umbral de daño. En él se establece que la verificación se realiza mediante el método de análisis de Fuerza Horizontal Equivalente, es decir, que el umbral de daño se evalúa mediante este método, pero se realizan algunos cambios y son los siguiente:

- Reemplazo del “Aa” por el “Ad”.
- Utilización del coeficiente de sitio \bar{S} .
- Se utiliza el espectro de aceleraciones de la figura A.12.3-1, en lugar del espectro de aceleraciones de la figura A.2.6-1.
- Se transforma el “Vs” por el “Vsd” (aunque su ecuación sigue siendo la misma).
- El periodo inicial se toma como 0,25 segundos.

- **Cálculo de cargas del entrepiso.** El cálculo de cargas para la realización de la verificación adicional de movimientos sísmicos de umbral de daño será el mismo que se encuentra en la tabla 153 del presente documento. El cálculo de cargas en esta tabla da un resultado final de 1129,73 KN, este peso corresponde a una masa de 112973 Kg.

- **Movimientos sísmicos del umbral de daño.** Lo primero que se debe de hacer para evaluar el umbral de daño es calcular los movimientos sísmicos. El inciso A.12.2 establece que el valor de aceleración pico efectiva “Aa” será reemplazado por el coeficiente que representa la aceleración pico efectiva “Ad”. El valor de “Ad” para el municipio de Apulo es de 0.06, este coeficiente se encuentra dentro del apéndice A-4 del título A de la norma NSR10, (en la tabla del departamento de Cundinamarca).

Después de realizar el cambio de la aceleración pico efectiva, los datos para el cálculo de la fuerza horizontal equivalente con umbral de daño son los siguientes:

Tabla 168: Datos del proyecto para el cálculo de F.H.E con la evaluación del umbral de daño - Estructura 2 del Centro Vida.

DATOS DEL PROYECTO	
LOCALIZACIÓN	APULO
ZONA DE AMENAZA SISMICA	INTERMEDIA
USO	INSTITUCIONAL
SISTEMA ESTRUCTURAL	PORTICOS DUCTILES
PERFIL DE SUELO	D
GRUPO DE USO	3
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	1,25
Ad	0,06
Av	0,2
Fv	2,0

Fuente: Autores del proyecto.

En la tabla anterior se observa el cambio de “Aa” por “Ad” y que ya no se necesitara el valor de “Fa”.

- **Periodo real aproximado de la estructura.** El periodo real aproximado se calcula de la misma manera que en el anterior ejemplo de F.H.E.

Con una altura de piso de 3.85 metros, un “Ct” de 0.047 y un “α” de 0.9, el periodo real aproximado “Ta” de la estructura es de aproximadamente 0.16 segundos. Se realiza la comprobación de que el “Cu” sea mayor a 1,2, en este caso el “Cu” tiene un valor de 1,27.

- **Espectro de aceleración.** El espectro de aceleración para el cálculo de fuerza horizontal equivalente con verificación de umbral de daño propuesto por la norma es el siguiente:

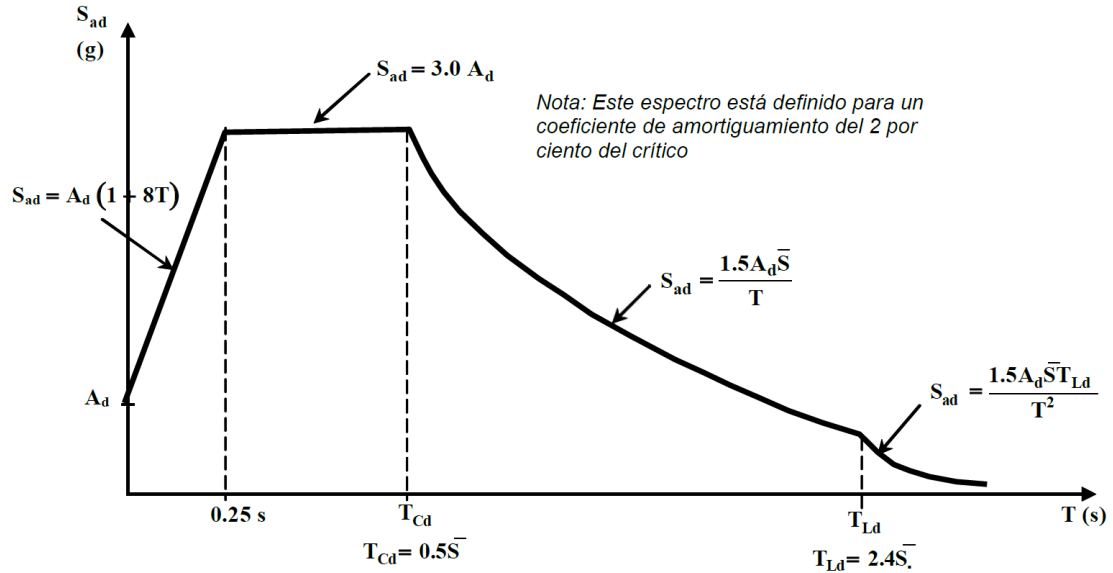


Ilustración 116: Espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño.

Fuente: Título A de la NSR10, figura A.12.3-1.

El anterior espectro de aceleración se encuentra en el título A de la norma NSR10 en la figura A.12.3-1.

A continuación, se calcula mediante las ecuaciones descritas en la ilustración anterior, el periodo corto “T_{cd}”, el periodo largo “T_{Ld}”, la aceleración “S_{ad}” y el coeficiente de sitio “S̄”. El coeficiente de sitio se calcula multiplicando 1.25 por el valor del “F_v”.

Tabla 169: Calculo de T_{cd}, T_{Ld} y S_{ad}. Fuente: Autores del proyecto.

	0,25 Seg
T_{cd}	1,25 Seg
T_{Ld}	6,00 Seg
S̄	2,50
S_{ad}	0,136

Fuente: Autores del proyecto.

Después de calcular estos datos, se realiza una tabla de dos columnas en donde se encuentra el periodo y la aceleración, de color amarillo en la primera columna, se diferencia los límites entre cada tipo de periodo, para cada tipo de periodo el valor de la aceleración se calcula con una ecuación diferente.

A continuación, se muestra la tabla anteriormente mencionada:

Tabla 170: Tabla para el cálculo del espectro de aceleración – Umbral de daño.

T	Sa
0,00 Seg	0,060
0,05 Seg	0,084
0,10 Seg	0,108
0,14 Seg	0,127
0,15 Seg	0,132
0,20 Seg	0,156
0,25 Seg	0,180
0,30 Seg	0,180
0,35 Seg	0,180
0,40 Seg	0,180
0,45 Seg	0,180
0,50 Seg	0,180
0,55 Seg	0,180
0,60 Seg	0,180
0,65 Seg	0,180
0,69 Seg	0,180
0,70 Seg	0,180
0,75 Seg	0,180
0,80 Seg	0,180
0,85 Seg	0,180
0,90 Seg	0,180
0,95 Seg	0,180
1,00 Seg	0,180
1,25 Seg	0,180
1,50 Seg	0,150
1,75 Seg	0,129
2,00 Seg	0,113
2,25 Seg	0,100
2,50 Seg	0,090
2,75 Seg	0,082
3,00 Seg	0,075
3,25 Seg	0,069
3,50 Seg	0,064
3,75 Seg	0,060
4,00 Seg	0,056
4,25 Seg	0,053
4,50 Seg	0,050
4,75 Seg	0,047
4,80 Seg	0,047
5,00 Seg	0,045
5,25 Seg	0,043
5,50 Seg	0,041
5,75 Seg	0,039
6,00 Seg	0,038
6,25 Seg	0,035
6,50 Seg	0,032
6,75 Seg	0,030
7,00 Seg	0,028
7,25 Seg	0,026

Fuente: Autores del proyecto.

Dentro de esta tabla están todos los valores de periodo y aceleración necesarios para tabular y crear el espectro de aceleración de umbral de daño del proyecto.

El siguiente grafico muestra el espectro de aceleración con umbral de daño que le corresponde al proyecto:

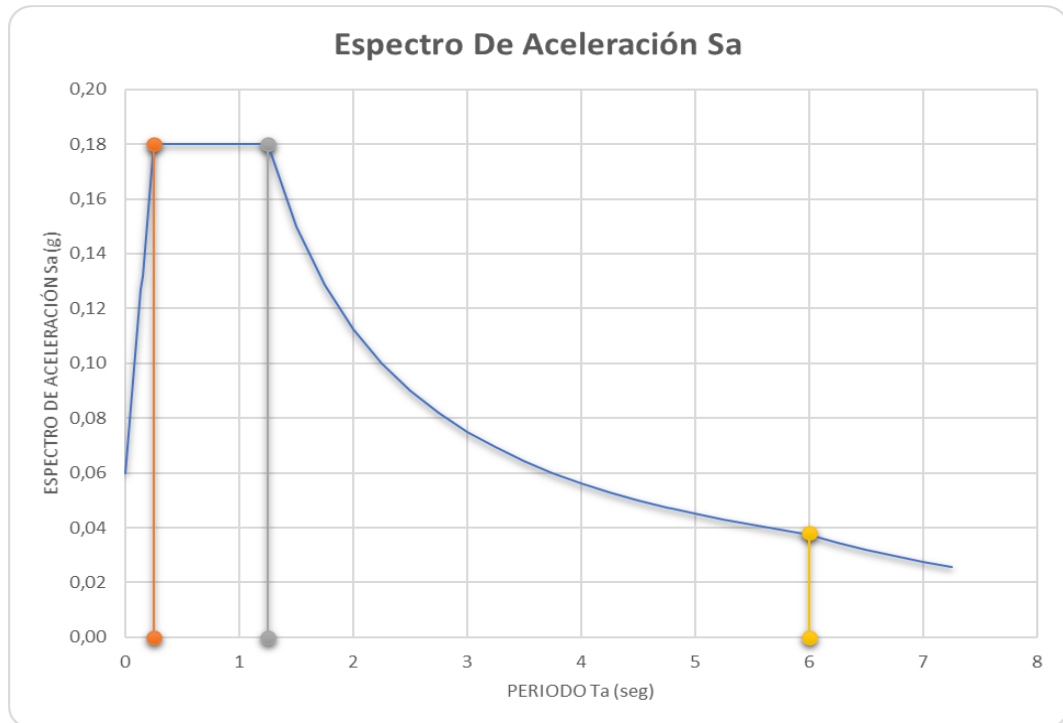


Gráfico 35: Espectro de aceleración para umbral de daño correspondiente a la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

- **Calculo de Fuerza Horizontal Equivalente.** Para el cálculo de la F.H.E es necesario tener los tres datos importantes:

- La masa de la edificación (mi).
- La altura de la edificación (h).
- La cortante sísmica en la base, para las fuerzas sísmicas del umbral de daño (V_{sd}).

A continuación, se realiza el cálculo de la cortante sísmica en la base:

Tabla 171: Cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño, de la estructura 2 del Centro Vida.

V_{sd}	167,11 Seg
-----------------------	-------------------

Fuente: Autores del proyecto.

Ecuación 27 : Ecuación de cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño.

$$V_{sd} = S_{ad} g M$$

Fuente: Título A de la NSR10, inciso A.12.4.3.2.

Esta cortante se calcula mediante la ecuación A.12.4-1, del inciso A.12.4.3.2 de la NSR10.

Mediante el cálculo de la masa de la edificación y la cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño, se procede a realizar el método de Fuerza Horizontal Equivalente:

Tabla 172: Método de Fuerza Horizontal Equivalente con verificación de Umbral de daño – estructura 2 del Centro Vida.

ENTREPISO	h_{ni} (m)	m_i	m_i * h_i^k	C_{vi}	F_i (KN)	V_i (KN)
NIVEL 1	3,85 m	122964,34 Kg	473412,71 Kg*m	1,0	167,11 KN	167,11 KN
SUMATORIA	3,85 m	122964,34 Kg	473412,71 Kg*m	1,0	167,11 KN	167,11 KN

Fuente: Autores del proyecto.

La fuerza horizontal de umbral de daño que experimenta el único nivel de la edificación es de 167.11 KN.

8.8.4.8 Modelación estructural para verificación de derivas. Después de obtener la cortante sísmica mediante el método de F.H.E, se procede a realizar la modelación de la estructura en el software de diseño Robot Structural Analysis Professional.

Se manejarán dos documentos de modelaciones diferentes, uno para verificación de las derivas y el otro para el diseño de la estructura. Véase en el anexo 21 los documentos de las modelaciones en robot de la estructura 2 del Centro Vida.

A continuación, se podrá observar el proceso de modelación dentro del programa, la obtención de datos y el correspondiente análisis que se realiza a cada uno de ellos:

- **Definir unidades.** En este primer paso se definen las unidades de medida que se utilizarán a lo largo de la modelación y análisis estructural.

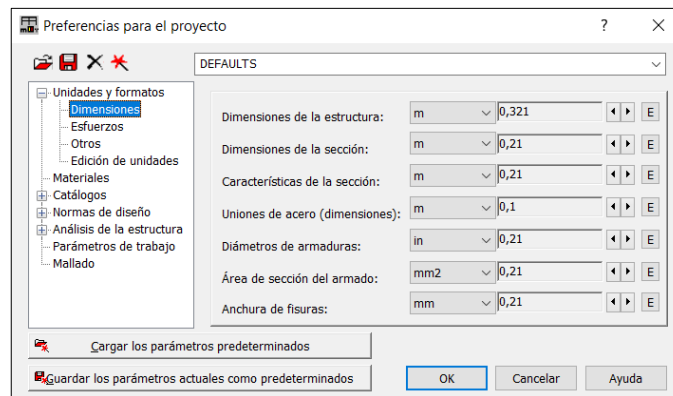


Ilustración 117: Definición de unidades para las dimensiones.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional

En esta ventana se definen las unidades que se utilizarán para las dimensiones de la estructura y todos sus componentes.

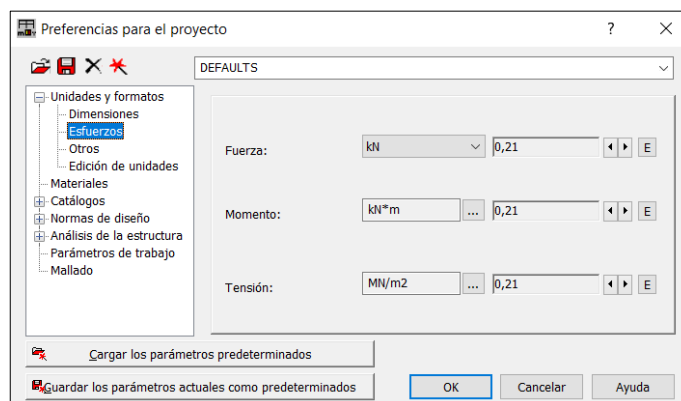


Ilustración 118: Definición de unidades para los esfuerzos.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional

En esta ventana las unidades se utilizarán para los esfuerzos, como lo son los esfuerzos de fuerza, de momento y de tensión.

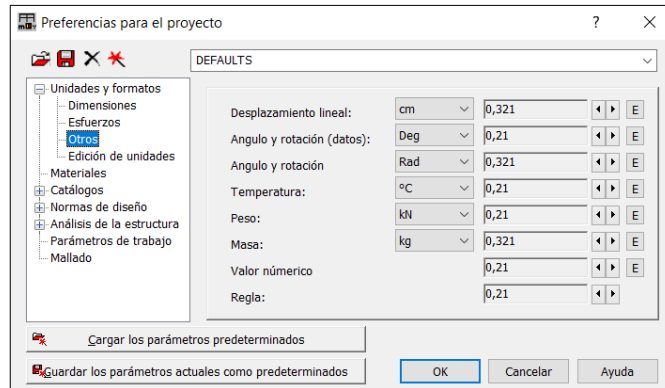


Ilustración 119: Definición de unidades para otros tipos de variables.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En esta ventana se establecen las unidades a variables importantes como lo son los desplazamientos lineales. Es importante definir estos desplazamientos en centímetros, ya que facilita el proceso de identificación de los valores de las derivas.

- **Creación de materiales.** Se procede a crear el material que se utilizara para el diseño de la estructura, en este caso, se utilizara concreto de 21 MPa (3000 PSI) para todos los elementos estructurales.

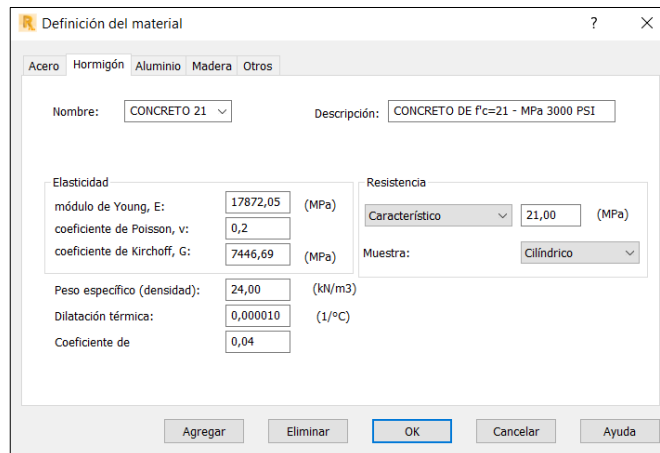


Ilustración 120: Creación del material de concreto de 21 MPa.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Al momento de crear el material el programa pide agregar las propiedades del material, entre ellas se encuentran:

- Módulo de Young (E).
- Coeficiente de Poisson (v).

- Coeficiente de Kirchoff (G).
- Dilatación térmica.
- Peso específico del concreto armado.
- Resistencia.

- **Ejes estructurales.** Los ejes estructurales se ingresaron al programa manualmente; se ingresaron las mismas distancias entre ejes que se encontraban en los diseños realizados en AutoCAD. En total se ingresaron 4 ejes con dirección en X y 6 ejes con dirección en Y.

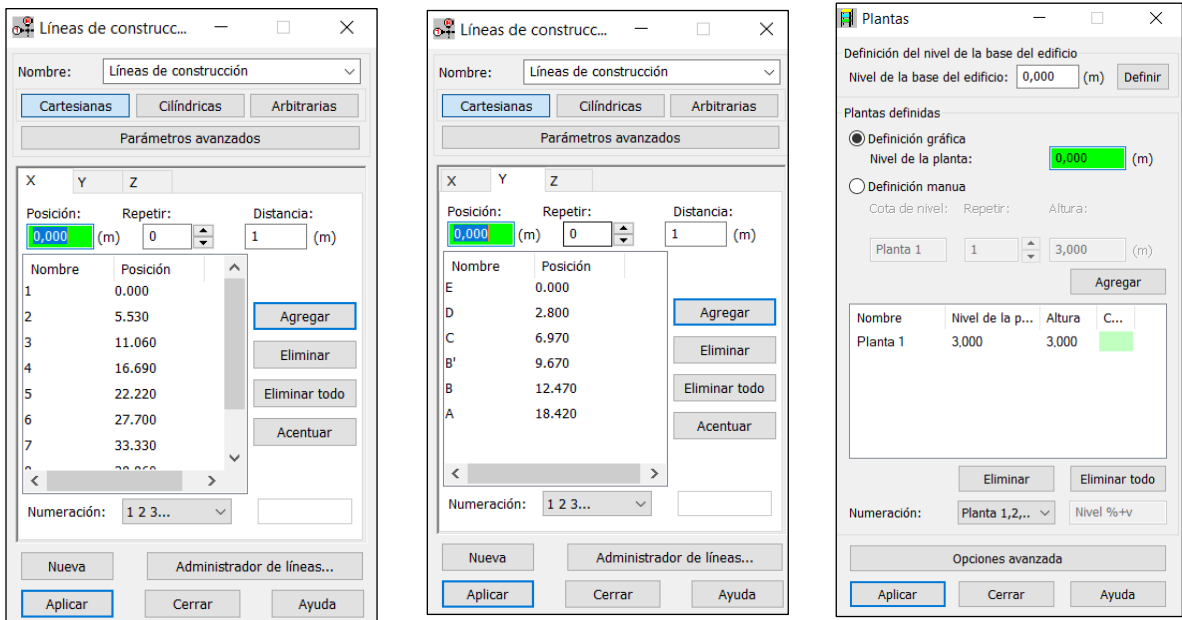


Ilustración 121: Creación de los ejes estructurales de la edificación 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

También se ingresó la planta del proyecto, que en este caso era una sola con una altura de 3 metros.

Creación de secciones. Se crean las secciones de las vigas y las columnas, las dimensiones para las vigas son de 0,25m de base por 0,35m de peralte y las dimensiones para la columna son de 0,35m x 0.35m.

Las medidas de las columnas obtenidas en el predimensionamiento son de 0,25m x 0,25m, pero se decidió utilizar dimensiones de 0.35m x 0.35m, debido a que las columnas del predimensionamiento después de ser analizarlas en el programa no cumplían con la deriva máxima permitida por la norma NSR10.

A continuación, en las siguientes ilustraciones se observa las propiedades que se les dio a las columnas y vigas dentro del software de diseño estructural:

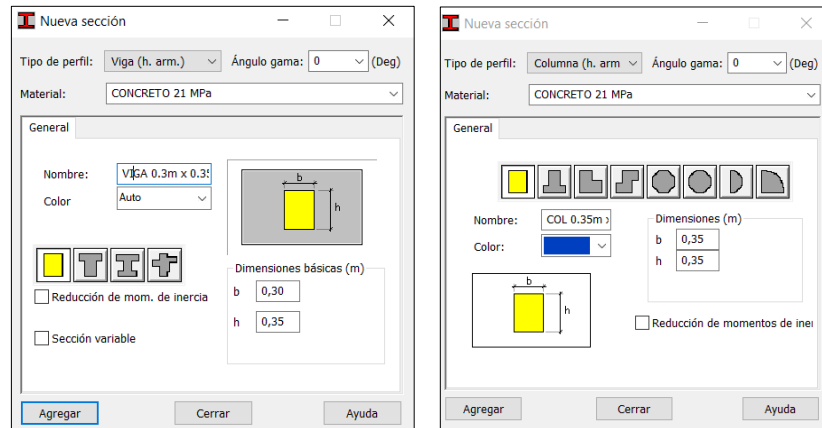


Ilustración 122: Creación de sección de vigas y de columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Dibujo de vigas.** Después de crear la sección de la viga se procede a dibujarlas dentro del modelo. El proceso de dibujo se lleva de manera organizada, con el fin de que sea fácil poder identificar más adelante estos elementos estructurales.

En la siguiente ilustración se observa el resultado del dibujo:

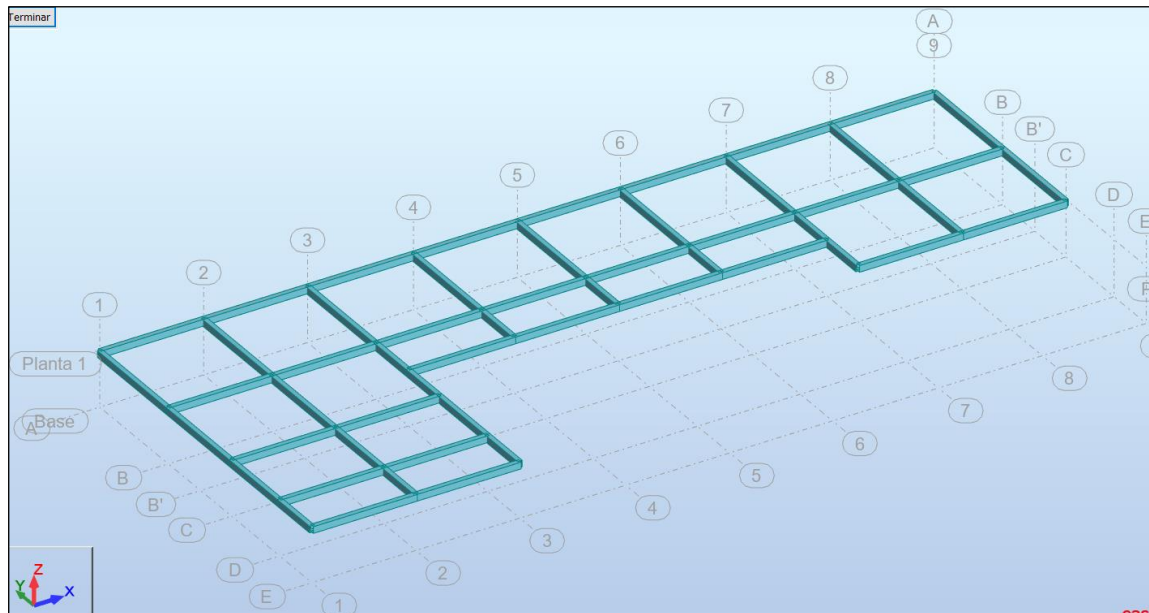


Ilustración 123: Dibujo de vigas de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Dibujo de columnas.** Después de crear la sección de la columna se procede a dibujarlas dentro del modelo. El proceso de dibujo se lleva de manera organizada, con el fin de que sea fácil poder identificar más adelante estos elementos estructurales.

En la siguiente ilustración se observa el resultado del dibujo:

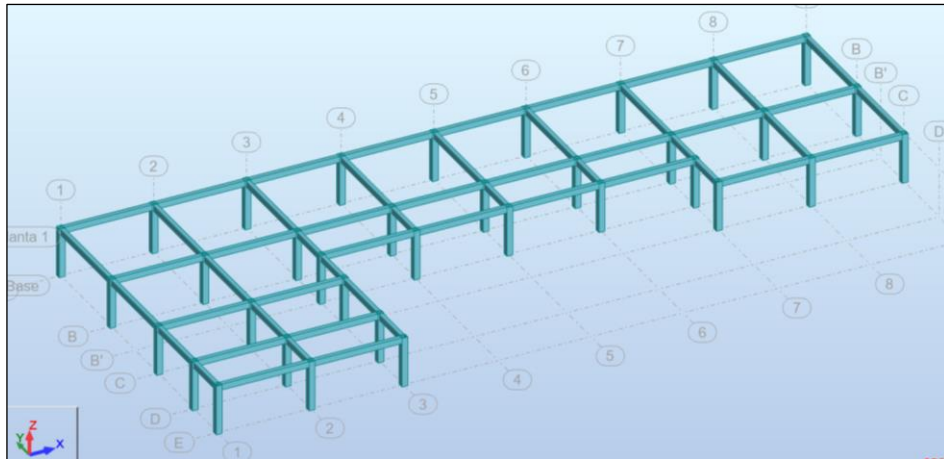


Ilustración 124: Dibujo de columnas de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Dibujo de cubierta liviana.** La representación de la cubierta liviana dentro del modelo matemático se realizó mediante cerramientos. Los cerramientos son herramientas de dibujo que permiten representar este tipo de cubiertas livianas, ya que no poseen ninguna propiedad y permiten ingresar sobre ellas las cargas correspondientes al peso de las tejas de los perfiles de acero, de la mampostería y de la viga de amarre.

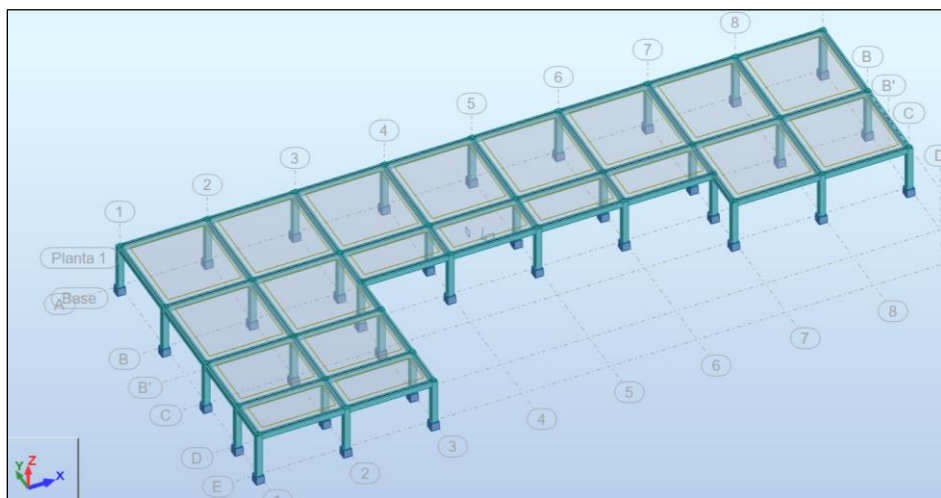


Ilustración 125: Dibujo de la cubierta liviana de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Es importante resaltar que las cargas dentro de los cerramientos se distribuyen en dos direcciones. El proceso de dibujo se lleva de manera organizada, con el fin de que sea fácil poder identificar cada uno de estos elementos.

- **Creación de apoyos.** Con el dibujo de las columnas automáticamente se genera un apoyo en la parte inferior de estas, pero este apoyo que genera el programa no tiene las propiedades necesarias, por esta razón es de importancia verificar y hacer que dicho apoyo este empotrado, es decir, que este bloqueado en todos los sentidos.

En la siguiente ilustración se evidencia la creación y asignación del apoyo empotrado:

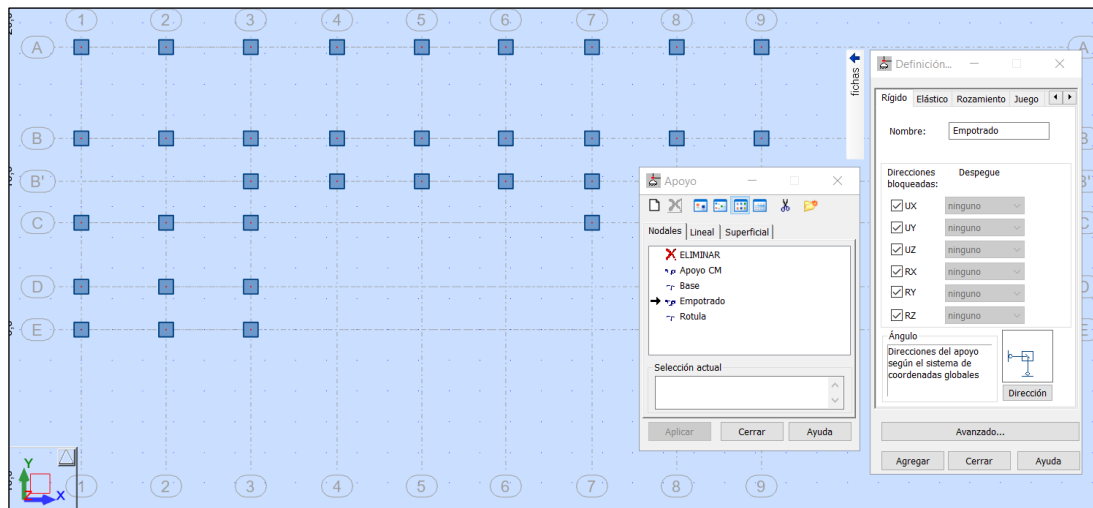


Ilustración 126: Creación de apoyo empotrado.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de los casos de carga.** En esta fase se realiza la creación de los casos de carga principales para el análisis de la estructura. Estos casos son los siguientes:

- Carga por peso propio (P.P).
- Carga Muerta (C.M).
- Carga viva (C.V).

Al momento de crear los casos de carga por peso propio y de cargas muertas es importante crearlos como tipo de carga permanente. Para el caso de carga viva se debe crear como tipo de carga de explotación de categoría A.

En la siguiente ilustración se muestran los casos de carga creados dentro del programa:

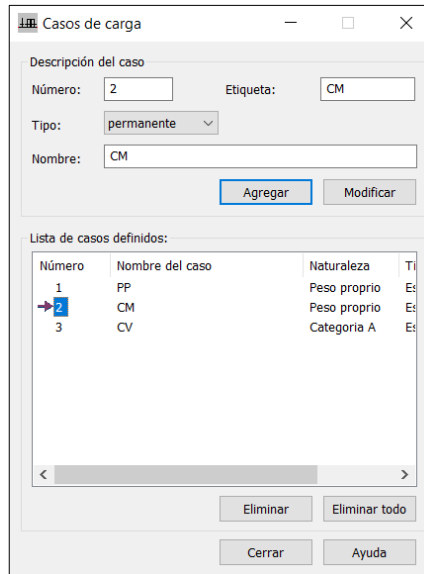


Ilustración 127: Casos de carga P.P, C.M y C.V, de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Inserción de valores de carga.** Después de crear los casos de carga se procedió a insertar las cargas dentro del modelo. Se inserto una carga muerta de 0.78 KN/m² correspondiente al peso de la cubierta liviana y una carga viva de 0.35 KN/m² correspondiente a la carga de cubierta inclinada con más de 15° de pendiente en estructura metálica.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de inserción de la carga muerta:

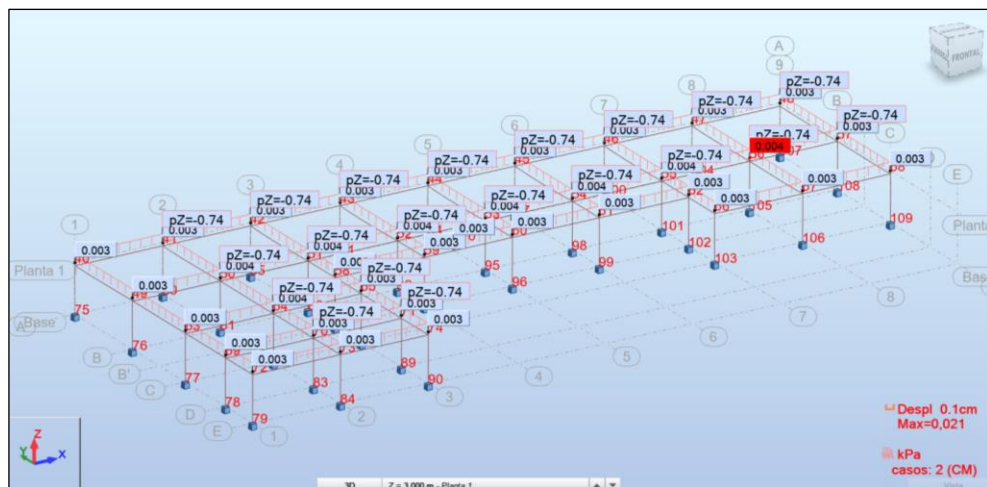


Ilustración 128: Inserción de carga muerta de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de inserción de la carga viva:

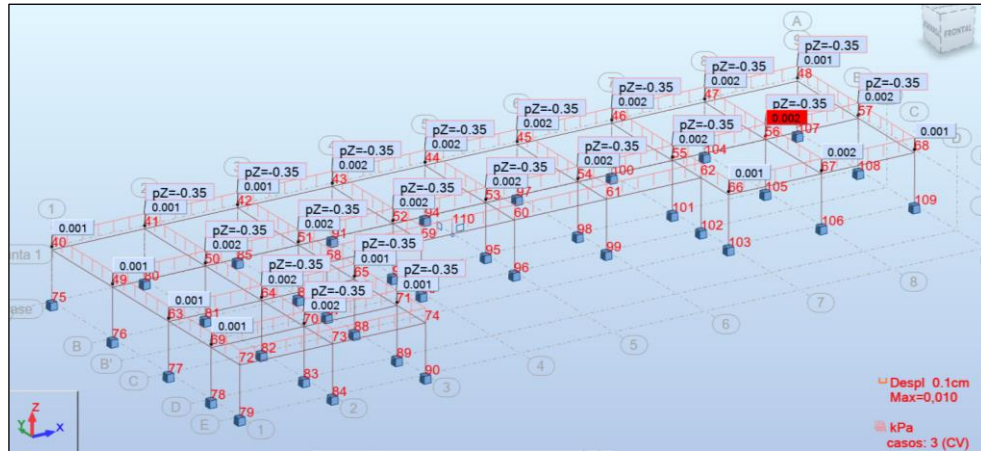


Ilustración 129: Inserción de carga viva de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Calculo parcial de del modelo matemático.** Se procedió a calcular el programa, con el objetivo de determinar las coordenadas del centro de masa y el centro de rigidez de la estructura.

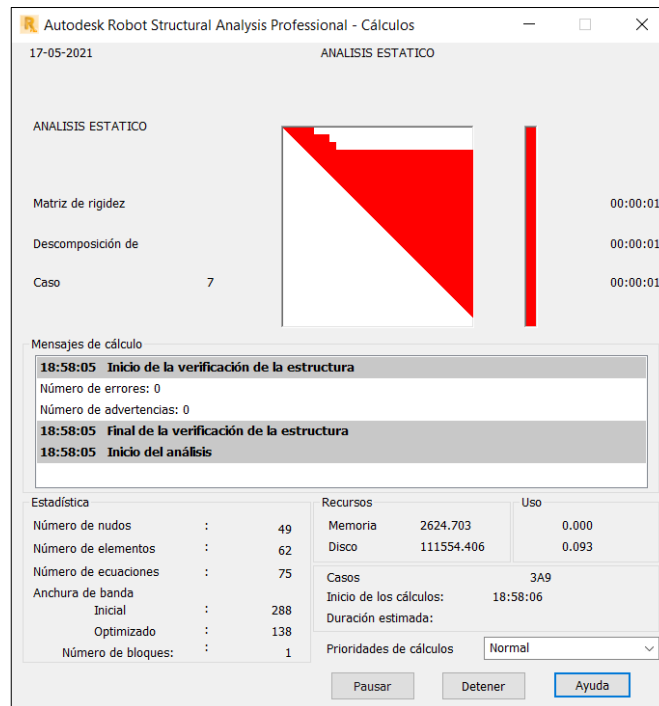


Ilustración 130: Calculo parcial del modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Determinación del centro de masa.** Al momento de la ocurrencia de un temblor, las fuerzas sísmicas que este provoca se van a concentrar en el centro de masa, por esto, es importante conocer las coordenadas de dicho punto antes de ingresar las fuerzas sísmicas obtenidas del análisis de Fuerza Horizontal Equivalente y la evaluación del umbral de daño.

En la siguiente ilustración se muestra las coordenadas del centro de masa de la estructura 2 del Centro Vida.

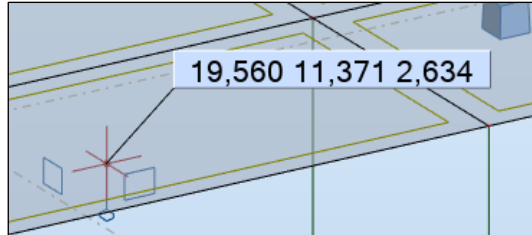


Ilustración 131: Coordenadas del centro de masa.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Después de identificar el centro de masa se procede a crear un nodo en este mismo punto y a este nodo se le asigna un apoyo con las siguientes configuraciones:

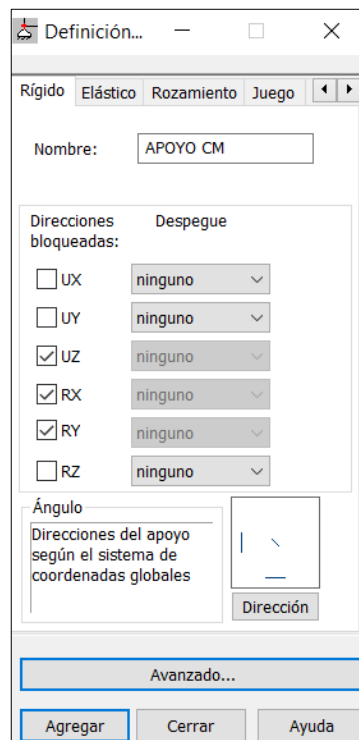


Ilustración 132: Configuración de apoyo del centro de gravedad.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la anterior ilustración se observa las direcciones bloqueadas que se deben de seleccionar para crear este tipo de apoyo.

En la siguiente ilustración se muestra el centro de gravedad, con el nodo y el apoyo creado:

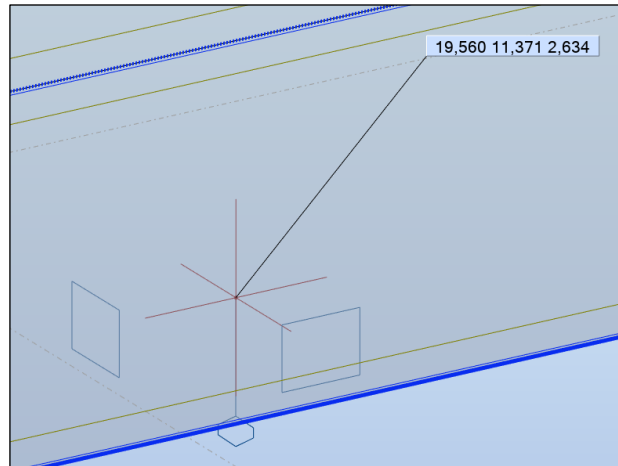


Ilustración 133: Centro de masa, con el respectivo nodo y apoyo.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de diafragma rígido.** Teniendo creado el nodo y el apoyo en las coordenadas del centro de masa, se procede a establecer el diafragma rígido de la estructura.

En la siguiente ilustración se puede observar el diafragma rígido:

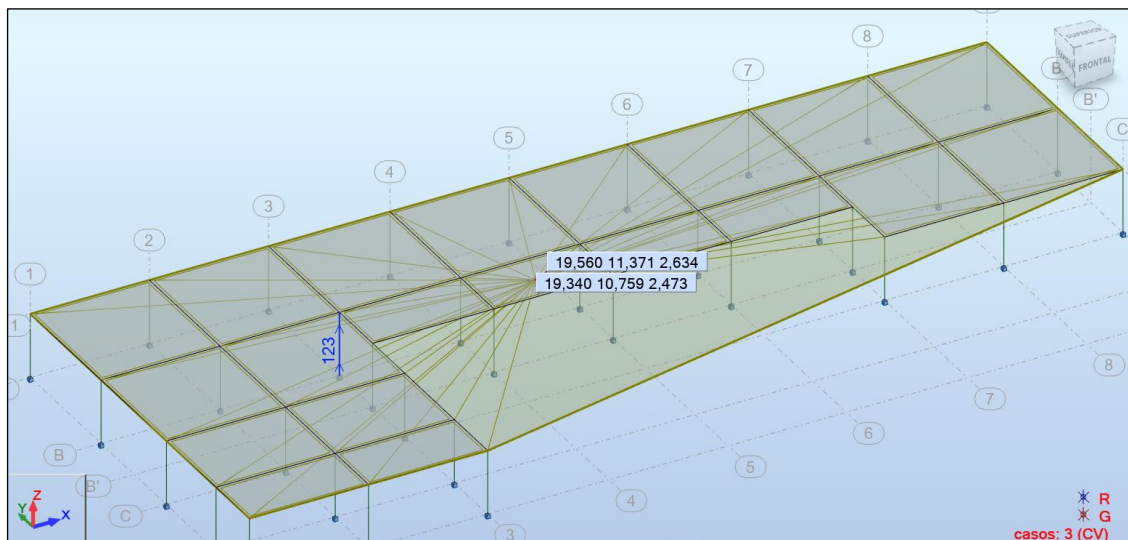


Ilustración 134: Diafragma rígido de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

El diafragma rígido permite que la fuerza sísmica que enfrentan todos los nodos sea conducida al nodo donde se encuentra el centro de masa.

- **Creación de casos de carga de sismo.** Se procede a crear dentro del modelo matemático en Robot los casos de carga correspondientes a las cargas de sismo en la dirección X y en la dirección Y.

En la siguiente imagen se observa la creación de los casos de carga dentro del programa:

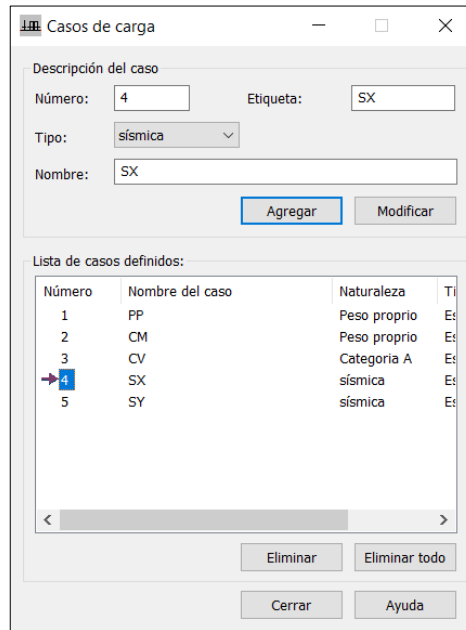


Ilustración 135: Creación de casos de carga SX y SY.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Al momento de crear los casos de carga es importante seleccionar en la característica “tipo” la opción de carga sísmica.

- **Inserción de fuerzas sísmicas (SX – SY).** Se realiza el proceso de inserción de las fuerzas sísmicas al modelo matemático de la estructura. Las fuerzas sísmicas se obtuvieron del análisis de Fuerza Horizontal Equivalente, en la siguiente tabla se muestra la fuerza sísmica total que se debe de ingresar al programa:

Tabla 173: Fuerza sísmica total.

	F_i (KN)
ANALISIS H.F.E	1076,01 KN

Fuente: Autores del proyecto

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de inserción de la carga sísmica en el eje X (SX):

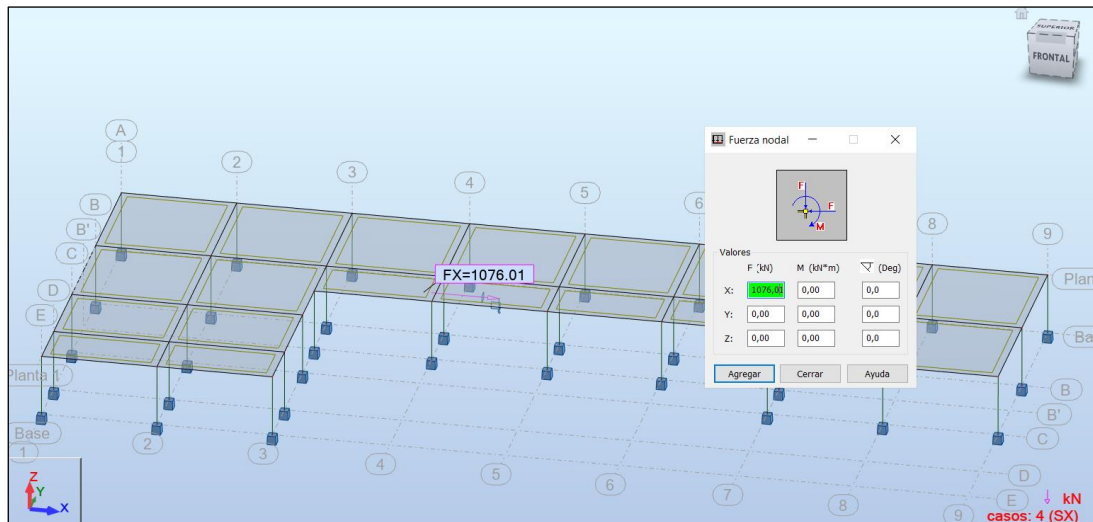


Ilustración 136: Inserción de cargas sísmicas en X, estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de inserción de la carga sísmica en el eje Y (SY):

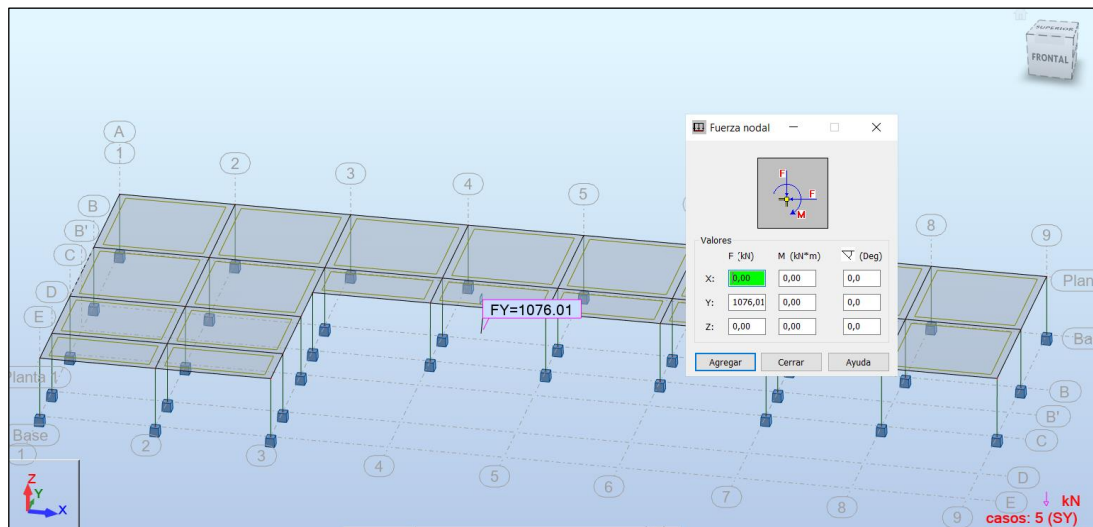


Ilustración 137: Inserción de cargas sísmicas en Y, estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de casos de carga de torsión accidental.** Se procede a crear dentro del modelo matemático en Robot los casos de carga correspondientes a las a la torsión accidental de la estructura.

En la siguiente imagen se observa la creación de los casos de carga dentro del programa:

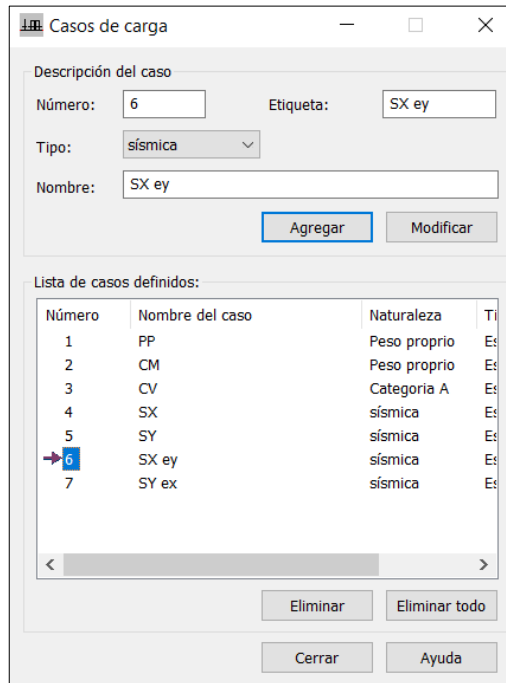


Ilustración 138: Creación de casos de carga de torsión accidental.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Evaluación de torsión accidental.** La torsión accidental se especifica dentro del inciso A.3.6.7.1 del título A de la NSR10. El texto establece que debe de suponerse que la masa de todos los pisos de la estructura esta desplazada transversalmente hacia cualquiera de los dos lados del punto de donde se localiza el centro de masa, y que esa distancia que se desplaza se puede determinar calculando el 5% de la dimensión de la edificación en ese piso, medida en la dirección perpendicular a la dirección en estudio.

Esto quiere decir que, si se evalúa el sismo en dirección X, se debe de calcular el 5% de la longitud del lado que es paralelo a la dirección en Y. De acuerdo con este concepto en la siguiente tabla se puede observar el cálculo de la torción accidental de la edificación 1 del Centro Vida.

Tabla 174: Dimensiones de la edificación 2 del Centro Vida.

NIVEL 1	
Lx (m)	44,6
Ly (m)	15,87

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 175: Calculo de torsión accidental.

TORSIÓN ACCIDENTAL	
SX	1076,01 KN
SY	1076,01 KN
ex acc	2,230 m
ey acc	0,794 m
SX ey	853,81 KN*m
SY ex	2399,50 KN*m

Fuente: Autores del proyecto.

En total se experimenta un momento torsional respecto a X de 853.81 KN*m y un momento torsional respecto en Y de 2399.50 KN*m.

A continuación, en la siguiente ilustración se observa el ingreso del momento torsional respecto al eje X, dentro del modelo matemático en Robot:

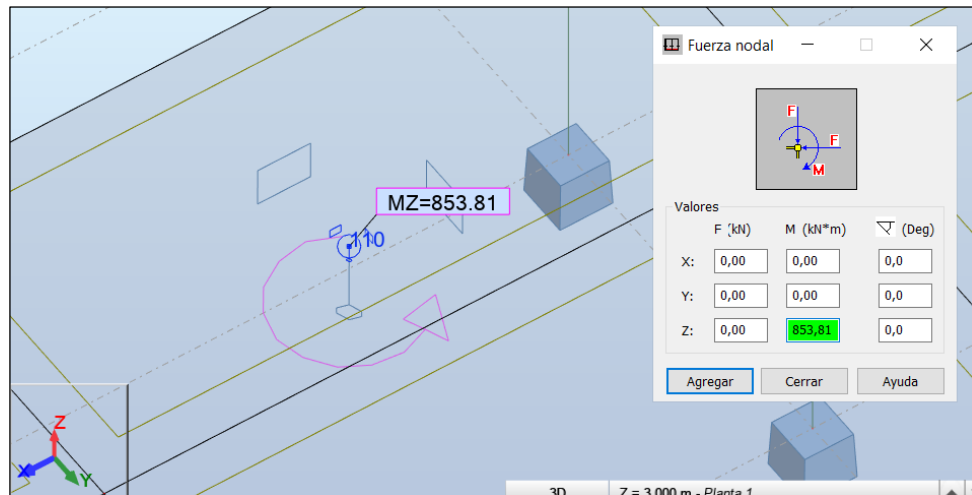


Ilustración 139: Inserción del momento torsional debido a la dirección X.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente ilustración se observa el ingreso del momento torsional respecto al eje Y, dentro del modelo matemático en Robot:

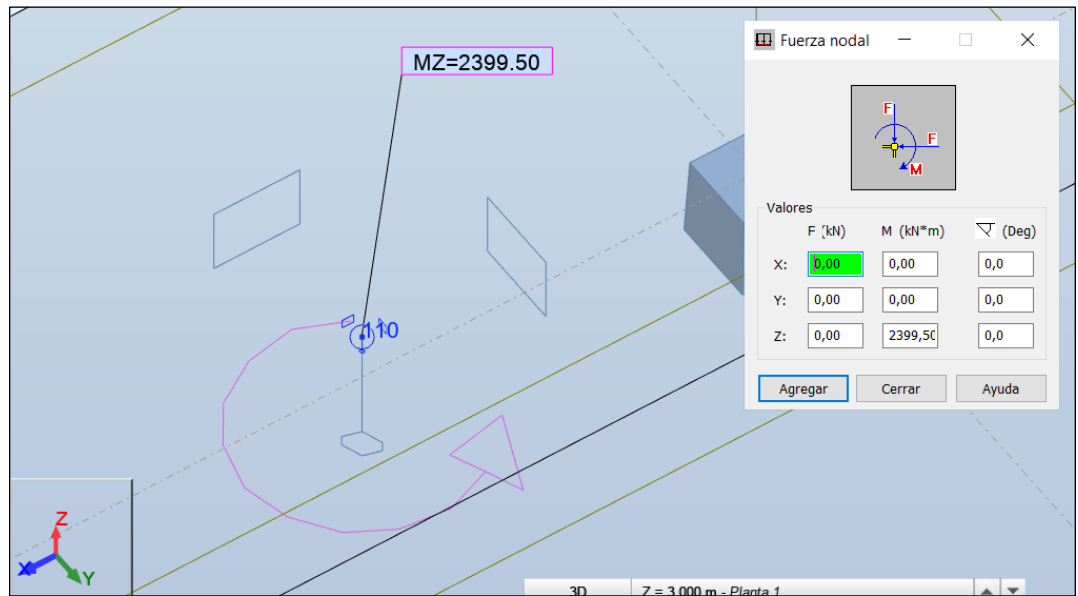


Ilustración 140: Inserción del momento torsional debido a la dirección Y.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de los casos de carga.** Se realizan las correspondientes combinaciones de carga con el objetivo de calcular los desplazamientos horizontales que experimenta la estructura:

A continuación, se exponen las combinaciones de cargas realizadas para dicha verificación:

Tabla 176: Combinaciones de carga para comprobación de derivas de la estructura 2 del Centro Vida.

Combinación	Nombre	Tipo de análisis	Tipo de combin	Naturaleza de caso	Definición
8 (C)	SX + SX ey	Combinación line	ACC	sísmica	(4+6)*1.00
9 (C)	SX - SX ey	Combinación line	ACC	sísmica	4*1.00+6*-1.00
10 (C)	-SX + SX ey	Combinación line	ACC	sísmica	4*-1.00+6*1.00
11 (C)	-SX - SX ey	Combinación line	ACC	sísmica	(4+6)*-1.00
12 (C)	SY + SY ex	Combinación line	ACC	sísmica	(5+7)*1.00
13 (C)	SY - SY ex	Combinación line	ACC	sísmica	5*1.00+7*-1.00
14 (C)	-SY + SY ex	Combinación line	ACC	sísmica	5*-1.00+7*1.00
15 (C)	-SY - SY ex	Combinación line	ACC	sísmica	(5+7)*-1.00

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Comprobación de derivas.** Después de realizar los pasos anteriores se procede a calcular nuevamente el modelo matemático, con el objetivo de realizar la comprobación de derivas.

Se generaron las tablas de desplazamientos para cada uno de los casos y combinaciones de carga, véase en el anexo 20 el documento en Excel donde se puede evidenciar detalladamente cada una de las tablas exportadas del software Robot. Para el cálculo de la deriva máxima se utilizó la siguiente ecuación del título A de la NSR10.

Ecuación 28: Deriva máxima.

$$\Delta_{\max}^i = \sqrt{\sum_{j=1}^2 \left(\delta_{\text{tot},j}^i - \delta_{\text{tot},j}^{i-1} \right)^2}$$

Fuente: Inciso A.6.3.1.2 del título A de la NSR10.

El porcentaje mínimo de deriva permitido por la NSR10 es el siguiente:

Tabla 177: Derivas máximas como porcentaje de h_{pi}.

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	1.0% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.010 h_{pi} \right)$
de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	0.5% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.005 h_{pi} \right)$

Fuente: Tabla A.6.4-1 del título A de la NSR10.

De acuerdo con lo establecido en la tabla anterior, para estructuras de concreto reforzado se realiza la verificación de que las derivas máximas no superen el 1% de la altura del piso.

En la siguiente tabla se muestra el proceso de cálculo de las derivas máximas y se realiza la verificación de que no excedan el porcentaje de deriva máximo establecido en la tabla A.6.4-1 del título A de la NSR10.

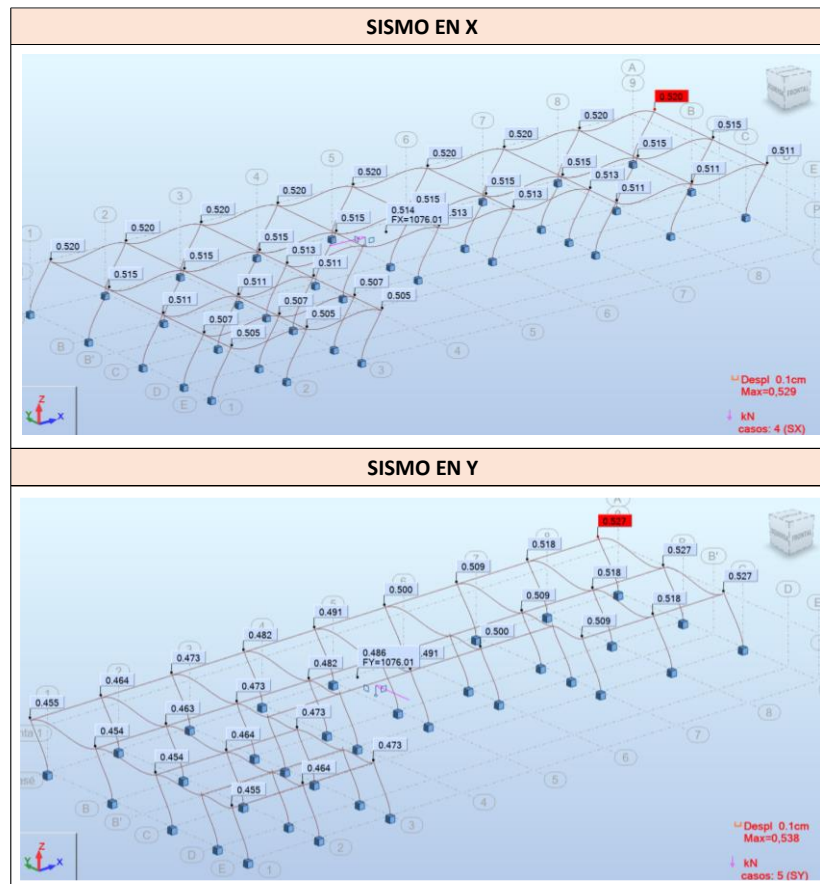
Tabla 178: Calculo y verificación de deriva máxima de la estructura 2 del Centro Vida.

NUDO	CASO	UX	UY	δ	hpi	δ MAXIMA	CUMPLE / NO CUMPLE
48	SX	0,52000 cm	0,02100 cm	0,52042 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
48	SY	0,01200 cm	0,52700 cm	0,52714 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
48	SX ey	0,01200 cm	0,04200 cm	0,04368 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
48	SY ex	0,03400 cm	0,11800 cm	0,12280 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
72	+SX + SX ey	0,52300 cm	0,01500 cm	0,52322 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
48	+SX - SX ey	0,55400 cm	0,13900 cm	0,57117 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
48	-SX + SX ey	0,53200 cm	0,06300 cm	0,53572 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
72	-SX - SX ey	0,52300 cm	0,01500 cm	0,52322 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
48	+SY + SY ex	0,04700 cm	0,64500 cm	0,64671 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
72	+SY - SY ex	0,03300 cm	0,54100 cm	0,54201 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
72	-SY + SY ex	0,03300 cm	0,54100 cm	0,54201 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
48	-SY - SY ex	0,04700 cm	0,64500 cm	0,64671 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Se comprobó que cumplieran las derivas máximas para cada uno de los casos y combinaciones de carga. En la siguiente tabla se observa evidencia de los desplazamientos en el eje X y Y, dentro de la modelación en Robot Structural.

Tabla 179: Desplazamientos horizontales.



Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Verificación de derivas máximas para el umbral de daño.** Para realizar la verificación del umbral de daño de la estructura, se modifica la fuerza de sismo del modelo matemático, por la obtenida en el análisis de F.H.E de umbral de daño.

Se procede a cambiar la fuerza de 1076.01 KN por la obtenida en la evaluación del umbral de daño que corresponde a 167.11 KN, en la siguiente ilustración se observa el proceso:

- **Inserción de SX:**

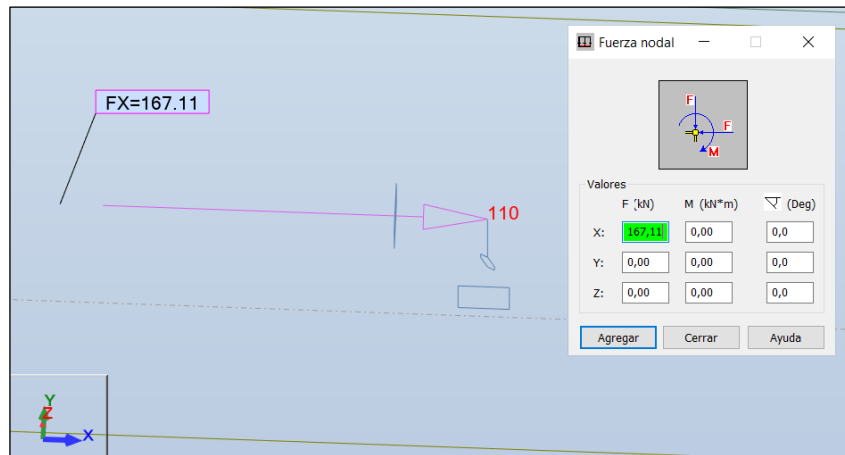


Ilustración 141: Inserción de carga SX de umbral de daño al modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Inserción de SY:**

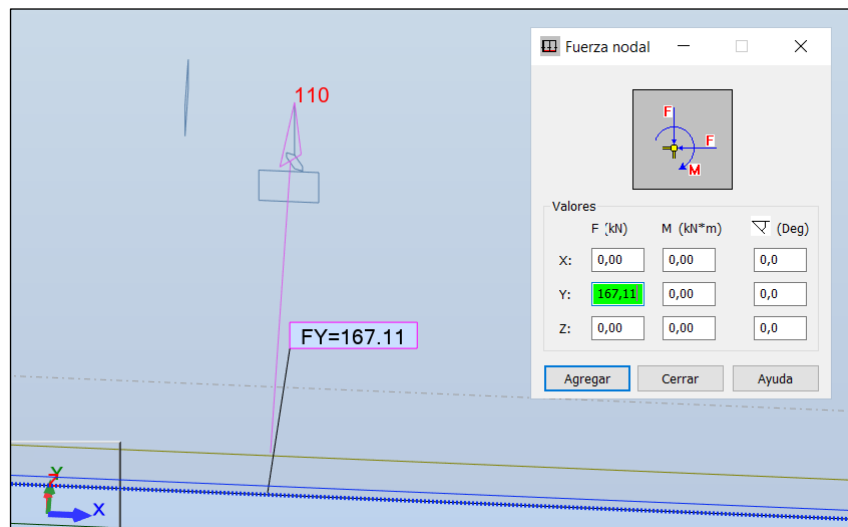


Ilustración 142: Inserción de carga SY de umbral de daño al modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Inserción de SX ey:**

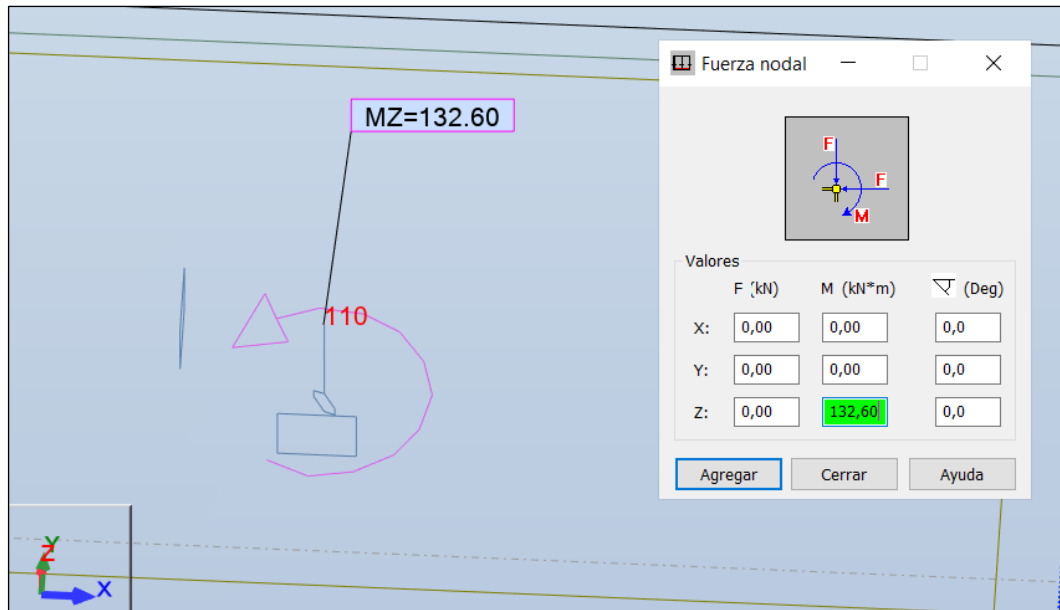


Ilustración 143: Inserción de momento SX ey de umbral de daño al modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Inserción de SY ex:**

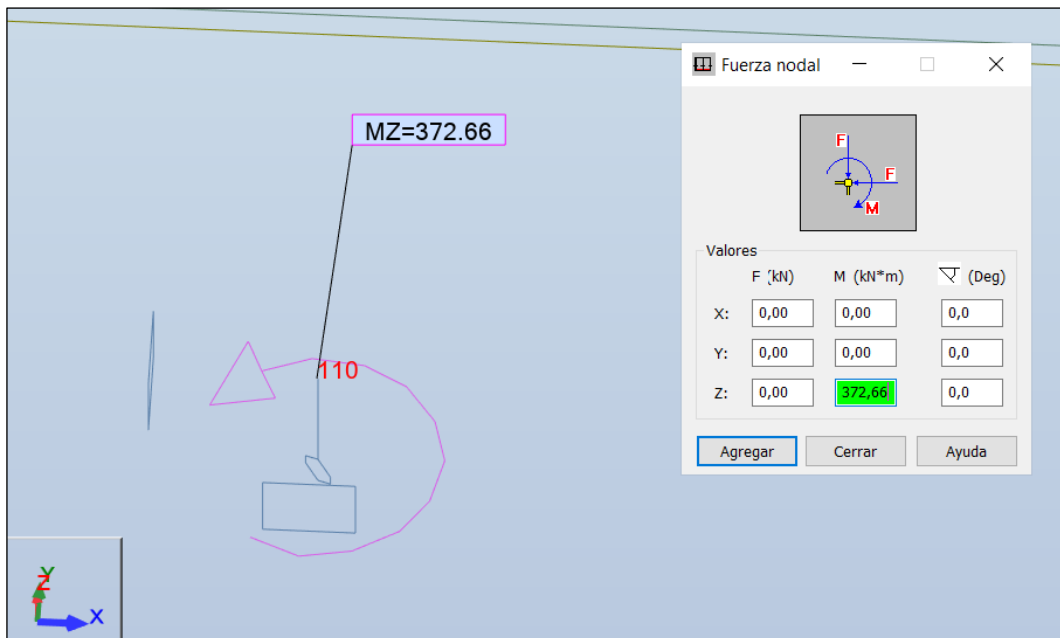


Ilustración 144: Inserción de momento SX ey de umbral de daño al modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Después de realizar los pasos anteriores se procede a calcular nuevamente el modelo matemático, con el objetivo de realizar la comprobación de derivas.

Se generaron las tablas de desplazamientos para cada uno de los casos y combinaciones de carga, véase en el anexo 20 el documento en Excel donde se puede evidenciar detalladamente cada una de las tablas exportadas del software Robot. Para el cálculo de la deriva máxima se utilizó la siguiente ecuación del título A de la NSR10.

Ecuación 29: Deriva máxima.

$$\Delta_{\max}^i = \sqrt{\sum_{j=1}^2 \left(\delta_{\text{tot},j}^i - \delta_{\text{tot},j}^{i-1} \right)^2}$$

Fuente: Inciso A.6.3.1.2 del título A de la NSR10.

Se realiza la verificación de deriva, mediante el porcentaje mínimo de deriva permitida establecido para umbral de daño en la siguiente tabla:

Tabla 180: Derivas máximas como porcentaje de h_{pi}, para umbral de daño.

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.1	0.40% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.0040 h_{pi} \right)$
de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.2	0.20% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.0020 h_{pi} \right)$

Fuente: Tabla A.12.5-1 del título A de la NSR10.

De acuerdo con lo establecido en la tabla anterior, para estructuras de concreto reforzado se realiza la verificación de que las derivas máximas no superen el 0.4% de la altura del piso.

En el caso de que no se cumpla con la deriva de umbral de daño, se debe de rigidizar la estructura.

En la siguiente tabla se muestra el proceso de cálculo de las derivas máximas y se realiza la verificación de que no excedan el porcentaje de deriva máximo establecido en la tabla A.12.5-1 del título A de la NSR10.

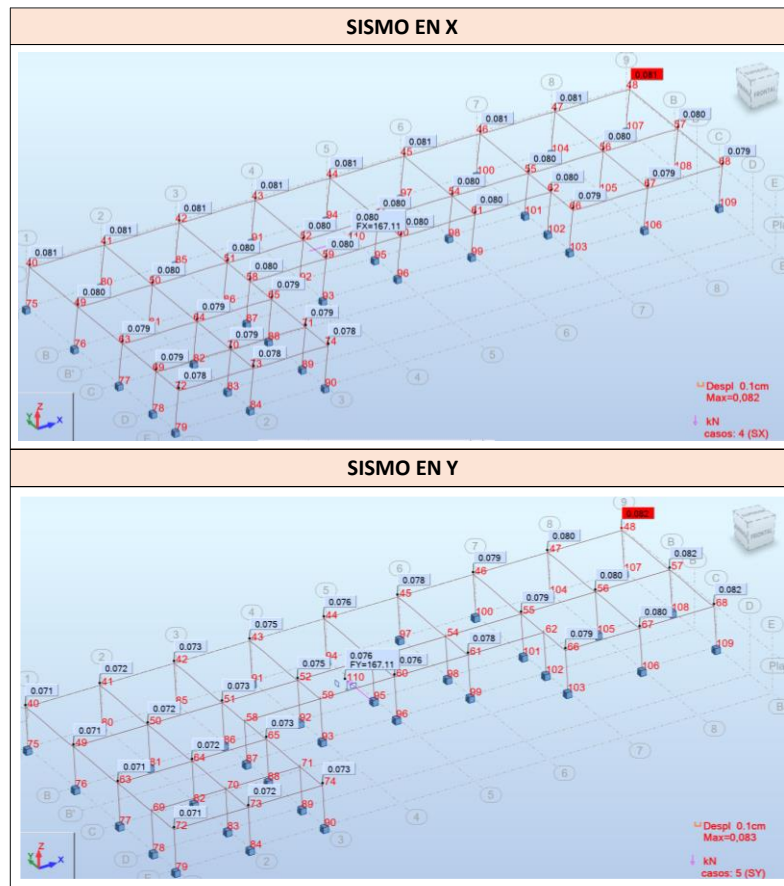
Tabla 181: Cálculo y verificación de deriva máxima – Umbral de daño.

NUDO	CASO	UX	UY	δ	hpi	δ MAXIMA	CUMPLE / NO CUMPLE
48	SX	0,08100 cm	0,00300 cm	0,08106 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
48	SY	0,00200 cm	0,08200 cm	0,08202 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
48	SX ey	0,00200 cm	0,00700 cm	0,00728 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
48	SY ex	0,00500 cm	0,01800 cm	0,01868 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
72	+SX + SX ey	0,08100 cm	0,00200 cm	0,08102 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
48	+SX - SX ey	0,08600 cm	0,02200 cm	0,08877 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
48	-SX + SX ey	0,08300 cm	0,01000 cm	0,08360 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
72	-SX - SX ey	0,08100 cm	0,00200 cm	0,08102 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
48	+SY + SY ex	0,00700 cm	0,10000 cm	0,10024 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
72	+SY - SY ex	0,00500 cm	0,08400 cm	0,08415 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
72	-SY + SY ex	0,00500 cm	0,08400 cm	0,08415 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
48	-SY - SY ex	0,00700 cm	0,10000 cm	0,10024 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Se comprobó que cumplieran las derivas máximas para cada uno de los casos y combinaciones de carga. En la siguiente tabla se observa evidencia de los desplazamientos en el eje X y Y, dentro de la modelación en Robot Structural.

Tabla 182: Desplazamientos horizontales – Umbral de daño.



Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional

- **Calculo y comprobación del periodo real de la estructura (T).** De acuerdo con la NSR10 el valor del periodo fundamental de la estructura “debe obtenerse a partir de las propiedades de su sistema de resistencia sísmica, en la dirección bajo consideración, de acuerdo con los principios de la dinámica estructural, utilizando un modelo matemático linealmente elástico de la estructura” (Min de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Título A - NSR10, 2010, pag.64).

El requisito anterior se puede suplir utilizando la siguiente formula:

Ecuación 30: Periodo fundamental de la edificación.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i \delta_i^2)}{\sum_{i=1}^n (f_i \delta_i)}}$$

Fuente: Ecuación A.4.2-1, del título A de la NSR10.

En la siguiente tabla se realiza el cálculo del periodo fundamental de la edificación respecto al sismo en dirección X, por medio de la operación de la ecuación 30 del presente documento:

Tabla 183: Calculo del periodo fundamental respecto al sismo en dirección X, de la estructura 2 del C.V.

SISMO EN DIRECCION X					
NIVEL	mi (kgf)	Fx (N)	DESP U1	mi* U1^2	Fxi*U1
1	122972,51	1243120,54	0,005204239	3,330599655	6469,495984
				3,330599655	6469,495984

Fuente: Autores del proyecto.

A continuación, se realiza la comprobación del periodo fundamental, de acuerdo con lo establecido en el inciso A.4.2.1 del título A de la norma NSR10:

Tabla 184: Comprobación del periodo fundamental (SX).

RESULTADOS SX	
T	0,143 Seg
hn	3,85 m
α	0,900
Ct	0,047
Ta	0,158 Seg
Cu	1,27
Cu*Ta	0,201
T < Cu*Ta	SI CUMPLE
T < 1,2 Ta	SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente tabla se realiza el cálculo del periodo fundamental de la edificación respecto al sismo en dirección Y, por medio de la operación de la ecuación 30 del presente documento:

Tabla 185: Cálculo del periodo fundamental respecto al sismo en dirección Y, de la estructura 2 del C.V.

SISMO EN DIRECCION Y					
NIVEL	mi (kgf)	Fx (KN)	DESP U2	mi* U2^2	Fxi*U2
1	122972,51	1243120,54	0,005271366	3,417073922	6552,943421
				3,417073922	6552,943421

Fuente: Autores del proyecto.

A continuación, se realiza la comprobación del periodo fundamental, de acuerdo con lo establecido en el inciso A.4.2.1 del título A de la norma NSR10:

Tabla 186: Comprobación del periodo fundamental (SY).

RESULTADOS SY	
T	0,143 Seg
hn	3,85 m
α	0,900
Ct	0,047
Ta	0,158 Seg
Cu	1,27
Cu*Ta	0,201
T < Cu*Ta	SI CUMPLE
T < 1,2 Ta	SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

- **Índice de estabilidad.** Se procede a calcular este coeficiente definido en el inciso A.6.2.3 del título A de la NSR10, con el objetivo de verificar si se debe de hacer un análisis de los esfuerzos de segundo orden (efectos P-Delta). El reglamento establece que se debe de utilizar la siguiente ecuación:

Ecuación 31: Índice de estabilidad por piso.

$$Q_i = \frac{P_i \Delta_{cm}}{V_i h_{pi}}$$

Fuente: Ecuación A.6.2-2 del título A de la NSR10.

En el caso de que el resultado de esta ecuación sea mayor a 0.1, se deberán de tener en cuenta dentro del análisis de la estructura los esfuerzos de segundo orden.

En la siguiente tabla se presentan el área y los factores de carga que se utilizaran para el cálculo del índice de estabilidad por piso:

Tabla 187: Datos para el cálculo del índice de estabilidad de la estructura 2 del Centro Vida.

INDICE DE ESTABILIDAD POR PISO	
Area cubierta (m2)	541,18 m2
CM- Cubierta (KN/m2)	0,72 KN/m2
C.V DE CUBIERTAS INCLINADAS CON MAS DE 15° DE PENDIENTE EN ESTRUCTURA METALICA	0,35 KN/m2

Fuente: Autores del proyecto.

A continuación, se procede a calcular el índice de estabilidad de la estructura respecto al sismo en dirección X:

Tabla 188: Índice de estabilidad por piso en sentido X.

INDICE DE ESTABILIDAD POR PISO SENTIDO X									
NIVEL	C.M	C.V	Pi	Δ CM	Fx (N)	Vi (N)	hpi (m)	Qi	Qi ≤ 0,10
CUBIERTA	390,42 KN	189,41 KN	579,83 KN	0,00520424	1243120,54	1243120,54	3,85	0,0000006305	ES ESTABLE

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente tabla se observa el cálculo del índice de estabilidad de la estructura respecto al sismo en dirección Y:

Tabla 189: Índice de estabilidad por piso en sentido Y.

INDICE DE ESTABILIDAD POR PISO SENTIDO Y									
NIVEL	C.M	C.V	Pi	Δ CM	Fx (KN)	Vi (KN)	hpi (m)	Qi	Qi ≤ 0,10
CUBIERTA	390,42 KN	189,41 KN	579,83 KN	0,00527137	1243120,54	1243120,54	3,85	0,0000006386	ES ESTABLE

Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo con los resultados no se tendrán en cuenta los esfuerzos de segundo orden.

8.8.4.9 Cálculo del coeficiente de reducción de energía R. El coeficiente de reducción se utiliza para reducir la energía de sismo que enfrenta la estructura y con dicha fuerza reducida realizar el diseño estructural de los elementos que componen la edificación. En el inciso A.3.3.3 se especifica la ecuación A.3.3-1 para calcular dicho coeficiente:

Ecuación 32: Ecuación para el cálculo del coeficiente de reducción de la estructura.

$$R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$$

Fuente: Título A de la NSR10.

Dónde:

R₀= Coeficiente de capacidad de disipación de energía para ser empleado en el diseño, dado de acuerdo con el tipo de sistema estructural.

Φ_a= Coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en altura de la edificación.

Φ_p= Coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en planta de la edificación.

Φ_r= Coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por ausencia de redundancia en el sistema de resistencia sísmica. Véase A.3.3.8.

- **Cálculo de coeficiente de capacidad de disipación de energía R₀.** El valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía depende del tipo de sistema estructural que se esté utilizando.

En este caso el sistema estructural utilizado para las edificaciones del presente documento es de pórticos resistentes a momentos. Debido a que el municipio de Apulo está localizado en una zona de amenaza sísmica intermedia, el análisis estructural y el diseño, se está realizando para un grado de capacidad de disipación de energía moderada (DMO).

De acuerdo con lo anterior, se establece que el cálculo de coeficiente R₀, depende del sistema estructural y el grado de capacidad de disipación de energía. A continuación, en la tabla A.3-3 de la norma NSR10 se establece el valor de R₀:

Tabla 190: Sistema estructural de pórtico resistente a momentos.

Tabla A.3-3
Sistema estructural de pórtico resistente a momentos (Nota 1)

C. SISTEMA DE PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTOS		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Δ_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			Alta		Intermedia		baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.
1. Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES)									
a. De concreto (DES)	el mismo	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DES)	el mismo	7.0 (Nota-3)	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
d. De acero con cerchas dúctiles (DES)	Pórticos de acero resistentes o no a momentos	6.0	3.0	si	30 m	si	45 m	si	sin límite
2. Pórticos resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)									
a. De concreto (DMO)	el mismo	5.0	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DMO)	el mismo	5.0 (Nota-3)	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos con conexiones rígidas (DMO)	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	5.0	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite

Fuente: Autores del proyecto.

Se determina que el valor de R_0 , para la estructura 1 del presente proyecto es de:

$$R_0 = 5.0.$$

- Cálculo del coeficiente de reducción debido a irregularidades en altura Φ_a .

Para el cálculo del coeficiente de reducción por irregularidad en altura se debe de tener en cuenta lo estipulado en la tabla A-3-7 de la NSR10. En esta tabla la norma muestra los tipos de irregularidades en altura que existen, se procede a analizar las características del proyecto, con el fin de identificar si existe algún tipo de irregularidad.

Después de analizar las características de la estructura, se identifica que no existe ningún tipo de irregularidad en altura, debido a que la edificación posee un solo nivel, de acuerdo con esto el valor de Φ_a es el siguiente:

$$\Phi_a = 1.0$$

- Cálculo del coeficiente de reducción debido a irregularidades en planta Φ_p .

Para el cálculo del coeficiente de reducción por irregularidad en planta se debe de tener en cuenta lo estipulado en la tabla A-3-6 de la NSR10. En esta tabla la norma muestra los tipos de irregularidades en altura que existen, se procede a analizar las características del proyecto, con el fin de identificar si existe algún tipo de irregularidad.

Primero se realizará la comprobación de irregularidad del tipo 1Ap (Irregularidad torsional) y 1bP (Irregularidad torsional extrema).

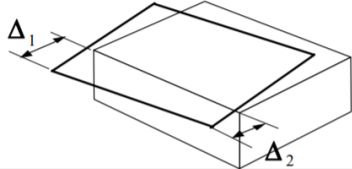
Tipo 1aP — Irregularidad torsional $\phi_p = 0.9$ $1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1 > 1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	Tipo 1bP — Irregularidad torsional extrema $\phi_p = 0.8$ $\Delta_1 > 1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$
	

Ilustración 145: Irregularidades en planta.

Fuente: Figura A.3-1 del título A de la NSR10

Lo primero que se debe de realizar para hacer la comprobación es identificar los nodos de las esquinas, con el fin de conocer los desplazamientos laterales que experimentan dependiendo el Sismo en X y el sismo en Y.

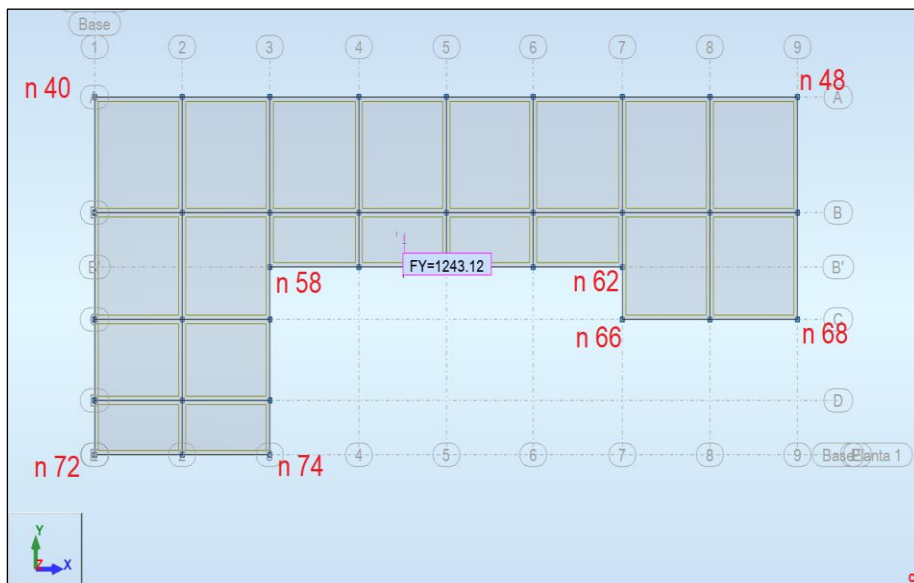


Ilustración 146: Esquema para comprobación de irregularidades en planta tipo 1Ap y 1bP.

Fuente: Autores del proyecto.

Después de establecer el esquema para el análisis, se procede a extraer los desplazamientos horizontales del modelo matemático realizado en Robot Structural. Los desplazamientos que se evaluarán serán los ocasionados por los casos de carga de sismo y las combinaciones de carga de sismo.

El análisis se realizará con los casos y las combinaciones en el sentido X y el sentido Y. A continuación, se realizará el proceso anteriormente descrito:

Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto al SISMO EN X:

Tabla 191: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 40 y 72.

	NODO 40	NODO 72	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 4	0,520 cm	0,505 cm	0,7175	0,615	NO CUMPLE	NO CUMPLE
CASO 6	0,033 cm	0,036 cm	0,0483	0,0414	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 8	0,508 cm	0,523 cm	0,7217	0,6186	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 9	0,546 cm	0,465 cm	0,7077	0,6066	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 10	0,534 cm	0,489 cm	0,7161	0,6138	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 11	0,508 cm	0,523 cm	0,7217	0,6186	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 192: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 48 y 68.

	NODO 48	NODO 68	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 4	0,520 cm	0,511 cm	0,7217	0,6186	NO CUMPLE	NO CUMPLE
CASO 6	0,044 cm	0,043 cm	0,0609	0,0522	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 8	0,508 cm	0,518 cm	0,7182	0,6156	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 9	0,572 cm	0,511 cm	0,7581	0,6498	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 10	0,536 cm	0,508 cm	0,7308	0,6264	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 11	0,508 cm	0,518 cm	0,7182	0,6156	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 193: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 62 y 66.

	NODO 62	NODO 66	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 4	0,513 cm	0,511 cm	0,7168	0,6144	NO CUMPLE	NO CUMPLE
CASO 6	0,024 cm	0,025 cm	0,0343	0,0294	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 8	0,515 cm	0,517 cm	0,7224	0,6192	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 9	0,513 cm	0,498 cm	0,7077	0,6066	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 10	0,512 cm	0,505 cm	0,7119	0,6102	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 11	0,515 cm	0,517 cm	0,7224	0,6192	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 194: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 62 y 66.

	NODO 58	NODO 74	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 4	0,513 cm	0,505 cm	0,7126	0,6108	NO CUMPLE	NO CUMPLE
CASO 6	0,013 cm	0,022 cm	0,0245	0,021	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 8	0,515 cm	0,523 cm	0,7266	0,6228	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 9	0,508 cm	0,456 cm	0,6748	0,5784	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 10	0,511 cm	0,487 cm	0,6986	0,5988	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 11	0,515 cm	0,523 cm	0,7266	0,6228	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Se observa que, en los casos y combinaciones respecto a X, ninguno cumple con ninguna irregularidad torsional y torsional extrema.

Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto al SISMO EN Y:

Tabla 195: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 48 y 40.

	NODO 48	NODO 40	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 5	0,527 cm	0,455 cm	0,6874	0,5892	NO CUMPLE	NO CUMPLE
CASO 7	0,123 cm	0,093 cm	0,1512	0,1296	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 12	0,647 cm	0,371 cm	0,7126	0,6108	SI CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 13	0,409 cm	0,542 cm	0,6657	0,5706	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 14	0,409 cm	0,542 cm	0,6657	0,5706	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 15	0,647 cm	0,371 cm	0,7126	0,6108	SI CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 196: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 21 y 24.

	NODO 68	NODO 66	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 5	0,527 cm	0,509 cm	0,7252	0,6216	NO CUMPLE	NO CUMPLE
CASO 7	0,120 cm	0,070 cm	0,133	0,114	SI CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 12	0,646 cm	0,577 cm	0,8561	0,7338	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 13	0,409 cm	0,442 cm	0,5957	0,5106	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 14	0,409 cm	0,442 cm	0,5957	0,5106	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 15	0,646 cm	0,577 cm	0,8561	0,7338	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 197: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 74 y 72.

	NODO 74	NODO 72	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 5	0,473 cm	0,455 cm	0,6496	0,5568	NO CUMPLE	NO CUMPLE
CASO 7	0,062 cm	0,100 cm	0,1134	0,0972	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 12	0,442 cm	0,374 cm	0,5712	0,4896	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 13	0,509 cm	0,542 cm	0,7357	0,6306	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 14	0,509 cm	0,542 cm	0,7357	0,6306	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 15	0,442 cm	0,374 cm	0,5712	0,4896	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 198: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 62 y 58.

	NODO 62	NODO 58	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 5	0,509 cm	0,473 cm	0,6874	0,5892	NO CUMPLE	NO CUMPLE
CASO 7	0,068 cm	0,036 cm	0,0728	0,0624	SI CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 12	0,576 cm	0,437 cm	0,7091	0,6078	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 13	0,442 cm	0,508 cm	0,665	0,57	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 14	0,442 cm	0,508 cm	0,665	0,57	NO CUMPLE	NO CUMPLE
COMB 15	0,576 cm	0,437 cm	0,7091	0,6078	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Se observa que en los casos y combinaciones respecto a Y, tres si cumplen con una irregularidad torsional.

Después de realizar el análisis, se puede concluir que la edificación experimenta irregularidad torsional, esto quiere decir que el valor de Φ_p es el siguiente:

$$\Phi_p = 0,9$$

- **Coefficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por ausencia de redundancia Φ_r .** Dentro de lo dispuesto por la norma NSR10 en el inciso A.3.3.8 (Titulo A - NSR10, 2010), se dispone lo siguiente:

Para edificaciones cuyo sistema estructural es de un material que cumple los requisitos de capacidad de disipación de energía moderada (DMO) o especial (DES) el valor del factor de reducción de resistencia por ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica, Φ_r , se le puede asignar un valor de la unidad ($\Phi_r=1.0$) cuando en todos los pisos que resistan más del 35 por ciento del corte basal en la dirección bajo estudio el sistema estructural de resistencia sísmica cumpla las siguientes condiciones de redundancia

De acuerdo con lo anterior, se cumple este primer aspecto, ya que la estructura es de un solo nivel, esto quiere decir que el entrepiso resistirá el 100% del corte basal, pero se debe de evaluar el segundo aspecto que se encuentra en el ítem C del mismo inciso de la norma (Titulo A - NSR10, 2010):

(c) En sistemas de pórtico resistente a momentos — La pérdida de la resistencia a momento en la conexión viga-columna de los dos extremos de una viga no resulta en una reducción de más del 33 por ciento de la resistencia ante fuerzas horizontales del piso ni produce una irregularidad torsional en planta extrema (Tipo 1bP).

Para realizar esta comprobación se debe de eliminar del modelo matemático un elemento que haga parte del sistema sísmico y después de esto se vuelve a calcular el modelo y se extraen los datos de desplazamiento y se vuelve a realizar la verificación de la existencia de una irregularidad torsional en planta extrema (Tipo 1bP). A la estructura número 2 del Centro Vida se le realizó dicho proceso y no se evidencio ninguna irregularidad torsional, por este motivo no existen razones para asignarle esta irregularidad. Véase en el anexo 20 en el documento de Excel, en la hoja denominada “COMPROBACIÓN Φ_r ” el proceso de calculo que permitió identificar que la estructura es redundante.

En conclusión, el valor de Φ_r para esta estructura será el siguiente:

$$\Phi_r = 1,0$$

- **Calculo del R.** Habiendo calculado cada una de las variables de la ecuación, se procede a realizar el cálculo del coeficiente de reducción de energía:

$$R = \Phi_a * \Phi_p * \Phi_r * R_o$$

$$R = 1,00 * 0,9 * 1,00 * 5$$

$$R = 4,5$$

8.8.4.10 Modelación estructural para diseño de elementos. Después de obtener las derivas máximas y verificar el cumplimiento de estas, se procede a realizar el diseño estructural de todos los elementos que hacen parte del sistema de resistencia sísmica de la edificación.

- **Combinaciones de carga.** Se eliminaron las combinaciones que se utilizaron para la evaluación de las derivas máximas y se procedió a definir las combinaciones dadas en el título B de la norma NSR10.

En la siguiente tabla se pueden observar las combinaciones de carga que se utilizaran para el diseño estructural de las columnas y las vigas.

Tabla 199: Combinaciones de carga del título B de la norma NSR10.

Combinación	Nombre	Tipo de análisis	Tipo de combin	Naturaleza de caso	Definición
8 (C)	COMB 1	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.40$
9 (C)	COMB 2	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+3^*1.60$
10 (C)	COMB 3	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+(3+4+6)^*1.00$
11 (C)	COMB 4	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+(3+4)^*1.00+6^*-1.00$
12 (C)	COMB 5	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+(3+6)^*1.00+4^*-1.00$
13 (C)	COMB 6	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+3^*1.00+(4+6)^*-1.00$
14 (C)	COMB 7	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+(3+5+7)^*1.00$
15 (C)	COMB 8	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+(3+5)^*1.00+7^*-1.00$
16 (C)	COMB 9	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+(3+7)^*1.00+5^*-1.00$
17 (C)	COMB 10	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+3^*1.00+(5+7)^*-1.00$
18 (C)	COMB 11	Combinación line	ELU	Peso propio	$(4+6)^*1.00+2^*0.90$
19 (C)	COMB 12	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+4^*1.00+6^*-1.00$
20 (C)	COMB 13	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+4^*-1.00+6^*1.00$
21 (C)	COMB 14	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+(4+6)^*-1.00$
22 (C)	COMB 15	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+(5+7)^*1.00$
23 (C)	COMB 16	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+5^*1.00+7^*-1.00$
24 (C)	COMB 17	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+7^*1.00+5^*-1.00$
25 (C)	COMB 18	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+(5+7)^*-1.00$

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Reducción las fuerzas sísmicas.** Después de calcular el coeficiente de reducción de energía (R), se procede a aplicarlo a las cargas sísmicas obtenidas en el análisis de Fuerza Horizontal Equivalente y la evaluación de umbral de daño. A continuación, se realiza el proceso de reducción:

Tabla 200: Reducción de fuerza sísmica.

ANALISIS	Fi	R	Fi (Reducida)
ANALISIS F.H.E	1076,01 KN	4,5	239,11 KN
TOTAL			239,11 KN

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente imagen se observa el proceso de reducción de la fuerza sísmica en sentido X, dentro del programa Robot:

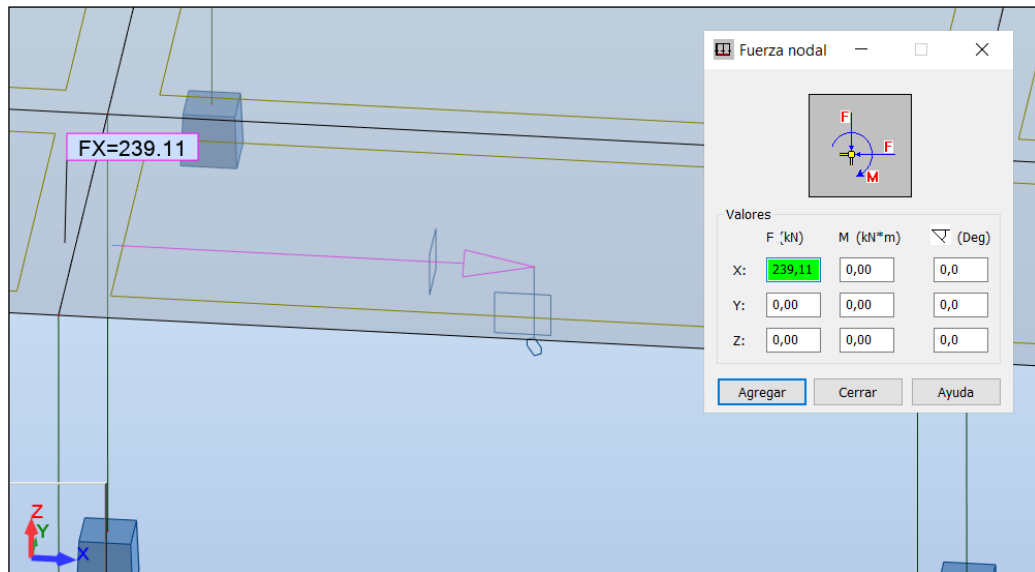


Ilustración 147: Reducción de energía sísmica en sentido X (EX).

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente imagen se observa el proceso de reducción de la fuerza sísmica en sentido Y, dentro del programa Robot:

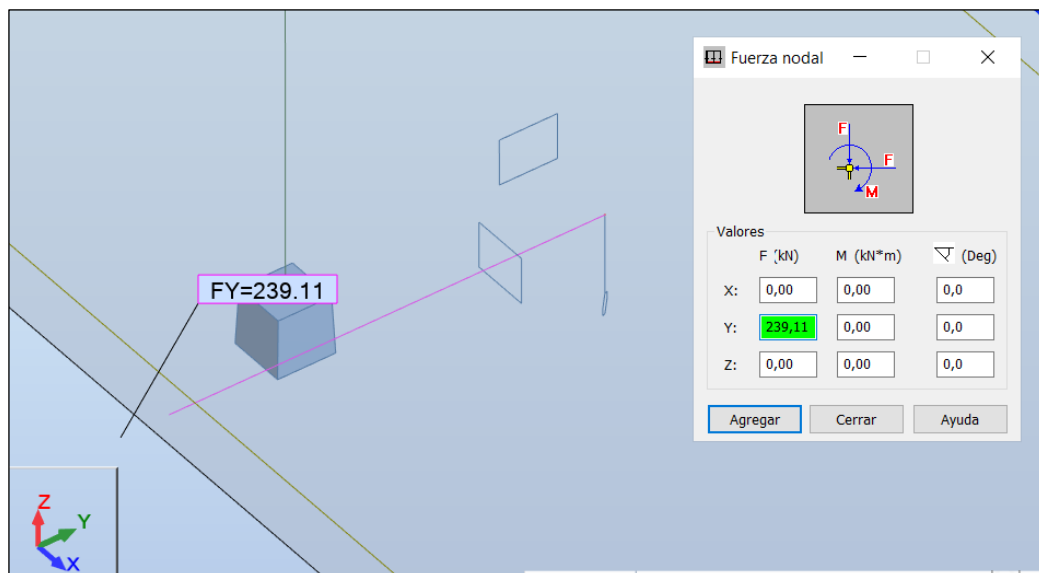


Ilustración 148: Reducción de energía sísmica en sentido Y (EY).

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Reducción de los momentos torsionales.** Al igual que las fuerzas sísmicas, también se procede realizar la reducción de energía para los momentos torsionales de la estructura.

En la siguiente tabla se evidencia el proceso de reducción de energía de los momentos torsionales:

Tabla 201: Reducción de momentos torsionales de la estructura 2 del Centro Vida.

REDUCCIÓN DE ENERGÍA DE LA TORCIÓN ACCIDENTAL	
EX	239,11 KN
EY	239,11 KN
ex acc	2,230 m
ey acc	0,794 m
EX ey	189,74 KN*m
EY ex	533,22 KN*m

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente imagen se observa el proceso de reducción del momento “SX ey” dentro del programa Robot:

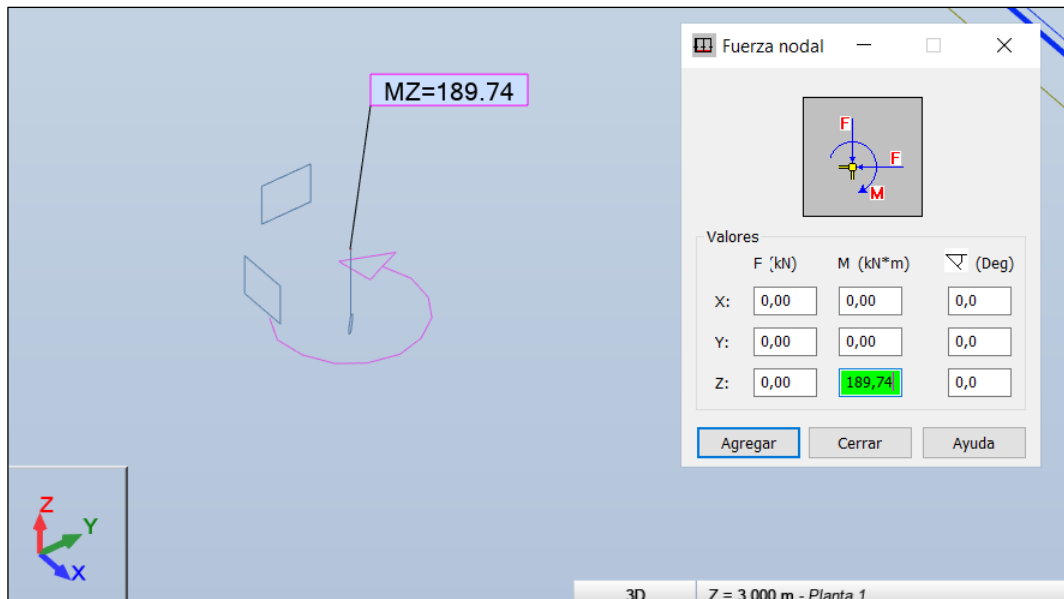


Ilustración 149: Reducción de momento torsional SX ey.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente imagen se observa el proceso de reducción del momento “SY ex” dentro del programa Robot:

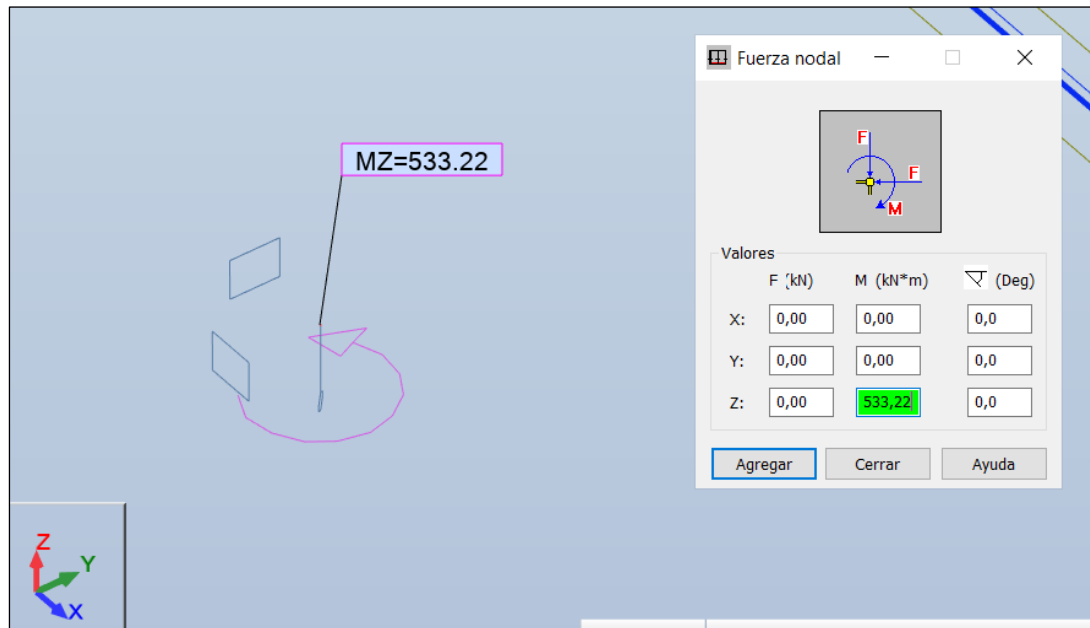


Ilustración 150: Reducción de momento torsional SY ex.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de envoltente.** Para el diseño de los elementos estructurales se debe de crear una envoltente que contenga todas las combinaciones de carga. La envoltente permite identificar cual es la combinación más desfavorable, que produce los momentos y cortantes máximos, para realizar con esta información el diseño de los elementos.



Ilustración 151: Envoltente para el diseño estructural de la edificación.

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra como se ve el modelo matemático después de haber creado la envolvente:

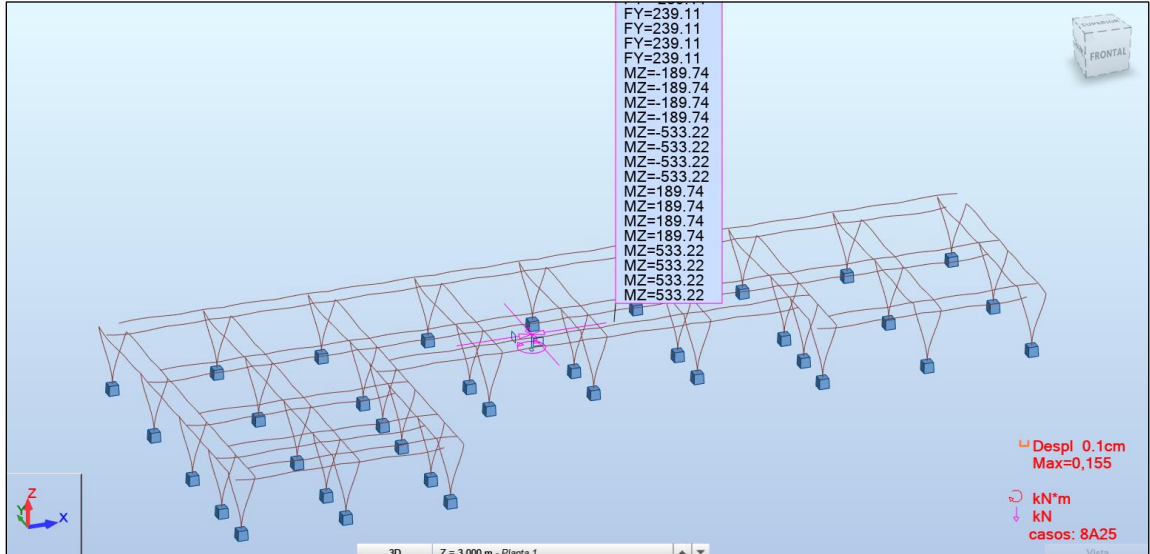


Ilustración 152: Modelo calculado con la envolvente:

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Con la realización de la envolvente, ya se pueden observar los momentos y cortantes que generan las combinaciones de carga.

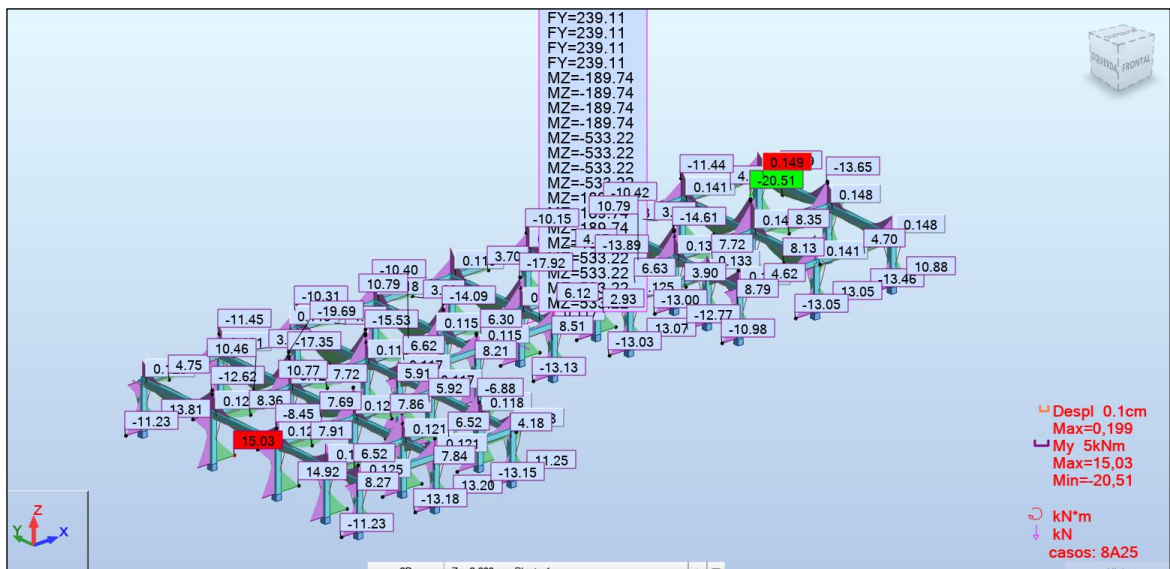


Ilustración 153: Momentos generados por la envolvente de combinaciones de carga.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

8.8.4.11 Resultados obtenidos de la modelación. Después de realizar cada uno de los pasos de la modelación y de realizar cada una de las verificaciones, se procede a observar todos los resultados que ofrece el programa para el diseño de cada uno de los elementos estructurales.

A continuación, se mostrarán cada uno de los resultados obtenidos en el programa:

Primero se observarán todos los resultados obtenidos de los elementos estructurales de columna.

- **Columnas.**

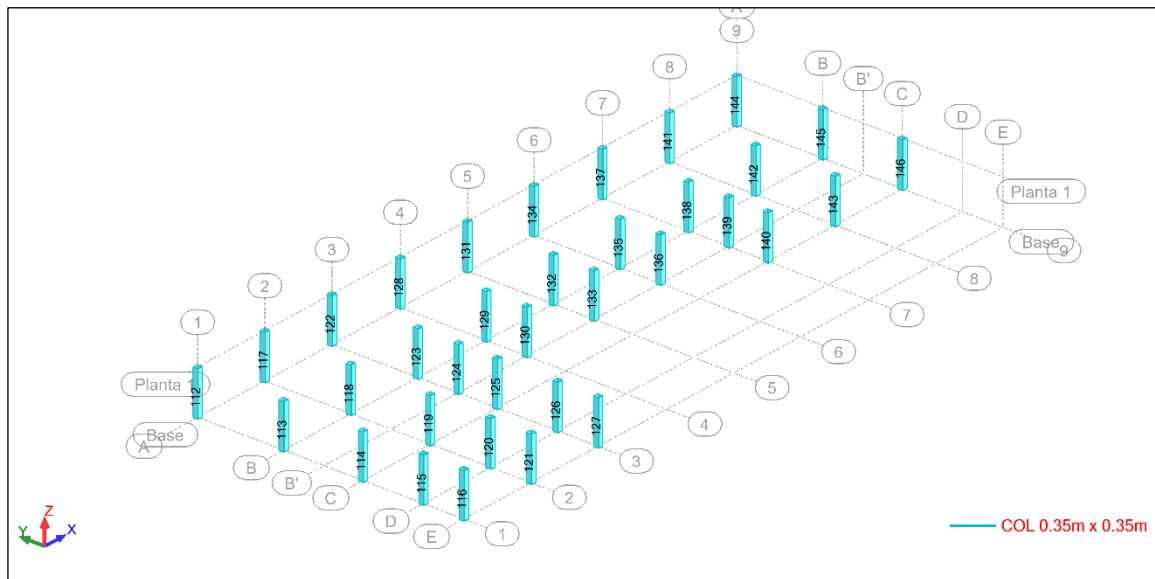


Ilustración 154: Columnas enumeradas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

La estructura cuenta con un total de 35 columnas, en las siguientes imágenes se observarán todas las cargas que produce la envolvente de todas las combinaciones de carga. En color rojo se observará siempre el máximo valor de carga positivo y de color verde el máximo valor de carga negativo.

- **Fuerzas de Cortantes columnas en dirección X.**

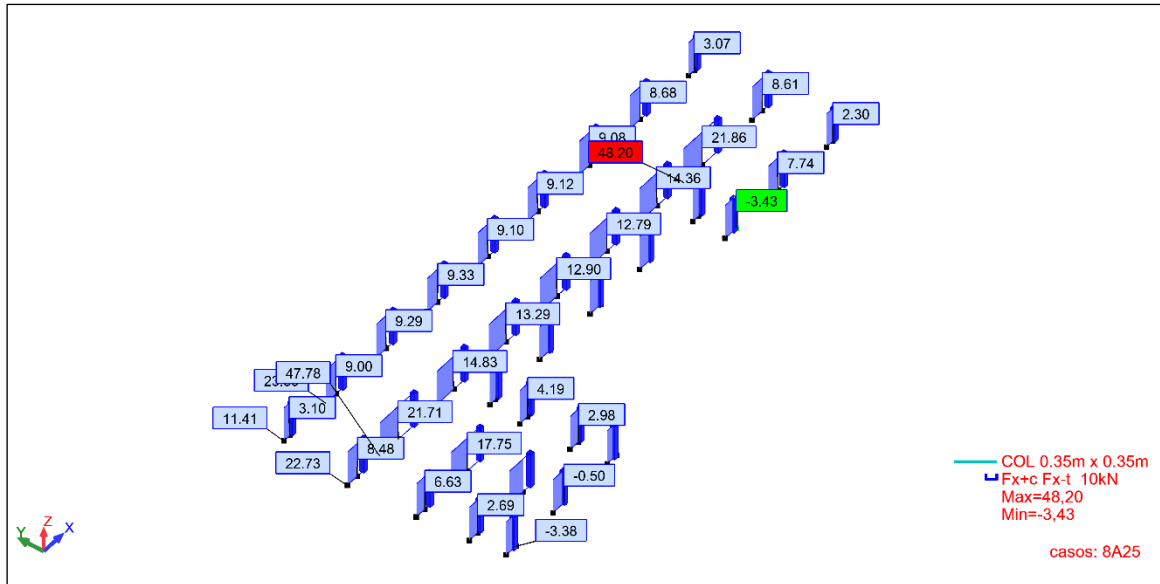


Ilustración 155: Cargas de cortante en dirección X, para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Fuerzas cortantes de columnas en dirección Y.**

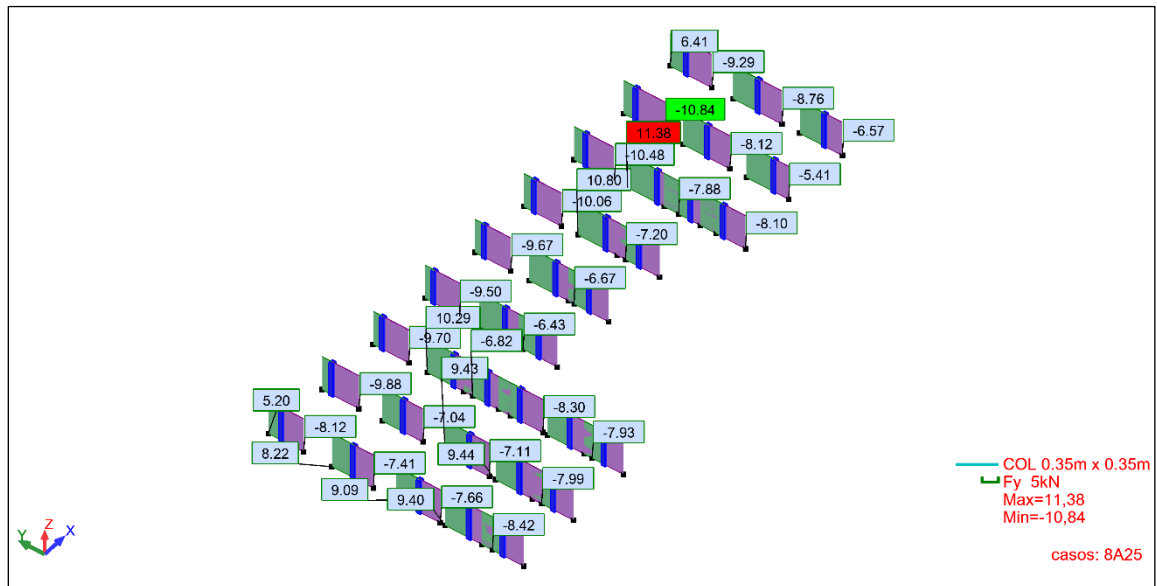


Ilustración 156: Cargas de cortante en dirección Y, para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Momento de columnas.**

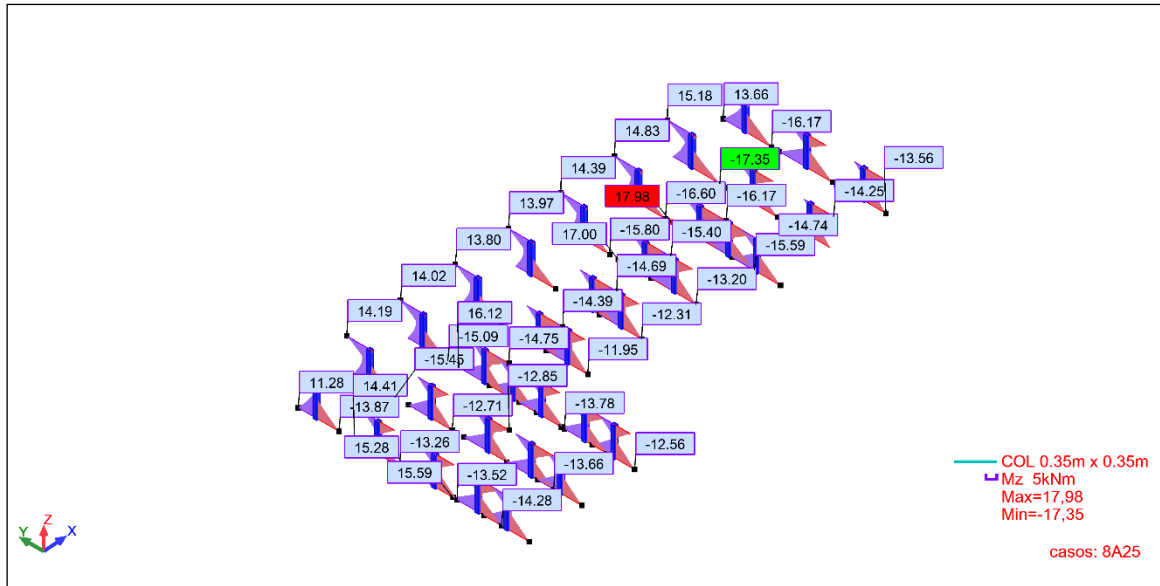


Ilustración 157: Momentos para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

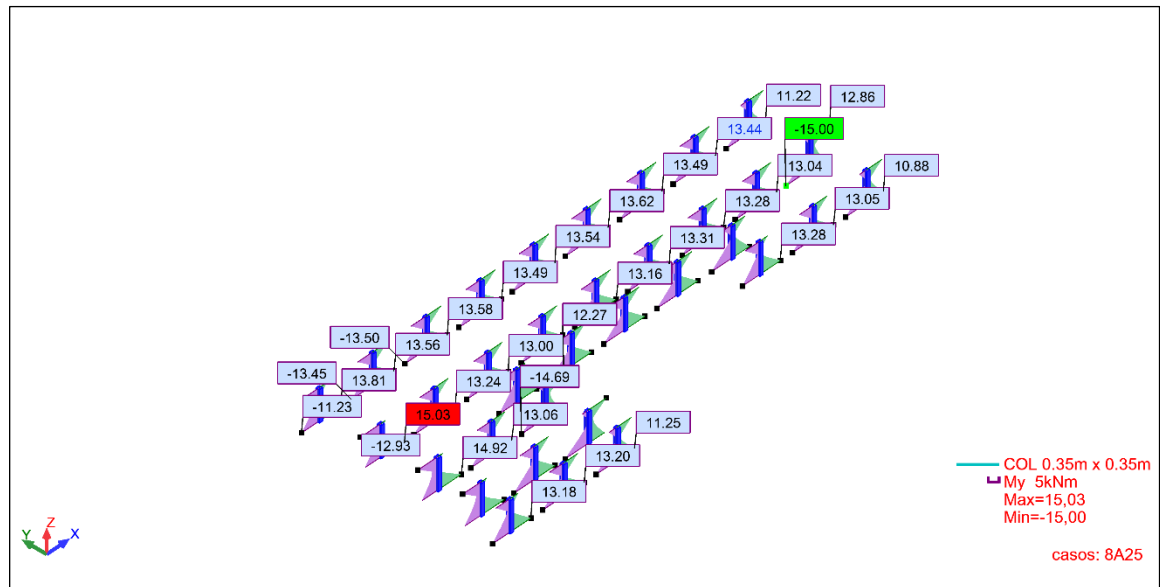


Ilustración 158: Momentos para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- Acero teórico para columnas.

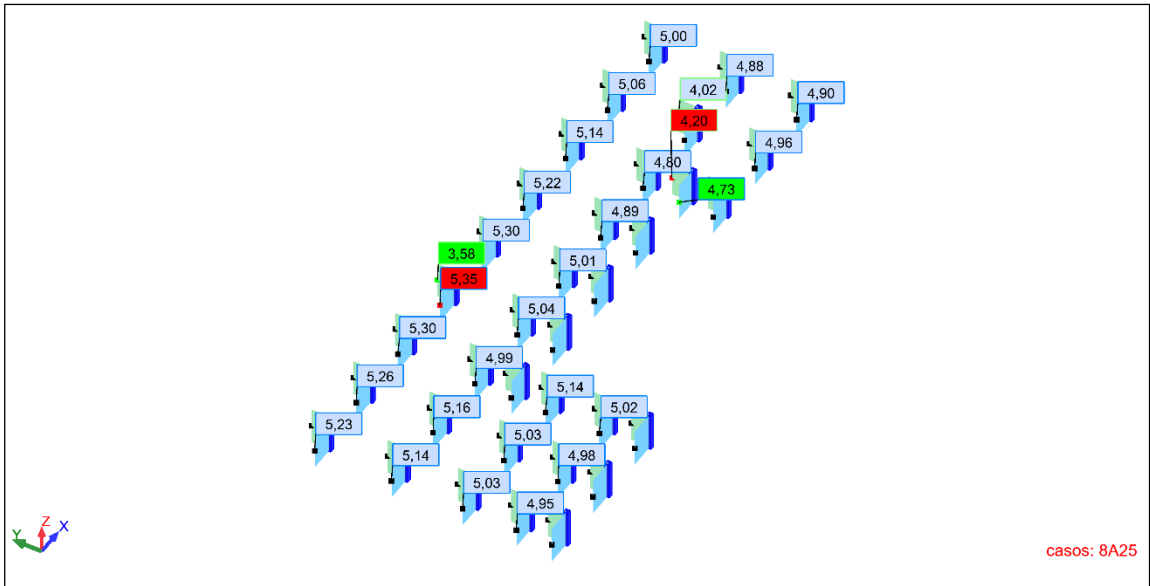


Ilustración 159: Acero teórico para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- Acero real para columnas.

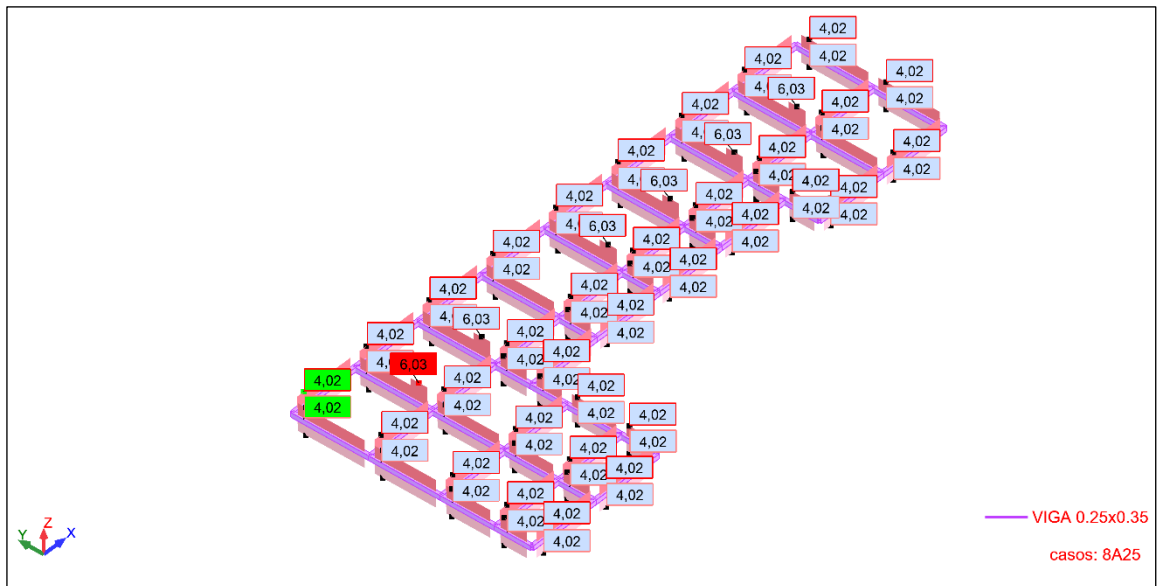


Ilustración 160: Acero real para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En segundo lugar, se observarán todos los resultados obtenidos de los elementos estructurales de viga.

- **Vigas.**

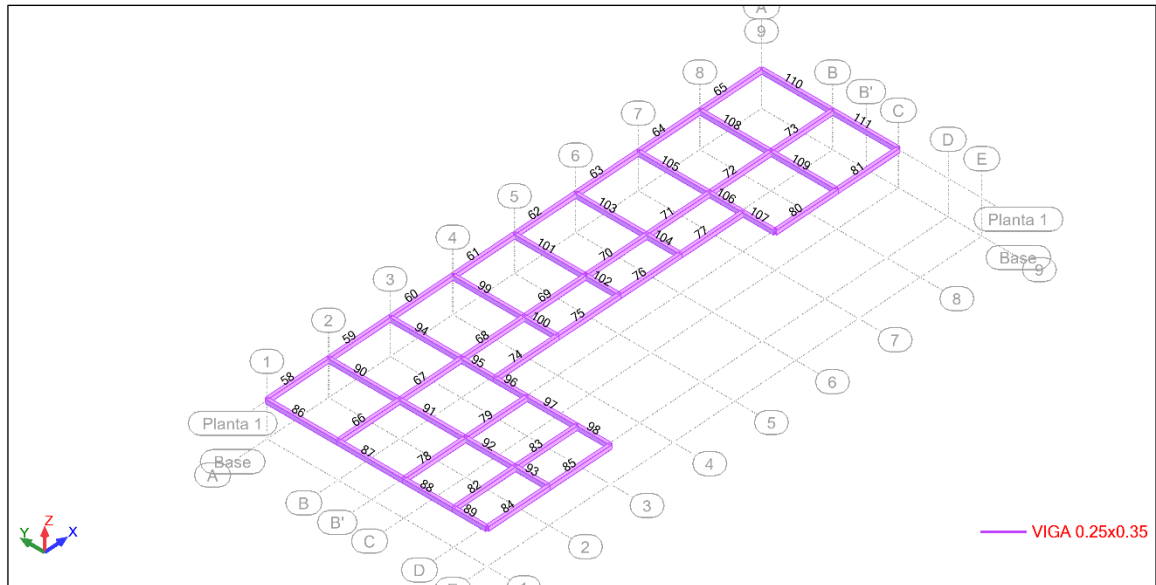


Ilustración 161: Vigas enumeradas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

La estructura cuenta con un total de 54 vigas, en las siguientes imágenes se observarán todas las cargas que produce la envolvente de todas las combinaciones de carga. En color rojo se observará siempre el máximo valor de carga positivo y de color verde el máximo valor de carga negativo.

- **Fuerzas de Cortantes de vigas.**

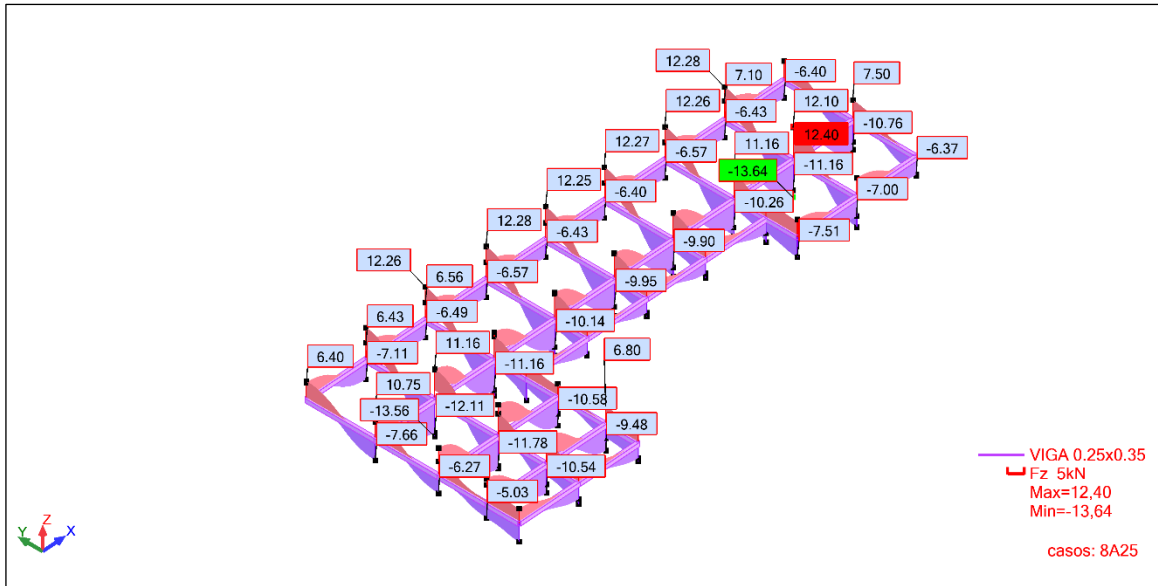


Ilustración 162: Cargas de cortante para vigas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Fuerzas de momentos de vigas.**

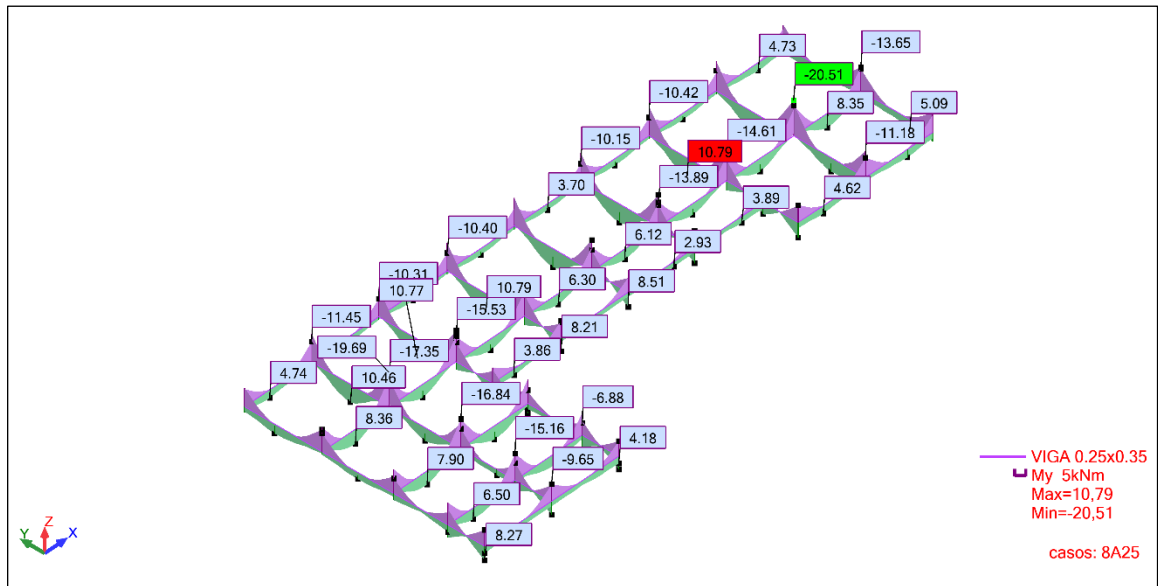


Ilustración 163: Momentos para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

8.8.4.12 Diseño de los elementos estructurales. Con la obtención de los resultados anteriores se procede a realizar el diseño estructural de cada uno de los elementos que conforman la edificación.

El software Robot Structural Analysis Professional permite realizar el diseño y los despieces de acero de los elementos estructurales, es importante aclarar que se debe de dar la configuración apropiada para que el programa calcule dentro de los parámetros establecidos por la NSR10. De esta manera, se realizó el diseño de cada uno de los elementos estructurales, en la siguiente ilustración se muestra como ejemplo el diseño de la viga 76 de la estructura:

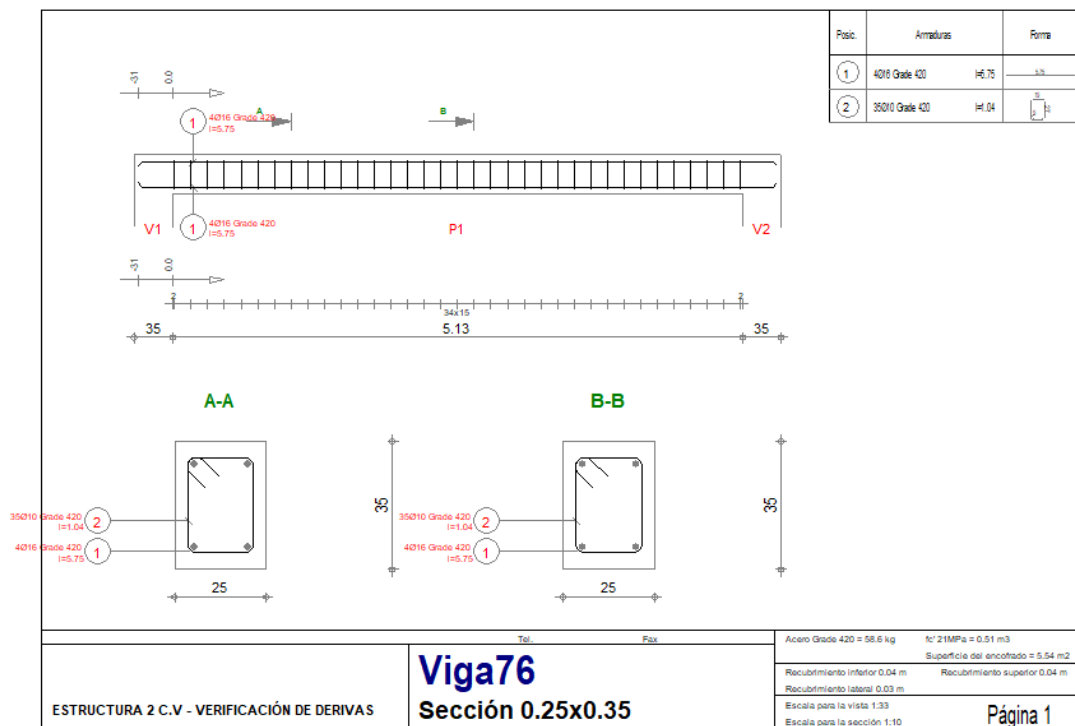


Ilustración 164: Despiece estructural de la viga 76 de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Es importante resaltar que los planos que genera el programa Robot serán reorganizados en AutoCAD, con el objetivo de unificarlos y organizarlos mucho mejor para que sean aún más entendibles.

Con el objetivo de corroborar que los resultados de diseño que realiza el programa son correctos, el diseño se realiza también manualmente mediante una hoja de Excel creada por los autores del proyecto, véase en el anexo 22 el cálculo de las vigas doblemente reforzadas y la totalidad de planos obtenidos del proceso de diseño.

8.8.4.13 Diseño de cimentación. De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de suelos (DAPCIL S.A.S, 2016) suministrado por la administración municipal de Apulo, se especifica lo siguiente:

Teniendo en cuenta las características del perfil del subsuelo, las propiedades geomecánicas de los materiales, las características del proyecto y de acuerdo con la magnitud de las sobrecargas inducidas por la estructura, se pueden utilizar estructuras de cimentación convencionales de tipo superficial, conformadas por elementos tipo Zapatas aisladas o combinadas apoyadas directamente sobre el suelo de fundación.

Cumpliendo con lo que estipula el estudio de suelos se decide utilizar una cimentación superficial, conformada por zapatas aisladas con viga de amarre de cimentación para la estructura 2 del Centro Vida. El diseño de cimentación de la estructura se realizará mediante la obtención de las reacciones de las columnas.

A continuación, se observará en la siguiente ilustración las reacciones de cada una de las columnas de la estructura:

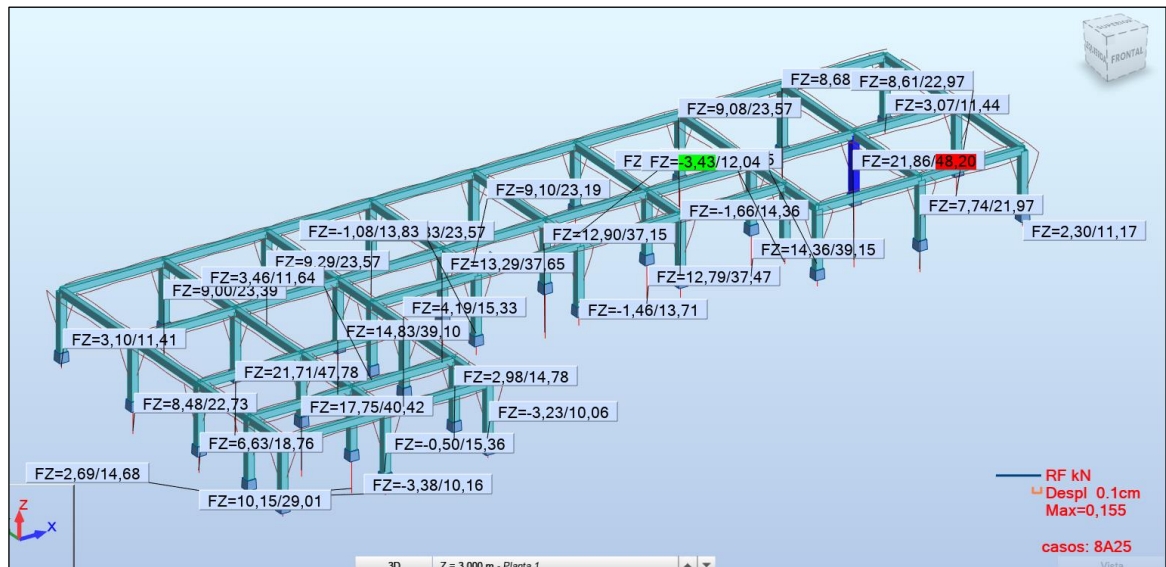


Ilustración 165: Reacciones de cada columna.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Mediante el programa se generó la tabla de reacciones con envolvente, con el fin de obtener las reacciones más grandes para el diseño de las zapatas, en la siguiente tabla se observarán los datos máximos ya clasificados:

Tabla 202: Reacciones de columnas para el diseño de zapatas de la estructura 2 del Centro Vida.

REACCIONES DE COLUMNAS PARA DISEÑO DE ZAPATAS		
COLUMNAS	Nudo/Caso	FZ
112	75/ 1	20,18 KN
113	76/ 1	26,74 KN
114	77/ 1	24,59 KN
115	78/ 1	21,75 KN
116	79/ 1	16,88 KN
117	80/ 1	26,65 KN
118	81/ 9 (C)	47,78 KN
119	82/ 9 (C)	40,42 KN
120	83/ 9 (C)	29,01 KN
121	84/ 1	23,67 KN
122	85/ 1	26,59 KN
123	86/ 9 (C)	39,10 KN
124	87/ 1	19,52 KN
125	88/ 1	21,75 KN
126	89/ 1	21,98 KN
127	90/ 1	16,91 KN
128	91/ 1	26,58 KN
129	92/ 9 (C)	37,65 KN
130	93/ 1	23,00 KN
131	94/ 1	26,39 KN
132	95/ 9 (C)	37,15 KN
133	96/ 1	22,56 KN
134	97/ 1	26,52 KN
135	98/ 9 (C)	37,47 KN
136	99/ 1	22,94 KN
137	100/ 1	26,59 KN
138	101/ 9 (C)	39,15 KN
139	102/ 1	19,93 KN
140	103/ 1	16,95 KN
141	104/ 1	26,67 KN
142	105/ 9 (C)	48,20 KN
143	106/ 1	26,49 KN
144	107/ 1	20,20 KN
145	108/ 1	26,97 KN
146	109/ 1	19,74 KN

Fuente: Autores del proyecto.

Con los datos de las cargas que transfiere cada columna, se procede a realizar el diseño de las zapatas aisladas, el diseño se realizara mediante una plantilla de Excel realizada por los autores del presente proyecto. A continuación, se mostrará el diseño de la zapata esquinera número 112 de la estructura:

- **Primera etapa.**

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SAM				
En esta hoja de calculo permite realizar el diseño de una zapata corrida para muro, acoerde con los datos fijos y especificaciones de diseño, los calculos se realizan de acuerdo con los parametros establecidos en la NSR10.	JUAN DAVID PATIÑO GONZALEZ		CODIGO	21610117
	LUIS FELIPE RODRIGUEZ ALDANA		CODIGO	21610040
	PROYECTO DE GRADO	CARACTERIZACIÓN Y PROYECCIÓN DE GRUPO ETARIO DEL MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA, PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE UN C.D.I Y EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO VIDA.		
	TUTOR	ING. CRISTIAN ANDRES QUINCHIA AGUIRRE		
TIPOS DE DATOS				
DATOS FIJOS	INGRESADO POR EL USUARIO			
ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	INGRESADO POR EL USUARIO			
VARIABLES DE DISEÑO	CALCULADO POR EL PROGRAMA			
DATOS FIJOS				
DATOS	VARIABLE	VALOR		
Profundidad de desplante	Z	1,5 m		
Espesor de placa	Z1	0,2 m		
Espesor del suelo (Valor Automati	Z2	0,0 m		
Ancho de Columna	CB	0,35 m		
Largo de Columna	CL	0,35 m		
Ø Barra - Refuerzo de Columna	Ø Colum.	22,00		
Presión admisible del suelo	qa	216 KN/m ²		
Peso especifico del suelo sobre la zapata	γs	18,85 KN/m ³		
Carga Ultima	U	20,18 KN		

Ilustración 166: Primera parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

La plantilla se divide en tres partes, estas tres etapas se diferencian por su color, las celdas de color gris se llenan con los datos de diseño, en estos datos se observa la presión admisible del suelo en KN/m², esta presión fue obtenida del estudio de suelos:

Tabla 203: Capacidad portante del suelo.

Alternativa de Cimentación	Capacidad portante neta ultima promedio (tn/m2)	Capacidad portante neta de seguridad (tn/m2)
Zapatas aisladas	66.12	22.04

Fuente: Estudio de suelos.

La capacidad portante del suelo es de 22,04 Ton/m², lo que equivale a 216,21 KN/m².

- **Segunda etapa.**

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO			
Resistencia a la compresión del concreto (ZAPATA)	f'_c	21 MPa	
Resistencia a la compresión del concreto (COLUMNNA)	$f'_c \text{ colm}$	21 MPa	
Resistencia a la tracción del acero	f_y	420 MPa	
Peso específico del concreto	γ_c	24,00 KN/m ³	
Peso del concreto	λ	1	
Factor de altura del concreto fresco	ψ_t	1	
Factor de barras y epóxico	ψ_e	1	
Altura de zapata	h	1,3 m	SI CUMPLE
Ancho de la zapata	B	0,7 m	SI CUMPLE
Largo de la zapata	L	0,7 m	
Recubrimiento	r	0,075 m	SI CUMPLE
Diametro de barra paralela a B (Diseño a flexión)	ϕ_B	20,00	
Diametro de barra paralela a L (Diseño a flexión)	ϕ_L	20,00	
Relación del lado largo con el lado corto (columna)	β	1	
Factor por tipo de columna	α_s	20,00	
Diametro de barra de acero del Espigo	ϕ_E	10,00	

Ilustración 167: Segunda parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En esta segunda parte de la plantilla, en las celdas de color naranja se ingresan los datos de diseño, como lo son la resistencia del concreto, fluencia del acero, el diámetro de barras, el largo, el ancho y la altura de la zapata, etc. En color amarillo se ven unas celdas donde se programaron unas condicionales, que permiten

saber si los datos que se están ingresando son suficientes para cumplir con las sollicitaciones de carga.

- Tercera etapa.

PASO	CALCULO	VARIABLE	VALOR	EVALUACIÓN
1. Estimar el tamaño de la zapata y la presión neta factorizada q_{nu}	Longitud de desarrollo del refuerzo de la columna	L_d	1,19 m	
	Presión Neta	q_n	180,21 KN/m ²	
	Área requerida	A	0,11 m ²	
	Área Real	A_r	0,49 m ²	
	Presión neta factorizada	q_{nu}	41,18 KN/m ²	
2. Revisión de cortante en dos direcciones	Altura efectiva	d	1,22 m	
	Área Tributaria	$A_{Tributaria}$	-1,96 m ²	
	Cortante Ultimo	V_u	-80,69 KN	
	Perímetro de cortante mínimo	B_o	6,26 m	
	Cortante del concreto	V_{c1}	562,1218082	SI CUMPLE
		V_{c2}	538,0811794	SI CUMPLE
V_{c3}		363,7258759	SI CUMPLE	
3. Revisar el cortante en una dirección.	Cortante ultimo	$V_u - L$	-44,99	
	Cortante del concreto	$\phi V_{c - L}$	15,71	SI CUMPLE
	Cortante ultimo	$V_u - B$	-29,98	
	Cortante del concreto	$\phi V_{c - B}$	15,71	SI CUMPLE
4.1. Diseño a flexión - cara L	Distancia de la cara de la columna a la cara de la zapata	f	0,2 m	
	Momento Ultimo	M_u	0,44 KN/m	
	Cuantía del acero	A_s	0,96 mm ²	NO APLICA
	Cuantía mínima del acero	$A_{s min}$	1530,90 mm ²	SI CUMPLE
	Cantidad teórica de barras paralelas a B		5 BARRAS	
	Separación de barras paralelas a B (Barras sometidas a flexión)	S_L	0,11 m	SI CUMPLE
	Altura del bloque de compresión	a	0,05146	
	Altura deformación por compresión	c	0,06054	
	Deformación del acero en tensión	ϵ_t	0,057	SI CUMPLE
4.2. Diseño a flexión - cara B	Distancia de la cara de la columna a la cara de la zapata	f	0,2 m	
	Momento Ultimo	M_u	0,44 KN/m	
	Cuantía del acero	A_s	0,96 mm ²	NO APLICA
	Cuantía mínima del acero	$A_{s min}$	1530,90 mm ²	SI CUMPLE
	Cantidad teórica de barras paralelas a L		5 BARRAS	
	Separación de barras paralelas a L (Barras sometidas a flexión)	S_B	0,11 m	SI CUMPLE
	Altura del bloque de compresión	a	0,05146	
	Altura deformación por compresión	c	0,06054	
	Deformación del acero en tensión	ϵ_t	0,057	SI CUMPLE

5. Revisión de longitud de desarrollo	Longitud de desarrollo - Barras de la cara L	$L_d - L$	1,08 m	SI REQUIERE GANCHOS
	Longitud de gancho	$L_{\text{gancho}} - L$	0,40 m	
	Longitud de desarrollo - Barras de la cara B	$L_d - B$	1,08 m	SI REQUIERE GANCHOS
	Longitud de gancho	$L_{\text{gancho}} - B$	0,40 m	
6. Diseño de la unión columna - zapata	Area de contacto entre la columna y la zapata	A1	0,12 m ²	
	Area de la base inferior de una piramide (Relacion 2:1)	A2	0,49 m ²	
	Relacion de áreas	$A2/A1$	2	
	Carga de la zapata	PZ	2842,61 KN	SI CUMPLE
	Carga de la columna	PC	1421,31 KN	SI CUMPLE
	Carga Ultima	U	20,18 KN	
	Cuántia del espigo	As	612,50 mm ²	
	Cantidad de Varilla		8 BARRAS	SI CUMPLE
	Longitud del gancho espigo	$L_g - \text{espigo}$	0,20 m	
	Ld del espigo dentro de la zapata	$L_d - \text{espigo}$	0,44 m	SI CUMPLE
	Longitud de desarrollo de espigo dentro de la columna	$L_d - \text{espigo}$	0,44 m	SE TOMA COMO L_d DENTRO DE LA COLUMNA
$L_{dc} - \text{traslapo}$		0,30	NO SE TOMA COMO L_d DENTRO DE LA COLUMNA	

Ilustración 168: Tercera parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 2 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En esta tercera y última etapa de la plantilla se puede observar de color amarillo los resultados de diseño. Se realizó el siguiente proceso de diseño:

- Estimación del tamaño de la zapata y la presión neta factorizada Q_{nu} .
- Revisión de cortante en dos direcciones.
- Revisión del cortante en una dirección.
- Diseño a flexión - cara L.
- Diseño a flexión - cara B.
- Revisión de longitud de desarrollo.
- Diseño de la unión columna – zapata.

Se observa que la zapata cumple con todos los valores, ya con estos datos obtenidos se procede a realizar el diseño de la zapata en AutoCAD, y se calculan el resto de las zapatas. Véase en el anexo 22 el documento Excel con los cálculos de diseño de la cimentación y los planos.

8.8.5 Diseño estructural de la Edificación 2 del Centro Vida. La estructura número 2 que conforma el Centro Vida, cuenta con un área de 197.04 metros cuadrados, esto corresponde a un 11.23% del área total del predio en donde se localizara dicho centro de atención.

A continuación, se procede a realizar el proceso de diseño, predimensionamiento y cálculo de la estructura, siguiendo los parámetros que dicta el reglamento de construcción NSR10.

8.8.5.1 Ejes estructurales. Los ejes estructurales se dibujaron de acuerdo con la arquitectura establecida anteriormente. Se localizaron las columnas en donde eran necesarias, de manera que jugaran de la mejor manera con la arquitectura.

A continuación, en la siguiente ilustración se podrá observar el resultado final de los ejes estructurales.

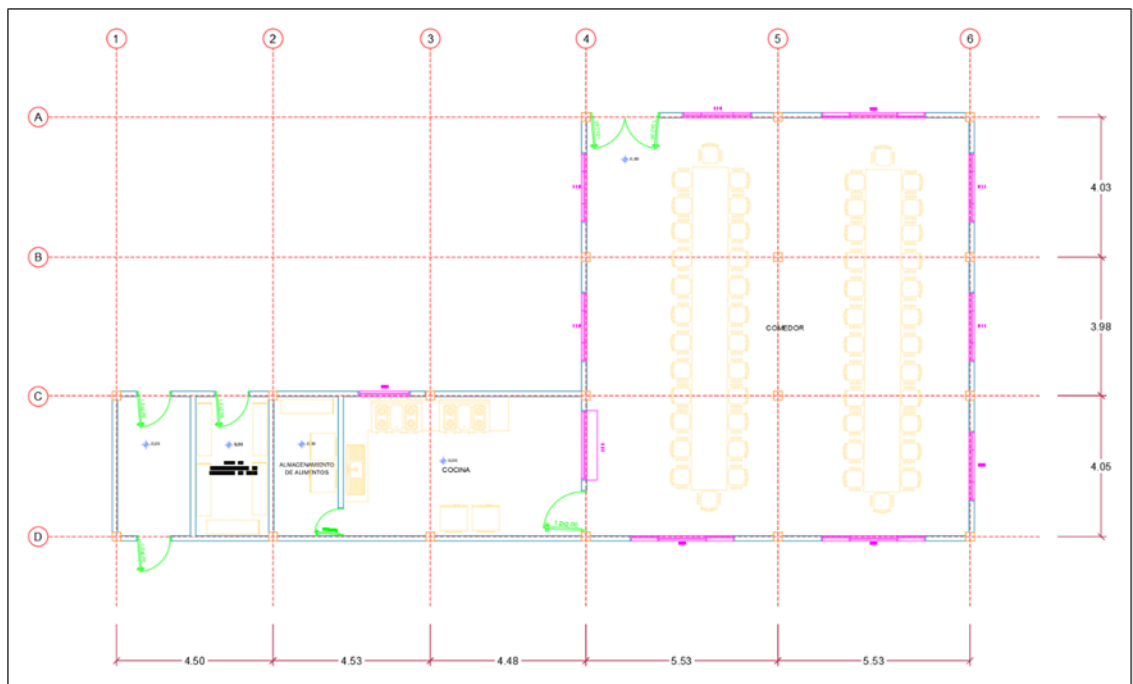


Ilustración 169: Ejes estructurales de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En total se realizaron 10 ejes estructurales, 4 longitudinales y 6 transversales, los longitudinales van de la letra "A" hasta la letra "D" y los transversales van del número 1 al 6.

8.8.5.2 Predimensionamiento de vigas. Se realizó el proceso de predimensionamiento de las vigas de la estructura, de acuerdo con los parámetros dados en la NSR10 en la tabla C.9.5.

Tabla 204: Tabla C.9.5 del título C de la NSR 10.

TABLA C.9.5(a) — Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones				
Elementos	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos que NO soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.				
Losas macizas en una dirección	$\frac{A}{20}$	$\frac{A}{24}$	$\frac{A}{28}$	$\frac{A}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{A}{16}$	$\frac{A}{18.5}$	$\frac{A}{21}$	$\frac{A}{8}$

NOTAS:
 Los valores dados en esta tabla se deben usar directamente en elementos de concreto de peso normal y refuerzo grado 420 MPa. Para otras condiciones, los valores deben modificarse como sigue:
 (a) Para concreto liviano estructural con densidad w_c dentro del rango de 1 440 a 1 840 kg/m³, los valores de la tabla deben multiplicarse por $(1,65 - 0.0003w_c)$, pero no menos de 1.09.
 (b) Para f_y distinto de 420 MPa, los valores de esta tabla deben multiplicarse por $(0.4 + f_y / 700)$.

Fuente: Título C de la NSR10.

Se decidió utilizar la tabla C.9.5 para realizar el predimensionamiento de las vigas, ya que, al ser una estructura de un solo nivel, las vigas no tendrán que soportar muros divisorios o particiones frágiles que sean susceptibles a daños por deflexiones grandes.

En esta estructura se encuentran tres tipos de vigas: simplemente apoyadas, con un extremo continuo y con dos extremos continuos. La tabla C.9.5 dice que para vigas simplemente apoyadas la distancia entre ejes se divide en 16, para vigas con un extremo continuo la distancia entre ejes se divide en 18.5 y para vigas con dos extremos continuos la distancia entre ejes se divide en 21. En la siguiente tabla se podrá observar el cálculo de los peraltes de vigas de acuerdo con los parámetros anteriormente mencionados:

Tabla 205: Peraltes de vigas de entrepiso de la estructura 3 del Centro Vida.

PERALTE VIGAS DE ENTREPISO				
TIPO DE APOYO	EJE	TRAMO	LONGITUD	h
Simplemente Apoyada	1	C - D	4,50 m	0,29 m
	2	C - D	4,50 m	0,29 m
	3	C - D	4,50 m	0,29 m
Con un extremo continuo	4	A - B	4,00 m	0,22 m
	4	C - D	4,00 m	0,22 m
	5	A - B	4,00 m	0,22 m
	5	C - D	4,00 m	0,22 m
	6	A - B	4,00 m	0,22 m
	6	C - D	4,00 m	0,22 m
	A	4 - 5	5,50 m	0,30 m
	A	5 - 6	5,50 m	0,30 m
	B	4 - 5	5,50 m	0,30 m
	B	5 - 6	5,50 m	0,30 m
	C	1 - 2	4,50 m	0,25 m
	C	5 - 6	5,50 m	0,30 m
	D	1 - 2	4,50 m	0,25 m
	D	5 - 6	5,50 m	0,30 m
Con ambos extremos continuos	4	B - C	4,00 m	0,20 m
	5	B - C	4,00 m	0,20 m
	6	B - C	4,00 m	0,20 m
	C	2 - 3	4,50 m	0,22 m
	C	3 - 4	4,50 m	0,22 m
	C	4 - 5	5,50 m	0,27 m
	D	2 - 3	4,50 m	0,22 m
	D	3 - 4	4,50 m	0,22 m
	D	4 - 5	5,50 m	0,27 m
LONGITUD TOTAL DE VIGAS			120,50 m	
PERALTE DE VIGA A UTILIZAR SEGÚN EL CALCULO			0,30 m	
PERALTE DE VIGA DEFINITIVO A UTILIZAR			0,30 m	

Fuente: Autores del proyecto.

El peralte máximo de viga necesario según la norma es de 0.30 metros, de esta manera se utiliza este peralte para todas las vigas. En total se necesitan 120.50 metros de vigas, el ancho de la base de cada viga será de 0,25 metros, este ancho de la base se determinó dando cumplimiento de reglamento NSR10 en su inciso C.21.3.4.1. A continuación, en la siguiente tabla se mostrará las dimensiones de las vigas, el área transversal, el peso específico del material con el que se construirán y por último el peso de la totalidad de las vigas.

Tabla 206: Carga de vigas en KN – Estructura 3 del Centro Vida.

CALCULO DE CARGAS DE VIGAS	
h	0,30 m
b	0,25 m
ÁREA TRANSVERSAL	0,075 m ²
PESO ESPECIFICO CONCRETO ARMADO	24 KN/m ³
CARGA TOTAL VIGAS	216,90 KN

Fuente: Autores del proyecto.

8.8.5.3 Predimensionamiento de columnas.

- **Cálculo de cargas transmitidas por columna.** Para realizar el cálculo de las cargas que transmiten cada columna a la cimentación, es necesario identificar el área aferente que le corresponde a cada columna. Para poder calcular estas áreas, se realizó el siguiente plano:

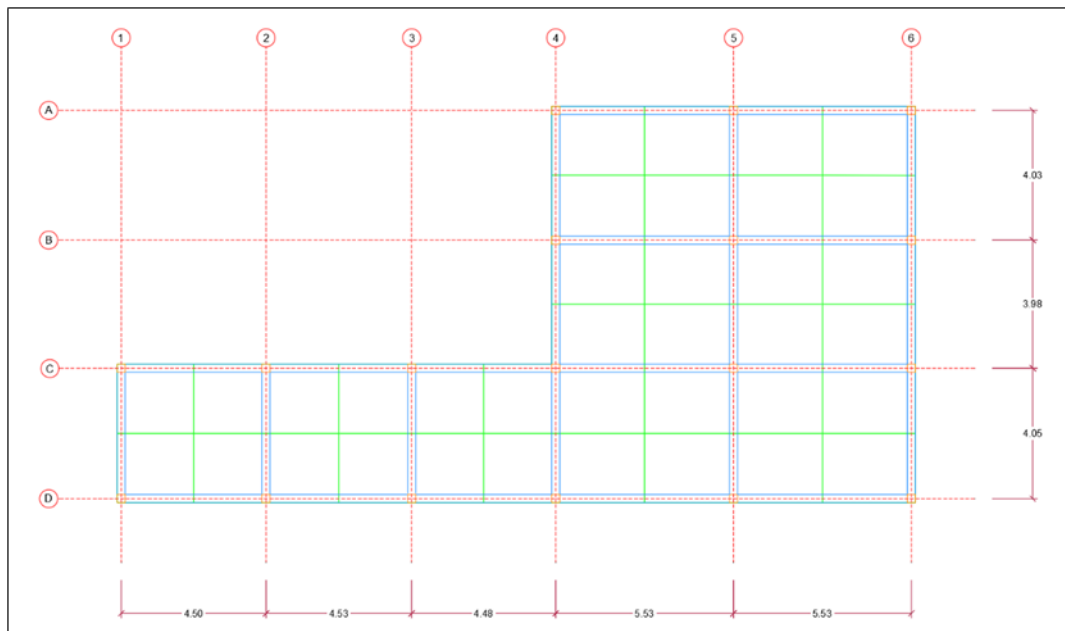


Ilustración 170: Distribución de áreas aferentes de cada columna de la estructura 2 del Centro vida. Fuente: Autores del proyecto.

En el anterior plano en color verde se puede observar las áreas aferentes que le corresponden a cada columna, estos valores de área se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 207: Áreas aferentes de cada columna de la estructura 3 del Centro Vida.

COLUMNA	ÁREA AFERENTE - CARGA COLUMNA
A4	6,17 m2
A5	11,81 m2
A6	6,19 m2
B4	11,55 m2
B5	22,10 m2
B6	11,53 m2
C1	5,11 m2
C2	9,70 m2
C3	9,68 m2
C4	16,13 m2
C5	22,17 m2
C6	11,59 m2
D1	5,11 m2
D2	9,70 m2
D3	9,68 m2
D4	10,75 m2
D5	11,88 m2
D6	6,21 m2

Fuente: Autores del proyecto.

Si se suma el valor de cada área aferente de columna daría como resultado 197 metros cuadrados, valor que corresponde con el área total que ocupa la estructura que se está analizando.

- Cálculo de cargas transmitidas por columna. Para realizar el cálculo de cargas que transmiten las columnas, solo se tendrán en cuenta dichos elementos que estén directamente soportados en ellas, esto quiere decir que en este cálculo previo de cargas no se tendrán en cuenta los pesos de muros, baldosas, puertas, ventanas, entre otros, ya que estos serán cargados directamente en la cimentación. A continuación, se podrá observar la siguiente tabla en donde se encuentra el cálculo de cargas transmitidas por columnas:

Tabla 208: Cálculo de cargas transmitidas por las columnas de la estructura 3 del Centro Vida.

CÁLCULO DE CARGAS TRANSMITIDAS POR COLUMNA - ESTRUCTURA 3 DEL CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA			
COMPONENTE	FACTOR DE CARGA	CUANTIA	CARGA
VIGAS	24 KN/m ³	9,04 m ³	216,90 KN
CIELO RASO (ENTRAMADO METALICO SUSPENDIDO AFINADO EN YESO)	0,34 KN/m ²	185,12 m ²	62,94 KN
TECHO (TEJA TERMOACUSTICA Teja 3660X800mm 0.30mm Arquitectonica Galvanizada)	0,06 KN/m ²	197,00 m ²	11,02 KN
TUBO RECTANGULAR 120 x 60 x 2mm DE 6m, ESTRUCTURAL HR50	0,055 KN/m	164,80 m	9,06 KN
CARGAS VIVAS DE CUBIERTAS INCLINADAS CON MAS DE 15° DE PENDIENTE EN ESTRUCTURA METALICA	0,35 KN/m ²	197,00 m ²	68,95 KN
MUROS INTERNOS SIN PAÑETAR (0,15m) (MUROS ARQUITECTONICOS PARA OCULTAR TECHO)	2,00 KN/m ²	27,36 m ²	54,71 KN
CONTINUACIÓN COLUMNAS PARA AMARRE DE MUROS DE ANCLAJE DEL PERFIL DE ACERO	24 KN/m ³	19,65 m ³	471,48 KN
VIGA CORREA PARA TECHO	24 KN/m ³	3,73 m ³	89,56 KN
TOTAL CARGA			984,62 KN
VALOR DEL ESFUERZO			5,00 KN/m²

Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo con los cálculos de la tabla anterior, las columnas transmitirán un total de 984,62 KN. Si dicho peso expresado en Kilo Newtons se divide en el área total de la estructura que se expresa en metros cuadrados, da como resultado un esfuerzo de 5,0 KN/m². Este esfuerzo se utilizará más adelante para poder calcular la cantidad de carga que le corresponde transmitir a cada una de las columnas.

- **Áreas aferentes y cargas transmitidas por cada columna.** Después de realizar los dos cálculos anteriores, se obtiene el valor del área aferente que le corresponde a cada columna y la carga por metro cuadrado que se experimenta en el entrespaño. Lo siguiente que se debe de realizar es multiplicar el área aferente de cada columna por el esfuerzo, para obtener como resultado la carga que se transmite en cada columna, el mencionado procedimiento matemático se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 209: Cargas transmitidas por cada columna de la estructura 3 del Centro Vida.

CARGAS TRANSMITIDAS POR CADA COLUMNA		
COLUMNA	ÁREA AFERENTE - CARGA COLUMNA	CARGA QUE TRANSMITE CADA COLUMNA
A4	6,17 m ²	30,8286 KN
A5	11,81 m ²	59,0090 KN
A6	6,19 m ²	30,9285 KN
B4	11,55 m ²	57,7099 KN
B5	22,10 m ²	110,4233 KN
B6	11,53 m ²	57,6100 KN
C1	5,11 m ²	25,5323 KN
C2	9,70 m ²	48,4664 KN
C3	9,68 m ²	48,3664 KN
C4	16,13 m ²	80,5940 KN
C5	22,17 m ²	110,7731 KN
C6	11,59 m ²	57,9098 KN
D1	5,11 m ²	25,5323 KN
D2	9,70 m ²	48,4664 KN
D3	9,68 m ²	48,3664 KN
D4	10,75 m ²	53,7127 KN
D5	11,88 m ²	59,3588 KN
D6	6,21 m ²	31,0285 KN

Fuente: Autores del proyecto.

- **Área de sección requerida.** Conociendo la carga que transmitirá cada columna, se procede a calcular el área de sección transversal en centímetros cuadrados. Esta área se calcula multiplicando la carga por 43 para columnas que se localizan en los bordes de la estructura y multiplicando por 18 para columnas de centro que se localizan dentro de la estructura y por último dividiéndose en la fuerza de gravedad que se toma como 10 m/seg² de acuerdo con la norma NSR10 en el título A inciso A.4.5.

Tabla 210: Área de sección requerida por cada columna de la estructura 3 del Centro Vida.

ÁREA DE SECCIÓN REQUERIDA POR COLUMNA		
COLUMNA	COLUMNA DE BORDE	COLUMNA DE CENTRO
A4	132,5630 cm ²	
A5	253,7388 cm ²	
A6	132,9927 cm ²	
B4	248,1527 cm ²	
B5		198,7620 cm ²
B6	247,7230 cm ²	
C1	109,7888 cm ²	
C2	208,4053 cm ²	
C3	207,9756 cm ²	
C4	346,5544 cm ²	
C5		199,3916 cm ²
C6	249,0121 cm ²	
D1	109,7888 cm ²	
D2	208,4053 cm ²	
D3	207,9756 cm ²	
D4	230,9647 cm ²	
D5	255,2428 cm ²	
D6	133,4224 cm ²	

Fuente: Autores del proyecto.

Este procedimiento matemático se realiza con el fin de calcular el área de sección transversal que necesita tener cada columna, para poder suplir las solicitudes de carga que posee de acuerdo con las características del diseño.

- **Predimensionamiento de columna.** Al tener calculada el área de sección requerida, se debe identificar que dimensiones multiplicadas entre sí, suplen el área transversal. A continuación, en la siguiente tabla se observa el proceso de dimensionamiento de dichas columnas:

Tabla 211: Dimensiones mínimas de columnas de la estructura 3 del Centro Vida.

DIMENSIONES MINIMAS DE COLUMNA - ESTRUCTURA 3 DEL CENTRO VIDA					
COLUMNA	ÁREA REQUERIDA	SECCIÓN FINAL			SI CUMPLE / NO CUMPLE
		LARGO	ANCHO	ÁREA AFERENTE	
A4	132,56 cm ²	12 cm	12 cm	144 cm ²	SI CUMPLE
A5	253,74 cm ²	16 cm	16 cm	256 cm ²	SI CUMPLE
A6	132,99 cm ²	12 cm	12 cm	144 cm ²	SI CUMPLE
B4	248,15 cm ²	16 cm	16 cm	256 cm ²	SI CUMPLE
B5	198,76 cm ²	15 cm	15 cm	225 cm ²	SI CUMPLE
B6	247,72 cm ²	16 cm	16 cm	256 cm ²	SI CUMPLE
C1	109,79 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
C2	208,41 cm ²	15 cm	15 cm	225 cm ²	SI CUMPLE
C3	207,98 cm ²	15 cm	15 cm	225 cm ²	SI CUMPLE
C4	346,55 cm ²	19 cm	19 cm	361 cm ²	SI CUMPLE
C5	199,39 cm ²	15 cm	15 cm	225 cm ²	SI CUMPLE
C6	249,01 cm ²	16 cm	16 cm	256 cm ²	SI CUMPLE
D1	109,79 cm ²	11 cm	11 cm	121 cm ²	SI CUMPLE
D2	208,41 cm ²	15 cm	15 cm	225 cm ²	SI CUMPLE
D3	207,98 cm ²	15 cm	15 cm	225 cm ²	SI CUMPLE
D4	230,96 cm ²	16 cm	16 cm	256 cm ²	SI CUMPLE
D5	255,24 cm ²	16 cm	16 cm	256 cm ²	SI CUMPLE
D6	133,42 cm ²	12 cm	12 cm	144 cm ²	SI CUMPLE
DIMENSIONES MINIMAS		19 cm	19 cm	361 cm²	
DIMENSIONES MINIMAS REQUERIDAS POR LA NSR10 (C.21.3.5.1)		25 cm	25 cm	625 cm²	

Fuente: Autores del proyecto.

En la tabla anterior se observa como resultado, que el área de sección mayor que necesitan las columnas para suplir las solicitaciones de carga es de 361 cm², esta área corresponde a dimensiones de 19cm x 19cm. Debido a que el municipio de Apulo se encuentra en una zona de riesgo sísmico intermedio, se identifica que dichas dimensiones son menores a las que permite la NSR 10 para zonas de sismicidad intermedia y edificaciones con capacidad moderada de disipación de energía (DMO).

En el título C de la NSR10, inciso C.21.3.5.1, (Ministerio de Ambiente, 2010) se establece lo siguiente:

La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 250mm. Las columnas en forma de T, C o I pueden tener una dimensión mínima de 0.20m, pero su área no puede ser menor de 0.0625m².

Por esta razón se determina que las dimensiones que se utilizarán para cada una de las 18 columnas, será de 0.25m x 0.25m. Utilizar estas dimensiones dará un factor de seguridad a la estructura y reduce la probabilidad de tener que aumentar las dimensiones de las columnas al momento de realizar la modelación y análisis sísmico en Robot Structural.

8.8.5.4 Carga viva de la estructura. Las cargas vivas de la estructura se determinaron de acuerdo con los parámetros dados por la NSR10, en el capítulo B inciso B.4.2.1-1.

Se clasificó el área de la estructura de acuerdo con la ocupación o uso que se le dará, dando como resultado el siguiente plano:

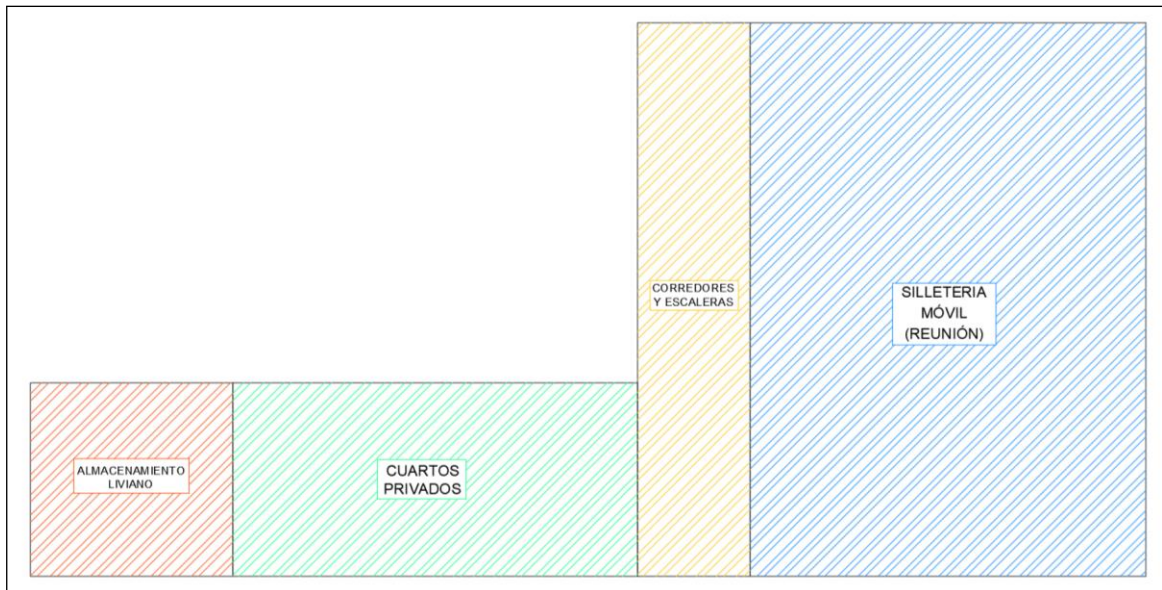


Ilustración 171: Cargas vivas de la estructura 3 del Centro vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente tabla se observará el valor de las áreas de cada uno de los tres tipos de carga viva que experimenta la estructura y su correspondiente factor de carga dado por la NSR10:

Tabla 212: Carga viva de la estructura 3 del Centro Vida.

CARGA VIVA ESTRUCTURA 3 DEL CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA			
DESCRIPCIÓN	FACTOR DE CARGA	ÁREA	CARGA
CUARTOS PRIVADOS	2,00 KN/m ²	38,70 m ²	77,40 KN
CORREDORES Y ESCALERAS	5,00 KN/m ²	30,75 m ²	153,75 KN
SILLETERIA MÓVIL (REUNIÓN)	5,00 KN/m ²	108,24 m ²	541,20 KN
ALMACENAMIENTO LIVIANO	5,00 KN/m ²	19,35 m ²	96,75 KN
TOTAL CARGA VIVA			869,10 KN

Fuente: Autores del proyecto.

La carga para cada tipo de carga viva se obtuvo de la multiplicación del área con el factor de carga que da la norma sismorresistente colombiana.

En total la estructura experimenta una carga viva de 77.40 KN en el área de cuartos privados, una carga viva de 153.75 KN en el área de corredores, una carga viva de 541.20 KN en el área de silletería móvil y una carga viva de 96.75KN en el área de almacenamiento liviano; para un total de carga viva de 869.10 KN.

8.8.5.5 Cálculo de cargas totales de la estructura 2. En la realización del cálculo de cargas se tuvieron en cuenta todos los pesos de cada uno de los elementos que componen la edificación.

Cada uno de los factores de carga que se encuentran en este cálculo de cargas, se tomaron de diferentes incisos que se encuentran en el título B de la NSR10, a excepción de los factores de carga de la teja termoacústica de 3660X800mm 0.30mm Arquitectónica Galvanizada y de los tubos rectangulares de 120 x 60 x 2mm de 6m de longitud, de acero tipo estructural HR50; estos dos últimos factores de carga se extrajeron de las fichas técnicas del proveedor.

A continuación, en la siguiente tabla se encuentra el cálculo de cargas de la estructura número 3 del Centro Vida:

Tabla 213: Cálculo de cargas de la estructura 3 del Centro Vida.

CÁLCULO DE CARGAS ESTRUCTURA 3 DEL CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA			
COMPONENTE	FACTOR DE CARGA	CUANTIA	CARGA
VIGAS	24 KN/m ³	9,04 m ³	216,90 KN
MUROS EXTERNOS PAÑETADOS EN AMBAS CARAS (0,15m)	2,50 KN/m ²	147,59 m ²	368,98 KN
MUROS INTERNOS PAÑETADOS EN AMBAS CARAS (0,15m)	2,50 KN/m ²	35,93 m ²	89,81 KN
VENTANAS	0,45 KN/m ²	30,35 m ²	13,66 KN
PUERTAS	0,40 KN/m ²	14,00 m ²	5,60 KN
CIELO RASO (ENTRAMADO METALICO SUSPENDIDO AFINADO EN YESO)	0,34 KN/m ²	185,12 m ²	62,94 KN
TECHO (TEJA TERMOACUSTICA Teja 3660X800mm 0.30mm Arquitectonica Galvanizada)	0,06 KN/m ²	197,00 m ²	11,02 KN
TUBO RECTANGULAR 120 x 60 x 2mm DE 6m, ESTRUCTURAL HR50	0,055 KN/m	164,80 m	9,06 KN
CARGA VIVA		197,04 m ²	869,10 KN
COLUMNAS	24 KN/m ³	3,04 m ³	72,90 KN
BALDOSA CERAMICA (20mm) SOBRE 12 mm DE MORTERO	0,80 KN/m ²	185,12 m ²	148,10 KN
ENCHAPE CERAMICO PARA COCINA	0,68 KN/m	19,60 m	13,23 KN
CARGAS VIVAS DE CUBIERTAS INCLINADAS CON MAS DE 15° DE PENDIENTE EN ESTRUCTURA METALICA	0,35 KN/m ²	197,00 m ²	68,95 KN
MUROS INTERNOS SIN PAÑETAR (0,15m) (MUROS ARQUITECTONICOS PARA OCULTAR TECHO)	2,00 KN/m ²	27,36 m ²	54,71 KN
CONTINUACIÓN COLUMNAS PARA AMARRE DE MUROS DE ANCLAJE DEL PERFIL DE ACERO	24 KN/m ³	19,65 m ³	471,48 KN
VIGA CORREA PARA TECHO	24 KN/m ³	3,73 m ³	89,56 KN
TOTAL DE CARGA			2565,99 KN

Fuente: Autores del proyecto.

La carga total de toda la estructura es de 2565,99 KN, que equivale a un peso de 256,59 toneladas. Es importante resaltar que el anterior cálculo de cargas puede variar en el proceso de diseño estructural, debido a la probabilidad de aumento de dimensiones de las columnas debido a las cargas de sismo.

8.8.5.6 Método de Fuerza Horizontal Equivalente. El tipo de uso de la edificación está clasificado dentro de la NSR10 como uso tres. Dentro del inciso A.1.3.10 de la norma, se indica que para edificaciones del grupo de uso IV, y las incluidas en los literales (a), (b), (c) y (d) del grupo de uso III, se amplía el Paso 10 de A.1.3.4, exigiendo una verificación adicional de la edificación para los movimientos sísmicos correspondientes al umbral de daño (Min de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Esto quiere decir que se debe de realizar el método de fuerza horizontal equivalente, más la verificación de los movimientos sísmicos correspondientes al umbral de daño, para la realización de lo anteriormente dicho se tendrá en cuenta lo establecido en el título A de la NSR10 en los incisos A.4 y A.12 correspondientemente.

- Cálculo de fuerzas sísmicas mediante F.H.E. Para la realización del presente método se va a seguir los lineamientos establecidos en el capítulo A.4 de la norma NSR10. Lo primero que se realiza es el cálculo de cargas de la estructura, en donde se identifica las cargas que se van a mover con en entrepiso al momento de experimentar una fuerza horizontal de sismo. A continuación, en la siguiente tabla se muestra el cálculo de cargas de la estructura 3:

Tabla 214: Cargas de la estructura 3 para realización del método de Fuerza Horizontal Equivalente.

CARGAS DE LA ESTRUCTURA 3 PARA LA REALIZACIÓN DEL METODO DE FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE CENTRO VIDA MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA			
COMPONENTE	FACTOR DE CARGA	CUANTIA	CARGA
VIGAS	24 KN/m3	9,04 m3	216,90 KN
CIELO RASO (ENTRAMADO METALICO SUSPENDIDO AFINADO EN YESO)	0,34 KN/m2	185,12 m2	62,94 KN
TECHO (TEJA TERMOACUSTICA Teja 3660X800mm 0.30mm Arquitectonica Galvanizada)	0,06 KN/m2	197,00 m2	11,02 KN
TUBO RECTANGULAR 120 x 60 x 2mm DE 6m, ESTRUCTURAL HR50	0,055 KN/m	164,80 m	9,06 KN
COLUMNAS	24 KN/m3	2,19 m3	52,49 KN
MUROS INTERNOS SIN PAÑETAR (0,15m) (MUROS ARQUITECTONICOS PARA OCULTAR TECHO)	2,00 KN/m2	27,36 m2	54,72 KN
CONTINUACIÓN COLUMNAS PARA AMARRE DE MUROS DE ANCLAJE DEL PERFIL DE ACERO	24 KN/m3	0,41 m3	9,72 KN
VIGA CORREA PARA TECHO	24 KN/m3	3,73 m3	89,52 KN
TOTAL DE CARGA			506,37 KN

Fuente: Autores del proyecto.

El cálculo de cargas da un resultado final de 506,37 KN, este peso corresponde a una masa de 50637 Kg.

- **Datos para el cálculo de F.H.E.** Para realizar el método de fuerza horizontal equivalente es necesario tener los siguientes datos:

Tabla 215: Datos del proyecto, para el cálculo de F.H.E.

DATOS DEL PROYECTO	
LOCALIZACIÓN	APULO
ZONA DE AMENAZA SISMICA	INTERMEDIA
USO	INSTITUCIONAL
SISTEMA ESTRUCTURAL	PORTICOS DUCTILES
PERFIL DE SUELO	D
GRUPO DE USO	3
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	1,25
Aa	0,2
Av	0,2
Fa	1,4
Fv	2

Fuente: Autores del proyecto.

La zona de amenaza sísmica y los coeficientes de aceleración horizontal pico efectiva “Aa” y velocidad horizontal pico efectiva “Av”, se extrajeron de la tabla del departamento de Cundinamarca que se encuentra dentro del apéndice A-4 del título A de la norma NSR10. Los coeficientes de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos “Fa” y el coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios “Fv” se identificaron en las tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 del mismo reglamento.

- **Periodo real aproximado de la estructura.** Se realiza el cálculo del periodo del periodo de vibración fundamental aproximado “Ta” de la estructura y el valor de “Cu”, y por último se realiza la comprobación descrita en la parte final del inciso A.4.2.1.

Para el cálculo del “Ta” se necesitan los siguientes datos:

Tabla 216: Datos para el cálculo del “Ta”.

h (m)	3,85 m
Ct	0,047
α	0,9

Fuente: Autores del proyecto.

Es importante resaltar que este periodo es aproximado, y más adelante dentro del desarrollo presente documento se calculara el periodo real de la estructura.

Los datos de C_t y α , se obtuvieron de la tabla A.4.2-1 que se muestra a continuación:

Tabla 217: Tabla A.4.2-1.

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9

Fuente: Título A de la norma NSR10.

Con los datos anteriores se calcula el valor del periodo de vibración fundamental aproximado "Ta". La fórmula para el cálculo de este valor esta descrita dentro del inciso A.4.2.2 en la ecuación A.4.2-3.

Tabla 218: Calculo del periodo fundamental de vibración de la estructura 3.

PERIODO DE VIBRACIÓN FUNDAMENTAL APROXIMADO (Ta)
0,16 Seg

Fuente: Autores del proyecto.

Ecuación 33: Ecuación para el cálculo del periodo fundamental aproximado "Ta".

$$T_a = C_t h^\alpha$$

Fuente: Título A de la NSR10.

Después de realizar el cálculo del "Ta" se procede a calcular el valor del "Cu" y se realiza la verificación de que no sea menor que 1,2, este requisito de la norma esta descrito al final del inciso A.4.2.1.

Tabla 219: Calculo del "Cu".

Cu
1,27
SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

- **Espectro de aceleración.** El espectro de aceleración para el cálculo de fuerza horizontal equivalente propuesto por la norma es el siguiente:

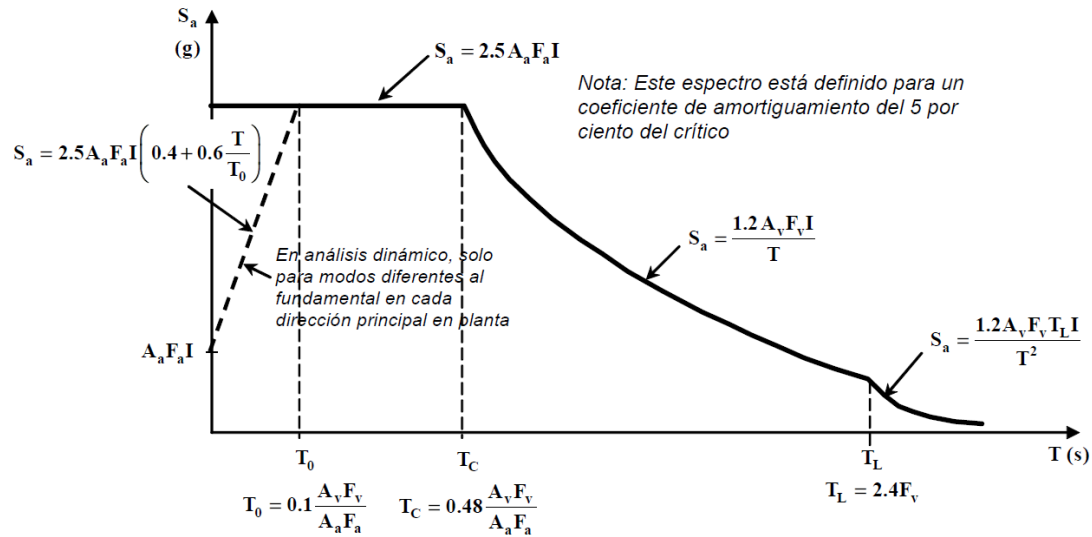


Ilustración 172: Espectro de aceleración.

Fuente: Título A de la NSR10, figura A.2.6-1.

El anterior espectro de aceleración se encuentra en el título A de la norma NSR10 en la figura A.2.6-1.

A continuación, se calcula mediante las ecuaciones descritas en la ilustración anterior, el periodo inicial “T₀”, el periodo corto “T_c”, el periodo largo “T_L”, y la aceleración “S_a”.

Tabla 220: Cálculo de T₀, T_c, T_L y S_a. Fuente: Autores del proyecto.

T₀	T_c
0,14 Seg	0,69 Seg
T_L	S_a
4,80 Seg	0,875

Fuente: Autores del proyecto.

Después de calcular estos datos, se realiza una tabla de dos columnas en donde se encuentra el periodo y la aceleración, de color amarillo en la primera columna, se diferencia los límites entre cada tipo de periodo, para cada tipo de periodo el valor de la aceleración se calcula con una ecuación diferente.

A continuación, se muestra la tabla anteriormente mencionada:

Tabla 221: Tabla para el cálculo del espectro de aceleración.

T	Sa		
0,00 Seg	0,875	1,00 Seg	0,600
0,05 Seg	0,875	1,25 Seg	0,480
0,10 Seg	0,875	1,50 Seg	0,400
0,14 Seg	0,875	1,75 Seg	0,343
0,15 Seg	0,875	2,00 Seg	0,300
0,20 Seg	0,875	2,25 Seg	0,267
0,25 Seg	0,875	2,50 Seg	0,240
0,30 Seg	0,875	2,75 Seg	0,218
0,35 Seg	0,875	3,00 Seg	0,200
0,40 Seg	0,875	3,25 Seg	0,185
0,45 Seg	0,875	3,50 Seg	0,171
0,50 Seg	0,875	3,75 Seg	0,160
0,55 Seg	0,875	4,00 Seg	0,150
0,60 Seg	0,875	4,25 Seg	0,141
0,65 Seg	0,875	4,50 Seg	0,133
0,69 Seg	0,875	4,75 Seg	0,126
0,70 Seg	0,857	4,80 Seg	0,125
0,75 Seg	0,800	5,00 Seg	0,115
0,80 Seg	0,750	5,25 Seg	0,104
0,85 Seg	0,706	5,50 Seg	0,095
0,90 Seg	0,667	5,75 Seg	0,087
0,95 Seg	0,632	6,00 Seg	0,080

Fuente Autores del proyecto.

Dentro de esta tabla están todos los valores de periodo y aceleración necesarios para tabular y crear el espectro de aceleración del proyecto.

El siguiente grafico muestra el espectro de aceleración que le corresponde al proyecto:

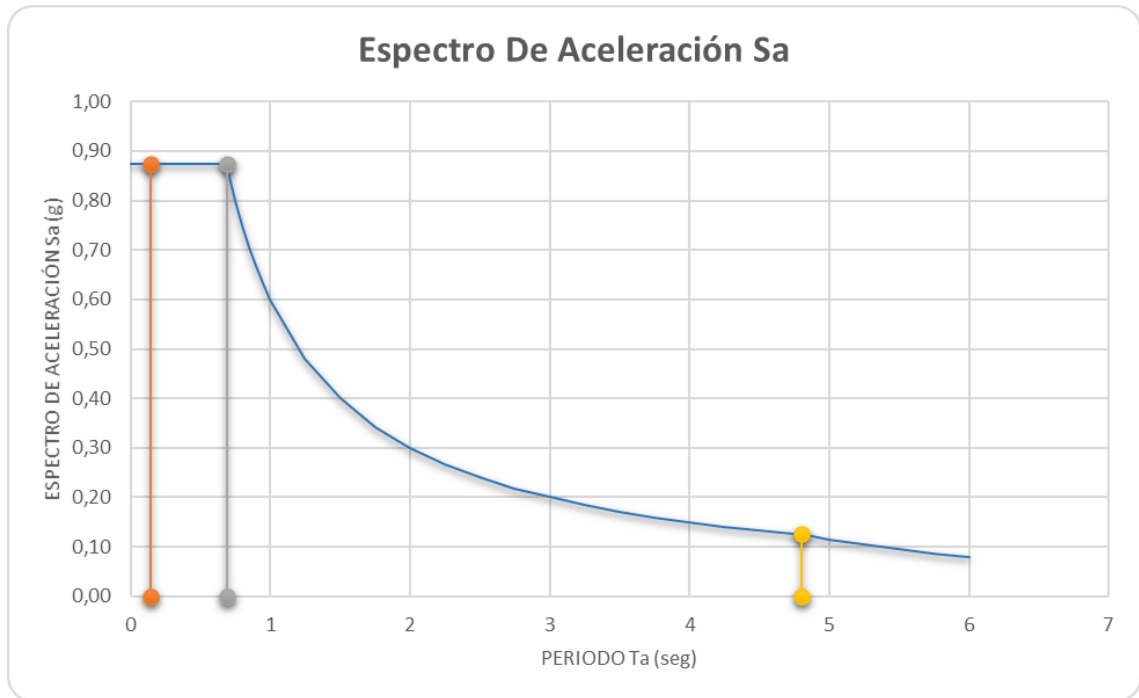


Gráfico 36: Espectro de aceleración correspondiente a la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

- **Calculo de Fuerza Horizontal Equivalente.** Para el cálculo de la F.H.E es necesario tener los tres datos importantes:

- La masa de la edificación (mi).
- La altura de la edificación (h).
- La cortante sísmica en la base (Vs).

A continuación, se realiza el cálculo de la cortante sísmica en la base:

Tabla 222: Cortante sísmica en la base, de la estructura 3 del Centro Vida.

V_s
443,07 KN

Fuente: Autores del proyecto.

Ecuación 34: Ecuación de cortante sísmica en la base.

$$V_b = S_s * M * g$$

Fuente: Título A de la NSR10, inciso A.4.3.

Esta cortante se calcula mediante la ecuación A.4.3-1, del inciso A.4.3 de la NSR10.

Mediante el cálculo de la masa de la edificación y la cortante sísmica en la base, se procede a realizar el método de Fuerza Horizontal Equivalente:

Tabla 223: Método de Fuerza Horizontal Equivalente – estructura 3 del Centro Vida.

ENTREPISO	h_{ni} (m)	m_i	$m_i * h_i^k$	C_{vi}	F_i (KN)	V_i (KN)
NIVEL 1	3,85 m	50636,84 Kg	194951,85 Kg*m	1,0	443,07 KN	443,07 KN
SUMATORIA	3,85 m	50636,84 Kg	194951,85 Kg*m	1,0	443,07 KN	443,07 KN

Fuente: Autores del proyecto.

La fuerza horizontal que experimenta el único nivel de la edificación es de 443.07 KN.

8.8.5.7 Verificación adicional - movimientos sísmicos umbral de daño. El propósito de la verificación del umbral de daño de la edificación, según la NSR10 en el inciso A.12.1 del título A (Título A - NSR10 , 2010) es el siguiente:

Preservar las edificaciones pertenecientes al grupo de uso IV, definido en A.2.5.1.1, y las incluidas en los literales (a), (b), (c) y (d) del grupo de uso III, tal como lo define A.2.5.1.2, esenciales para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de una emergencia, incluyendo un sismo, con el fin de garantizar que puedan operar durante y después de la ocurrencia de un temblor.

En el inciso A.12 del título A de la NSR10, se explica detalladamente como realizar la verificación del umbral de daño. En él se establece que la verificación se realiza mediante el método de análisis de Fuerza Horizontal Equivalente, es decir, que el umbral de daño se evalúa mediante este método, pero se realizan algunos cambios y son los siguiente:

- Reemplazo del “Aa” por el “Ad”.
- Utilización del coeficiente de sitio \bar{S} .
- Se utiliza el espectro de aceleraciones de la figura A.12.3-1, en lugar del espectro de aceleraciones de la figura A.2.6-1.
- Se transforma el “Vs” por el “Vsd” (aunque su ecuación sigue siendo la misma).
- El periodo inicial se toma como 0,25 segundos.

- **Cálculo de cargas del entrepiso.** El cálculo de cargas para la realización de la verificación adicional de movimientos sísmicos de umbral de daño será el mismo que se encuentra en la tabla 214 del presente documento. El cálculo de cargas en esta tabla da un resultado final de 506,37 KN, este peso corresponde a una masa de 50637 Kg.

- **Movimientos sísmicos del umbral de daño.** Lo primero que se debe de hacer para evaluar el umbral de daño es calcular los movimientos sísmicos. El inciso A.12.2 establece que el valor de aceleración pico efectiva “Aa” será reemplazado por el coeficiente que representa la aceleración pico efectiva “Ad”. El valor de “Ad” para el municipio de Apulo es de 0.06, este coeficiente se encuentra dentro del apéndice A-4 del título A de la norma NSR10, (en la tabla del departamento de Cundinamarca).

Después de realizar el cambio de la aceleración pico efectiva, los datos para el cálculo de la fuerza horizontal equivalente con umbral de daño son los siguientes:

Tabla 224: Datos del proyecto para el cálculo de F.H.E con la evaluación del umbral de daño - Estructura 3 del Centro Vida.

DATOS DEL PROYECTO	
LOCALIZACIÓN	APULO
ZONA DE AMENAZA SISMICA	INTERMEDIA
USO	INSTITUCIONAL
SISTEMA ESTRUCTURAL	PORTICOS DUCTILES
PERFIL DE SUELO	D
GRUPO DE USO	3
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	1,25
Ad	0,06
Av	0,2
Fv	2

Fuente: Autores del proyecto.

En la tabla anterior se observa el cambio de “Aa” por “Ad” y que ya no se necesitara el valor de “Fa”.

- **Periodo real aproximado de la estructura.** El periodo real aproximado se calcula de la misma manera que en el anterior ejemplo de F.H.E.

Con una altura de piso de 3.85 metros, un “Ct” de 0.047 y un “α” de 0.9, el periodo real aproximado “Ta” de la estructura es de aproximadamente 0.16 segundos. Se realiza la comprobación de que el “Cu” sea mayor a 1,2, en este caso el “Cu” tiene un valor de 1,27.

- **Espectro de aceleración.** El espectro de aceleración para el cálculo de fuerza horizontal equivalente con verificación de umbral de daño propuesto por la norma es el siguiente:

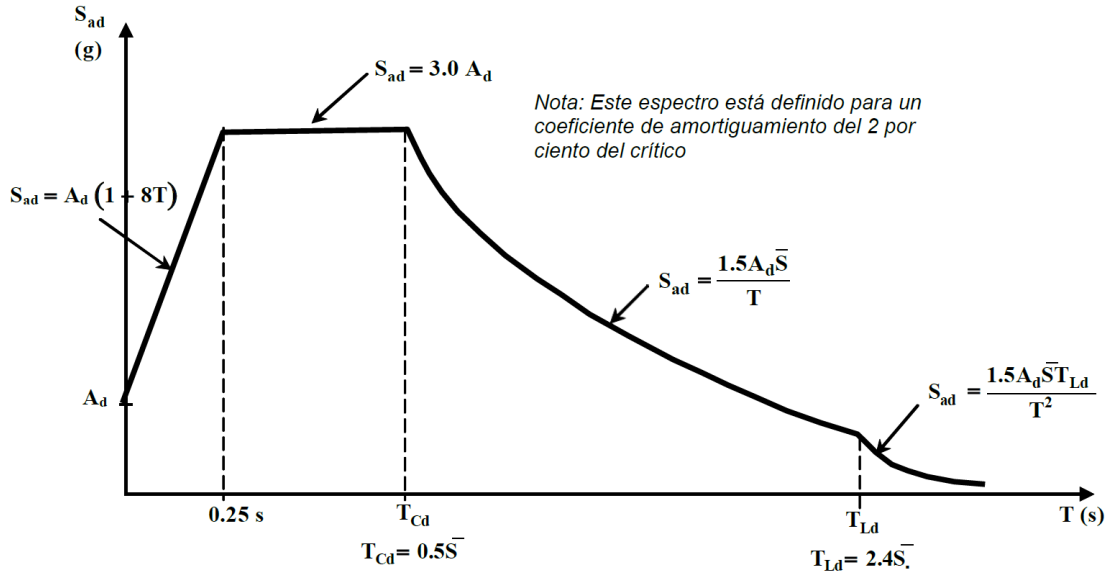


Ilustración 173: Espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño.

Fuente: Título A de la NSR10, figura A.12.3-1.

El anterior espectro de aceleración se encuentra en el título A de la norma NSR10 en la figura A.12.3-1.

A continuación, se calcula mediante las ecuaciones descritas en la ilustración anterior, el periodo corto “T_{cd}”, el periodo largo “T_{Ld}”, la aceleración “S_{ad}” y el coeficiente de sitio “S̄”. El coeficiente de sitio se calcula multiplicando 1.25 por el valor del “F_v”.

Tabla 225: Calculo de T_{cd}, T_{Ld} y S_{ad}. Fuente: Autores del proyecto.

	0,25 Seg
T_{cd}	1,25 Seg
T_{Ld}	6,00 Seg
S̄	2,50
S_{ad}	0,136

Fuente: Autores del proyecto.

Después de calcular estos datos, se realiza una tabla de dos columnas en donde se encuentra el periodo y la aceleración, de color amarillo en la primera columna, se diferencia los límites entre cada tipo de periodo, para cada tipo de periodo el valor de la aceleración se calcula con una ecuación diferente.

A continuación, se muestra la tabla anteriormente mencionada:

Tabla 226: Tabla para el cálculo del espectro de aceleración – Umbral de daño.

T	Sa
0,00 Seg	0,060
0,05 Seg	0,084
0,10 Seg	0,108
0,14 Seg	0,127
0,15 Seg	0,132
0,20 Seg	0,156
0,25 Seg	0,180
0,30 Seg	0,180
0,35 Seg	0,180
0,40 Seg	0,180
0,45 Seg	0,180
0,50 Seg	0,180
0,55 Seg	0,180
0,60 Seg	0,180
0,65 Seg	0,180
0,69 Seg	0,180
0,70 Seg	0,180
0,75 Seg	0,180
0,80 Seg	0,180
0,85 Seg	0,180
0,90 Seg	0,180
0,95 Seg	0,180
1,00 Seg	0,180
1,25 Seg	0,180
1,50 Seg	0,150
1,75 Seg	0,129
2,00 Seg	0,113
2,25 Seg	0,100
2,50 Seg	0,090
2,75 Seg	0,082
3,00 Seg	0,075
3,25 Seg	0,069
3,50 Seg	0,064
3,75 Seg	0,060
4,00 Seg	0,056
4,25 Seg	0,053
4,50 Seg	0,050
4,75 Seg	0,047
4,80 Seg	0,047
5,00 Seg	0,045
5,25 Seg	0,043
5,50 Seg	0,041
5,75 Seg	0,039
6,00 Seg	0,038
6,25 Seg	0,035
6,50 Seg	0,032
6,75 Seg	0,030
7,00 Seg	0,028
7,25 Seg	0,026

Fuente: Autores del proyecto.

Dentro de esta tabla están todos los valores de periodo y aceleración necesarios para tabular y crear el espectro de aceleración de umbral de daño del proyecto.

El siguiente grafico muestra el espectro de aceleración con umbral de daño que le corresponde al proyecto:

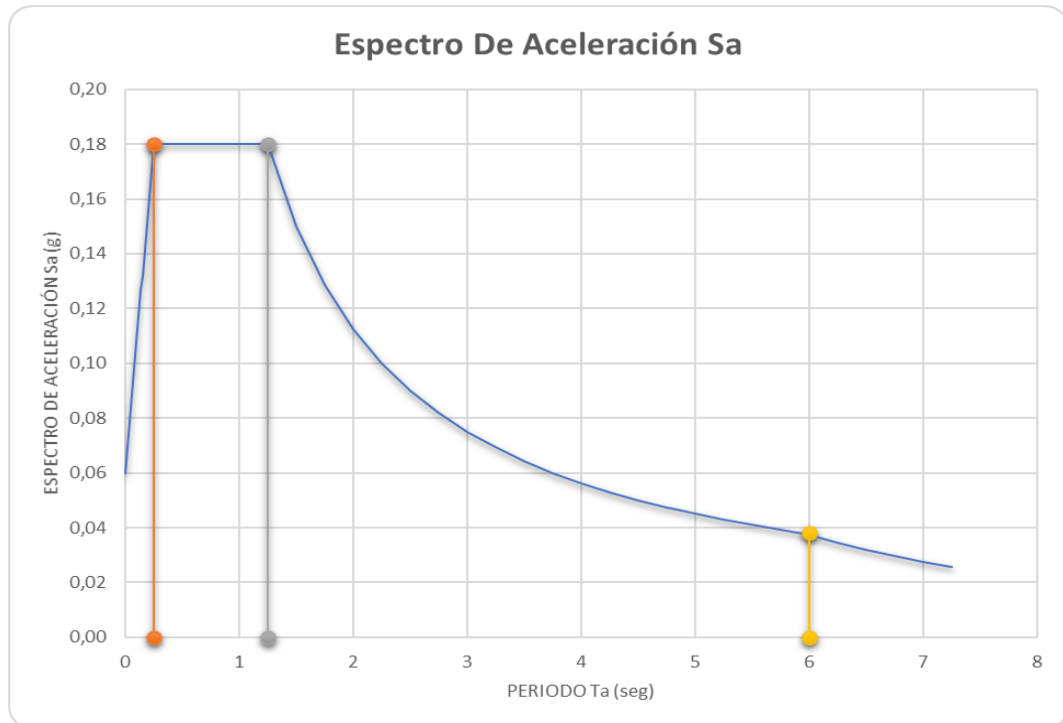


Gráfico 37: Espectro de aceleración para umbral de daño correspondiente a la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

- **Calculo de Fuerza Horizontal Equivalente.** Para el cálculo de la F.H.E es necesario tener los tres datos importantes:

- La masa de la edificación (mi).
- La altura de la edificación (h).
- La cortante sísmica en la base, para las fuerzas sísmicas del umbral de daño (V_{sd}).

A continuación, se realiza el cálculo de la cortante sísmica en la base:

Tabla 227: Cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño, de la estructura 3 del Centro Vida.

V_{sd}	68,82 Seg
-----------------------	------------------

Fuente: Autores del proyecto.

Ecuación 35 : Ecuación de cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño.

$$V_{sd} = S_{ad} g M$$

Fuente: Título A de la NSR10, inciso A.12.4.3.2.

Esta cortante se calcula mediante la ecuación A.12.4-1, del inciso A.12.4.3.2 de la NSR10.

Mediante el cálculo de la masa de la edificación y la cortante sísmica en la base para las fuerzas sísmicas del umbral de daño, se procede a realizar el método de Fuerza Horizontal Equivalente:

Tabla 228: Método de Fuerza Horizontal Equivalente con verificación de Umbral de daño – estructura 3 del Centro Vida.

ENTREPISO	h_{ni} (m)	m_i	m_i * h_i^k	C_{vi}	F_i (KN)	V_i (KN)
NIVEL 1	3,85 m	50636,84 Kg	50636,84 Kg*m	1,0	68,82 KN	68,82 KN
SUMATORIA	3,85 m	50636,84 Kg	50636,84 Kg*m	1,0	68,82 KN	68,82 KN

Fuente: Autores del proyecto.

La fuerza horizontal de umbral de daño que experimenta el único nivel de la edificación es de 68.82 KN.

8.8.5.8 Modelación estructural para verificación de derivas. Después de obtener la cortante sísmica mediante el método de F.H.E, se procede a realizar la modelación de la estructura en el software de diseño Robot Structural Analysis Professional.

Se manejarán dos documentos de modelaciones diferentes, uno para verificación de las derivas y el otro para el diseño de la estructura. Véase en el anexo 24 los documentos de las modelaciones en robot de la estructura 3 del Centro Vida.

A continuación, se podrá observar el proceso de modelación dentro del programa, la obtención de datos y el correspondiente análisis que se realiza a cada uno de ellos:

- **Definir unidades.** En este primer paso se definen las unidades de medida que se utilizarán a lo largo de la modelación y análisis estructural.

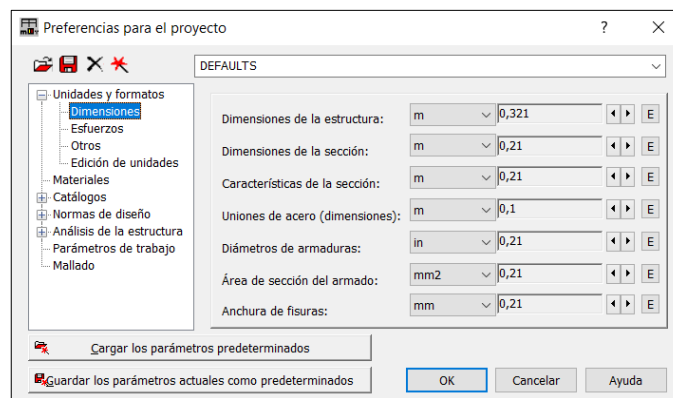


Ilustración 174: Definición de unidades para las dimensiones.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional

En esta ventana se definen las unidades que se utilizarán para las dimensiones de la estructura y todos sus componentes.

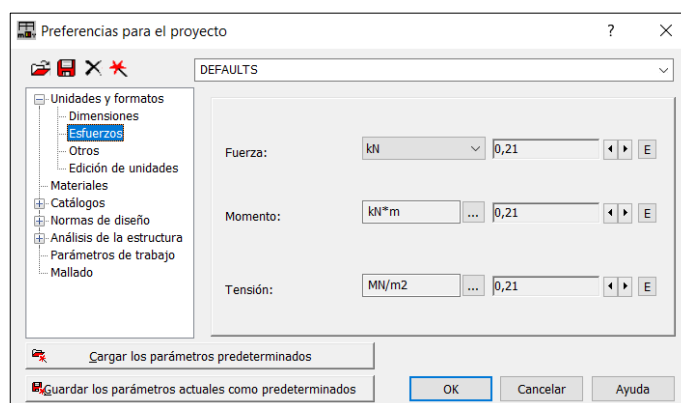


Ilustración 175: Definición de unidades para los esfuerzos.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional

En esta ventana las unidades se utilizarán para los esfuerzos, como lo son los esfuerzos de fuerza, de momento y de tensión.

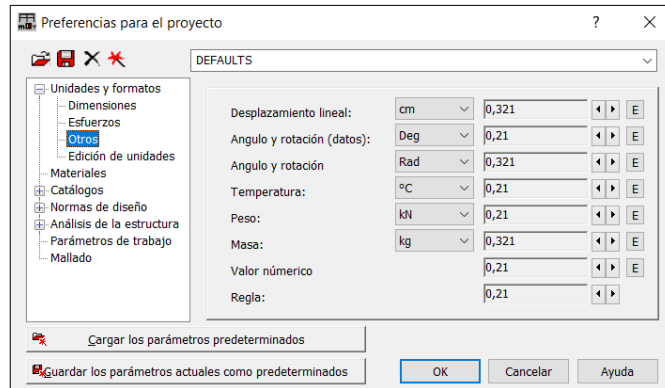


Ilustración 176: Definición de unidades para otros tipos de variables.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En esta ventana se establecen las unidades a variables importantes como lo son los desplazamientos lineales. Es importante definir estos desplazamientos en centímetros, ya que facilita el proceso de identificación de los valores de las derivas.

- **Creación de materiales.** Se procede a crear el material que se utilizara para el diseño de la estructura, en este caso, se utilizara concreto de 21 MPa (3000 PSI) para todos los elementos estructurales.

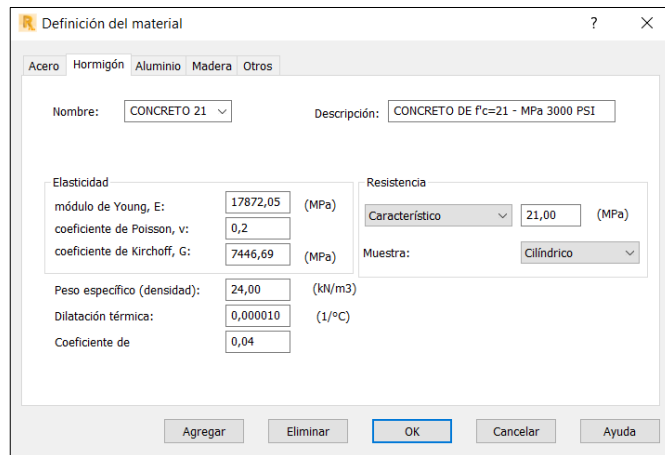


Ilustración 177: Creación del material de concreto de 21 MPa.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Al momento de crear el material el programa pide agregar las propiedades del material, entre ellas se encuentran:

- Módulo de Young (E).
- Coeficiente de Poisson (v).

- Coeficiente de Kirchoff (G).
- Dilatación térmica.
- Peso específico del concreto armado.
- Resistencia.

- **Ejes estructurales.** Los ejes estructurales se ingresaron al programa manualmente; se ingresaron las mismas distancias entre ejes que se encontraban en los diseños realizados en AutoCAD. En total se ingresaron 4 ejes con dirección en X y 6 ejes con dirección en Y.

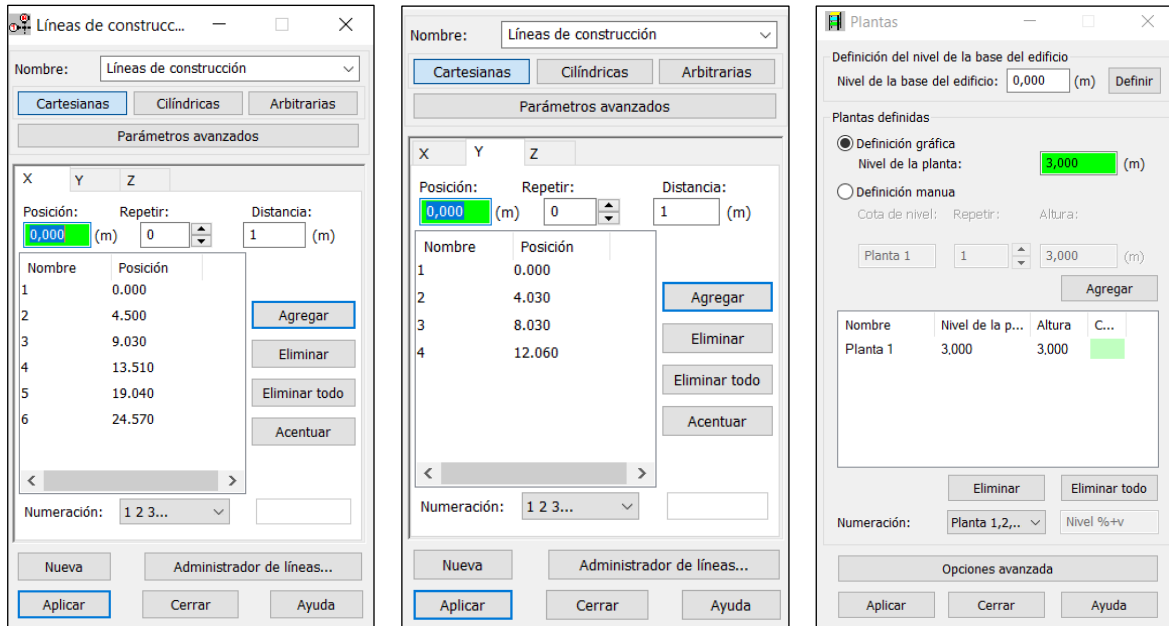


Ilustración 178: Creación de los ejes estructurales de la edificación 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

También se ingresó la planta del proyecto, que en este caso era una sola con una altura de 3 metros.

Creación de secciones. Se crean las secciones de las vigas y las columnas, las dimensiones para las vigas son de 0,3m de base por 0,35m de peralte y las dimensiones para la columna son de 0,3m x 0,3m.

Las medidas de las columnas obtenidas en el predimensionamiento son de 0,25m x 0,25m, pero se decidió utilizar dimensiones de 0.3m x 0.3m, debido a que las columnas del predimensionamiento después de ser analizarlas en el programa no cumplían con la deriva máxima permitida por la norma NSR10.

A continuación, en las siguientes ilustraciones se observa las propiedades que se les dio a las columnas y vigas dentro del software de diseño estructural:

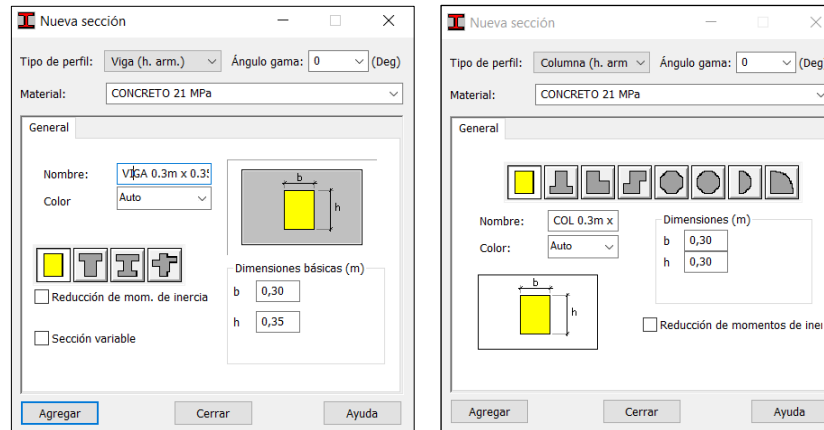


Ilustración 179: Creación de sección de vigas y de columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Dibujo de vigas.** Después de crear la sección de la viga se procede a dibujarlas dentro del modelo. El proceso de dibujo se lleva de manera organizada, con el fin de que sea fácil poder identificar más adelante estos elementos estructurales.

En la siguiente ilustración se observa el resultado del dibujo:

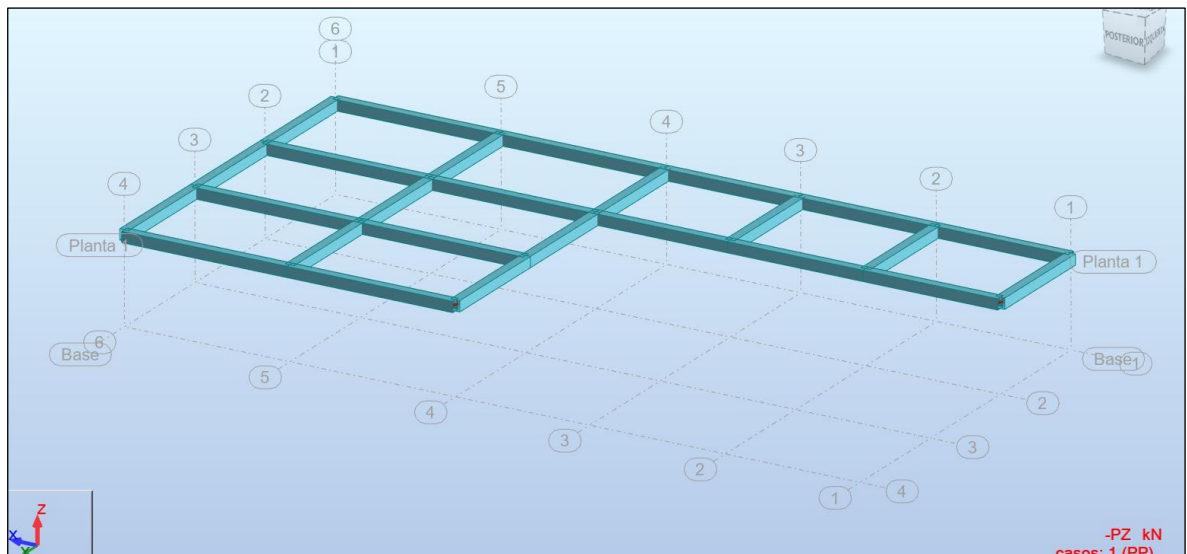


Ilustración 180: Dibujo de vigas de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Dibujo de columnas.** Después de crear la sección de la columna se procede a dibujarlas dentro del modelo. El proceso de dibujo se lleva de manera organizada, con el fin de que sea fácil poder identificar más adelante estos elementos estructurales.

En la siguiente ilustración se observa el resultado del dibujo:

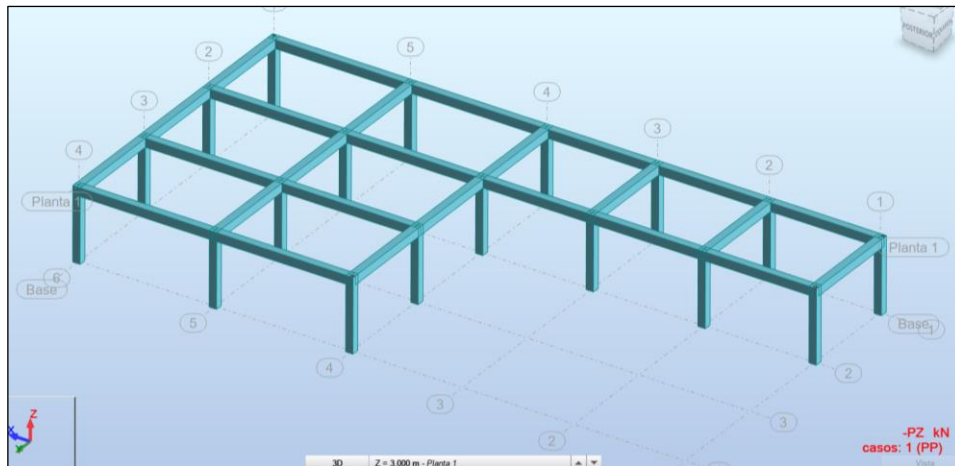


Ilustración 181: Dibujo de columnas de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Dibujo de cubierta liviana.** La representación de la cubierta liviana dentro del modelo matemático se realizó mediante cerramientos. Los cerramientos son herramientas de dibujo que permiten representar este tipo de cubiertas livianas, ya que no poseen ninguna propiedad y permiten ingresar sobre ellas las cargas correspondientes al peso de las tejas de los perfiles de acero, de la mampostería y de la viga de amarre.

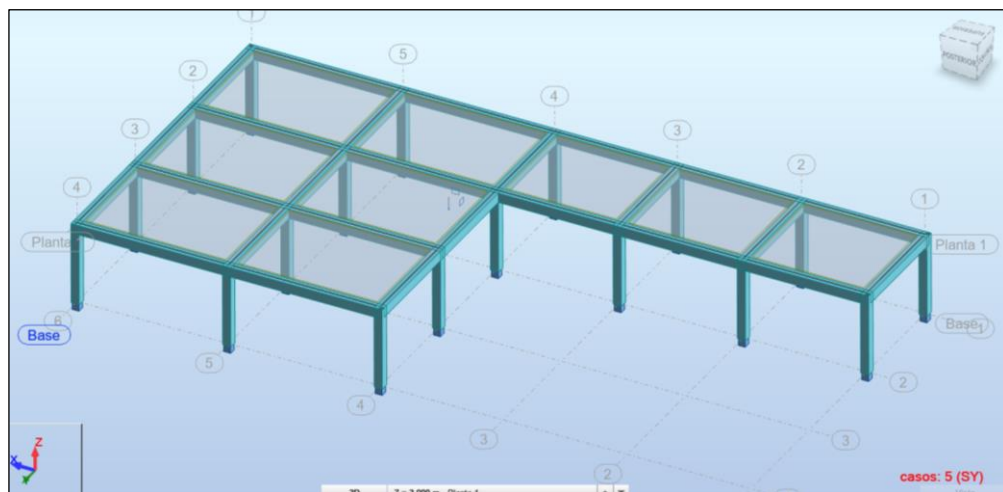


Ilustración 182: Dibujo de la cubierta liviana de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Es importante aclarar que las cargas dentro de los cerramientos se distribuyen en dos direcciones. El proceso de dibujo se lleva de manera organizada, con el fin de que sea fácil poder identificar cada uno de estos elementos.

- **Creación de apoyos.** Con el dibujo de las columnas automáticamente se genera un apoyo en la parte inferior de estas, pero este apoyo que genera el programa no tiene las propiedades necesarias, por esta razón es de importancia verificar y hacer que dicho apoyo este empotrado, es decir, que este bloqueado en todos los sentidos.

En la siguiente ilustración se evidencia la creación y asignación del apoyo empotrado:

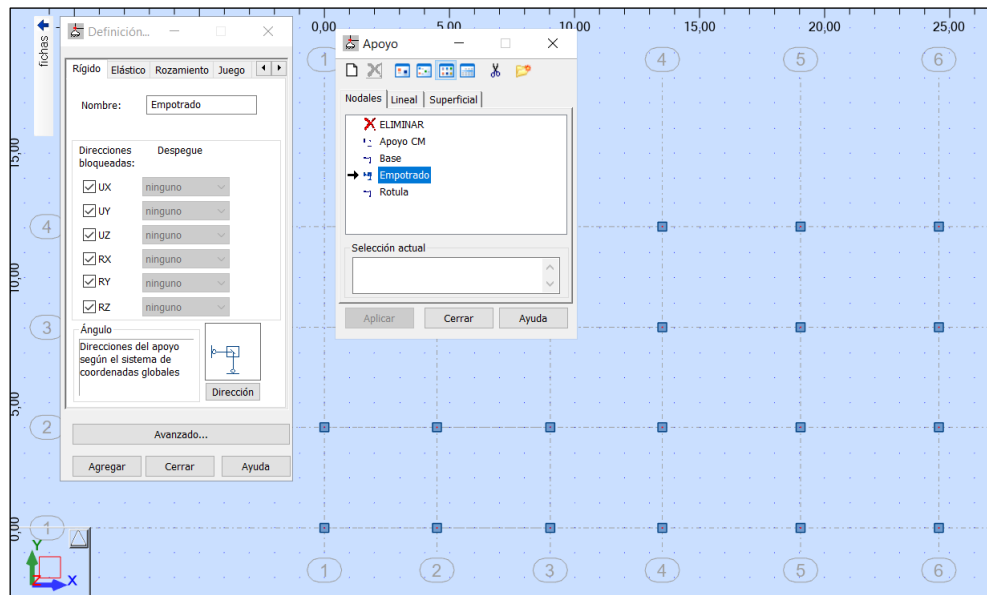


Ilustración 183: Creación de apoyo empotrado.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de los casos de carga.** En esta fase se realiza la creación de los casos de carga principales para el análisis de la estructura. Estos casos son los siguientes:

- Carga por peso propio (P.P).
- Carga Muerta (C.M).
- Carga viva (C.V).

Al momento de crear los casos de carga por peso propio y de cargas muertas es importante crearlos como tipo de carga permanente. Para el caso de carga viva se debe crear como tipo de carga de explotación de categoría A.

En la siguiente ilustración se muestran los casos de carga creados dentro del programa:

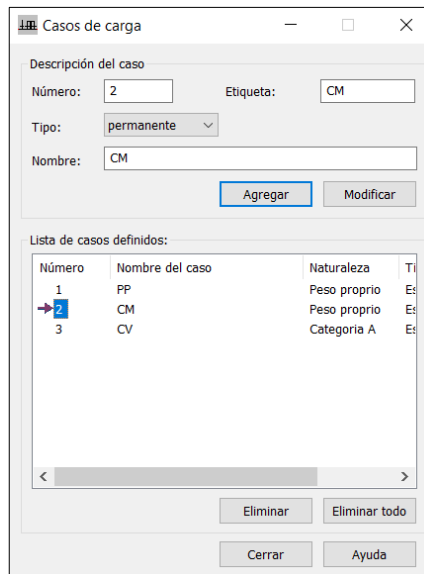


Ilustración 184: Casos de carga P.P, C.M y C.V, de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Inserción de valores de carga.** Después de crear los casos de carga se procedió a insertar las cargas dentro del modelo. Se inserto una carga muerta de 0.78 KN/m2 correspondiente al peso de la cubierta liviana y una carga viva de 0.35 KN/m2 correspondiente a la carga de cubierta inclinada con más de 15° de pendiente en estructura metálica.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de inserción de la carga muerta:

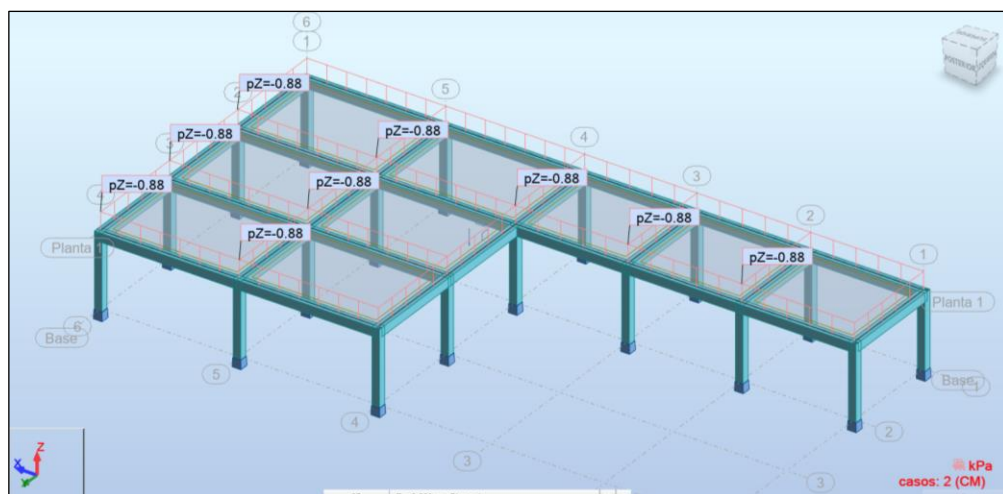


Ilustración 185: Inserción de carga muerta de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de inserción de la carga viva:

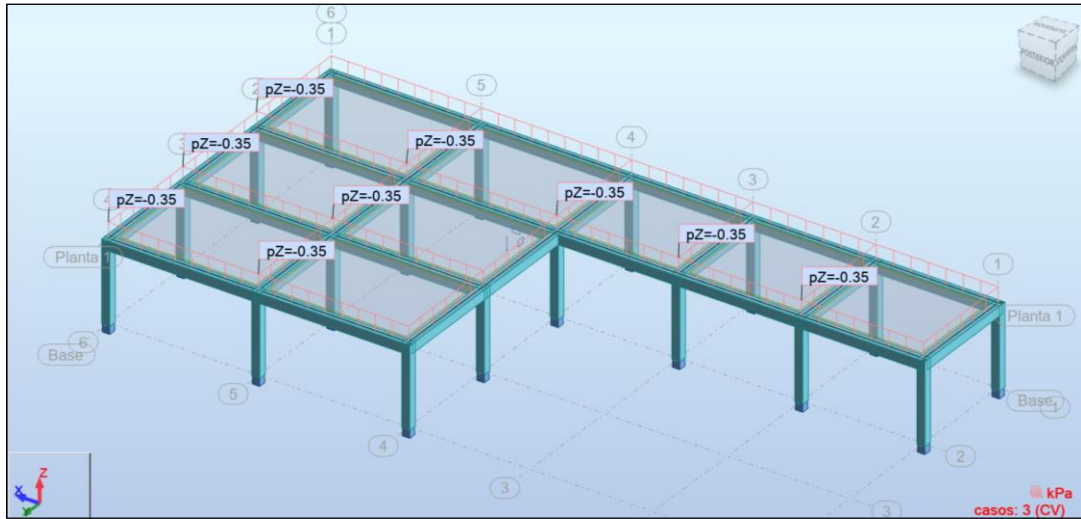


Ilustración 186: Inserción de carga viva de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Calculo parcial de del modelo matemático.** Se procedió a calcular el programa, con el objetivo de determinar las coordenadas del centro de masa y el centro de rigidez de la estructura.

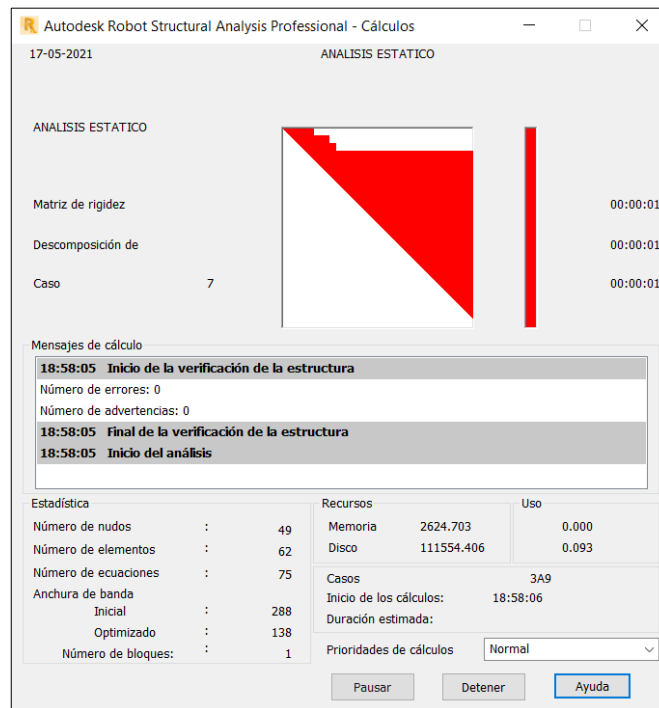


Ilustración 187: Calculo parcial del modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Determinación del centro de masa.** Al momento de la ocurrencia de un temblor, las fuerzas sísmicas que este provoca se van a concentrar en el centro de masa, por esto, es importante conocer las coordenadas de dicho punto antes de ingresar las fuerzas sísmicas obtenidas del análisis de Fuerza Horizontal Equivalente y la evaluación del umbral de daño.

En la siguiente ilustración se muestra las coordenadas del centro de masa de la estructura 3 del Centro Vida.

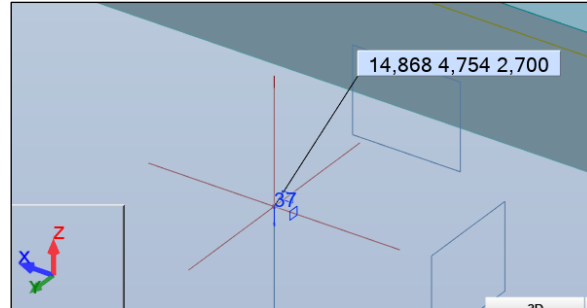


Ilustración 188: Coordenadas del centro de masa.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Después de identificar el centro de masa se procede a crear un nodo en este mismo punto y a este nodo se le asigna un apoyo con las siguientes configuraciones:

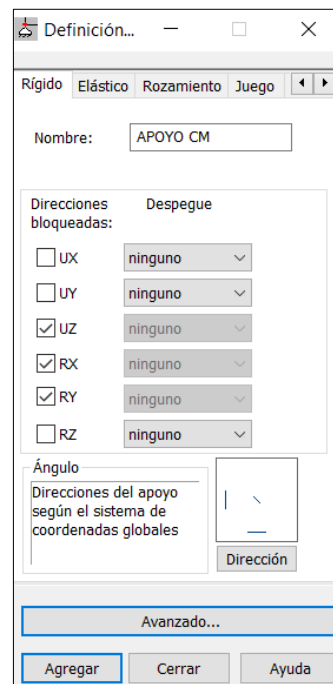


Ilustración 189: Configuración de apoyo del centro de gravedad.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la anterior ilustración se observa las direcciones bloqueadas que se deben de seleccionar para crear este tipo de apoyo.

En la siguiente ilustración se muestra el centro de gravedad, con el nodo y el apoyo creado:

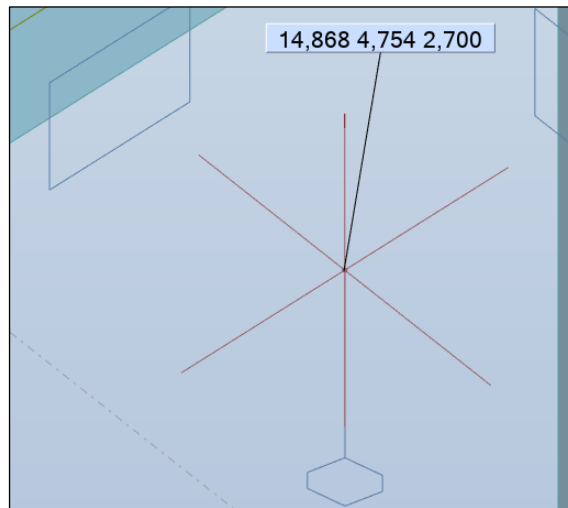


Ilustración 190: Centro de masa, con el respectivo nodo y apoyo.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de diafragma rígido.** Teniendo creado el nodo y el apoyo en las coordenadas del centro de masa, se procede a establecer el diafragma rígido de la estructura.

En la siguiente ilustración se puede observar el diafragma rígido:

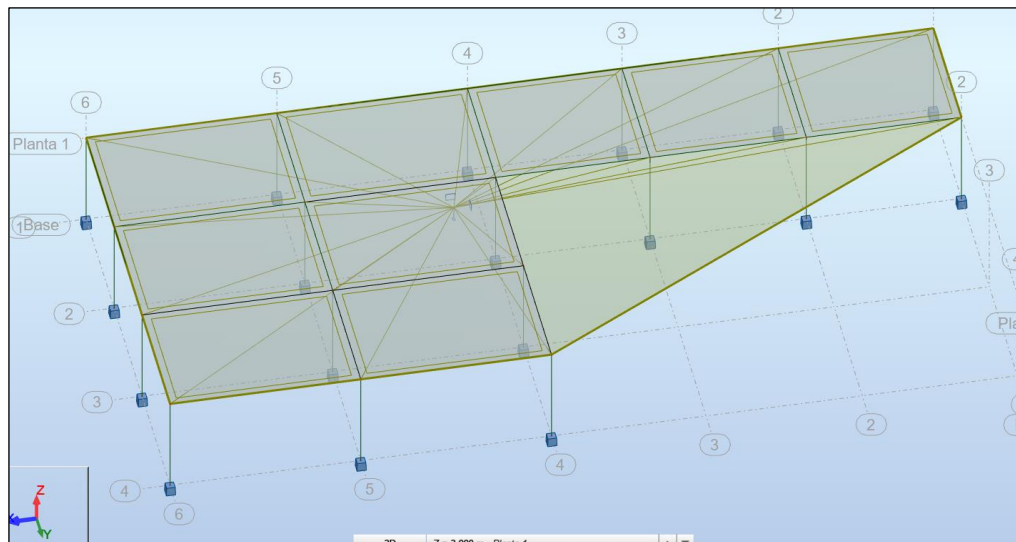


Ilustración 191: Diafragma rígido de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

El diafragma rígido permite que la fuerza sísmica que enfrentan todos los nodos sea conducida al nodo donde se encuentra el centro de masa.

- **Creación de casos de carga de sismo.** Se procede a crear dentro del modelo matemático en Robot los casos de carga correspondientes a las cargas de sismo en la dirección X y en la dirección Y.

En la siguiente imagen se observa la creación de los casos de carga dentro del programa:

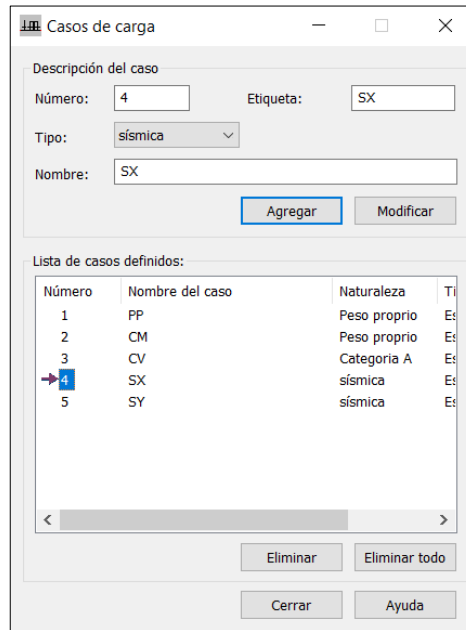


Ilustración 192: Creación de casos de carga SX y SY.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Al momento de crear los casos de carga es importante seleccionar en la característica “tipo” la opción de carga sísmica.

- **Inserción de fuerzas sísmicas (SX – SY).** Se realiza el proceso de inserción de las fuerzas sísmicas al modelo matemático de la estructura. Las fuerzas sísmicas se obtuvieron del análisis de Fuerza Horizontal Equivalent, en la siguiente tabla se muestra la fuerza sísmica total que se debe de ingresar al programa:

Tabla 229: Fuerza sísmica total.

	F_i (KN)
ANALISIS F.H.E	443,07 KN

Fuente: Autores del proyecto

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de inserción de la carga sísmica en el eje X (SX):

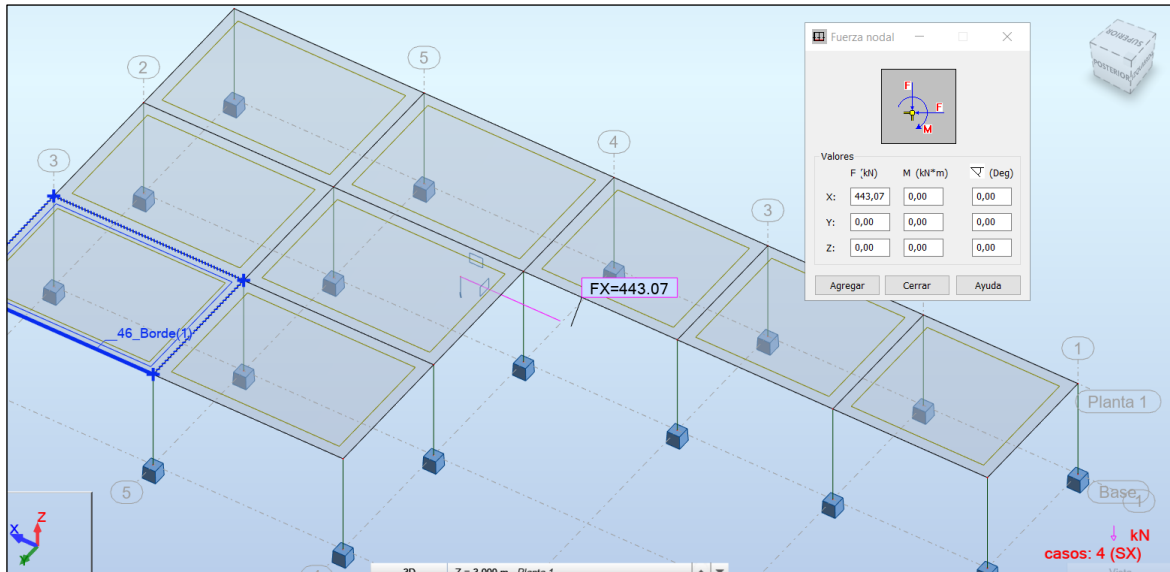


Ilustración 193: Inserción de cargas sísmicas en X, estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de inserción de la carga sísmica en el eje Y (SY):

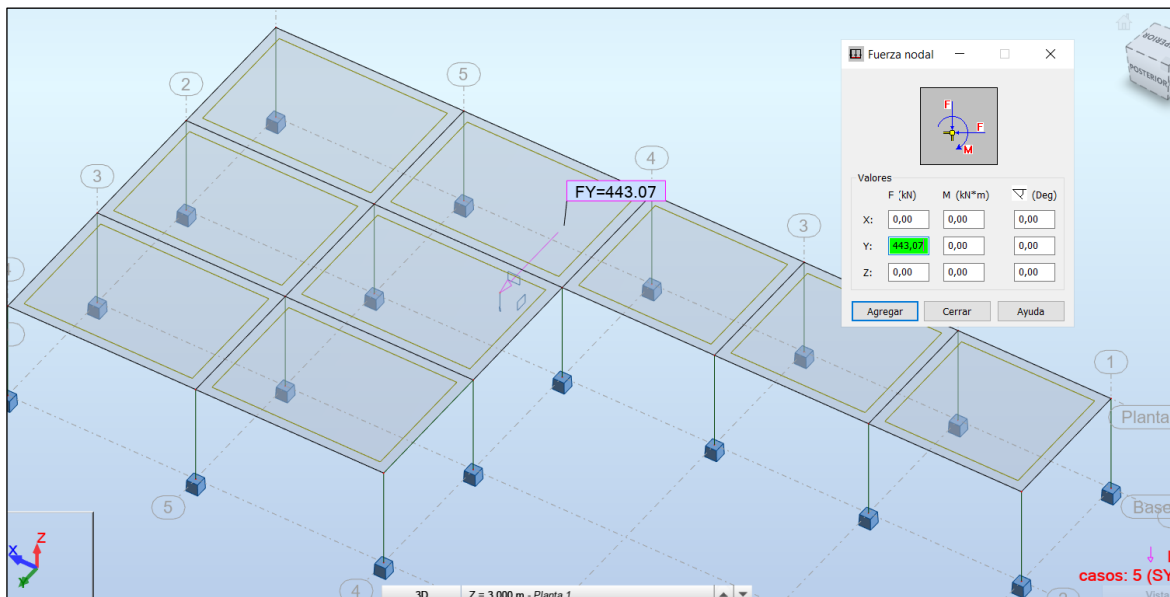


Ilustración 194: Inserción de cargas sísmicas en Y, estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de casos de carga de torsión accidental.** Se procede a crear dentro del modelo matemático en Robot los casos de carga correspondientes a las a la torsión accidental de la estructura.

En la siguiente imagen se observa la creación de los casos de carga dentro del programa:

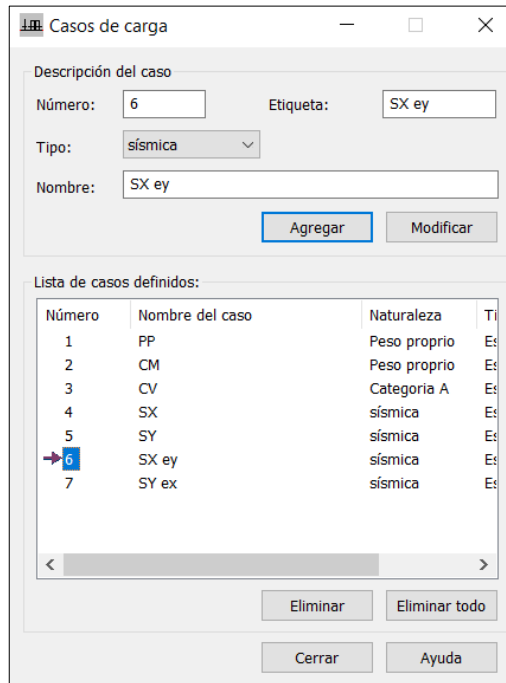


Ilustración 195: Creación de casos de carga de torsión accidental.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Evaluación de torsión accidental.** La torsión accidental se especifica dentro del inciso A.3.6.7.1 del título A de la NSR10. El texto establece que debe de suponerse que la masa de todos los pisos de la estructura esta desplazada transversalmente hacia cualquiera de los dos lados del punto de donde se localiza el centro de masa, y que esa distancia que se desplaza se puede determinar calculando el 5% de la dimensión de la edificación en ese piso, medida en la dirección perpendicular a la dirección en estudio.

Esto quiere decir que, si se evalúa el sismo en dirección X, se debe de calcular el 5% de la longitud del lado que es paralelo a la dirección en Y. De acuerdo con este concepto en la siguiente tabla se puede observar el cálculo de la torción accidental de la edificación 1 del Centro Vida.

Tabla 230: Dimensiones de la edificación 2 del Centro Vida.

NIVEL 1	
Lx (m)	24,8
Ly (m)	12,3

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 231: Calculo de torsión accidental.

TORCIÓN ACCIDENTAL	
SX	443,07 KN
SY	443,07 KN
ex acc	1,240 m
ey acc	0,615 m
SX ey	272,49 KN*m
SY ex	549,41 KN*m

Fuente: Autores del proyecto.

En total se experimenta un momento torsional respecto a X de 272.49 KN*m y un momento torsional respecto en Y de 594.41 KN*m.

A continuación, en la siguiente ilustración se observa el ingreso del momento torsional respecto al eje X, dentro del modelo matematico en Robot:

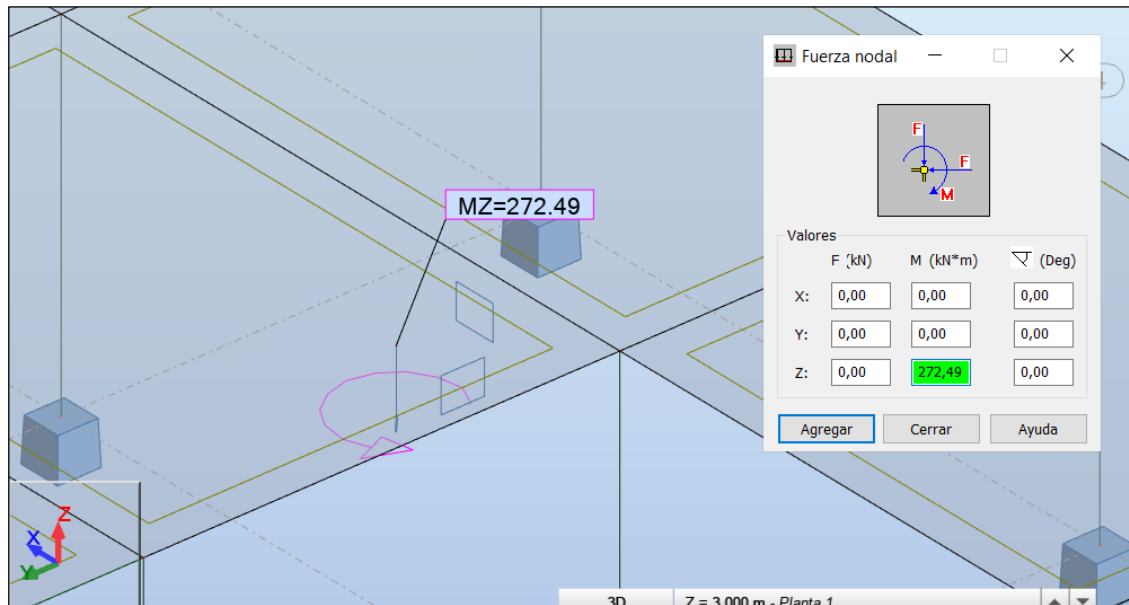


Ilustración 196: Inserción del momento torsional debido a la dirección X.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente ilustración se observa el ingreso del momento torsional respecto al eje Y, dentro del modelo matemático en Robot:

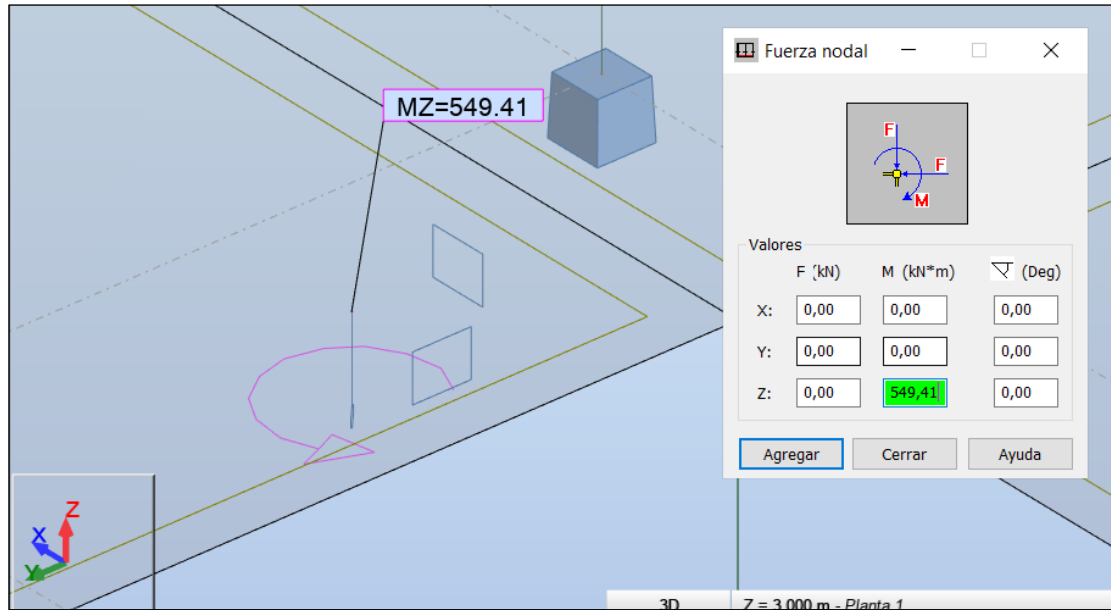


Ilustración 197: Inserción del momento torsional debido a la dirección Y.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Creación de los casos de carga.** Se realizan las correspondientes combinaciones de carga con el objetivo de calcular los desplazamientos horizontales que experimenta la estructura:

A continuación, se exponen las combinaciones de cargas realizadas para dicha verificación:

Tabla 232: Combinaciones de carga para comprobación de derivas de la estructura 2 del Centro Vida.

Combinación	Nombre	Tipo de análisis	Tipo de combin	Naturaleza de caso	Definición
8 (C)	SX + SX ey	Combinación line	ACC	sísmica	(4+6)*1.00
9 (C)	SX - SX ey	Combinación line	ACC	sísmica	4*1.00+6*-1.00
10 (C)	-SX + SX ey	Combinación line	ACC	sísmica	4*-1.00+6*1.00
11 (C)	-SX - SX ey	Combinación line	ACC	sísmica	(4+6)*-1.00
12 (C)	SY + SY ex	Combinación line	ACC	sísmica	(5+7)*1.00
13 (C)	SY - SY ex	Combinación line	ACC	sísmica	5*1.00+7*-1.00
14 (C)	-SY + SY ex	Combinación line	ACC	sísmica	5*-1.00+7*1.00
15 (C)	-SY - SY ex	Combinación line	ACC	sísmica	(5+7)*-1.00

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Comprobación de derivas.** Después de realizar los pasos anteriores se procede a calcular nuevamente el modelo matemático, con el objetivo de realizar la comprobación de derivas.

Se generaron las tablas de desplazamientos para cada uno de los casos y combinaciones de carga, vease en el anexo 23 el documento en excel donde se puede evidenciar detalladamente cada una de las tablas exportadas del software Robot. Para el cálculo de la deriva máxima se utilizó la siguiente ecuación del título A de la NSR10.

Ecuación 36: Deriva máxima.

$$\Delta_{\max}^i = \sqrt{\sum_{j=1}^2 \left(\delta_{\text{tot},j}^i - \delta_{\text{tot},j}^{i-1} \right)^2}$$

Fuente: Inciso A.6.3.1.2 del título A de la NSR10.

El porcentaje mínimo de deriva permitido por la NSR10 es el siguiente:

Tabla 233: Derivas máximas como porcentaje de h_{pi}.

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	1.0% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.010 h_{pi} \right)$
de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	0.5% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.005 h_{pi} \right)$

Fuente: Tabla A.6.4-1 del título A de la NSR10.

De acuerdo a lo establecido en la tabla anterior, para estructuras de concreto reforzado se realiza la verificación de que las derivas máximas no superen el 1% de la altura del piso.

En la siguiente tabla se muestra el proceso de cálculo de las derivas máximas y se realiza la verificación de que no excedan el porcentaje de deriva máximo establecido en la tabla A.6.4-1 del título A de la NSR10.

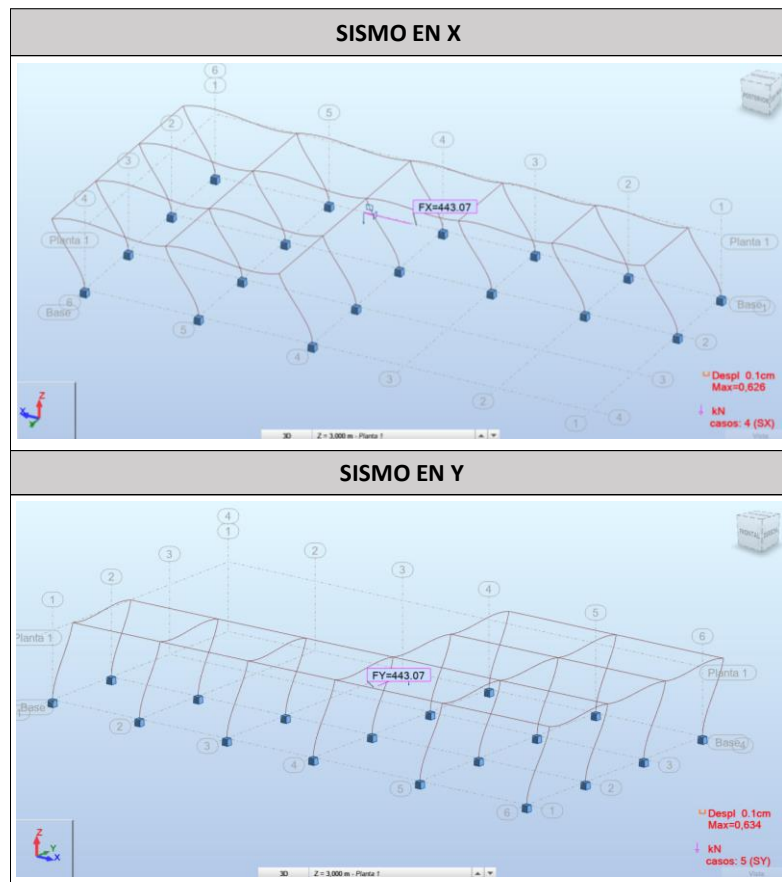
Tabla 234: Calculo y verificación de deriva máxima de la estructura 2 del Centro Vida.

NUDO	CASO	UX	UY	δ	hpi	δ MAXIMA	CUMPLE / NO CUMPLE
3	SX	0,62100 cm	0,01400 cm	0,62116 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
3	SY	0,02400 cm	0,63200 cm	0,63246 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
13	SX ey	0,02000 cm	0,06400 cm	0,06705 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
13	SY ex	0,04100 cm	0,13000 cm	0,13631 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
13	+SX + SX ey	0,62400 cm	0,04400 cm	0,62555 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
3	+SX - SX ey	0,65400 cm	0,06000 cm	0,65675 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
3	-SX + SX ey	0,65400 cm	0,06000 cm	0,65675 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
13	-SX - SX ey	0,62400 cm	0,04400 cm	0,62555 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
3	+SY + SY ex	0,09100 cm	0,72300 cm	0,72870 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
13	+SY - SY ex	0,02700 cm	0,68400 cm	0,68453 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
13	-SY + SY ex	0,02700 cm	0,68400 cm	0,68453 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE
3	-SY - SY ex	0,09100 cm	0,72300 cm	0,72870 cm	3,00 m	3,00 cm	SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Se comprueba que cumplieran las derivas maximas para cada uno de los casos y combinaciones de carga. En la siguiente tabla se observa evidencia de los desplazamientos en el eje X y Y, dentro de la modelación en Robot Structural.

Tabla 235: Desplazamientos horizontales.



Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Verificación de derivas máximas para el umbral de daño.** Para realizar la verificación del umbral de daño de la estructura, se modifica la fuerza de sismo del modelo matemático, por la obtenida en el análisis de F.H.E de umbral de daño.

Se procede a cambiar la fuerza de 443,07 KN por la obtenida en la evaluación del umbral de daño que corresponde a 68,82 KN, en la siguiente ilustración se observa el proceso:

- **Inserción de SX:**

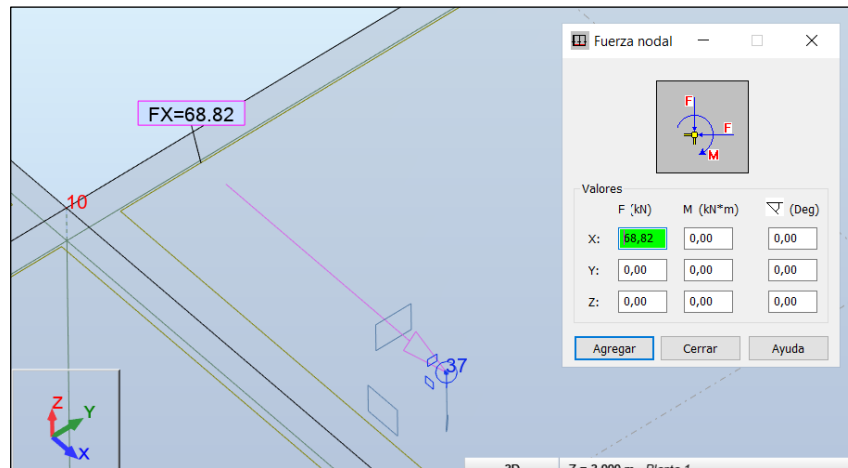


Ilustración 198: Inserción de carga SX de umbral de daño al modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Inserción de SY:**

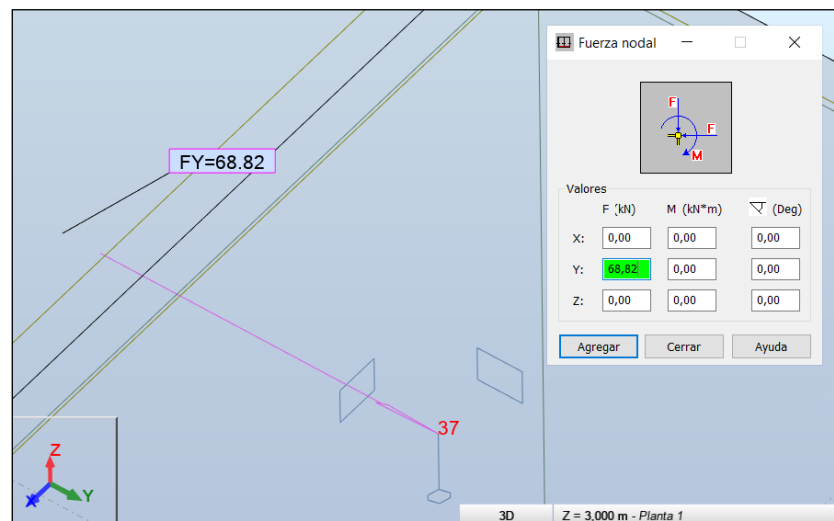


Ilustración 199: Inserción de carga SY de umbral de daño al modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Inserción de SX ey:**

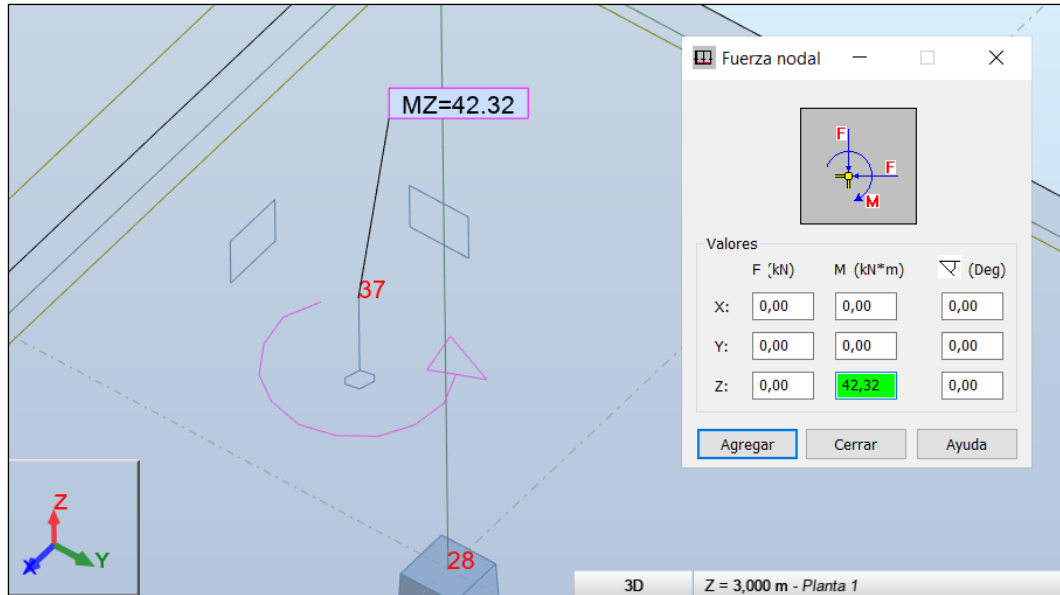


Ilustración 200: Inserción de momento SX ey y de umbral de daño al modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Inserción de SY ex:**

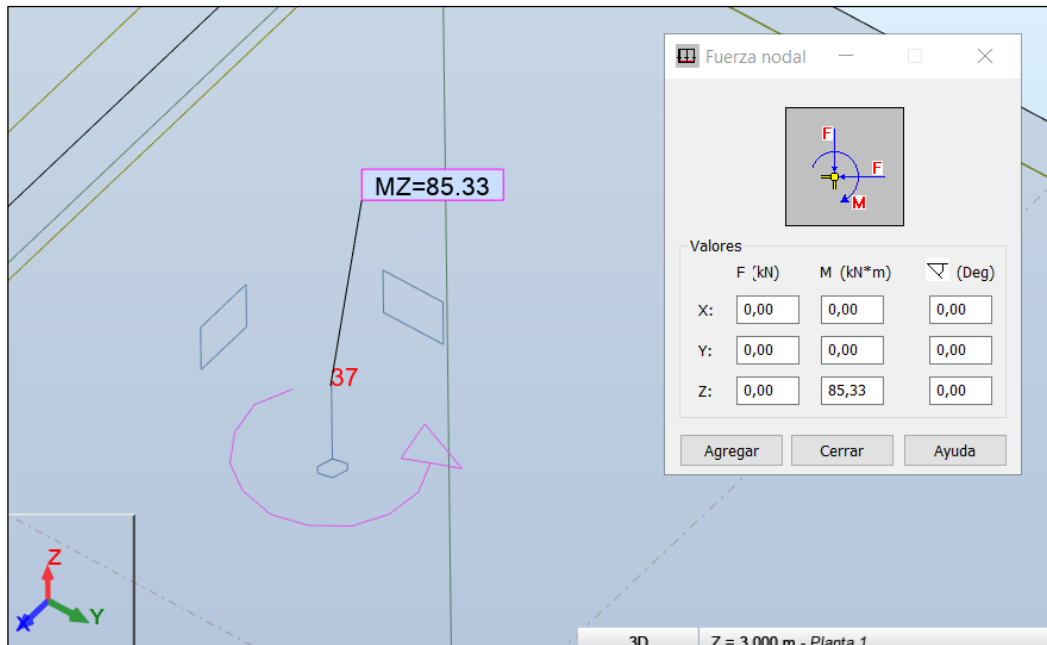


Ilustración 201: Inserción de momento SX ey y de umbral de daño al modelo matemático.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Después de realizar los pasos anteriores se procede a calcular nuevamente el modelo matemático, con el objetivo de realizar la comprobación de derivas.

Se generaron las tablas de desplazamientos para cada uno de los casos y combinaciones de carga, véase en el anexo 23 el documento en Excel donde se puede evidenciar detalladamente cada una de las tablas exportadas del software Robot. Para el cálculo de la deriva máxima se utilizó la siguiente ecuación del título A de la NSR10.

Ecuación 37: Deriva máxima.

$$\Delta_{\max}^i = \sqrt{\sum_{j=1}^2 \left(\delta_{\text{tot},j}^i - \delta_{\text{tot},j}^{i-1} \right)^2}$$

Fuente: Inciso A.6.3.1.2 del título A de la NSR10.

Se realiza la verificación de deriva, mediante el porcentaje mínimo de deriva permitida establecido para umbral de daño en la siguiente tabla:

Tabla 236: Derivas máximas como porcentaje de h_{pi}, para umbral de daño.

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.1	0.40% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.0040 h_{pi} \right)$
de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.2	0.20% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.0020 h_{pi} \right)$

Fuente: Tabla A.12.5-1 del título A de la NSR10.

De acuerdo con lo establecido en la tabla anterior, para estructuras de concreto reforzado se realiza la verificación de que las derivas máximas no superen el 0.4% de la altura del piso.

En el caso de que no se cumpla con la deriva de umbral de daño, se debe de rigidizar la estructura.

En la siguiente tabla se muestra el proceso de cálculo de las derivas máximas y se realiza la verificación de que no excedan el porcentaje de deriva máximo establecido en la tabla A.12.5-1 del título A de la NSR10.

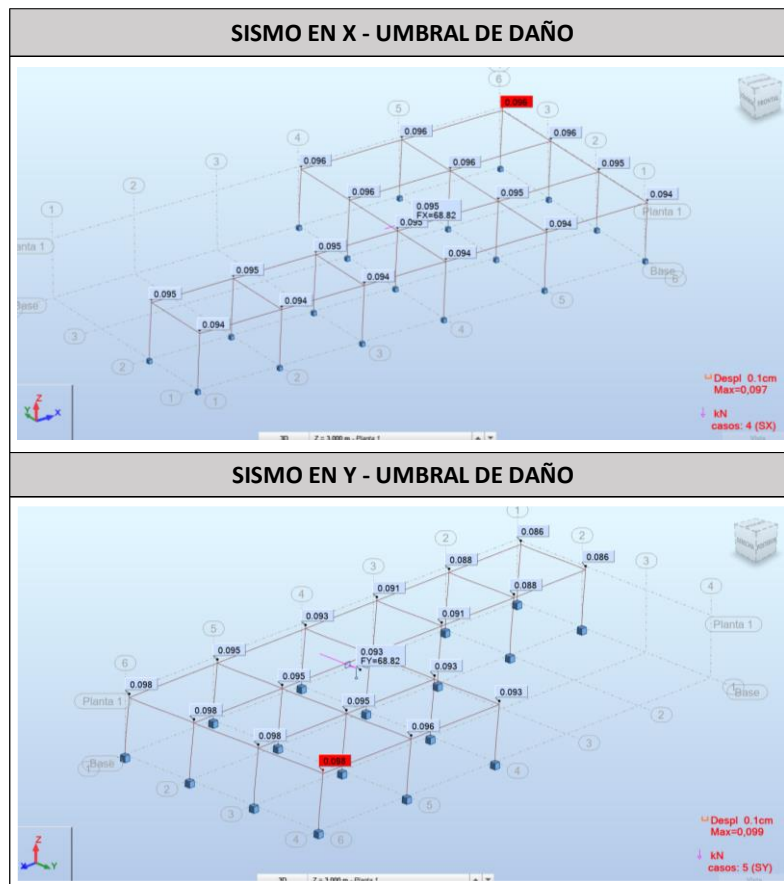
Tabla 237: Calculo y verificación de deriva máxima – Umbral de daño.

NUDO	CASO	UX	UY	δ	hpi	δ MAXIMA	CUMPLE / NO CUMPLE
3	SX	0,09600 cm	0,00200 cm	0,09602 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
3	SY	0,00400 cm	0,09800 cm	0,09808 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
13	SX ey	0,00300 cm	0,01000 cm	0,01044 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
13	SY ex	0,00600 cm	0,02000 cm	0,02088 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
13	+SX + SX ey	0,09700 cm	0,00700 cm	0,09725 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
3	+SX - SX ey	0,10200 cm	0,00900 cm	0,10240 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
3	-SX + SX ey	0,10200 cm	0,00900 cm	0,10240 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
13	-SX - SX ey	0,09700 cm	0,00700 cm	0,09725 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
3	+SY + SY ex	0,01400 cm	0,11200 cm	0,11287 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
13	+SY - SY ex	0,00400 cm	0,10600 cm	0,10608 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
13	-SY + SY ex	0,00400 cm	0,10600 cm	0,10608 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE
3	-SY - SY ex	0,01400 cm	0,11200 cm	0,11287 cm	3,00 m	1,20 cm	SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

Se comprobó que cumplieran las derivas máximas para cada uno de los casos y combinaciones de carga. En la siguiente tabla se observa evidencia de los desplazamientos en el eje X y Y, dentro de la modelación en Robot Structural.

Tabla 238: Desplazamientos horizontales – Umbral de daño.



Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional

- **Calculo y comprobación del periodo real de la estructura (T).** De acuerdo con la NSR10 el valor del periodo fundamental de la estructura “debe obtenerse a partir de las propiedades de su sistema de resistencia sísmica, en la dirección bajo consideración, de acuerdo con los principios de la dinámica estructural, utilizando un modelo matemático linealmente elástico de la estructura” (Min de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Título A - NSR10, 2010, pag.64).

El requisito anterior se puede suplir utilizando la siguiente formula:

Ecuación 38: Periodo fundamental de la edificación.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i \delta_i^2)}{\sum_{i=1}^n (f_i \delta_i)}}$$

Fuente: Ecuación A.4.2-1, del título A de la NSR10.

En la siguiente tabla se realiza el cálculo del periodo fundamental de la edificación respecto al sismo en dirección X, por medio de la operación de la ecuación 38 del presente documento:

Tabla 239: Calculo del periodo fundamental respecto al sismo en dirección X, de la estructura 3 del C.V.

SISMO EN DIRECCION X					
NIVEL	mi (kgf)	Fx (N)	DESP U1	mi* U1^2	Fxi*U1
1	50636,8449	511888,92	0,00621	1,953756833	3179,637933
				1,953756833	3179,637933

Fuente: Autores del proyecto.

A continuación, se realiza la comprobación del periodo fundamental, de acuerdo con lo establecido en el inciso A.4.2.1 del título A de la norma NSR10:

Tabla 240: Comprobación del periodo fundamental (SX).

RESULTADOS SX	
T	0,156 Seg
hn	3,85 m
α	0,900
Ct	0,047
Ta	0,158 Seg
Cu	1,27
Cu*Ta	0,201
T < Cu*Ta	SI CUMPLE
T < 1,2 Ta	SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente tabla se realiza el cálculo del periodo fundamental de la edificación respecto al sismo en dirección Y, por medio de la operación de la ecuación 38 del presente documento:

Tabla 241: Cálculo del periodo fundamental respecto al sismo en dirección Y, de la estructura 3 del C.V.

SISMO EN DIRECCION Y					
NIVEL	mi (kgf)	Fx (KN)	DESP U2	mi* U2^2	Fxi*U2
1	50636,84	511888,92	0,00632	2,025473796	3237,469824
				2,025473796	3237,469824

Fuente: Autores del proyecto.

A continuación, se realiza la comprobación del periodo fundamental, de acuerdo con lo establecido en el inciso A.4.2.1 del título A de la norma NSR10:

Tabla 242: Comprobación del periodo fundamental (SY).

RESULTADOS SY	
T	0,157 Seg
hn	3,85 m
α	0,900
Ct	0,047
Ta	0,158 Seg
Cu	1,27
Cu*Ta	0,201
T < Cu*Ta	SI CUMPLE
T < 1,2 Ta	SI CUMPLE

Fuente: Autores del proyecto.

- **Índice de estabilidad.** Se procede a calcular este coeficiente definido en el inciso A.6.2.3 del título A de la NSR10, con el objetivo de verificar si se debe de hacer un análisis de los esfuerzos de segundo orden (efectos P-Delta). El reglamento establece que se debe de utilizar la siguiente ecuación:

Ecuación 39: Índice de estabilidad por piso.

$$Q_i = \frac{P_i \Delta_{cm}}{V_i h_{pi}}$$

Fuente: Ecuación A.6.2-2 del título A de la NSR10.

En el caso de que el resultado de esta ecuación sea mayor a 0.1, se deberán de tener en cuenta dentro del análisis de la estructura los esfuerzos de segundo orden.

En la siguiente tabla se presentan el área y los factores de carga que se utilizaran para el cálculo del índice de estabilidad por piso:

Tabla 243: Datos para el cálculo del índice de estabilidad de la estructura 1 del Centro Vida.

INDICE DE ESTABILIDAD POR PISO	
Area cubierta (m2)	197,04 m2
CM- Cubierta (KN/m2)	0,88 KN/m2
C.V DE CUBIERTAS INCLINADAS CON MAS DE 15° DE PENDIENTE EN ESTRUCTURA METALICA	0,35 KN/m2

Fuente: Autores del proyecto.

A continuación, se procede a calcular el índice de estabilidad de la estructura respecto al sismo en dirección X:

Tabla 244: Índice de estabilidad por piso en sentido X.

INDICE DE ESTABILIDAD POR PISO SENTIDO X									
NIVEL	C.M	C.V	Pi	Δ CM	Fx (N)	Vi (N)	hpi (m)	Qi	Qi ≤ 0,10
CUBIERTA	174,04 KN	68,96 KN	243,00 KN	0,00621	511888,92	511888,92	3,85	0,0000007659	ES ESTABLE

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente tabla se observa el cálculo del índice de estabilidad de la estructura respecto al sismo en dirección Y:

Tabla 245: Índice de estabilidad por piso en sentido Y.

INDICE DE ESTABILIDAD POR PISO SENTIDO Y									
NIVEL	C.M	C.V	Pi	Δ CM	Fx (KN)	Vi (KN)	hpi (m)	Qi	Qi ≤ 0,10
CUBIERTA	174,04 KN	68,96 KN	243,00 KN	0,00632	511888,92	511888,92	3,85	0,0000007798	ES ESTABLE

Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo con los resultados no se tendrán en cuenta los esfuerzos de segundo orden.

8.8.5.9 Calculo del coeficiente de reducción de energía R. El coeficiente de reducción se utiliza para reducir la energía de sismo que enfrenta la estructura y con dicha fuerza reducida realizar el diseño estructural de los elementos que componen la edificación. En el inciso A.3.3.3 se especifica la ecuación A.3.3-1 para calcular dicho coeficiente:

Ecuación 40: Ecuación para el cálculo del coeficiente de reducción de la estructura.

$$R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$$

Fuente: Título A de la NSR10.

Dónde:

R₀= Coeficiente de capacidad de disipación de energía para ser empleado en el diseño, dado de acuerdo con el tipo de sistema estructural.

Φ_a= Coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en altura de la edificación.

Φ_p= Coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en planta de la edificación.

Φ_r= Coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por ausencia de redundancia en el sistema de resistencia sísmica. Véase A.3.3.8.

- **Calculo de coeficiente de capacidad de disipación de energía R₀.** El valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía depende del tipo de sistema estructural que se esté utilizando.

En este caso el sistema estructural utilizado para las edificaciones del presente documento es de pórticos resistentes a momentos. Debido a que el municipio de Apulo está localizado en una zona de amenaza sísmica intermedia, el análisis estructural y el diseño, se está realizando para un grado de capacidad de disipación de energía moderada (DMO).

De acuerdo con lo anterior, se establece que el cálculo de coeficiente R₀, depende del sistema estructural y el grado de capacidad de disipación de energía. A continuación, en la tabla A.3-3 de la norma NSR10 se establece el valor de R₀:

Tabla 246: Sistema estructural de pórtico resistente a momentos.

Tabla A.3-3
Sistema estructural de pórtico resistente a momentos (Nota 1)

C. SISTEMA DE PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTOS		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Δ_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			Alta		Intermedia		baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.
1. Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES)									
a. De concreto (DES)	el mismo	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DES)	el mismo	7.0 (Nota-3)	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
d. De acero con cerchas dúctiles (DES)	Pórticos de acero resistentes o no a momentos	6.0	3.0	si	30 m	si	45 m	si	sin límite
2. Pórticos resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)									
a. De concreto (DMO)	el mismo	5.0	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DMO)	el mismo	5.0 (Nota-3)	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos con conexiones rígidas (DMO)	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	5.0	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite

Fuente: Autores del proyecto.

Se determina que el valor de R_0 , para la estructura 1 del presente proyecto es de:

$$R_0 = 5.0.$$

- Cálculo del coeficiente de reducción debido a irregularidades en altura Φ_a .

Para el cálculo del coeficiente de reducción por irregularidad en altura se debe de tener en cuenta lo estipulado en la tabla A-3-7 de la NSR10. En esta tabla la norma muestra los tipos de irregularidades en altura que existen, se procede a analizar las características del proyecto, con el fin de identificar si existe algún tipo de irregularidad.

Después de analizar las características de la estructura, se identifica que no existe ningún tipo de irregularidad en altura, debido a que la edificación posee un solo nivel, de acuerdo con esto el valor de Φ_a es el siguiente:

$$\Phi_a = 1.0$$

- Cálculo del coeficiente de reducción debido a irregularidades en planta Φ_p .

Para el cálculo del coeficiente de reducción por irregularidad en planta se debe de tener en cuenta lo estipulado en la tabla A-3-6 de la NSR10. En esta tabla la norma muestra los tipos de irregularidades en altura que existen, se procede a analizar las características del proyecto, con el fin de identificar si existe algún tipo de irregularidad.

Primero se realizará la comprobación de irregularidad del tipo 1Ap (Irregularidad torsional) y 1bP (Irregularidad torsional extrema).

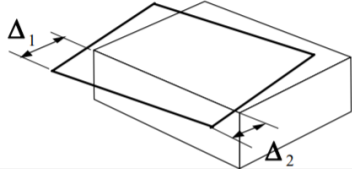
Tipo 1aP — Irregularidad torsional $\phi_p = 0.9$ $1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1 > 1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	Tipo 1bP — Irregularidad torsional extrema $\phi_p = 0.8$ $\Delta_1 > 1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$
	

Ilustración 202: Irregularidades en planta.

Fuente: Figura A.3-1 del título A de la NSR10

Lo primero que se debe de realizar para hacer la comprobación es identificar los nodos de las esquinas, con el fin de conocer los desplazamientos laterales que experimentan dependiendo el Sismo en X y el sismo en Y.

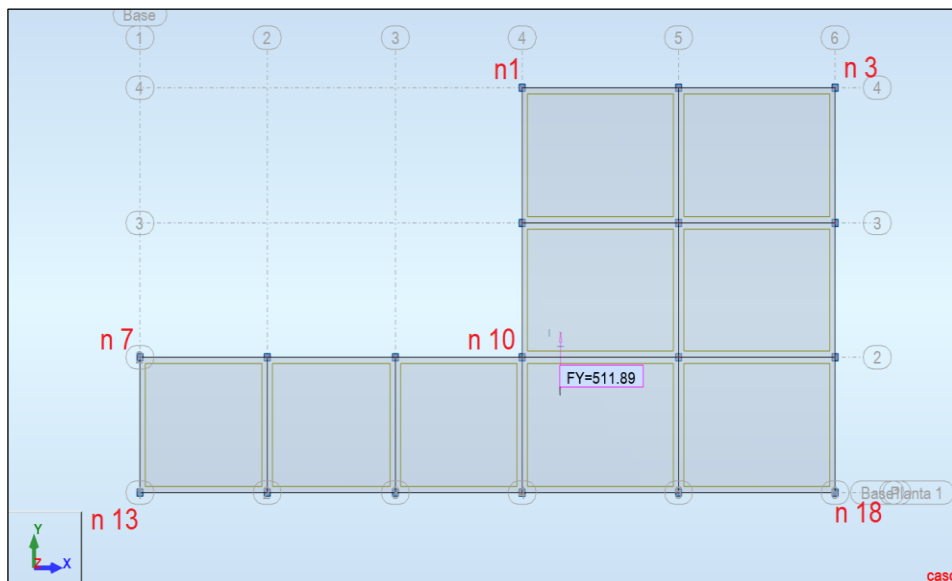


Ilustración 203: Esquema para comprobación de irregularidades en planta tipo 1Ap y 1bP.

Fuente: Autores del proyecto.

Después de establecer el esquema para el análisis, se procede a extraer los desplazamientos horizontales del modelo matemático realizado en Robot Structural. Los desplazamientos que se evaluarán serán los ocasionados por los casos de carga de sismo y las combinaciones de carga de sismo.

El análisis se realizará con los casos y las combinaciones en el sentido X y el sentido Y. A continuación, se realizará el proceso anteriormente descrito:

Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto al SISMO EN X:

Tabla 247: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 3 y 18.

	NODO 3	NODO 18	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 4	0,621 cm	0,604 cm	0,8575	0,735	NO APLICA	NO APLICA
CASO 6	0,056 cm	0,050 cm	0,0742	0,0636	NO APLICA	NO APLICA
COMB 8	0,588 cm	0,625 cm	0,8491	0,7278	NO APLICA	NO APLICA
COMB 9	0,657 cm	0,587 cm	0,8708	0,7464	NO APLICA	NO APLICA
COMB 10	0,657 cm	0,587 cm	0,8708	0,7464	NO APLICA	NO APLICA
COMB 11	0,588 cm	0,625 cm	0,8491	0,7278	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 248: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 1 y 10.

	NODO 1	NODO 10	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 4	0,621 cm	0,610 cm	0,8617	0,7386	NO APLICA	NO APLICA
CASO 6	0,034 cm	0,050 cm	0,0588	0,0504	NO APLICA	NO APLICA
COMB 8	0,588 cm	0,612 cm	0,84	0,72	NO APLICA	NO APLICA
COMB 9	0,654 cm	0,607 cm	0,8827	0,7566	NO APLICA	NO APLICA
COMB 10	0,654 cm	0,607 cm	0,8827	0,7566	NO APLICA	NO APLICA
COMB 11	0,588 cm	0,612 cm	0,84	0,72	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 249: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en X, y a los nodos 7 y 13.

	NODO 7	NODO 13	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 4	0,610 cm	0,604 cm	0,8498	0,7284	NO APLICA	NO APLICA
CASO 6	0,064 cm	0,067 cm	0,0917	0,0786	NO APLICA	NO APLICA
COMB 8	0,614 cm	0,626 cm	0,868	0,744	NO APLICA	NO APLICA
COMB 9	0,613 cm	0,590 cm	0,8421	0,7218	NO APLICA	NO APLICA
COMB 10	0,613 cm	0,590 cm	0,8421	0,7218	NO APLICA	NO APLICA
COMB 11	0,614 cm	0,626 cm	0,868	0,744	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Autores del proyecto.

Se observa que, en los casos y combinaciones respecto a X, ninguno cumple con ninguna irregularidad torsional y torsional extrema.

Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto al SISMO EN Y:

Tabla 250: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 8 y 13.

	NODO 18	NODO 13	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 5	0,632 cm	0,555 cm	0,8309	0,7122	NO APLICA	NO APLICA
CASO 7	0,100 cm	0,136 cm	0,1652	0,1416	NO APLICA	NO APLICA
COMB 12	0,725 cm	0,429 cm	0,8078	0,6924	SI APLICA	NO APLICA
COMB 13	0,542 cm	0,685 cm	0,8589	0,7362	NO APLICA	NO APLICA
COMB 14	0,542 cm	0,685 cm	0,8589	0,7362	NO APLICA	NO APLICA
COMB 15	0,725 cm	0,429 cm	0,8078	0,6924	SI APLICA	NO APLICA

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 251: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 10 y 7.

	NODO 10	NODO 7	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 5	0,597 cm	0,555 cm	0,8064	0,6912	NO APLICA	NO APLICA
CASO 7	0,010 cm	0,130 cm	0,098	0,084	NO APLICA	NO APLICA
COMB 12	0,589 cm	0,425 cm	0,7098	0,6084	NO APLICA	NO APLICA
COMB 13	0,606 cm	0,684 cm	0,903	0,774	NO APLICA	NO APLICA
COMB 14	0,606 cm	0,684 cm	0,903	0,774	NO APLICA	NO APLICA
COMB 15	0,589 cm	0,425 cm	0,7098	0,6084	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 252: Evaluación de irregularidad torsional y torsional extrema respecto a casos de carga y combinaciones respecto al sismo en Y, y a los nodos 74 y 72.

	NODO 3	NODO 1	$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	IRREGULARIDAD TORSIONAL	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA
	Δ_1	Δ_2				
CASO 5	0,633 cm	0,598 cm	0,8617	0,7386	NO APLICA	NO APLICA
CASO 7	0,113 cm	0,068 cm	0,1267	0,1086	SI APLICA	NO APLICA
COMB 12	0,729 cm	0,596 cm	0,9275	0,795	NO APLICA	NO APLICA
COMB 13	0,543 cm	0,607 cm	0,805	0,69	NO APLICA	NO APLICA
COMB 14	0,543 cm	0,607 cm	0,805	0,69	NO APLICA	NO APLICA
COMB 15	0,729 cm	0,596 cm	0,9275	0,795	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Autores del proyecto.

Se observa que en los casos y combinaciones respecto a Y, tres si cumplen con una irregularidad torsional.

Después de realizar el análisis, se puede concluir que la edificación experimenta irregularidad torsional, esto quiere decir que el valor de Φ_p es el siguiente:

$$\Phi_p = 0,9$$

- **Coefficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por ausencia de redundancia Φ_r .** Dentro de lo dispuesto por la norma NSR10 en el inciso A.3.3.8 (Titulo A - NSR10 , 2010), se dispone lo siguiente:

Para edificaciones cuyo sistema estructural es de un material que cumple los requisitos de capacidad de disipación de energía moderada (DMO) o especial (DES) el valor del factor de reducción de resistencia por ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica, Φ_r , se le puede asignar un valor de la unidad ($\Phi_r=1.0$) cuando en todos los pisos que resistan más del 35 por ciento del corte basal en la dirección bajo estudio el sistema estructural de resistencia sísmica cumpla las siguientes condiciones de redundancia

De acuerdo con lo anterior, se cumple este primer aspecto, ya que la estructura es de un solo nivel, esto quiere decir que el entrepiso resistirá el 100% del corte basal, pero se debe de evaluar el segundo aspecto que se encuentra en el ítem C del mismo inciso de la norma (Titulo A - NSR10 , 2010):

(c) En sistemas de pórtico resistente a momentos — La pérdida de la resistencia a momento en la conexión viga-columna de los dos extremos de una viga no resulta en una reducción de más del 33 por ciento de la resistencia ante fuerzas horizontales del piso ni produce una irregularidad torsional en planta extrema (Tipo 1bP).

Para realizar esta comprobación se debe de eliminar del modelo matemático un elemento que haga parte del sistema sísmico y después de esto se vuelve a calcular el modelo y se extraen los datos de desplazamiento y se vuelve a realizar la verificación de la existencia de una irregularidad torsional en planta extrema (Tipo 1bP). A la estructura número 3 del Centro Vida se le realizó dicho proceso y se evidencio que sufre de irregularidad torsional extrema, por este se le asigna $\Phi_r=0.75$. Véase en el anexo 23 en el documento de Excel, en la hoja denominada "COMPROBACIÓN Φ_r " el proceso de calculo que permitió identificar que la estructura tiene irregularidad por ausencia de redundancia.

En conclusión, el valor de Φ_r para esta estructura será el siguiente:

$$\Phi_r = 0,75$$

- **Calculo del R.** Habiendo calculado cada una de las variables de la ecuación, se procede a realizar el cálculo del coeficiente de reducción de energía:

$$R = \Phi_a * \Phi_p * \Phi_r * R_o$$

$$R = 0,9 * 1,00 * 0,75 * 5$$

$$R = 3,375$$

8.8.5.10 Modelación estructural para diseño de elementos. Después de obtener las derivas máximas y verificar el cumplimiento de estas, se procede a realizar el diseño estructural de todos los elementos que hacen parte del sistema de resistencia sísmica de la edificación.

- **Combinaciones de carga.** Se eliminaron las combinaciones que se utilizaron para la evaluación de las derivas máximas y se procedió a definir las combinaciones dadas en el título B de la norma NSR10.

En la siguiente tabla se pueden observar las combinaciones de carga que se utilizaran para el diseño estructural de las columnas y las vigas.

Tabla 253: Combinaciones de carga del título B de la norma NSR10.

Combinación	Nombre	Tipo de análisis	Tipo de combin	Naturaleza de caso	Definición
8 (C)	COMB 1	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.40$
9 (C)	COMB 2	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+3^*1.60$
10 (C)	COMB 3	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+(3+4+6)^*1.00$
11 (C)	COMB 4	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+(3+4)^*1.00+6^*-1.00$
12 (C)	COMB 5	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+(3+6)^*1.00+4^*-1.00$
13 (C)	COMB 6	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+3^*1.00+(4+6)^*-1.00$
14 (C)	COMB 7	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+(3+5+7)^*1.00$
15 (C)	COMB 8	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+(3+5)^*1.00+7^*-1.00$
16 (C)	COMB 9	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+(3+7)^*1.00+5^*-1.00$
17 (C)	COMB 10	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*1.20+3^*1.00+(5+7)^*-1.00$
18 (C)	COMB 11	Combinación line	ELU	Peso propio	$(4+6)^*1.00+2^*0.90$
19 (C)	COMB 12	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+4^*1.00+6^*-1.00$
20 (C)	COMB 13	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+4^*-1.00+6^*1.00$
21 (C)	COMB 14	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+(4+6)^*-1.00$
22 (C)	COMB 15	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+(5+7)^*1.00$
23 (C)	COMB 16	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+5^*1.00+7^*-1.00$
24 (C)	COMB 17	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+7^*1.00+5^*-1.00$
25 (C)	COMB 18	Combinación line	ELU	Peso propio	$2^*0.90+(5+7)^*-1.00$

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Reducción las fuerzas sísmicas.** Después de calcular el coeficiente de reducción de energía (R), se procede a aplicarlo a las cargas sísmicas obtenidas en el análisis de Fuerza Horizontal Equivalente y la evaluación de umbral de daño. A continuación, se realiza el proceso de reducción:

Tabla 254: Reducción de fuerza sísmica.

ANALISIS	Fi	R	Fi (Reducida)
ANALISIS F.H.E	443,07 KN	3,375	131,28 KN
TOTAL			131,28 KN

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente imagen se observa el proceso de reducción de la fuerza sísmica en sentido X, dentro del programa Robot:

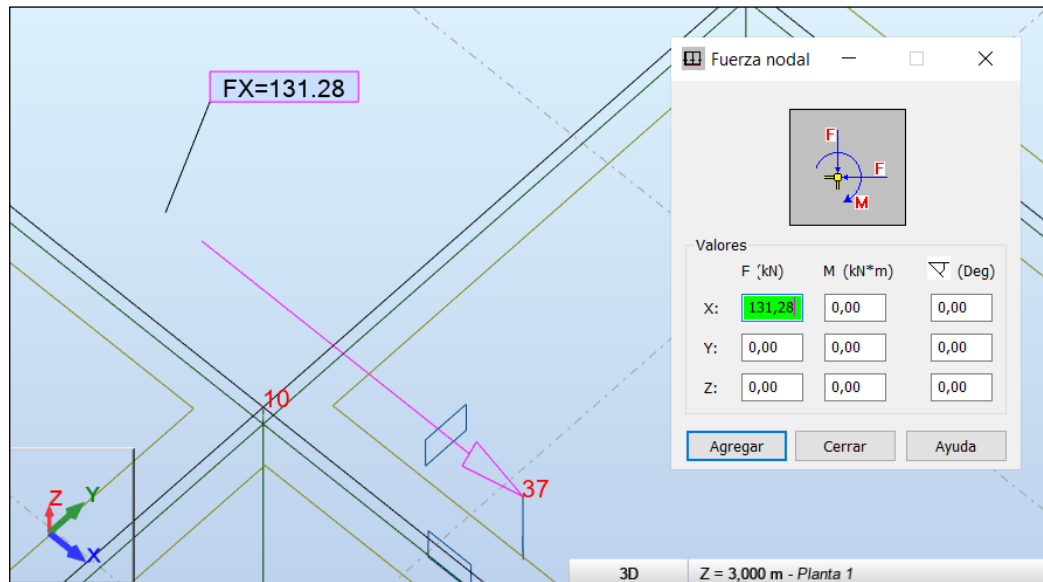


Ilustración 204: Reducción de energía sísmica en sentido X (EX).

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente imagen se observa el proceso de reducción de la fuerza sísmica en sentido Y, dentro del programa Robot:

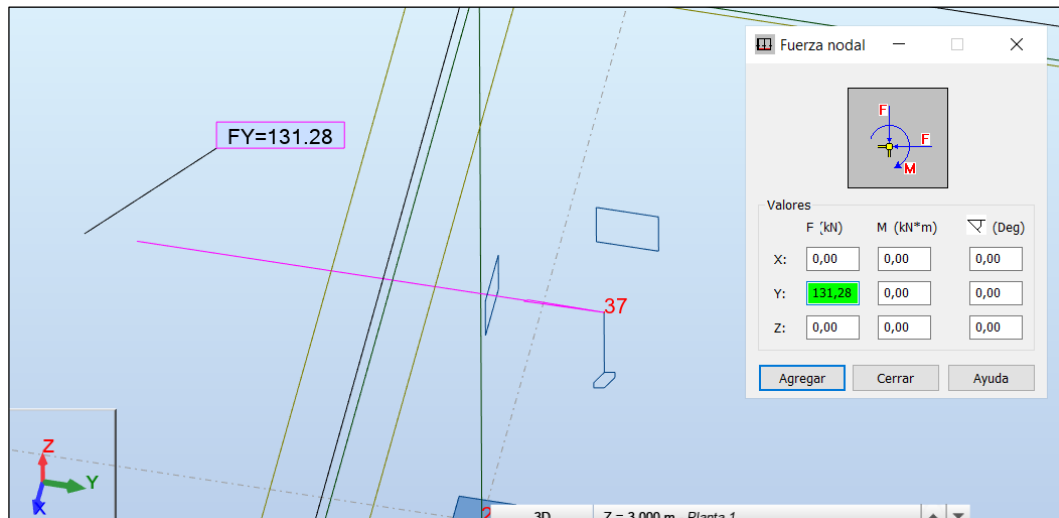


Ilustración 205: Reducción de energía sísmica en sentido Y (EY).

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Reducción de los momentos torsionales.** Al igual que las fuerzas sísmicas, también se procede realizar la reducción de energía para los momentos torsionales de la estructura.

En la siguiente tabla se evidencia el proceso de reducción de energía de los momentos torsionales:

Tabla 255: Reducción de momentos torsionales de la estructura 2 del Centro Vida..

REDUCCIÓN DE ENERGÍA DE LA TORCIÓN ACCIDENTAL	
SX	131,28 KN
SY	131,28 KN
ex acc	1,240 m
ey acc	0,615 m
SX ey	80,74 KN*m
SY ex	162,79 KN*m

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente imagen se observa el proceso de reducción del momento “SX ey” dentro del programa Robot:

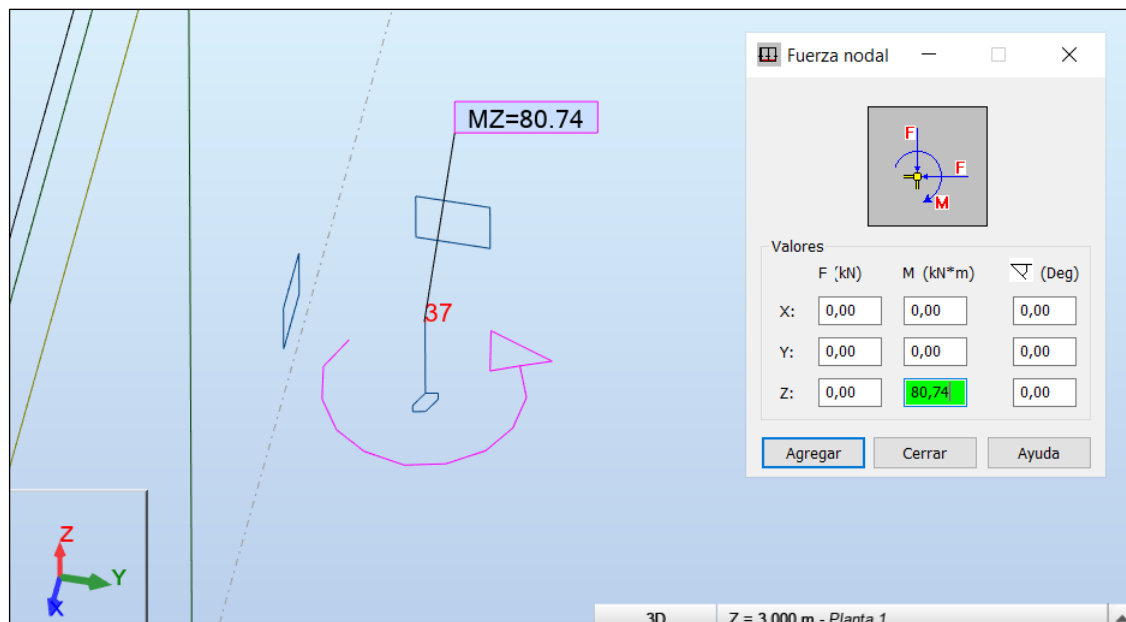


Ilustración 206: Reducción de momento torsional SX ey.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En la siguiente imagen se observa el proceso de reducción del momento “SY ex” dentro del programa Robot:

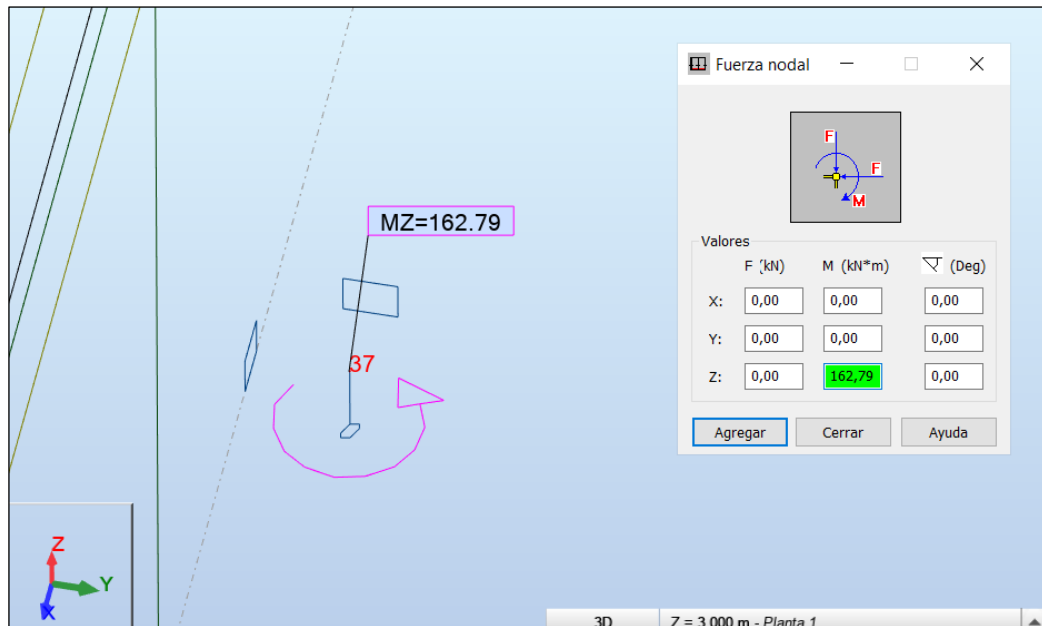


Ilustración 207: Reducción de momento torsional SY ex.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- Creación de envoltente. Para el diseño de los elementos estructurales se debe de crear una envoltente que contenga todas las combinaciones de carga. La envoltente permite identificar cual es la combinación más desfavorable, que produce los momentos y cortantes máximos, para realizar con esta información el diseño de los elementos.

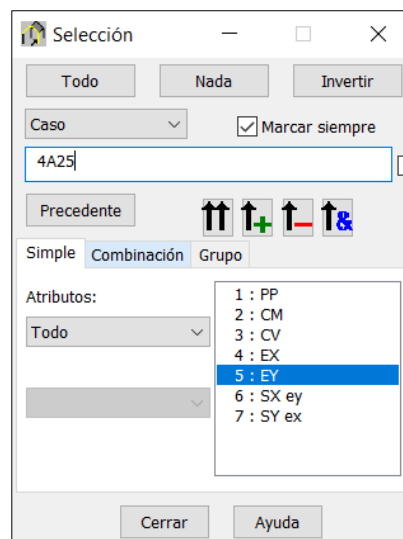


Ilustración 208: Envoltente para el diseño estructural de la edificación.

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra como se ve el modelo matemático después de haber creado la envolvente:

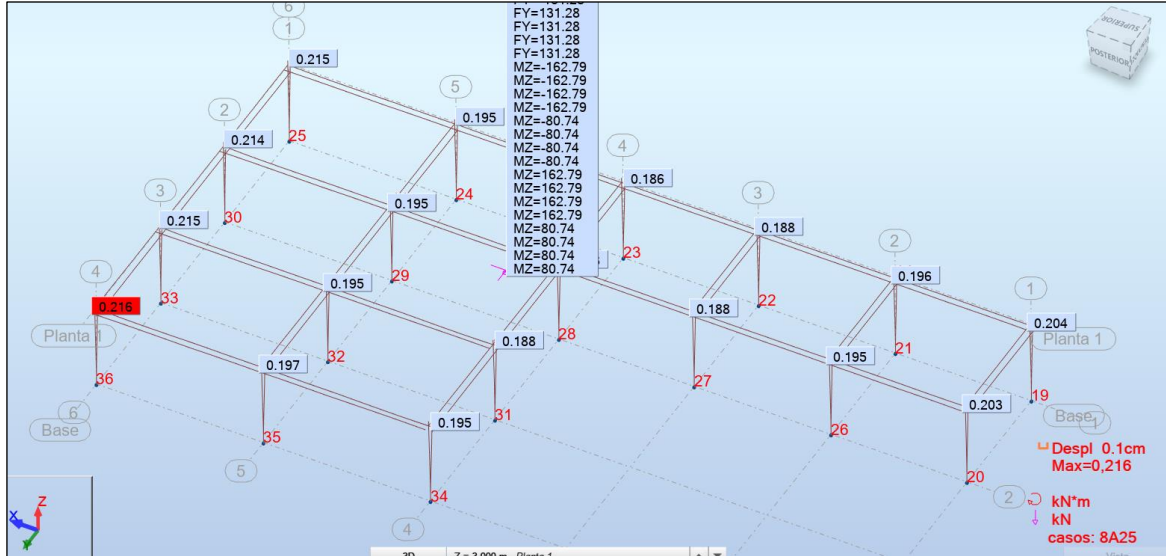


Ilustración 209: Modelo calculado con la envolvente:

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Con la realización de la envolvente, ya se pueden observar los momentos y cortantes que generan las combinaciones de carga.

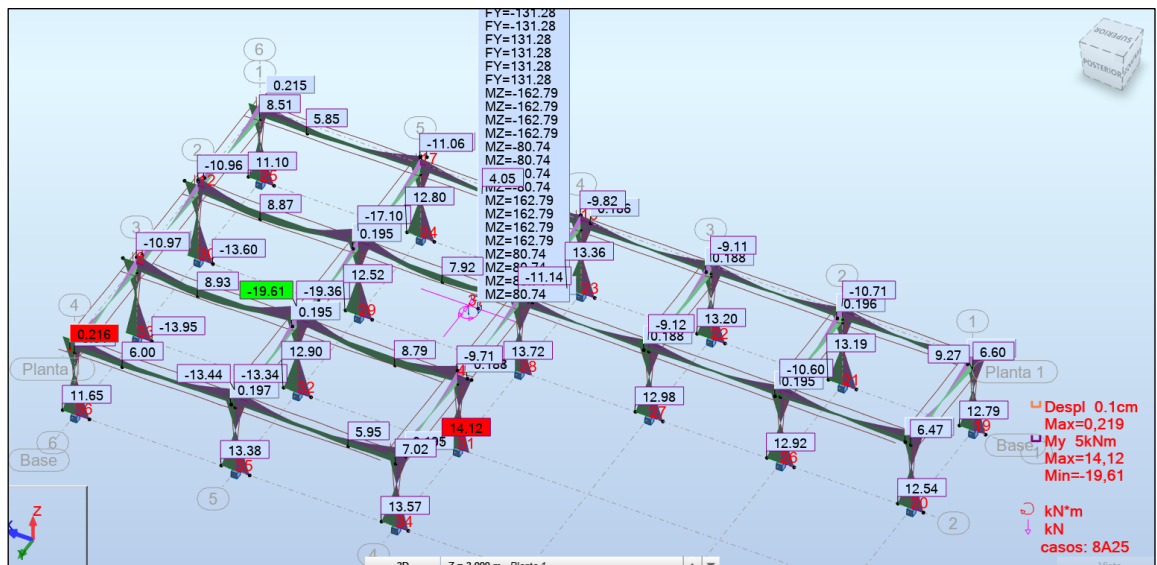


Ilustración 210: Momentos generados por la envolvente de combinaciones de carga.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Fuerzas de Cortantes columnas en dirección X.**

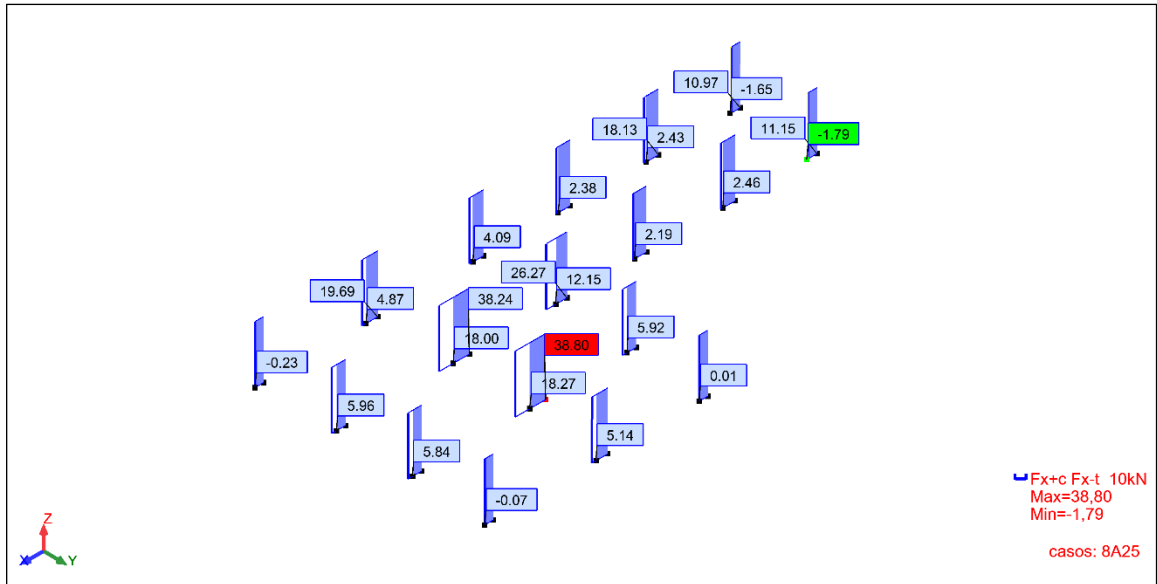


Ilustración 212: Cargas de cortante en dirección X, para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Fuerzas cortantes de columnas en dirección Y.**

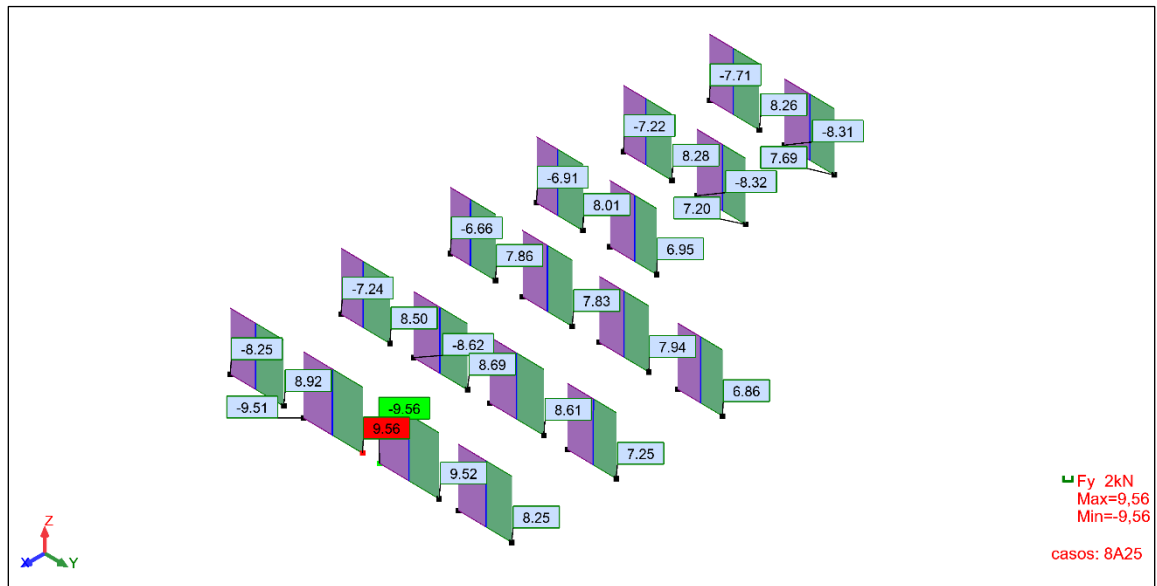


Ilustración 213: Cargas de cortante en dirección Y, para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- Acero teórico para columnas.

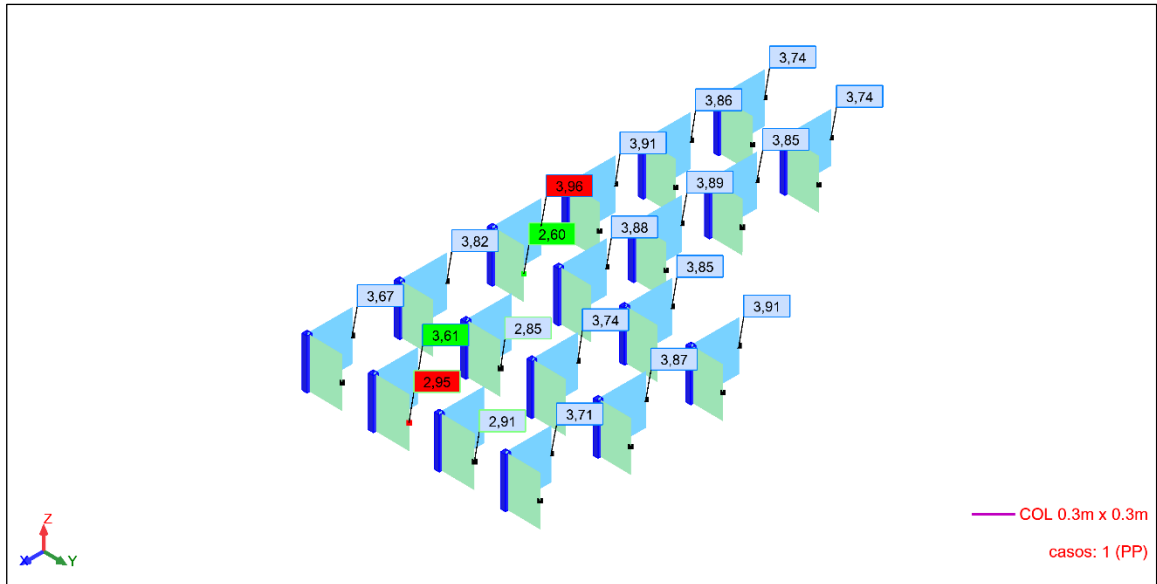


Ilustración 216: Acero teórico para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

En segundo lugar, se observarán todos los resultados obtenidos de los elementos estructurales de viga.

- Vigas.

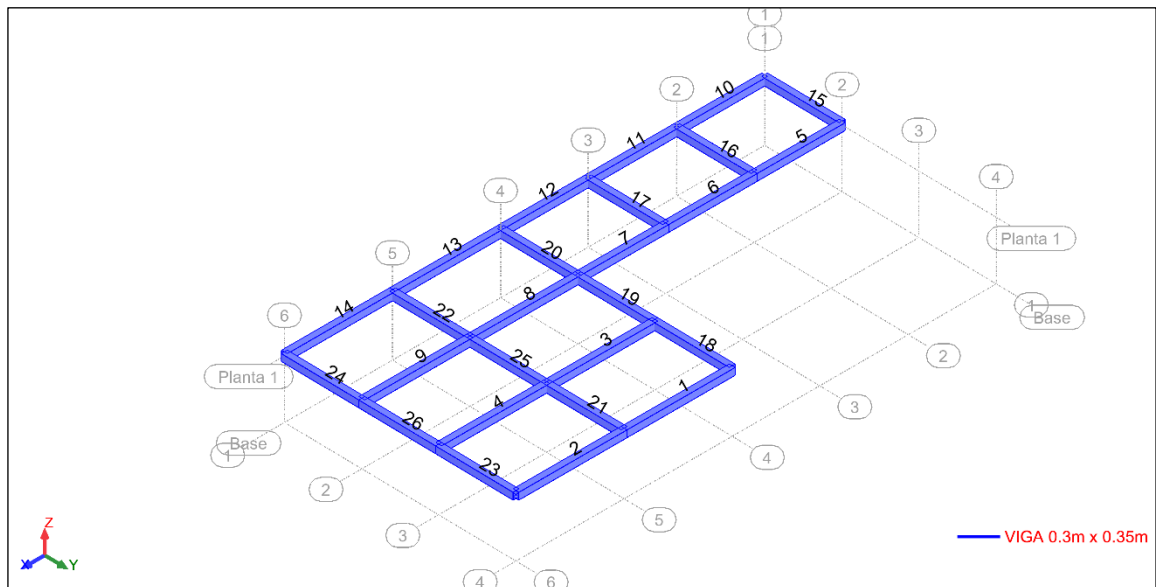


Ilustración 217: Vigas enumeradas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

La estructura cuenta con un total de 26 vigas, en las siguientes imágenes se observarán todas las cargas que produce la envolvente de todas las combinaciones de carga. En color rojo se observará siempre el máximo valor de carga positivo y de color verde el máximo valor de carga negativo.

- **Fuerzas de Cortantes de vigas.**

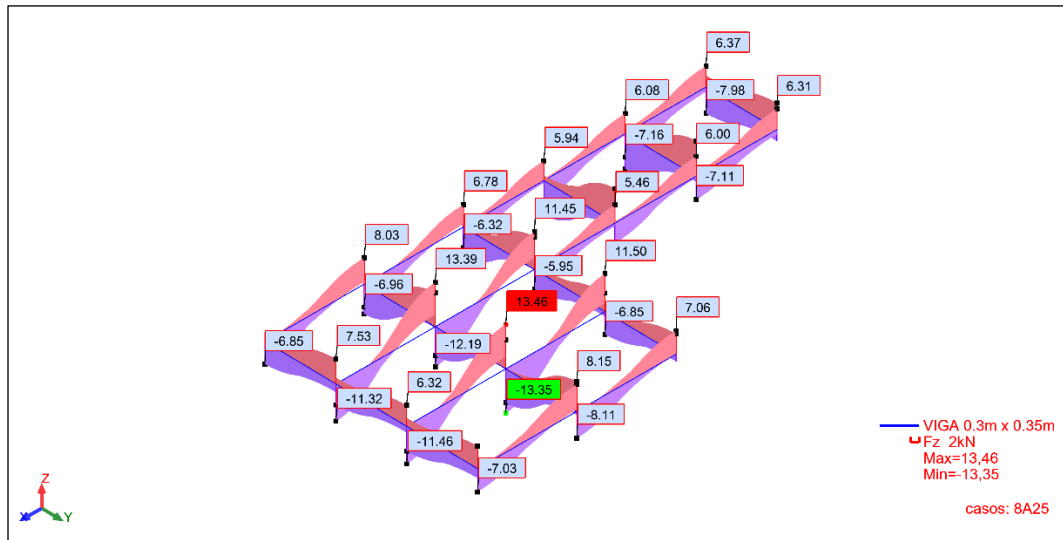


Ilustración 218: Cargas de cortante para vigas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

- **Fuerzas de momentos de vigas.**

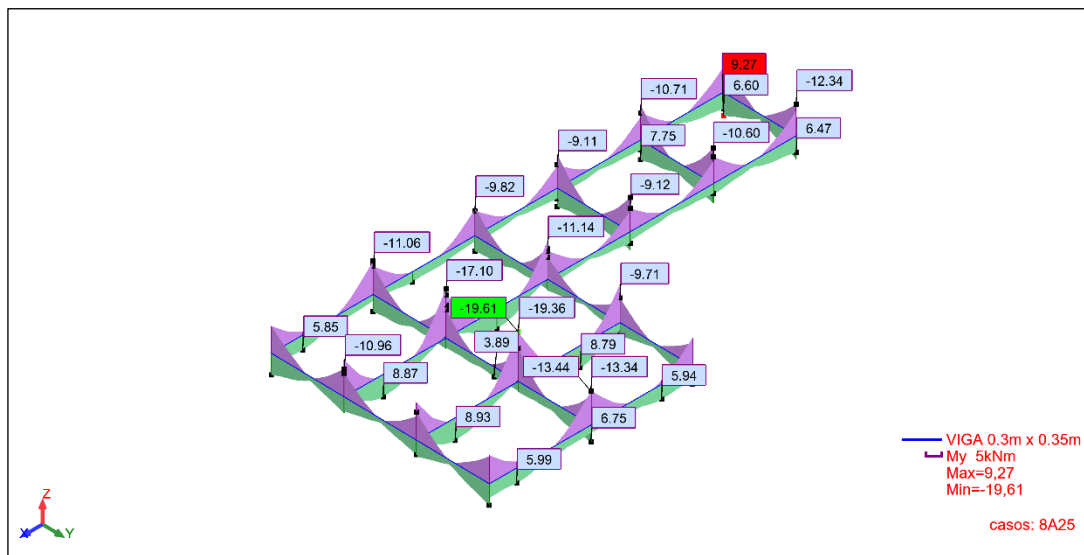


Ilustración 219: Momentos para columnas.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

8.8.5.12 Diseño de los elementos estructurales. Con la obtención de los resultados anteriores se procede a realizar el diseño estructural de cada uno de los elementos que conforman la edificación.

El software Robot Structural Analysis Professional permite realizar el diseño y los despieces de acero de los elementos estructurales, es importante aclarar que se debe de dar la configuración apropiada para que el programa calcule dentro de los parámetros establecidos por la NSR10. De esta manera, se realizó el diseño de cada uno de los elementos estructurales, en la siguiente ilustración se muestra como ejemplo el diseño de la viga 7 de la estructura:

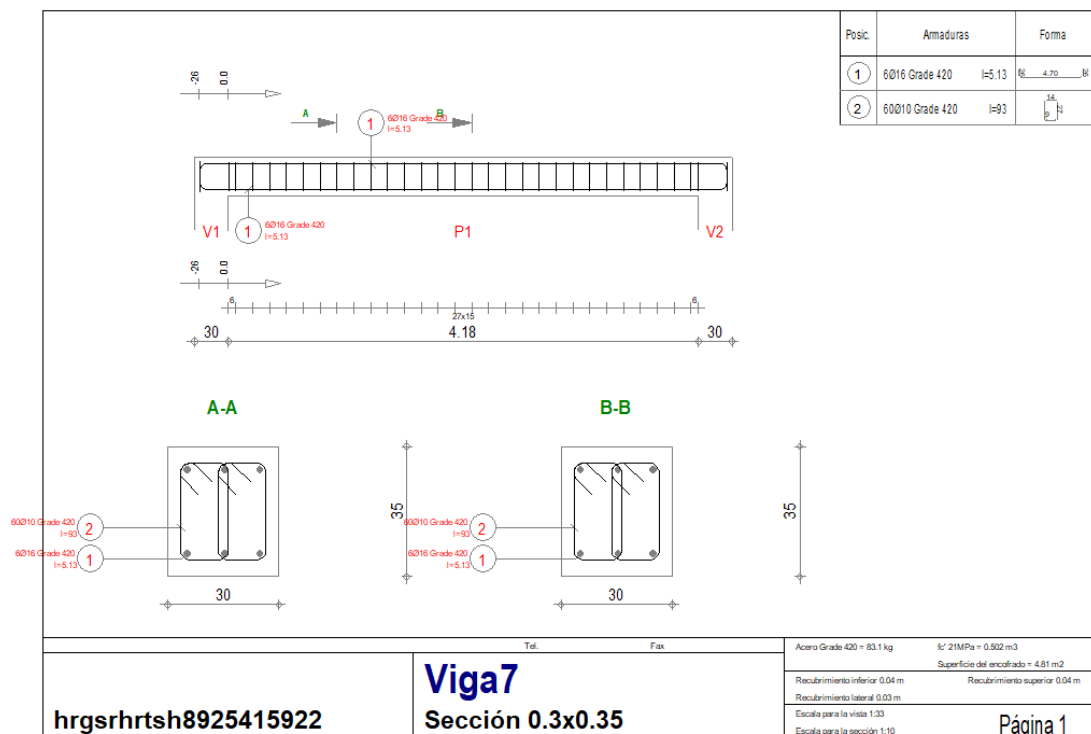


Ilustración 220: Despiece estructural de la viga 76 de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Es importante resaltar que los planos que genera el programa Robot serán reorganizados en AutoCAD, con el objetivo de unificarlos y organizarlos mucho mejor para que sean aún más entendibles.

Con el objetivo de corroborar que los resultados de diseño que realiza el programa son correctos, el diseño se realiza también manualmente mediante una hoja de Excel creada por los autores del proyecto, véase en el anexo 25 el cálculo de las vigas doblemente reforzadas y la totalidad de planos obtenidos del proceso de diseño.

8.8.5.13 Diseño de cimentación. De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de suelos (DAPCIL S.A.S, 2016) suministrado por la administración municipal de Apulo, se especifica lo siguiente:

Teniendo en cuenta las características del perfil del subsuelo, las propiedades geomecánicas de los materiales, las características del proyecto y de acuerdo con la magnitud de las sobrecargas inducidas por la estructura, se pueden utilizar estructuras de cimentación convencionales de tipo superficial, conformadas por elementos tipo Zapatas aisladas o combinadas apoyadas directamente sobre el suelo de fundación.

Cumpliendo con lo que estipula el estudio de suelos se decide utilizar una cimentación superficial, conformada por zapatas aisladas con viga de amarre de cimentación para la estructura 3 del Centro Vida. El diseño de cimentación de la estructura se realizará mediante la obtención de las reacciones de las columnas.

A continuación, se observará en la siguiente ilustración las reacciones de cada una de las columnas de la estructura:

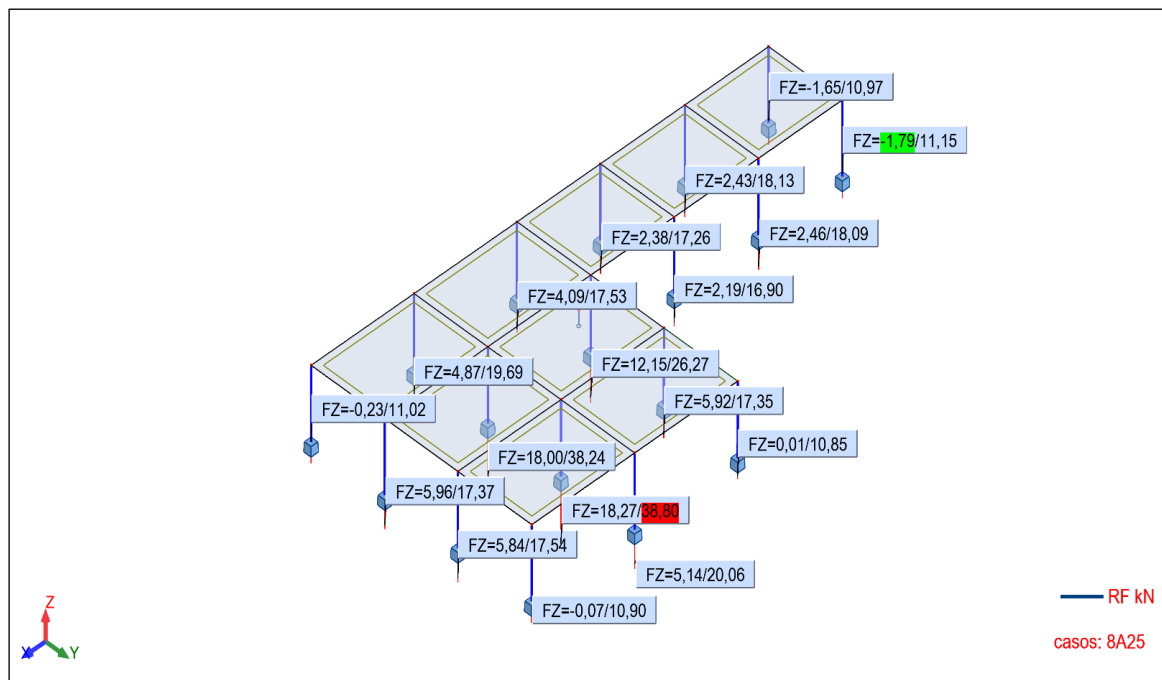


Ilustración 221: Reacciones de cada columna.

Fuente: Autores del proyecto mediante Robot Structural Analysis Professional.

Mediante el programa se generó la tabla de reacciones con envolvente, con el fin de obtener las reacciones más grandes para el diseño de las zapatas, en la siguiente tabla se observarán los datos máximos ya clasificados:

Tabla 256: Reacciones de columnas para el diseño de zapatas de la estructura 2 del Centro Vida.

REACCIONES DE COLUMNAS PARA DISEÑO DE ZAPATAS		
COLUMNAS	Nudo/Caso	FZ
27	19/ 1	16,69 KN
28	20/ 1	16,70 KN
29	21/ 1	23,42 KN
30	22/ 1	22,75 KN
31	23/ 1	23,79 KN
32	24/ 1	25,70 KN
33	25/ 1	17,41 KN
34	26/ 1	23,43 KN
35	27/ 1	22,80 KN
36	28/ 1	29,75 KN
37	29/ 9 (C)	38,24 KN
38	30/ 1	23,44 KN
39	31/ 1	23,54 KN
40	32/ 9 (C)	38,80 KN
41	33/ 1	23,46 KN
42	34/ 1	17,45 KN
43	35/ 1	26,16 KN
44	36/ 1	17,44 KN

Fuente: Autores del proyecto.

Con los datos de las cargas que transfiere cada columna, se procede a realizar el diseño de las zapatas aisladas, el diseño se realizara mediante una plantilla de Excel realizada por los autores del presente proyecto. A continuación, se mostrará el diseño de la zapata de borde número 27 de la estructura:

- **Primera etapa.**

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SAM				
En esta hoja de calculo permite realizar el diseño de una zapata corrida para muro, acoerde con los datos fijos y especificaciones de diseño, los calculos se realizan de acuerdo con los parametros establecidos en la NSR10.	JUAN DAVID PATIÑO GONZALEZ		CODIGO	
	LUIS FELIPE RODRIGUEZ ALDANA		21610117	
	PROYECTO DE GRADO		CODIGO	
	TUTOR		21610040	
		CARACTERIZACIÓN Y PROYECCIÓN DE GRUPO ETARIO DEL MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA, PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE UN C.D.I Y EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO VIDA.		
		ING. CRISTIAN ANDRES QUINCHIA AGUIRRE		
TIPOS DE DATOS				
DATOS FIJOS	INGRESADO POR EL USUARIO			
ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	INGRESADO POR EL USUARIO			
VARIABLES DE DISEÑO	CALCULADO POR EL PROGRAMA			
DATOS FIJOS				
DATOS	VARIABLE	VALOR		
Profundidad de desplante	Z	1,5 m		
Espesor de placa	Z1	0,2 m		
Espesor del suelo (Valor Automati	Z2	0,0 m		
Ancho de Columna	CB	0,30 m		
Largo de Columna	CL	0,30 m		
∅ Barra - Refuerzo de Columna	∅ Colum.	22,00		
Presión admisible del suelo	qa	216 kN/m2		
Peso especifico del suelo sobre la zapata	γs	18,85 kN/m3		
Carga Ultima	U	16,69 kN		
				qa 216 kN/m2

Ilustración 222: Primera parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

La plantilla se divide en tres partes, estas tres etapas se diferencian por su color, las celdas de color gris se llenan con los datos de diseño, en estos datos se observa la presión admisible del suelo en KN/m², esta presión fue obtenida del estudio de suelos:

Tabla 257: Capacidad portante del suelo.

Alternativa de Cimentación	Capacidad portante neta ultima promedio (tn/m2)	Capacidad portante neta de seguridad (tn/m2)
Zapatas aisladas	66.12	22.04

Fuente: Estudio de suelos.

La capacidad portante del suelo es de 22,04 Ton/m2, lo que equivale a 216,21 KN/m2.

- **Segunda etapa.**

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO			
Resistencia a la compresión del concreto (ZAPATA)	f'_c	21 MPa	
Resistencia a la compresión del concreto (COLUMNA)	$f'_c \text{ colm}$	21 MPa	
Resistencia a la tracción del acero	f_y	420 MPa	
Peso específico del concreto	γ_c	24,00 KN/m3	
Peso del concreto	λ	1	
Factor de altura del concreto fresco	ψ_t	1	
Factor de barras y epóxico	ψ_e	1	
Altura de zapata	h	1,3 m	SI CUMPLE
Ancho de la zapata	B	0,7 m	SI CUMPLE
Largo de la zapata	L	0,7 m	
Recubrimiento	r	0,075 m	SI CUMPLE
Diametro de barra paralela a B (Diseño a flexión)	ϕ_B	20,00	
Diametro de barra paralela a L (Diseño a flexión)	ϕ_L	20,00	
Relación del lado largo con el lado corto (columna)	β	1	
Factor por tipo de columna	α_s	20,00	
Diametro de barra de acero del Espigo	ϕ_E	10,00	

Ilustración 223: Segunda parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En esta segunda parte de la plantilla, en las celdas de color naranja se ingresan los datos de diseño, como lo son la resistencia del concreto, fluencia del acero, el diámetro de barras, el largo, el ancho y la altura de la zapata, etc. En color amarillo se ven unas celdas donde se programaron unas condicionales, que permiten saber si los datos que se están ingresando son suficientes para cumplir con las solicitaciones de carga.

- Tercera etapa.

PASO	CALCULO	VARIABLE	VALOR	EVALUACIÓN
1. Estimar el tamaño de la zapata y la presión neta factorizada q_{nu}	Longitud de desarrollo del refuerzo de la columna	L_d	1,19 m	
	Presión Neta	q_n	180,21 KN/m ²	
	Área requerida	A	0,09 m ²	
	Area Real	A_r	0,49 m ²	
	Presión neta factorizada	q_{nu}	34,06 KN/m ²	
2. Revisión de cortante en dos direcciones	Altura efectiva	d	1,22 m	
	Area Tributaria	$A_{Tributaria}$	-1,81 m ²	
	Cortante Ultimo	V_u	-61,49 KN	
	Perimetro de cortante minimo	B_o	6,06 m	
	Cortante del concreto	V_{c1}	544,162645	SI CUMPLE
		V_{c2}	532,2356478	SI CUMPLE
V_{c3}		352,1052409	SI CUMPLE	
3. Revisar el cortante en una dirección.	Cortante ultimo	$V_u - L$	-36,62	
	Cortante del concreto	$\phi V_{c - L}$	15,71	SI CUMPLE
	Cortante ultimo	$V_u - B$	-24,20	
	Cortante del concreto	$\phi V_{c - B}$	15,71	SI CUMPLE
4.1. Diseño a flexión - cara L	Distancia de la cara de la columna a la cara de la zapata	f	0,2 m	
	Momento Ultimo	M_u	0,48 KN/m	
	Cuantía del acero	A_s	1,04 mm ²	NO APLICA
	Cuantía minima del acero	$A_{s \text{ min}}$	1530,90 mm ²	SI CUMPLE
	Cantidad teórica de barras paralelas a B		5 BARRAS	
	Separación de barras paralelas a B (Barras sometidas a flexión)	S_L	0,11 m	SI CUMPLE
	Altura del bloque de compresión	a	0,05146	
	Altura deformación por compresión	c	0,06054	
	Deformación del acero en tensión	E_t	0,057	SI CUMPLE
4.2. Diseño a flexión - cara B	Distancia de la cara de la columna a la cara de la zapata	f	0,2 m	
	Momento Ultimo	M_u	0,48 KN/m	
	Cuantía del acero	A_s	1,04 mm ²	NO APLICA
	Cuantía minima del acero	$A_{s \text{ min}}$	1530,90 mm ²	SI CUMPLE
	Cantidad teórica de barras paralelas a L		5 BARRAS	
	Separación de barras paralelas a L (Barras sometidas a flexión)	S_B	0,11 m	SI CUMPLE
	Altura del bloque de compresión	a	0,05146	
	Altura deformación por compresión	c	0,06054	
	Deformación del acero en tensión	E_t	0,057	SI CUMPLE

5. Revisión de longitud de desarrollo	Longitud de desarrollo - Barras de la cara L	$L_d - L$	1,08 m	SI REQUIERE GANCHOS
	Longitud de gancho	$L_{\text{gancho}} - L$	0,40 m	
	Longitud de desarrollo - Barras de la cara B	$L_d - B$	1,08 m	SI REQUIERE GANCHOS
	Longitud de gancho	$L_{\text{gancho}} - B$	0,40 m	
6. Diseño de la unión columna - zapata	Area de contacto entre la columna y la zapata	A_1	0,09 m ²	
	Area de la base inferior de una piramide (Relacion 2:1)	A_2	0,49 m ²	
	Relacion de áreas	$\sqrt{A_2/A_1}$	2,333333333	
	Carga de la zapata	P_Z	2088,45 KN	SI CUMPLE
	Carga de la columna	P_C	1044,23 KN	SI CUMPLE
	Carga Ultima	U	16,69 KN	
	Cuantia del espigo	A_s	450,00 mm ²	
	Cantidad de Varilla		6 BARRAS	SI CUMPLE
	Longitud del gancho espigo	$L_g - \text{espigo}$	0,20 m	
	Ld del espigo dentro de la zapata	$L_d - \text{espigo}$	0,44 m	SI CUMPLE
	Longitud de desarrollo de espigo dentro de la columna	$L_d - \text{espigo}$	0,44 m	SE TOMA COMO L_d DENTRO DE LA COLUMNA
$L_{dc} - \text{traslapo}$		0,30	NO SE TOMA COMO L_d DENTRO DE LA COLUMNA	

Ilustración 224: Tercera parte del diseño de la zapata número 39 de la estructura 3 del Centro Vida.

Fuente: Autores del proyecto.

En esta tercera y última etapa de la plantilla se puede observar de color amarillo los resultados de diseño. Se realizó el siguiente proceso de diseño:

- Estimación del tamaño de la zapata y la presión neta factorizada Q_{nu} .
- Revisión de cortante en dos direcciones.
- Revisión del cortante en una dirección.
- Diseño a flexión - cara L.
- Diseño a flexión - cara B.
- Revisión de longitud de desarrollo.
- Diseño de la unión columna – zapata.

Se observa que la zapata cumple con todos los valores, ya con estos datos obtenidos se procede a realizar el diseño de la zapata en AutoCAD, y se calculan el resto de las zapatas. Véase en el anexo 25 el documento Excel con los cálculos de diseño de la cimentación y los planos.

9. RECOMENDACIONES

1. Una vez se ha evaluado el presente proyecto para una posible aplicación dentro del campo profesional, es necesario reevaluar algunas variables de clasificación de los grupos etarios, dado a la nueva clasificación que tendrá el Sisbén en el transcurso del año 2021.
2. Se recomienda a la administración municipal generar soluciones a la problemática de transporte que enfrentan las veredas del sector 1, con el objetivo de generar un fácil acceso a la movilidad que permita que, en una futura implementación del presente proyecto, las personas de las zonas rurales puedan beneficiarse de los servicios que ofrece el C.D.I y el Centro Vida.
3. Se recomienda que el estudio de suelos se haga de manera particular, ya que el predio de estudio no contaba con ningún análisis previo y por esta razón se decidió utilizar un estudio geotécnico de un lote cercano suministrado por la alcaldía municipal.
4. Después de realizar el estudio de suelos particular, se recomienda la evaluación de los diseños de cimentación realizados en el presente documento, ya que puede haber cambios en las características del terreno y es importante identificar si dichos cambios afectan la funcionalidad y el desempeño del diseño.

10. CONCLUSIONES

1. Como resultado de la consulta de la base de datos del Sisbén del municipio de Apulo, se identifica que el 58,16% de personas residen en las zonas rurales del territorio, siendo un municipio donde el mayor porcentaje de su población residen en veredas.
2. Como resultado de la recolección de información demográfica y la correspondiente estratificación de esta, se puede concluir que aproximadamente el 20.07% de la población del municipio actualmente tiene más de 60 años, y que el 5.61% de la población se encuentra en el rango de edad de 0 a 5 años. Esto quiere decir que, en una futura implementación del proyecto, aproximadamente el 25,68% de la población total del municipio podría beneficiarse de los servicios que ofrece el Centro de Desarrollo Infantil y el Centro Vida.
3. Consecuentemente de los resultados obtenidos en la caracterización y proyección de la población, se determinó que la capacidad de diseño del Centro de Desarrollo Infantil es de 353 niños y la del Centro Vida es de 693 adultos mayores. Es importante resaltar que esta capacidad garantiza un óptimo funcionamiento hasta el crecimiento de la población para el año 2040.
4. En consecuencia de la realización de la caracterización a la población de los dos grupos etarios, en los resultados de la pregunta siete de la encuesta al adulto mayor y en la pregunta nueve de la encuesta a la primera infancia, en la que se preguntaba cuáles eran las limitantes que les impedirían asistir y beneficiarse de los servicios que ofrece el C.D.I y el Centro Vida, se identificó que el motivo principal era la problemáticas de transporte a las veredas de la zona 1 del municipio de Apulo.
5. De acuerdo con el análisis hidráulico realizado y las condiciones hidrológicas del sitio, se puede concluir, que el diseño hidráulico de las canaletas de los techos permite garantizar la estabilidad del proyecto, mediante un óptimo funcionamiento en tiempos de lluvias.
6. El sistema estructural de las edificaciones que conforman el C.D.I y el Centro Vida, es de pórticos resistentes a momentos, con una capacidad de disipación de energía moderada (DMO).
7. De acuerdo con el desarrollo del presente proyecto se puede concluir que método de Fuerza Horizontal Equivalente es idóneo para el diseño de las edificaciones del C.D.I y Centro Vida, además que cumple con los parámetros estipulados en el inciso A.3.4.2.1 del título A de la NSR10, donde se establecen características que permiten utilizar dicho método.
8. En conclusión, debido a que las edificaciones que se diseñaron son de uso institucional y están categorizadas por la NSR10 en grupo de uso III, se realizó la verificación del umbral de daño, con el fin de brindar un mayor análisis y por ende un mayor factor de seguridad a la estructura.
9. A modo de cierre, es importante resaltar de que existen diferentes formas de hacer un análisis estructural, esto depende de los criterios y conocimientos que

tenga el ingeniero estructural, en caso del presente proyecto se siguió correctamente cada uno de los parámetros establecidos en la NSR10.

10. Como resultado de la modelación estructural se obtuvieron las reacciones de cada una de las columnas de las edificaciones, que permitieron realizar el diseño de cimentación de zapatas aisladas con viga de amarre. Es importante resaltar que el diseño se basó con un estudio de suelos cercano al predio, lo que ocasiona que se tenga que realizar un estudio de suelos que brinde las características reales del suelo.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Apulo . (2020). PLAN DE DESARROLLO 2020 - 2023. En A. D. CUND., *PLAN DE DESARROLLO - POR APULO VAMOS A LOGRARLO* (pág. 112). Apulo.
- Apulo Cundinamarca. (2000). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. Apulo .
- Arias de Blois, J. (2017). Obtenido de Biblioteca virtual en poblacion:
<https://ccp.ucr.ac.cr/bvp/texto/13/censos.htm>
- Arias de Blois, J. (2017). Obtenido de <https://ccp.ucr.ac.cr/bvp/texto/13/censos.htm>
- Arquigrafico. (2016). *Arquigrafico*. Obtenido de <https://arquigrafico.com/el-diseno-arquitectonico-definicion-y-etapas/>
- Arquitectura Pura*. (2020). Obtenido de Arquitectura Pura:
<https://www.arquitecturapura.com/que-es-el-diseno-urbano/>
- Caviedes, L., Gamez, L., & Montes, Y. (2016). *Repositorio Unipiloto*. Obtenido de Repositorio Unipiloto:
<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6243/Trabajo%20de%20grado%20CDI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Congreso de Colombia . (05 de 01 de 2009). Obtenido de Secretaria Senado:
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1276_2009.html
- Congreso de la Republica. (08 de 11 de 2006). Obtenido de Instituto Colombiano de Bienestar Familiar:
https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/ley_1098_2006.htm
- Congreso de la Republica. (06 de 04 de 2009). Obtenido de Min educación:
https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-187668_archivo_pdf_ley_1295_2009.pdf
- Congreso de la Republica. (02 de 08 de 2016). *ICBF*. Obtenido de Instituto Colombiano de Bienestar Familiar:
https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/ley_1804_2016.htm
- Corte constitucional Gobierno de Colombia. (Octubre de 2010). *Rama judicial*. Obtenido de Rama judicial:
<https://www.ramajudicial.gov.co/documents/10228/1547471/CONSTITUCION-Interiores.pdf>
- DANE. (2015). Obtenido de DANE: <https://www.dane.gov.co/files/acerca/PF.pdf>

- DANE. (Septiembre de 2018). *Manual de conceptos DANE*. Obtenido de Manual de conceptos DANE: <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/cnpv-2018-glosario.pdf>
- DAPCIL S.A.S. (2016). *ESTUDIO GEOTÉCNICO CONSTRUCCION CASA DE UN PISO Y PISCINA*. Bogotá.
- DNP. (2015). *Proyecto Estandar*. Obtenido de Construcción y dotación Centro de Desarrollo Infantil: http://viva.org.co/PDT_para_la_Construccion_de_Paz/Proyectos_tipo_SGR-DNP/CDI%2025062015.pdf
- Dr. Hernández Sampieri, R., Dr. Fernández Collado, C., & Dra. Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación. Sexta edición*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Educacion, M. d. (s.f.).
- El Tiempo. (25 de Mayo de 2016). *Periodico el Tiempo*. Obtenido de ¿Cuáles son los alcances de nueva Ley de Primera Infancia en el país?: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16603236>
- Esquema de Ordenamiento Territorial. (2000). *Diagnostico urbano*. Apulo.
- Eustak*. (6 de Marzo de 2020). Obtenido de https://www.eustat.eus/estadisticas/tema_163/opt_0/tipo_5/ti_Proyecciones_de_poblacion/temas.html
- Fernandes, P. M. (2016). Obtenido de file:///C:/Users/User-pc/Downloads/5.%20PROPUESTA%20DE%20UN%20EST%C3%81NDAR%20PARA%20IMPLEMENTAR%20LA%20METODOLOGIA%20BIM%20EN%20OBRAS%20DE%20EDIFICACION.pdf
- Fernandez Collado, C., Baptista Lucio, P., & Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigacion*. Mexico DF: MC GRAW EDUCATION .
- Florez Domingues, M. V., & Garcia Mmurillo, C. L. (29 de Junio de 2018). *PROPUESTA DE UN ESTÁNDAR PARA IMPLEMENTAR LA*. Obtenido de PROPUESTA DE UN ESTÁNDAR PARA IMPLEMENTAR LA: file:///C:/Users/User-pc/Downloads/5.%20PROPUESTA%20DE%20UN%20EST%C3%81NDAR%20PARA%20IMPLEMENTAR%20LA%20METODOLOGIA%20BIM%20EN%20OBRAS%20DE%20EDIFICACION.pdf
- ICBF. (2020). *Instituto Colombiano de Bienestar Familiar* . Obtenido de Instituto Colombiano de Bienestar Familiar : <https://www.icbf.gov.co/portafolio-de-servicios-icbf/centro-de-desarrollo-infantil>
- Min de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR10*. Obtenido de NSR10:

<https://camacol.co/sites/default/files/T%C3%ADtulo%20A%20NSR-10%20del%20Decreto%20926%20del%2019032010.pdf>

Min de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Titulo A - NSR10* .
Obtenido de Titulo A - NSR10 :

<https://camacol.co/sites/default/files/T%C3%ADtulo%20A%20NSR-10%20del%20Decreto%20926%20del%2019032010.pdf>

Ministerio de Ambiente, V. y. (2010). *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Obtenido de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial:

<https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/3titulo-c-nsr-100.pdf>

Ministerio de Educación. (2020). *Ministerio de educacion Nacional*. Obtenido de <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-82770.html>

Ministerio de Salud. (19 de 09 de 2020). *Minsalud*. Obtenido de Minsalud:

<https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/promocion-social/Paginas/vejez-calidad.aspx>

Ortega, A. S. (9 de Diciembre de 2016). *EspacioBIM*. Obtenido de EspacioBIM:

<https://www.espaciobim.com/dimensiones-bim>

Pérez Carmona, R. (2010). *fewdasdas*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

ANEXOS

Anexo 1: Base de datos Sisbén del año 2009 "Reporte base certificada Noviembre".

El presente anexo corresponde a la base de datos del Sisbén del año 2009 denominada "Reporte base certificada Noviembre" en formato .xls.

Para ver y descargar la base de datos por favor dirigirse al siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1IkV_4Pp4jEA3dn2W-m6dMKhFBDgICBRC?usp=sharing

Anexo 2: Cuestionario de encuesta para la caracterización de la población de 0 a 5 años.

	<p style="background-color: #f08080; color: white; padding: 5px;">ENCUESTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE 0 A 5 AÑOS</p> <p>CHARACTERIZACIÓN Y PROYECCIÓN DE GRUPO ETARIO DEL MUNICIPIO DE APULO - CUNDINAMARCA, PARA EL DISEÑO DE UN CDI Y UN CENTRO VIDA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA BIM EN SUS PRIMERAS 5 DIMENSIONES</p>	<p>UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA</p>
---	--	--

Esta encuesta está dentro del desarrollo del proyecto de grado “CHARACTERIZACIÓN Y PROYECCIÓN DE POBLACIÓN DE GRUPO ETARIO DEL MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA, PARA EL DISEÑO DE UN CDI Y UN CENTRO VIDA, MEDIANTE LA METODOLOGIA BIM EN SUS PRIMERAS 5 DIMENSIONES”, correspondiente al programa de ingeniería civil de la Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena.

La encuesta se diseñó para identificar, evaluar y analizar, las características del grupo etario correspondiente a la primera infancia del municipio de Apulo Cundinamarca. Es una herramienta académica que se utilizara como argumento técnico para dar confiabilidad y validez al proyecto de grado anteriormente mencionado.

Esta encuesta deberá ser respondida por el tutor del menor.

INFORMACIÓN DEL ENCUESTADO				
NOMBRE				
N° CEDULA DE CIUDADANIA				
FECHA DE DILIGENCIAMIENTO				
SECTOR DEL MUNICIPIO EN EL QUE RESIDE	RURAL		URBANO	
<p>FIRMA DE LA PERSONA ENCUESTADA</p>				

En el caso de que el encuestado no acceda a brindar los datos por escrito, se realizara una grabación de voz como evidencia de que autoriza la realización de la encuesta.

N° DE LA GRABACIÓN DE VOZ	
---------------------------	--

1) Estrato o nivel del Sisbén

- 1
- 2
- 3

En el caso de que la respuesta anterior haya sido 3, no se deberá de seguir haciendo la encuesta.

2) ¿Cuántos niños menores de 5 años tiene a su cargo?

- 1
- 2
- 3
- Más de 3 (especificar número) _____

3) ¿Cuántos de los niños están dentro del rango de edad de 0 a 2 años?

- 1
- 2
- 3
- Más de 3. (especificar número) _____

4) ¿Cuántos de los niños están dentro del rango de edad de 2 a 5 años?

- 1
- 2
- 3
- Más de 3. (especificar número) _____

5) ¿El o alguno de los niños tiene alguna discapacidad?

- Si
- No

6) En el caso de que la respuesta anterior haya sido Si, ¿Cuál es la discapacidad?

- Discapacidad física
- Discapacidad cognitiva
- Discapacidad de aprendizaje
- Otra (especifique) _____

7) ¿ Tiene conocimiento de cuál es la misión de un centro de desarrollo infantil (CDI)?

- Si
- No

8) De existir un C.D.I en el municipio, ¿llevaría a todos los menores pertenecientes a su núcleo familiar?


- Si
- No
- Existen limitantes que impiden que asistan los niños pertenecientes al núcleo familiar

9) Si su respuesta anterior fue "Existen limitantes que impiden que asistan los niños pertenecientes al núcleo familiar " ¿cuál(es) son las limitantes por las que el niño no podría asistir al C.D.I?

- No cuenta con medio de transporte.
- El transporte público a la zona urbana es deficiente.
- Falta de recursos económicos para el pago diario de transporte.
- Otra (especifique) _____

Fuente: Autores del proyecto

Anexo 3: Cuestionario de encuesta para la caracterización de la población adulto mayor.

	ENCUESTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN ADULTO MAYOR	UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
	CARACTERIZACIÓN Y PROYECCIÓN DE GRUPO ETARIO DEL MUNICIPIO DE APULO - CUNDINAMARCA, PARA EL DISEÑO DE UN CDI Y UN CENTRO VIDA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA BIM EN SUS PRIMERAS 5 DIMENSIONES	

Esta encuesta está dentro del desarrollo del proyecto de grado “CARACTERIZACIÓN Y PROYECCIÓN DE POBLACIÓN DE GRUPO ETARIO DEL MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA, PARA EL DISEÑO DE UN CDI Y UN CENTRO VIDA, MEDIANTE LA METODOLOGIA BIM EN SUS PRIMERAS 5 DIMENSIONES”, correspondiente al programa de ingeniería civil de la Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena.

La encuesta se diseñó para identificar, evaluar y analizar, las características del grupo etario correspondiente al adulto mayor del municipio de Apulo Cundinamarca. Es una herramienta académica que se utilizara como argumento técnico para dar confiabilidad y validez al proyecto de grado anteriormente mencionado.

Esta encuesta deberá ser respondida por el adulto mayor.

INFORMACIÓN DEL ENCUESTADO				
NOMBRE				
N° CEDULA DE CIUDADANIA				
FECHA DE DILIGENCIAMIENTO				
SECTOR DEL MUNICIPIO EN EL QUE RESIDE	RURAL		URBANO	
FIRMA DE LA PERSONA ENCUESTADA				

En el caso de que el encuestado no acceda a brindar los datos por escrito, se realizara una grabación de voz como evidencia de que autoriza la realización de la encuesta.

N° DE LA GRABACIÓN DE VOZ	
---------------------------	--

1) Estrato o nivel del Sisbén

- 1
- 2
- 3

En el caso de que la respuesta anterior haya sido 3, no se deberá de seguir haciendo la encuesta.

2) ¿En qué rango de edad se encuentra?

- 55 a 59 años.
- 60 a 69 años.
- 70 a 79 años.
- 80 a 89 años.
- Más de 89 años (especificar edad) _____

3) ¿Tiene alguna discapacidad?

- Si
- No

4) En el caso de que la respuesta anterior haya sido Si, ¿Cuál es la discapacidad?

- Discapacidad visual.
- Discapacidad auditiva.
- Discapacidad física.
- Otra (especifique) _____

5) ¿Tiene algún conocimiento sobre los servicios que se brindan al adulto mayor en los Centros de Vida?

- Si
- No

6) De existir un Centro de Vida en el municipio. ¿Usted asistiría?


- Si
- No
- Si, pero existen limitantes que me impiden asistir.

**7) Si su respuesta anterior fue “existen limitantes que me impiden asistir”,
¿Cuál es la limitante por la que no podría asistir al Centro Vida?**

- No cuenta con medio de transporte.
- El transporte público a la zona urbana es deficiente.
- Falta de recursos económicos para el pago diario de transporte.
- Sufre de alguna enfermedad que le impide su fácil movilización.

Fuente: Autores del proyecto.

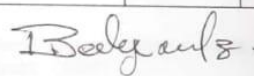
Anexo 4: Cuestionario de encuesta para la población de la primera infancia totalmente diligenciado.

	<p>ENCUESTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE 0 A 5 AÑOS</p> <p>CARACTERIZACIÓN Y PROYECCIÓN DE GRUPO ETARIO DEL MUNICIPIO DE APULO - CUNDINAMARCA, PARA EL DISEÑO DE UN CDI Y UN CENTRO VIDA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA BIM EN SUS PRIMERAS 5 DIMENSIONES</p>	<p>UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA</p>
---	---	---

Esta encuesta esta dentro del desarrollo del proyecto de grado "CARACTERIZACIÓN Y PROYECCIÓN DE POBLACIÓN DE GRUPO ETARIO DEL MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA, PARA EL DISEÑO DE UN CDI Y UN CENTRO VIDA, MEDIANTE LA METODOLOGIA BIM EN SUS PRIMERAS 5 DIMENSIONES", correspondiente al programa de Ingeniería civil de la Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena.

La encuesta se diseñó para identificar, evaluar y analizar, las características del grupo etario correspondiente a la primera infancia del municipio de Apulo Cundinamarca. Es una herramienta académica que se utilizara como argumento técnico para dar confiabilidad y validez al proyecto de grado anteriormente mencionado.

Esta encuesta deberá ser respondida por el tutor del menor.

INFORMACIÓN DEL ENCUESTADO				
NOMBRE	Beily Liliana Manciano Ramirez			
Nº CEDULA DE CIUDADANIA	52 161 288			
FECHA DE DILIGENCIAMIENTO	14-10-2020			
SECTOR DEL MUNICIPIO EN EL QUE RESIDE	RURAL	<input type="checkbox"/>	URBANO	<input checked="" type="checkbox"/>
				
FIRMA DE LA PERSONA ENCUESTADA				

En el caso de que el encuestado no acceda a brindar los datos por escrito, se realizara una grabación de voz como evidencia de que autoriza la realización de la encuesta.

Nº DE LA GRABACIÓN DE VOZ	
---------------------------	--

1) Estrato o nivel del Sisbén

1

2

3

En el caso de que la respuesta anterior haya sido 3, no se deberá de seguir haciendo la encuesta.

2) ¿Cuántos niños menores de 5 años tiene a su cargo?

1

2

3

Más de 3 (especificar número) _____

3) ¿Cuántos de los niños están dentro del rango de edad de 0 a 2 años?

- 1
- 2
- 3
- Más de 3. (especificar número) _____

4) ¿Cuántos de los niños están dentro del rango de edad de 2 a 5 años?

- 1
- 2
- 3
- Más de 3. (especificar número) _____

5) ¿El o alguno de los niños tiene alguna discapacidad?

- Si
- No

6) En el caso de que la respuesta anterior haya sido Si, ¿Cuál es la discapacidad?

- Discapacidad física
- Discapacidad cognitiva
- Discapacidad de aprendizaje
- Otra (especifique) _____

7) ¿Tiene conocimiento de cuál es la misión de un centro de desarrollo infantil (CDI)?

- Si
- No

8) De existir un C.D.I en el municipio, ¿llevaría a todos los menores pertenecientes a su núcleo familiar?


- Si
- No
- Existen limitantes que impiden que asistan los niños pertenecientes al núcleo familiar

9) Si su respuesta anterior fue "Existen limitantes que impiden que asistan los niños pertenecientes al núcleo familiar " ¿cuál es la limitante por las que el niño no podría asistir al C.D.I?

- No cuenta con medio de transporte.
- El transporte público a la zona urbana es deficiente.
- Falta de recursos económicos para el pago diario de transporte.
- Otra (especifique) _____

Fuente: Autores del proyecto.

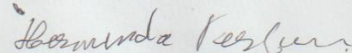
Anexo 5: Cuestionario de encuesta para la población del adulto mayor totalmente diligenciado.

 <p>UNIVERSIDAD Piloto DE COLOMBIA <small>Seccional del Alto Magdalena</small></p>	<p>ENCUESTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN ADULTO MAYOR</p> <p>CARACTERIZACIÓN Y PROYECCIÓN DE GRUPO ETARIO DEL MUNICIPIO DE APULO - CUNDINAMARCA, PARA EL DISEÑO DE UN CDI Y UN CENTRO VIDA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA BIM EN SUS PRIMERAS 5 DIMENSIONES</p>	<p>UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA</p>
--	--	--

Esta encuesta esta dentro del desarrollo del proyecto de grado "CARACTERIZACIÓN Y PROYECCIÓN DE POBLACIÓN DE GRUPO ETARIO DEL MUNICIPIO DE APULO CUNDINAMARCA, PARA EL DISEÑO DE UN CDI Y UN CENTRO VIDA, MEDIANTE LA METODOLOGIA BIM EN SUS PRIMERAS 5 DIMENSIONES", correspondiente al programa de ingeniería civil de la Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena.

La encuesta se diseñó para identificar, evaluar y analizar, las características del grupo etario correspondiente al adulto mayor del municipio de Apulo Cundinamarca. Es una herramienta académica que se utilizara como argumento técnico para dar confiabilidad y validez al proyecto de grado anteriormente mencionado.

Esta encuesta deberá ser respondida por el adulto mayor.

INFORMACIÓN DEL ENCUESTADO			
NOMBRE	Herminda Berjan de Casallas		
Nº CEDULA DE CIUDADANIA	28679106		
FECHA DE DILIGENCIAMIENTO	11-10-2020		
SECTOR DEL MUNICIPIO EN EL QUE RESIDE	RURAL	<input checked="" type="checkbox"/>	URBANO
 FIRMA DE LA PERSONA ENCUESTADA			

En el caso de que el encuestado no acceda a brindar los datos por escrito, se realizara una grabación de voz como evidencia de que autoriza la realización de la encuesta.

Nº DE LA GRABACIÓN DE VOZ	
---------------------------	--

1) Estrato o nivel del Sisbén

- 1
 2
 3

En el caso de que la respuesta anterior haya sido 3, no se deberá de seguir haciendo la encuesta.

2) ¿En qué rango de edad se encuentra?

- 55 a 59 años.
 60 a 69 años.
 70 a 79 años.
 80 a 89 años.
 Más de 89 años (especificar edad) _____

3) ¿Tiene alguna discapacidad?

- Si
 No

4) En el caso de que la respuesta anterior haya sido Si, ¿Cuál es la discapacidad?

- Discapacidad visual.
 Discapacidad auditiva.
 Discapacidad física.
 Otra (especifique) _____

5) ¿Tiene algún conocimiento sobre los servicios que se brindan al adulto mayor en los Centros de Vida?

- Si
 No

6) De existir un Centro de Vida en el municipio. ¿Usted asistiría?

- Si
 No
 Si, pero existen limitantes que me impiden asistir.

7) Si su respuesta anterior fue "existen limitantes que me impiden asistir",
¿Cuál es la limitante por la que no podría asistir al Centro Vida?

- No cuenta con medio de transporte.
- El transporte público a la zona urbana es deficiente.
- Falta de recursos económicos para el pago diario de transporte.
- Sufre de alguna enfermedad que le impide su fácil movilización.

Fuente: Autores del proyecto.

Anexo 6: Encuestas dirigidas a la primera infancia y adulto mayor, totalmente diligenciadas.

El presente anexo corresponde al documento en formato .pdf. En donde se encuentran todas las encuestas realizadas a la población de la primera infancia y adulto mayor del municipio de Apulo.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1QwGh8NNB7RLeU1gvMM2pORObIKoWkzBg?usp=sharing>

Anexo 7: Cronogramas de actividades para encuestas de la primera infancia y el adulto mayor del municipio de Apulo.

El presente anexo corresponde al documento en formato .mpp (Microsoft Project). En donde se encuentra el cronograma de actividades para la realización de la encuesta a la primera infancia y al adulto mayor del municipio de Apulo, que permitirá la caracterización demográfica de dichos grupos etarios.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1KV9ROwjUG8JU7Lv7rzZkLvUgLLrt-oZy?usp=sharing>

Anexo 8: Tabulación de la información obtenida mediante la encuesta hecha en el municipio de Apulo a la población de la primera infancia y adulto mayor.

El presente anexo corresponde al documento en formato .xls (Microsoft Excel), en donde se encuentra la tabulación de la información obtenida en la encuesta que se realizó a los 2 grupos etarios del municipio.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1xYX0elczFI0hCQZWPyyWPuS5ToVvpeZk?usp=sharing>

Anexo 9: Plano de localización

El presente anexo corresponde al documento en formato .dwg (AutoCAD), en donde se encuentra el plano de localización del terreno en donde se planteará el diseño arquitectónico y estructural de las edificaciones de uso institucional propuestas en el alcance del presente proyecto.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/17mvtDAeiCVrjn4r3DAWnWqGS_RQGYj4f?usp=sharing

Anexo 10: Información del topógrafo (Cedula, licencia profesional).

En el presente anexo se encuentra la cedula de ciudadanía y la tarjeta profesional del topógrafo que realizo el levantamiento y diseño topográfico del predio en el que se realizara los diseños propuestos en el presente proyecto.



Anexo 11: Evidencia fotográfica de la realización del levantamiento topográfico.



Anexo 12: Plano topográfico.

El presente anexo corresponde al documento en formato .dwg (AutoCAD), en donde se encuentra el diseño topográfico del terreno en donde se planteará el diseño arquitectónico y estructural de las edificaciones de uso institucional propuestas en el alcance del presente proyecto.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1dITrISM4yrT0XxySGZDzmDYy43hetM24?usp=sharing>

Anexo 13: Plano urbanístico.

El presente anexo corresponde al documento en formato .dwg (AutoCAD) y PDF, en donde se encuentra el diseño urbanístico del predio en el que se diseñaran las edificaciones de uso institucional propuestas en el alcance del presente proyecto.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1dd3uyMsNvwrAD7ZBptn2c_EY8XLgwqsX?usp=sharing

Anexo 14: Carta de aprobación de los diseños arquitectónicos.

El presente anexo corresponde al documento en PDF, de la carta de aprobación de los diseños arquitectónicos, firmada por la arquitecta Leydi Bautista Barreto.

Girardot, mayo 2021

FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA S.A.M
Girardot Cundinamarca

Referencia: DISEÑOS ARQUITECTONICOS PROYECTO DE GRADO

Cordial Saludo;

Por medio de la presente yo, Leydi Bautista Barreto. Arquitecta con número de cedula 1.049.618.866 de Tunja, TP A3182018, manifiesto que he revisado y verificado arquitectónicamente el proyecto de Grado cuyo Objeto es: *“Caracterización y proyección de grupo etario del municipio de Apulo Cundinamarca, para el diseño arquitectónico de un C.D.I y el diseño estructural de un centro vida”*. Nombre: Centro de Desarrollo Infantil y un Centro Vida, diseñado por los estudiantes Juan David Patiño González y Luis Felipe Rodríguez Aldana como producto del trabajo de grado, en el que hago las siguientes recomendaciones;

Tener en cuenta la norma NTC 6047 Accesibilidad al medio físico. Espacios de Servicio al Ciudadano en la administración pública. Requisitos, para el proceso de diseño de espacios arquitectónicos en Baños PMR (Personas con Movilidad Reducida), escaleras, rampas, La 4595 - Cartilla 10 guía para la elaboración de infraestructura Educativa, anchos y aperturas de puertas, CDI “Centro de Desarrollo Infantil”, y la Resolución 3100 de 2019 para los espacios médicos arquitectónicos del CV “Centro Vida”.

Las plantas arquitectónicas deben contener mínimo 2 cortes longitudinales, 2 cortes transversales, fachadas; Principal, posterior, lateral derecha y lateral izquierda. Estos deben estar completamente acotados.

Cordialmente,



LEYDI BAUTISTA BARRETO
C.C. 1.049.618.866
TP. A3182018

Anexo 15: Estudio de suelos del proyecto.

El presente anexo corresponde al documento en PDF, del estudio de suelos que se utilizara en el proyecto para determinar el tipo de suelo de acuerdo a clasificación que da la norma NSR10, este estudio de suelos fue suministrado por la alcaldía municipal del municipio de Apulo.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1RvOrzq5ApObfQfPDiDxWmxL1JxIddYoG?usp=sharing>

Anexo 16: Planos del Centro de Desarrollo Infantil y del Centro Vida.

El presente anexo corresponde al documento en .dwg (AutoCAD), del diseño del Centro Vida.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1f-DYEUG4MaiaXfaKMs2JQLfTS-S863hP?usp=sharing>

Anexo 17: Análisis sísmico de la estructura 1 del Centro Vida.

El presente anexo corresponde al documento en Excel de los cálculos realizados para el análisis sísmico de la estructura 1 del Centro Vida.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1gnBczAdSUdLhOGmPa4D_zU64LKv31m0?usp=sharing

Anexo 18: Modelación en robot y análisis estructural en Excel de la estructura 1 del Centro Vida.

El presente anexo corresponde al documento en formato Excel de todos los cálculos de la edificación, las modelaciones estructurales para la verificación de derivas y diseño de los elementos estructurales.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1hTLnOjx0Tj1vyPOsnRB5dCrdQAI5cdUW?usp=sharing>

Anexo 19: cálculo de las vigas doblemente reforzadas y planos de despieces estructurales, *de la estructura 1 del Centro Vida*

El presente anexo corresponde al documento en formato Excel donde se calcula vigas doblemente reforzadas, con el fin de corroborar que los diseños realizados por Robot son correctos.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1NAqfzFopI3ltT7mJMVyBaiy6itIAeZgZ?usp=sharing>

Anexo 20: Análisis sísmico de la estructura 2 del Centro Vida.

El presente anexo corresponde al documento en Excel de los cálculos realizados para el análisis sísmico de la estructura 2 del Centro Vida.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1j7dg62xkRjMrPeOmMMMNGoGCuD3oGnXS?usp=sharing>

Anexo 21: Modelación en robot y análisis estructural en Excel de la estructura 2 del Centro Vida.

El presente anexo corresponde al documento en formato Excel de todos los cálculos de la edificación, las modelaciones estructurales para la verificación de derivas y diseño de los elementos estructurales.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1PAONrbG_8WJ0a7IWIGUHMOsdoebHRJp6?usp=sharing

Anexo 22: cálculo de las vigas doblemente reforzadas y planos de despieces estructurales, *de la estructura 2 del Centro Vida*.

El presente anexo corresponde al documento en formato Excel donde se calcula vigas doblemente reforzadas, con el fin de corroborar que los diseños realizados por Robot son correctos.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1WLeoH06dc52V9eoYCjI8KeukvLVeCrYg?usp=sharing>

Anexo 23: Análisis sísmico de la estructura 3 del Centro Vida.

El presente anexo corresponde al documento en Excel de los cálculos realizados para el análisis sísmico de la estructura 2 del Centro Vida.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1HTrodwTgZK8zuqWdZsKa7zEOF8lxG1Eb?usp=sharing>

Anexo 24: Modelación en robot y análisis estructural en Excel de la estructura 3 del Centro Vida.

El presente anexo corresponde al documento en formato Excel de todos los cálculos de la edificación, las modelaciones estructurales para la verificación de derivas y diseño de los elementos estructurales.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1JEiHdbSw-si14VmgB-hcH7s4n95JIXdc?usp=sharing>

Anexo 25: cálculo de las vigas doblemente reforzadas y planos de despieces estructurales, de la estructura 3 del Centro Vida.

El presente anexo corresponde al documento en formato Excel donde se calcula vigas doblemente reforzadas, con el fin de corroborar que los diseños realizados por Robot son correctos.

Para ver y descargar el documento por favor dirigirse al siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1bHoBWKpkRKJnQklu7sApg1dQh-h0YZXD?usp=sharing>