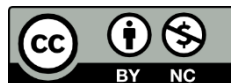


PROYECTO DE APLICACIÓN EN TEMATICAS DE INGENIERIA
Diseño estructural e hidrosanitario de un salón poli funcional para el barrio
Nueva Jerusalén de la comuna ocho de Villavicencio-Meta



Por:
JOHANN LEONARDO FRANCO VARGAS
WELMAN ANDRES DIAZ RIOS



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020

PROYECTO DE APLICACIÓN EN TEMATICAS DE INGENIERIA
Diseño estructural e hidrosanitario de un salón poli funcional para el barrio
Nueva Jerusalén de la comuna ocho de Villavicencio-Meta



Por:
JOHANN LEONARDO FRANCO VARGAS
WELMAN ANDRES DIAZ RIOS

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional
de ingeniero civil

Aprobado por:
Ing. Oscar Felipe Sáenz Pardo
Director

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Fray José Gabriel Mesa Ángulo, O.P.
Rector General

Fray Eduardo González Gil, O.P.
Vicerrector Académico General

Fray José Antonio Balaguera Cepeda, O.P.
Rector Sede Villavicencio

Fray Rodrigo García Jara, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Julieth Andrea Sierra Tobón
Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabón
Decano Facultad de Ingeniería Civil

Nota de aceptación

ING. MANUEL EDUARDO HERRERA PABÓN
Decano Facultad Ingeniería Civil

ING. OSCAR FELIPE SÁENZ PARDO
Director Trabajo de Grado

ING JUAN MANUEL SALGADO DÍAZ
Jurado

Villavicencio, 6 de Agosto de 2020

DEDICATORIA

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres: Wellman Díaz Claros, Liliana Ríos Lozano, José Miguel Franco Martínez y Adriana Vargas Rojas por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Santo Tomas de Villavicencio por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión. Igualmente, de manera especial al Ing. Oscar Sáenz, tutor de nuestro proyecto de investigación, quien nos ha guiado con su paciencia y su rectitud como docente. Y, a los habitantes de la comunidad Nueva Jerusalén por su valioso aporte para nuestro proyecto.

RESUMEN

Este proyecto se encuentra enfocado en proyección social, tiene como objetivo la realización del diseño estructural e hidrosanitario para un salón polifuncional para el barrio Nueva Jerusalén ubicado en el municipio de Villavicencio, Meta. Principalmente, la población se encuentra en un estado de crecimiento social-urbano y no cuenta con zonas de esparcimiento cultural, social, deportivo, político y comunitario. Estos son algunos objetivos principales del proyecto cuya finalidad es solucionar la problemática mencionada acerca del desarrollo social y económico de la ciudad, contando así con el cumplimiento normativo colombiano y con los requerimientos de la comunidad

ABSTRACT

This project is focused on social projection, its objective is the realization of structural and hydro sanitary design for a polyfunctional hall for the Villa Juliana neighborhood located in the municipality of Villavicencio, Meta. Mainly, the population is in a state of social growth and does not have areas of cultural, social, sports, political and community recreation. As it has been mentioned, these are some of the main objectives of the project, its purpose is to solve this problem for the social and economic development of the city, with Colombian regulatory compliance and with the requirements of the population.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	12
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
3.	JUSTIFICACIÓN.....	14
4.	OBJETIVOS.....	15
	OBJETIVO GENERAL	15
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
5.	ALCANCE.....	16
6.	MARCO DE REFERENCIA	17
6.1.	MARCO TEÓRICO	17
6.1.1.	Sistemas estructurales	17
6.1.2.	Sistema estructural de pórticos resistentes a momentos	17
6.1.3.	Estudio financiero	18
6.1.4.	Instalaciones hidrosanitarias	19
6.1.5.	Presupuesto	19
6.2.	MARCO CONCEPTUAL	20
6.2.1.	Coeficiente de importancia	20
6.2.2.	Tipos de perfil de suelo según NSR-10	21
6.2.3.	Elementos estructurales	21
6.2.4.	Vigas	21
6.2.5.	Columnas	22
6.2.6.	Cimentaciones.....	22
6.3.	ESTADO DEL ARTE.....	24
6.4.	MARCO NORMATIVO.....	26
6.5.	MARCO GEOGRÁFICO (OPCIONAL)	27
7.	METODOLOGÍA	28
7.1.	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS	28
8.	ETAPA 1: RECONOCIMIENTO DEL TERRENO DE ESTUDIO.....	30
8.1.	RECONOCIMIENTO DEL TERRENO	30
8.2.	RECOLECCION DE INFORMACION	32
8.3.	DISTRIBUCION ARQUITECTONICA	34
9.	ETAPA 2: ANALISIS GEOTECNICO PLANIMETRICO Y ALTIMETRICO DEL TERRENO	39
10.	ETAPA 3: PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA	41
10.1	PARAMETROS DE DISEÑO	41
10.2.	ESPECTRO ELÁSTICO DE ACELERACIONES DE DISEÑO	44
10.3.	AVALUO DE CARGAS.....	46
10.5.	PREDIMENSIONAMIENTO	47
10.6.	CUBIERTA	51
10.7.	CARGAS QUE EJERCEN EN LA ESTRUCTURA	57
10.7.1.	Carga muerta:	57
10.7.2.	Carga viva	57
10.7.3.	Carga ejercida por acción sísmica	57
11.	ETAPA 4: DISEÑOS.....	58
11.1.	DISEÑO ESTRUCTURAL.....	58

11.1.1. Materiales.....	58
11.1.2. Elementos	58
11.1.3. Cargas.....	61
11.1.4. Combinaciones.....	61
11.1.5. Diseño de vigas.....	65
Diseño a flexión.....	66
Diseño a cortante	68
11.1.6. Diseño de columnas	71
11.1.7. Cimentaciones.....	74
11.2. DISEÑO DE RED DE AGUA POTABLE	79
11.2.1. Características de la instalación.....	79
11.2.2. Trazado de la red	79
11.2.3. Caudal de diseño.....	80
11.3. DISEÑO RED DE RECOLECCION DE AGUAS RESIDUALES Y AGUAS LLUVIAS	83
11.3.1. Características de la instalación	83
11.3.2. Unidades de descarga.....	83
11.3.3. Trazado de la red	85
11.3.4. Caudal de diseño.....	85
11.3.5. Esfuerzo cortante	86
11.3.6. Cálculo de bajantes de aguas lluvias	86
11.3.8. Hidráulica de los colectores.....	87
12. ETAPA 5: PRESUPUESTO Y PLANOS	88
13. RESULTADOS E IMPACTOS.....	91
14. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	92
15. BIBLIOGRAFÍA.....	93
ANEXOS (OPCIONAL).....	95

LISTA DE TABLAS

Tabla 6.1. grupos de uso y coeficiente de importancia	20
Tabla 6.2. Perfiles del suelo	21
Tabla 6.3. Normativa para el proyecto.	26
Tabla 8.1. Grupos y subgrupos de clasificación	34
Tabla 9.1. Resumen de datos sondeo 1	39
Tabla 9.2. Resumen de datos sondeo 2.....	40
Tabla 9.3. Resumen de datos sondeo 3.....	40
Tabla 10.1 Valores de Aa y Av para las ciudades capitales de departamentos	41
Tabla 10.2. Clasificación de los perfiles de suelo.....	42
Tabla 10.3. coeficiente Fa para la zona de periodos cortos del espectro.....	43
Tabla 10.4. coeficiente Fv para la zona de periodos intermedios del espectro	43
Tabla 10.5. resumen de datos para el diseño del espectro.....	44
Tabla 10.6. valores de respuesta para los periodos del espectro	45
Tabla 10.7. valores de los periodos inicial, corto e intermedio	46
Tabla 10.8. cargas muertas. (unidades en Kn/m2).....	46
Tabla 10.9. Cargas vivas.....	47
Tabla 10.10. Predimensionamiento de las columnas	49
Tabla 10.11. Predimensionamiento de las vigas	50
Tabla 10.12. especificaciones de la cubierta.....	51
Tabla 10.13. materiales para la cubierta	53
Tabla 10.14. características de los elementos	55
Tabla 10.15. Peso de los elementos de la cubierta.....	56
Tabla 11.1. Unidades de desagüe de aparatos individuales y en grupo	84

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 6.1. Acero de refuerzo del sistema en pórtico [3].....	18
Ilustración 6.2. Secciones transversales de vigas. [9].....	22
Ilustración 6.3. Falla a cortante en las columnas [10].....	22
Ilustración 6.4. Zapata aislada [11].....	23
Ilustración 6.5. Losa de cimentación [8].....	23
Ilustración 6.6. Pilotes hincados. [12].....	24
Ilustración 6.7. Diseño arquitectónico guía. [13].....	24
Ilustración 6.8. Localización Geográfica.....	27
Ilustración 8.1. Plano Catastral del lote de estudio.....	33
Ilustración 8.2. Zona institucional, planta baja.....	36
Ilustración 8.3. Modelo arquitectónico 3D.....	37
Ilustración 8.4. Modelo arquitectónico 3D.....	37
Ilustración 8.5. Vista frontal modelo 3D.....	37
Ilustración 8.6. vista lateral del modelo 3D.....	38
Ilustración 8.7. vista lateral modelo 3D.....	38
Ilustración 8.8. vista posterior modelo 3D.....	38
Ilustración 10.1 Espectro elástico de aceleración.....	44
Ilustración 10.2 Distribución del sistema de columnas y vigas.....	48
Ilustración 10.3. plano de cubierta.....	52
Ilustración 10.4. Cubierta en modelo 3D.....	53
Ilustración 10.5. teja arquitectónica Acesco.....	54
Ilustración 10.6. caballete Acesco teja arquitectónica.....	54
Ilustración 10.7. Metaltub tubería estructural rectangular.....	55
Ilustración 11.1. vista en planta en el software SAP 2000.....	64
Ilustración 11.2. vista de perfil software SAP 2000.....	65
Ilustración 11.3. elevación en 3D del modelo SAP 2000.....	65

1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería Civil, debe responder y dar solución a las problemáticas sociales de las comunidades integrando a los diversos actores sociales y comunitarios cumpliendo con la función sustantiva de proyección social de la USTA Villavicencio.

Por tal razón, se va a realizar un proyecto de carácter social que beneficie a la comunidad del barrio Nueva Jerusalén de la comuna ocho (8) en Villavicencio-Meta. Este consta de: diseño estructural, hidrosanitario y un presupuesto mediante la metodología de análisis de precios unitarios para un salón polifuncional con extensión de aproximadamente trescientos (300) metros cuadrados.

La comunidad expresó la necesidad de un salón cuyo uso sea de zonas de esparcimiento, entretenimiento, ordenamiento y liderazgo para los habitantes de la zona.

La realización del proyecto será influenciada por el uso del suelo, y las características topográficas del predio destinado por los entes gubernamentales, además de la zonificación, demografía y las reglamentaciones urbanísticas de la ciudad y las demás reglamentaciones vigentes para los diseños.

El resultado final serán los diferentes diseños tal y como se solicitan en curaduría urbana exceptuando la firma de un profesional responsable por tratarse de un proyecto académico.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La comunidad del barrio Nueva Jerusalén ubicado en la comuna 8 del municipio de Villavicencio, Meta, no cuenta con un espacio para la integración y participación en el ámbito social y cultural de la comunidad. En este momento existe un predio destinado para el proyecto. Actualmente, no se cuenta con ningún estudio previo que se relacione al proyecto, por lo que se hace necesario recopilar o realizar los estudios geotécnicos, topográficos, arquitectónico, diseño estructural y de redes hidrosanitarias que permitan darle un uso al lote.

La comunidad necesita un espacio cuyo uso sea salón comunal en donde se puedan realizar reuniones, capacitaciones, eventos culturales y de interés comunitario. Esto permite un aumento en la calidad de vida de los habitantes del sector y el desarrollo urbanístico alrededor del salón comunal.

Según el ministerio de vivienda, para participar en convocatorias municipales, departamentales y/o nacionales en las cuales se asignan recursos a comunidades o juntas de acción comunal es indispensable presentar diseños en los que se evidencien donde serán destinados los recursos. La asignación de este tipo de recursos se debe realizar en sectores legalmente constituidos como barrios, la cual según la ley 9 de 1989 considera legal a aquellos asentamientos humanos que cuenten con viviendas de interés social junto con un Urbanismo aceptado, generalmente localizados fuera del perímetro urbano actual definido en los planes o esquemas de ordenamiento territorial. [1]

¿Cuál es la alternativa de diseño más viable de un salón polifuncional para el barrio Villa Juliana en la ciudad de Villavicencio, que cumpla con los requerimientos de ley y que además genere un costo de obra adecuado?

3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de este proyecto busca entregar el diseño estructural e hidrosanitario de un salón polifuncional para la realización de actividades socio-culturales que incentivan el desarrollo y la participación ciudadana en las comunas, agregado a lo anterior, el diseño a realizar deberá funcionar como salón para los diversos usos que destine la comunidad del barrio Nueva Jerusalén ubicado en la comuna 8 de Villavicencio.

Se contempla en el proyecto la necesidad que presenta la comunidad acerca del tipo de espacio, el cual se encuentra en etapa de formulación, conforme el proyecto se desarrolle se irán adaptando el proyecto a las necesidades presentadas por la junta de acción comunal

En contexto, este proyecto está articulado a la línea de investigación en gestión de proyectos de construcción; se centra en generar o suplir una necesidad de la población de la comuna 8 de Villavicencio.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Realizar el diseño estructural, hidrosanitario y un análisis de precios unitarios de un salón polifuncional con extensión de 300 m² en el barrio Nueva Jerusalén del Municipio de Villavicencio, Meta

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el estado geotécnico, la planimetría y altimetría del predio destinado para el proyecto.
- Definir la mejor alternativa de diseño haciendo uso de un software comercial de diseño estructural
- Diseñar las redes de instalaciones hidrosanitarias para el suministro de agua potable y recolección de aguas servidas.
- Realizar un presupuesto mediante un análisis de precios unitarios para determinar del precio de obra gris.

5. ALCANCE

La finalidad de este proyecto se basa en realizar el diseño estructural e hidrosanitario de un salón polifuncional localizado en el barrio Nueva Jerusalén, el cual solicita una estructura que fomente el esparcimiento social y cultural de la población.

La determinación de la planimetría y altimetría del terreno será realizada con equipo de topografía con precisión al milímetro, este será suministrado por la universidad Santo Tomas; por otra parte, para el análisis del estado geotécnico del suelo se realizarán ensayos que determinen las características físicas y mecánicas del suelo donde se cimentará la estructura.

El diseño estructural será ejecutado mediante un análisis de cargas efectuado a la estructura a diseñar, teniendo en cuenta la función, uso, localización y área desempeñada apoyándose en la normativa sismo resistente colombiana. Se prevé realizar las respectivas memorias de cálculo y los planos del diseño estructural, para ello se analizará el comportamiento en un software comercial de diseño estructural, el cual genera una serie de resultados que definen la respuesta de la estructura al ser sometida a las fuerzas físicas de la naturaleza.

Toda estructura sin importar su uso deberá contar con un sistema de distribución de agua y recolección de aguas servidas, por tal motivo se diseñará de la red de suministro de agua potable, la red de recolección de aguas lluvias y de aguas servidas, cuyos entregables se limitarán al plano de diseño de las redes

Se llevará a cabo un presupuesto del proyecto, en el cual se evidenciarán las actividades que se realizarán en el proyecto, las cantidades de obra, los APU's, los AIU's, otros aspectos que se tendrán en cuenta en la realización el presupuesto.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO

La comunidad del barrio Nueva Jerusalén ha crecido en estos últimos 5 años significativamente según la encuesta realizada por el DANE en el 2018. A causa de tener un desarrollo no tan equivalente a su desarrollo poblacional, no se cuenta con suficientes zonas culturales o deportivas, debido a que al ser un barrio nuevo aún no se tiene un orden en la planeación territorial de algunas zonas.

Según Aguado Crespo “una casa comunal es una edificación grande y estrecha sin habitaciones, que construyeron para habitar diversos pueblos en varias partes del mundo. Son viviendas comunitarias de uso arcaico, construidas generalmente de madera con estructuras cuyas formas se siguen utilizando hoy en día.” Los salones comunales son dependencias que se construyen dentro de los edificios y conjuntos que sobrepasan un área determinada de construcción, y se clasifican de acuerdo con las normas urbanísticas como equipamiento comunal privado Existen diversas maneras y/o métodos para realizar este tipo de edificaciones, uno de los sistemas de construcción más conocidos y utilizados es el sistema de pórticos en concreto reforzado. [2]

6.1.1. Sistemas estructurales

Los sistemas estructurales comprenden las estructuras compuestas por diversos miembros, los cuales cumplen la función de soporte para las edificaciones y tienen además la tarea de soportar las cargas que actúan sobre ellas siendo estas transmitidas posteriormente al suelo. [2]

Según el reglamento colombiano de construcción sismo resistente, también conocido como NSR-10, se reconocen cuatro tipos generales de sistemas estructurales de resistencia sísmica los cuales se citarán a continuación:

- sistema de muros de carga
- sistema combinado
- sistema de pórtico
- sistema dual

6.1.2. Sistema estructural de pórticos resistentes a momentos

Es un sistema que se compone de un pórtico que resiste momentos, esencialmente completo, que no contiene uniones o secciones diagonales, y además resiste todas las cargas aplicadas vertical y horizontalmente.

Este sistema es el más nombrado y bastante utilizado en el medio ingenieril debido a que por su composición permite mayor libertad para la propuesta arquitectónica. Para su proceso constructivo se requiere un mayor cuidado a la hora de crear los nudos que hacen la función de unión principal dentro de todo el sistema y de estos

dependerá el diseño de la misma (ver ilustración 6.1). El dimensionamiento de las vigas y columnas que conforman el sistema de pórtico es importante debido a que con estos se controlan los desplazamientos producidos por cargas horizontales que derivan de las fuerzas sísmicas y así garantizar a su vez el rendimiento de los acabados, previniendo que estos sufran daños mayores con el efecto del sismo.

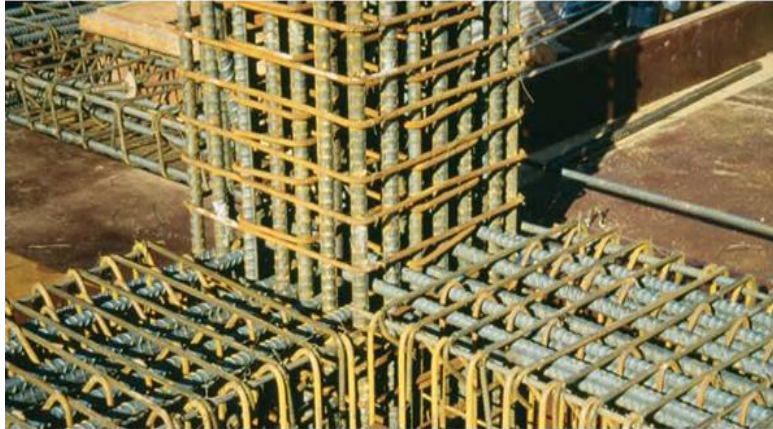


Ilustración 6.1. Acero de refuerzo del sistema en pórtico [3]

Características

- Los pórticos son estructuras montadas planas que combinan elementos verticales (columnas) y horizontales (vigas) unidos mediante nudos rígidos.
- La unión rígida produce la flexión conjunta de ambos elementos frente a cargas gravitatorias y horizontales, incrementando la rigidez y reduciendo la deformación.
- Los materiales más habituales usados para la construcción de este sistema son acero y hormigón.

Ventajas en el sistema

- Posee gran libertad para la distribución de los espacios internos del edificio.
- Debido a su composición son estructuras muy flexibles cuya limitación atrae las fuerzas sísmicas en pequeña cantidad.
- Debido a la ductilidad de sus materiales se convierte en un sistema disipador de grandes cantidades de energía
- El sistema permite las modificaciones internas en la estructura ya que los muros dentro de ella no soportan peso ni producen afectaciones en el sistema, lo cual genera facilidad para ser movidos o reemplazados [4]

6.1.3. Estudio financiero

En este estudio se define la rentabilidad de la idea a través de los presupuestos de venta, inversión y gastos, insumos obtenidos en las etapas o estudios anteriores. Mediante estos datos se toma la decisión de la viabilidad del proyecto o si es necesario implementar cambios en los procesos

Como observación se debe tener en cuenta que cualquier cambio en los presupuestos debe ser alcanzable y aterrizado, si en el debido caso la ganancia del proyecto no es satisfactoria una vez realizados los cambios y opciones posibles, se concluye que el proyecto no es viable y por lo tanto es necesario encontrar otra idea de inversión. [5]

6.1.4. Instalaciones hidrosanitarias

Las instalaciones hidrosanitarias en los edificios y/o casas, son coloquialmente conocidas como “plomería” la cual según el autor Enríquez Harper es definida como “El arte de las instalaciones en edificios, las tuberías, accesorios, y otros aparatos para llevar el suministro de agua y para retirar las aguas con desperdicios y los desechos que lleva el agua”. Basándose en esta definición, se concluye que un sistema de instalaciones hidrosanitarias puede estar conformado por la tubería que distribuye el agua a los diferentes aparatos sanitarios que se encuentran localizados en la estructura, los accesorios, el sello de los desperdicios y tubos de ventilación, el drenaje sanitario del edificio, el drenaje de para aguas de lluvia, entre otros accesorios complementarios. [6]

6.1.5. Presupuesto

La definición de presupuesto para un proyecto, se considera como la suma total del dinero que es asignado para cubrir los gastos que el proyecto genera durante un periodo de tiempo específico. Para definir un proyecto como exitoso el alcance del proyecto debe ser entregado de acuerdo al cronograma, además de ello, al que al ser entregado cumpla con los estándares de calidad de los beneficiarios. [7]

6.2. MARCO CONCEPTUAL

6.2.1. Coeficiente de importancia

Es el coeficiente que modifica al espectro de diseño y las fuerzas de diseño. Se encuentra definido por una clasificación de grupos de uso de las estructuras los cuales se enunciarán en la tabla 6.1. Para el tipo de estructura que se realizara en este proyecto se podrá tomar un coeficiente de importancia perteneciente al grupo II o al grupo III, la elección de este se analizara más a fondo en la norma NSR-10.

Tabla 6.1. grupos de uso y coeficiente de importancia

Grupo	Nombre	Clasificación	I
IV	<u>Edificaciones indispensables</u>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hospitales, clínicas y centros de salud que tengan servicios de cirugía, cuidados intensivos y/o atención de urgencias ○ Aeropuertos, estaciones ferroviarias y sistemas masivos de transporte ○ Refugios para emergencias, centrales de aeronavegación y hangares de aeronaves. ○ Centrales de operación y control de líneas de energía eléctrica, agua, combustibles, información y transporte de personas. ○ Edificaciones que contengan agentes explosivos, tóxicos y dañinos para el publico 	1,50
III	<u>Edificaciones de atención a la comunidad</u>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de fuerzas armadas y sedes de oficinas de prevención de desastres. ○ Garajes de vehículos de emergencia ○ Equipos de centros de atención de emergencias ○ Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza ○ Aquellas que la administración municipal, distrital, departamental o nacional la designe como tal 	1,25
II	<u>Estructuras de ocupación especial</u>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Edificaciones donde se puedan reunir más de 200 personas en un mismo salón ○ Graderías al aire libre donde pueda haber más de 2000 personas a la vez ○ Almacenes y centros comerciales con más de 500 m2 por piso ○ Edificaciones en las cuales trabajen o vivan más de 3000 personas ○ Edificios gubernamentales 	1,10
I	<u>Estructuras de ocupación normal</u>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Todas las edificaciones cubiertas por la NSR-10 que no se encuentren en los grupos II, III Y IV 	1,0

Fuente: NSR-10

6.2.2. Tipos de perfil de suelo según NSR-10

La NSR-10 define 6 tipos de perfil de suelo que serán citados en la tabla 6.2. Para la clasificación de estos perfiles la NSR-10 se basa en una serie de parámetros medidos a través de ensayos SPT y realizando sus debidas correcciones al número de golpes; Estos parámetros son la velocidad media de la onda cortante, el número medio de golpes del ensayo a lo largo de todo el perfil, la resistencia media a corte junto con su resistencia no drenada y por último el índice de plasticidad y el contenido de humedad.

Tabla 6.2. Perfiles del suelo

Tipo de perfil	Descripción
A	Perfil de roca competente (velocidad de la onda de corte (vs) mayor a 1500 m/s)
B	Perfil de roca de rigidez media (vs entre 1500 m/s y 760 m/s)
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de corte entre 760 m/s y 360 m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda que cumpla con los criterios del número de golpes mayor a 50
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de vs entre 360 m/s y 180 m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con la condición de numero de golpes entre 50 y 15
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda cortante menor a 180 m/s
	Perfil que contiene un espesor total mayor a 3 m de arcillas blandas con un IP mayor a 20 y W mayor a 40
F	Estos perfiles requieren de una evaluación realizada in situ por un geotecnista y clasificándolo en subclases

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

6.2.3. Elementos estructurales

Existen elementos estructurales que por lo general son aquellos que soportan cargas y están sometidos a mayores esfuerzos y están los no estructurales que son aquellos elementos que no soportan carga, como es el caso de los muros divisorios y mochetas. Hay elementos estructurales de varios tipos que deben ser lo suficientemente fuertes para soportar el peso total de la estructura y evitar su deformación. [8]

6.2.4. Vigas

Una viga se conoce como un elemento estructural que es instalado en forma horizontal, apoyándose sobre las columnas o pilares destinados a soportar las cargas, este conjunto de vigas y columnas forman los pórticos. Las vigas son diferentes a las viguetas cuya composición forma parte de la superficie de una losa

o forjado. [8] Debido a su uso existen diversas secciones en las cuales una viga se puede presentar, como se evidencia en la ilustración 6.2.

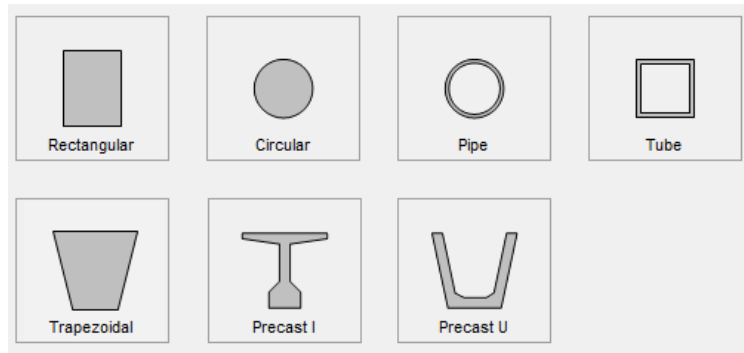


Ilustración 6.2. Secciones transversales de vigas.

6.2.5. Columnas

Las columnas son elementos construidos verticalmente, ejecutados “in situ” cuya función, además de servir de soporte o apoyo para las vigas y demás elementos estructurales, soportan esfuerzos de compresión, cortante y de pandeo [8]. En la ilustración 3 se evidencian algunos modelos de columnas



Ilustración 6.3. Falla a cortante en las columnas [9]

6.2.6. Cimentaciones

Las cimentaciones son el conjunto de elementos estructural que transmiten las cargas ejercidas por la estructura, siendo estas distribuidas en el suelo. [8] Existen diversos tipos de cimentaciones que se enunciaran a continuación:

- **De zapata:** Es una cimentación superficial, que es usada en suelos homogéneos con resistencia a compresión media y baja. [8]

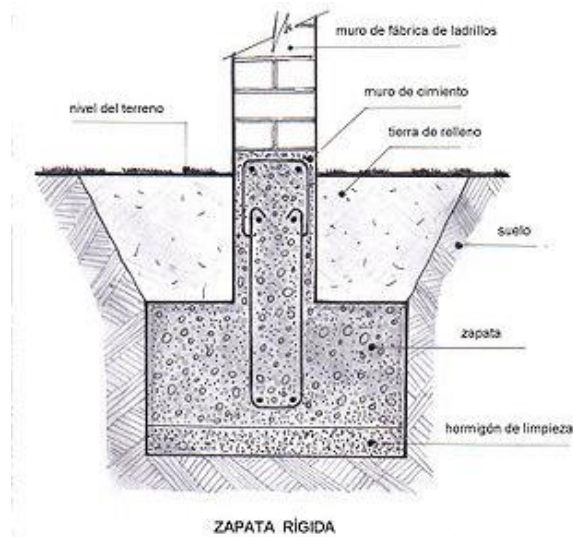


Ilustración 6.4. Zapata aislada [10]

- **De losa continua:** Este tipo de cimentaciones conocidas como cimentaciones por placa o por losa, son cimentaciones superficiales las cuales disponen de una plataforma a la cual recaen diferentes columnas, el cual tiene como objeto transmitir las cargas uniformemente al suelo evitando así asentamientos diferenciales. [8]



Ilustración 6.5. Losa de cimentación [8]

- **De pilotes:** Un pilote es un elemento constructivo que se utiliza en la cimentación de estructuras, este pilote permite trasladar las cargas hasta un estrato con mayor resistencia del suelo, debido a que en ciertos momentos este se encuentra a una profundidad tal que hace inviable, técnica o económicamente, una cimentación más convencional mediante zapatas o losas. [8]

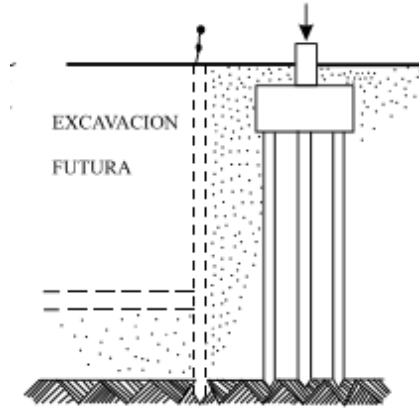


Ilustración 6.6. Pilotes hincados. [11]

6.3. ESTADO DEL ARTE

- **Apoyo técnico para la construcción de salón comunal “verbenal sueña”, Ciudad Bolívar, Bogotá (2017)**

Este proyecto de grado radica en la ciudad de Bogotá, localizado en el barrio Verbenal en el sector de Ciudad Bolívar. El proyecto desarrollado está enfocado al área de proyección social que tiene como objetivo principal el apoyo técnico para la construcción de un salón comunal. Se realizaron diferentes trabajos de diseño estructural teniendo en cuenta la norma sismo resistente de 2010 (NSR-10).



Ilustración 6.7. Diseño arquitectónico guía. [12]

Como opción a estudiar el diseño que se empleó en esta estructura la cual está conformada por un diseño arquitectónico, referente a la necesidad de la comunidad como el uso del proyecto, se establecerá una relación la cual se tomará este diseño como guía para la realización óptima del proyecto. Se tendrá en cuenta la toma de algunos factores positivos del diseño, ya que según lo analizado este cumple con el

uso y la necesidad. A diferencia de esta estructura el predimensionamiento estará basado en la normativa colombiana dependiendo del tipo de suelo donde se encuentre y de la amenaza sísmica a la cual se enfrente la zona. [12]

- **Construcción casa comunal barrio fundadores en Armenia, Quindío (2017)**

El proyecto a realizar es la construcción de una casa comunal que incluirá un salón de usos múltiples con la finalidad de desarrollar actividades, sociales, culturales, deportivas y recreacionales localizado en el municipio de Armenia, Quindío.

Este proyecto al encontrarse localizado en el mismo país cuenta con las mismas especificaciones expedidas por la normatividad del país, las cuales servirán como punto base para realizar el proyecto del barrio Villa Juliana en Villavicencio, además de ello cuentan con detalles más a fondo de la estructura que se desarrolló, los cuales son de suma importancia a tener en cuenta al momento de realizar el diseño, detalles como los materiales con los cuales se desarrollara la estructura, como la mampostería que fue utilizada en los muros, el concreto para el piso, los acabados en madera, aluminio y vidrio, entre otros detalles especificados en el documento. [13]

- **Centro de desarrollo infantil El Recreo (2015)**

El presente trabajo responde a la necesidad de la población infantil del barrio María Auxiliadora, ubicado en el municipio de Marinilla (Antioquia), la cual carece de una infraestructura adecuada que permita la atención de los niños en los primeros años de vida para su desarrollo integral, exploración, socialización y aprendizaje.

Se centrará como apoyo enfocados en el ámbito arquitectónico, ya que el proyecto se basa en suplir a la comunidad no solo a la mayor de edad sino a la comunidad infantil, que sea una zona social a todo nivel. En contexto, se tomará como base arquitectónica el diseño y se prolongará al mayor beneficio social. [14]

- **Diseño estructural y construcción de una vivienda para visibilizar la cosmogonía nasa en el resguardo indígena de Yaquivá municipio de Inzá – cauca (2017)**

La propuesta de diseño estructural y construcción de una vivienda a partir de la cosmogonía Nasa pretende mostrar que se puede conservar los elementos que dan vida a su cultura, pero también muestra que no está estancada, sino que, al contrario, se recrea continuamente. Para afirmar esto se partió de los conocimientos adquiridos en ingeniería civil, al igual que los conocimientos de sabedores mayores nasas, que en conjunto llegaron a generar la propuesta de la construcción de un diseño que respondiera a las exigencias de ambas partes.

Como principal función, se recolectará la metodología para fomentar el análisis acerca del ámbito del diseño estructural, así buscar no solo como apoyo sino como un recurso el cual optemos por la recolección de datos del diseño estructural; como lo son inicialmente la cimentación y normatividad para llevar a cabo no solo un diseño estético sino funcional. [15]

- **Evaluación y diseño de sistemas de aislamiento acústico para el salón comunal del edificio selva alegre mediante el uso de elementos constructivos del Ecuador (2017)**

En este proyecto se busca a través de la normativa ecuatoriana y de los elementos constructivos del país mismo, diseñar una estructura de usos similar a la nuestra además de un conjunto de elementos que logren oponerse al paso del ruido, aislándola del ambiente exterior y sus contaminaciones auditivas. El objetivo de este proyecto es, además de diseñar esta estructura para uso social y cultural, aportar a la salud auditiva de la población que se beneficiará de esta estructura. Para nuestro proyecto se tendrá en cuenta el proceso constructivo que se lleva a cabo para lograr el objetivo y se considerará el uso de los elementos usados para aislar el ruido en un rango significativo. [16]

6.4. MARCO NORMATIVO

Tabla 6.3. Normativa para el proyecto.

NORMA	MINISTERIO REGULADOR	DESCRIPCION
NSR-10	Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial	La NSR-10 es la norma sismo resistente usada en Colombia en la cual se regula el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones en el territorio de la República de Colombia esta norma debe someterse a los criterios y requisitos mínimos que se establecen en la Normas Sismo Resistentes Colombianas. Los títulos a usar de esta norma son:
		TITULO A Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente
		TITULO B Cargas
		TITULO C Concreto Estructural
		TITULO F Estructuras Metálicas
		TITULO H Estudios geotécnicos
		TITULO I Supervisión técnica
		TITULO J Requisitos de protección contra incendios en edificaciones
	TITULO K Requisitos complementarios	
Decreto 475 de 2017	Alcaldía de Villavicencio	<i>“Por el medio del cual se reglamenta el instrumento de operaciones Urbanísticas estratégicas (OpUrbE) en el municipio de Villavicencio y se dictan otras disposiciones.”</i> [17]. Es el decreto que reglamenta las operaciones urbanas estratégicas que se encuentran establecidas en el plan de ordenamiento territorial de Villavicencio
Decreto 229 de 2017	Alcaldía de Villavicencio	<i>“Por el medio del cual se reglamenta las normas urbanísticas y arquitectónicas para el reconocimiento de la existencia de edificaciones educativas de carácter público en el municipio de Villavicencio, y se dictan otras disposiciones”</i> [18]

Decreto 353 de 2000	Curaduría Urbana de Villavicencio	Decreto que adopta el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Villavicencio, en este decreto se imparten las directrices respectivas para la administración y orientación del desarrollo físico-político del territorio, además de regular las zonas de equipamiento y las estructuras a nivel global.
Acuerdo 287 de 2015 (P.O.T)	Concejo Municipal de Villavicencio; Alcaldía de Villavicencio	POT o Plan de Ordenamiento Territorial de Villavicencio es un plan aprobado por el concejo municipal que rige a partir del año 2015 en el cual se establecen normas urbanísticas estructurales y generales, además de ello en el POT se encuentran reflejados aspectos para la organización territorial del municipio, procesos y programas para la administración del municipio

Fuente: autores

6.5. MARCO GEOGRÁFICO (OPCIONAL)

La implementación del proyecto a realizar; el cual es el diseño estructural y estudio de viabilidad para un salón poli funcional para el barrio Nueva Jerusalén, se encuentra ubicado en la comuna 8 del municipio de Villavicencio ubicado en el departamento del Meta.

El barrio Nueva Jerusalén se encuentra ubicada en el suroeste de Villavicencio, limita con el barrio Montecarlo y Guatapé, está a 426 metros sobre el nivel del mar. Se puede ubicar mediante las coordenadas: 4°05'57" N 73°39'06" W.

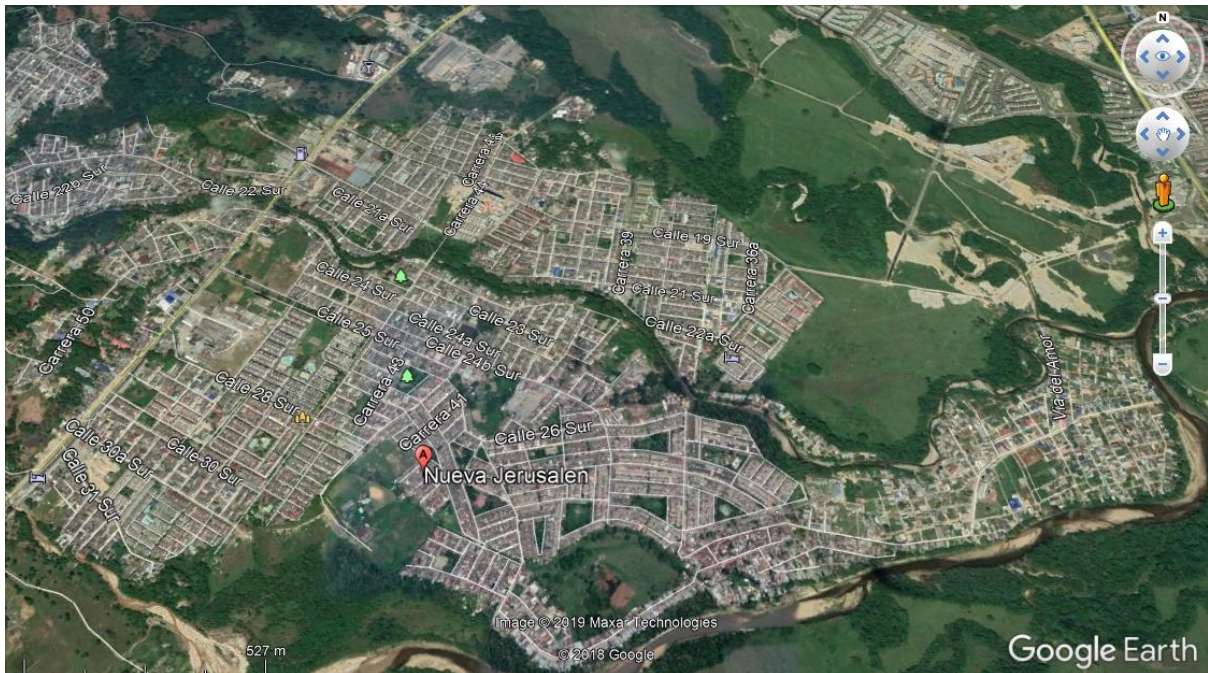


Ilustración 6.8. Localización Geográfica

7. METODOLOGÍA

7.1. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS

Para realizar el proyecto es necesario primero definir el alcance que este tendrá y los objetivos que se buscan cumplir con la realización de este proyecto, enunciados previamente en los Ítems de objetivos y alcance pasando posteriormente por una serie de etapas que se deben cumplir de manera ordenada para llevar a cabo así un control, y un desarrollo ordenado del proyecto. Las etapas por las cuales el proyecto tendrá que pasar para su resultado final se evidencian a continuación:

- **ETAPA 1:** En esta etapa inicial se procede a interactuar con el representante de la comunidad que se beneficiará con el proyecto para tener el conocimiento explícito de las necesidades sociales que la comunidad exige, junto con los insumos que esta posea que serán de utilidad para realizar el proyecto.

Tareas

- ✓ Realizar visitas al lugar donde estará localizado el proyecto
 - ✓ Definir la distribución arquitectónica de la estructura
 - ✓ Buscar los insumos que se tengan de la zona de influencia del proyecto.
- **ETAPA 2:** En esta etapa una vez definida la necesidad explícita de la comunidad y los criterios de diseño se procede a realizar un estudio general de la zona en la cual se va a realizar el estudio, basándose en las normas pertinentes y obteniendo los resultados que serán de suma importancia para la siguiente etapa

Tareas

- ✓ Realizar estudios topográficos del terreno
 - ✓ Realizar estudios de suelos (en caso de que no haya información de estos)
 - ✓ Hacer revisión normativa para realizar los estudios y demás procesos de esta etapa
- **ETAPA 3:** Luego de realizar los estudios preliminares y los estudios de la zona que servirán de insumo para el proyecto, se realizara el predimensionamiento y diseño de la estructura bajo los parámetros de las normas de diseño y de urbanística del municipio.

Tareas

- ✓ Analizar los resultados arrojados por los estudios y determinar los parámetros que estos arrojan
- ✓ Definir el sistema estructural que mejor se adapte a las necesidades de la estructura y los materiales a utilizar
- ✓ Realizar el Predimensionamiento de la estructura

- **Etapa 4:** posterior a realizar el diseño y analizar el comportamiento de la misma, se procede a efectuar el análisis general de la estructura dimensionada en la etapa anterior.

Tareas

- ✓ Realizar un análisis de respuesta de la estructura dimensionada ante acciones sísmicas
 - ✓ Determinar las acciones de diseño a considerar en la estructura
 - ✓ Realizar el dimensionamiento final de la estructura
 - ✓ Hacer un análisis de costos y buscar las alternativas más factibles para el diseño
 - ✓ Realizar el trazado y diseño de la red de suministro y recolección de agua
- **Etapa 5:** Es la etapa final en donde se concretan los resultados finales, una vez definidos los procesos y requerimientos posteriores, estos son los diseños que serán entregados como resultado final de la realización del proyecto en general

Tareas

- ✓ Diseñar los planos estructurales y de cimentaciones
- ✓ Realizar el análisis de costos final, los APU's y el análisis de estos
- ✓ Realizar informe final de la realización del proyecto.

8. ETAPA 1: RECONOCIMIENTO DEL TERRENO DE ESTUDIO

8.1. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

Se realiza una charla con la presidenta de la Junta de Acción Comunal del barrio Nueva Jerusalén, en donde se realizará el proyecto, allí se definió el tipo de proyecto que la comunidad espera recibir de la Universidad Santo Tomás y las necesidades que se proponen solucionar con su desarrollo.

Posteriormente se procede a visitar la ubicación del predio sobre el cual se realizarán los pertinentes estudios que conlleven al desarrollo del proyecto, se definieron visualmente sus características, su estado y sus límites



Fotografía 8.1. Lote del proyecto
Fuente: Autores

*PROYECTO DE APLICACIÓN EN TEMATICAS DE INGENIERIA
Diseño estructural e hidrosanitario de un salón poli funcional para el barrio Nueva Jerusalén de la
comuna ocho de Villavicencio-Meta*



Fotografía 8.2. Vista norte-sur
Fuente: Autores



Fotografía 8.3. Vista lateral lote de estudio
Fuente: Autores

Luego la visita inicial al lote destinado para el proyecto, junto con la representante, se definió el uso explícito que tendrá la estructura y el boceto inicial de su distribución arquitectónica según las necesidades que la comunidad expide, allí se llegó a un consenso en el cual se definió que el proyecto contará con una planta, que estará conformada por salones, debido a una de las ideas de la comunidad y es que este funcione como un Jardín para niños de la comunidad en convenio con el ICBF o con instituciones que lideren este tipo de actividades para atención a la infancia; su segunda composición serán oficinas para los líderes y para atender las necesidades, inconformidades y/o aportes para la constante mejora del barrio donde se realiza el proyecto.

8.2. RECOLECCION DE INFORMACION

Una vez realizada la primer visita a campo en la cual se hizo un reconocimiento visual del lugar de estudio y del estado en el que se encuentra, se solicitó a la representante de la comunidad el suministro de la información pertinente a la zona de estudio que tuvieran y que nos sirviera de insumo para el desarrollo del proyecto.

La información y los datos que la representante nos entregó se enunciarán a continuación:

- El documento legal expedido por la dirección de catastro del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en el cual se especifica la forma del lote, el área aferente del lote, los puntos de partida o Mojones y las distancias entre ellos el cual se enuncia a continuación: “ *CLAUSULA 13: (Zona verde comunal número 2) Área total 475,75 metros cuadrados y su respectivo amojonamiento es el siguiente: Partiendo del mojón 50 al mojón 51 con una longitud de 24,68 metros lineales; del mojón 51 al mojón 52 en longitud de 16,87 metros lineales; del mojón 52 al mojón 53 en una longitud de 19,69 metros lineales; del mojón 53 al mojón 50 con una longitud de 51 metros lineales y encierra.*” [19]
- El plano catastral del barrio Nueva Jerusalén (Ver ilustración 8.1) donde se evidenciaba la ubicación del lote denominado en el plano como Z.V.C (L) y sus dimensiones, allí se evidencia que dentro del lote de estudio se encuentra subdividido y el área aferente es menor a la que se definió visualmente en la primer visita a campo, ya que en la parte sur del lote se prospecta un trazado vial urbano, denominado en el plano como V-10.00, de aproximadamente 20 metros de longitud que comunicará el barrio Nueva Jerusalén con el barrio Guatapé y además de ello existe un porcentaje del lote que pertenece a el barrio Guatapé y por lo tanto no se debe incurrir en ningún problema legal en este espacio, por lo que se hace necesario definir topográficamente sus linderos.



Ilustración 8.1. Plano Catastral del lote de estudio
Fuente: Curaduría Urbana

En el anexo 1- Estudio geotécnico y planimétrico de un salón polifuncional para el barrio Nueva Jerusalén, se realiza el estudio del terreno sobre el cual se realizará el proyecto

8.3. DISTRIBUCION ARQUITECTONICA

Para la distribución arquitectónica se tomó un ejemplo de un diseño arquitectónico de similitud respecto a su uso y a las normas urbanísticas del municipio donde se desarrollará el proyecto, luego de ello se hicieron algunas modificaciones debido a su área de construcción y a la ubicación de las salidas de emergencia y demás parámetros que se encuentran en el título K de la Norma Sismorresistente Colombiana denominado Requisitos complementarios en donde se clasifican las estructuras según su ocupación como se muestra en la tabla 8.1.

Tabla 8.1. Grupos y subgrupos de clasificación

Grupos y Subgrupos de ocupación	Clasificación
A	ALMACENAMIENTO
A-1	Riesgo moderado
A-2	Riesgo Bajo
C	COMERCIAL
C-1	Servicios
C-2	Bienes
E	ESPECIALES
F	FABRIL E INDUSTRIAL
F-1	Riesgo moderado
F-2	Riesgo bajo
I	INSTITUCIONAL
I-1	Reclusión
I-2	Salud o incapacidad
I-3	Educación
I-4	Seguridad publica
I-5	Servicio Publico
L	LUGARES DE REUNION
L-1	Deportivos
L-2	Culturales y teatro
L-3	Sociales y recreativos
L-4	Religiosos
L-5	De transporte
M	MIXTOS Y OTROS
P	ALTA PELIGROSIDAD
R	RESIDENCIAL
R-1	Unifamiliar y bifamiliar
R-2	Multifamiliar
R-3	Hoteles
T	TEMPORAL

Fuente: Nsr-10 título K

El grupo I contiene el subgrupo institucional de educación (I-3) en el cual se clasifican las edificaciones empleadas para la reunión de personas con propósitos educativos y de instrucción tales como universidades, colegios, escuelas, centros de educación, Academias, Jardines infantiles y otras instituciones docentes. [20]

El grupo L contiene el subgrupo de ocupación de lugares de reunión sociales y recreativos (L-3) allí se clasifican las edificaciones o espacios en los cuales se agrupan personas ya sea con fines recreativos o fines sociales como lo son los clubes sociales, salones de baile, salones de juego, discotecas, centros de recreación, vestíbulos y salones de reunión, bibliotecas, salas de lectura, galerías de arte, museos y otros similares. [20]

Además de apoyarse en el título K de la norma sismorresistente, se revisó el Acuerdo 287 de 2015 en el cual se encuentra el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Villavicencio y allí se define el uso del suelo de las zonas más importantes del municipio junto con las características de los barrios y las zonas de expansión del municipio. En el P.O.T se definió al igual que en el documento expedido por la dirección de catastro del IGAC que este terreno era zona verde comunal en la cual se deben desarrollar proyectos que sean para el servicio de la comunidad junto con la coordinación del gobierno de la ciudad.

Como último ítem para la verificación del diseño arquitectónico en la revisión de la norma y en una consulta con la curaduría urbana primera de Villavicencio, se definió que la altura máxima permitida según la zona es de dos plantas y no se encuentran limitantes para el diseño en temáticas de distribución de espacios, localización de las zonas, o área de construcción, por lo tanto, el diseño arquitectónico en consenso con la líder de la comunidad y las necesidades que se expresaron inicialmente se muestra gráficamente en la imagen 8.2 y el *anexo 4.2- Planos arquitectónicos*. En las imágenes 8.3 hasta la 8.8 se puede apreciar el modelo de la estructura realizado en 3D en el software Sketchup, con las vistas del modelo en elevación frontal, lateral y posterior, al igual que en el *anexo 6- Modelo 3D* mencionados al final del documento.

PROYECTO DE APLICACIÓN EN TEMATICAS DE INGENIERIA
 Diseño estructural e hidrosanitario de un salón poli funcional para el barrio Nueva Jerusalén de la comuna ocho de Villavicencio-Meta

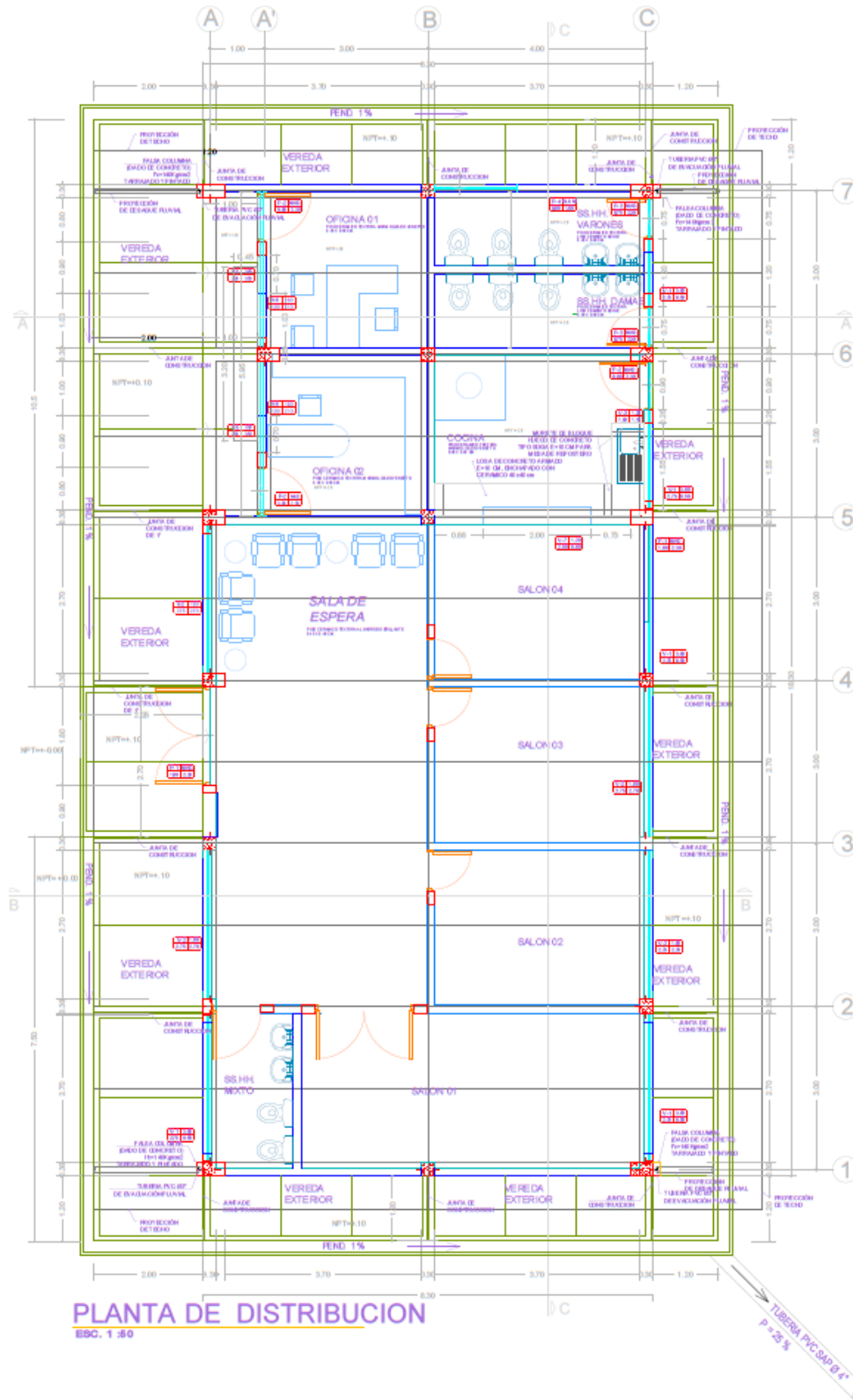


Ilustración 8.2. Planta de la estructura



Ilustración 8.3. Modelo arquitectónico 3D
Fuente: Sketchup 3D



Ilustración 8.4. Modelo arquitectónico 3D
Fuente: Sketchup 3D



Ilustración 8.5. Vista frontal modelo 3D
Fuente: Sketchup 3D



Ilustración 8.6. vista lateral del modelo 3D
Fuente: Sketchup 3D



Ilustración 8.7. vista lateral modelo 3D
Fuente: Sketchup 3D



Ilustración 8.8. vista posterior modelo 3D
Fuente: Sketchup 3D

9. ETAPA 2: ANALISIS GEOTECNICO PLANIMETRICO Y ALTIMETRICO DEL TERRENO

En el *anexo 1- Estudio Geotécnico, planimétrico y altimétrico*, se muestran las características geológicas y geotécnicas del lote en el cual se desarrollará el proyecto. El documento contiene los parámetros de diseño de la estructura como el perfil del terreno, la composición geológica de la zona, el tipo y el perfil de suelo que se encuentra en el terreno para realizar el diseño de la cimentación de la estructura, la topografía del lote, los linderos, delimitación de la zona en la cual se puede construir, niveles del terreno y el análisis de estos parámetros. En este documento se encuentran los estudios de suelos imprescindibles para conocer las características del suelo, su composición, el comportamiento y los demás parámetros para diseñar la cimentación correspondiente de la estructura basados en el suelo donde se localiza el proyecto.

- Se realizo un levantamiento topográfico para conocer el estado planimétrico y altimétrico del terreno, para este levantamiento se tomaron 52 puntos alternándolos entre los bordes del lote, puntos internos, los linderos, la vía aledaña y los pozos o tuberías de desagüe. En el documento se evidencia su posición geográfica con coordenadas en el sistema Magna sirgas y su altura. Estos puntos se pueden observar en el *anexo 2.3- puntos estación topográfica*.
- Se realizaron 3 sondeos en el interior del lote a un profundidad aproximada de 2,50 metros para tomar muestras y analizar las características del suelo y obtener los parámetros pertinentes para realizar el diseño de la cimentación de la estructura, a continuación, se presenta un resumen de los datos encontrados en los sondeos. Los sondeos se evidencian en el *anexo 2.2- estudio de suelos* y en el *anexo 1- estudio planimétrico y altimétrico*

Tabla 9.1. Resumen de datos sondeo 1

DESCRIPCION	SONDEO 1	
	M1	M2
PROFUNDIDAD (m)	0,25 - 1,60	1,60 - 2,40
GRAVAS (%)	0	30,73
ARENAS (%)	43,46	61,08
FINOS (%)	56,54	8,19
LIMITE LIQUIDO	21	0
LIMITE PLASTICO	15,9	0
INDICE DE PLASTICIDAD	5,1	0
CLASIFICACION		
S.U.C.S	CL	SP
AASHTO	A-4	A-1b
CARACTERISTICAS	arcilla de baja plasticidad	Arena pobremente gradada

Fuente: Autores

Tabla 9.2. Resumen de datos sondeo 2

DESCRIPCION	SONDEO 2	
	M1	M2
PROFUNDIDAD (m)	0,20 - 0,90	0,90 - 2,20
GRAVAS (%)	0,00	0,00
ARENAS (%)	36,59	52,30
FINOS (%)	63,41	47,70
LIMITE LIQUIDO	25,7	28,7
LIMITE PLASTICO	15,6	21,1
INDICE DE PLASTICIDAD	10,1	7,6
CLASIFICACION		
S.U.C.S	CL	SC
AASHTO	A-4	A-4
CARACTERISTICAS	Arcilla de baja plasticidad	Arena arcillosa

Fuente: Autores

Tabla 9.3. Resumen de datos sondeo 3

DESCRIPCION	SONDEO 3	
	M1	M2
PROFUNDIDAD (m)	0,20 - 1,90	1,90 - 2,70
GRAVAS (%)	0,00	29,98
ARENAS (%)	35,92	61,65
FINOS (%)	64,08	8,37
LIMITE LIQUIDO	25,7	0,0
LIMITE PLASTICO	17,3	0,0
INDICE DE PLASTICIDAD	8,4	0,0
CLASIFICACION		
S.U.C. S	CL	SP
AASHTO	A-4	A-1b
CARACTERISTICAS	Arcilla de baja plasticidad	Arena pobremente gradada

Fuente: Autores

10. ETAPA 3: PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

10.1 PARAMETROS DE DISEÑO

- **ZONA DE AMENAZA SISMICA:**

La Norma Sismo Resistente Colombiana (NSR-10) define tres zonas de amenaza sísmica en el país en las cuales debe estar localizada la estructura según el departamento y sus registros sísmológicos tomados en cuenta para realizar esta definición; la zona de sísmicidad define los rangos de los coeficientes de aceleración y velocidad pico efectiva producidos por las ondas sísmicas que se generan en un sismo. [20] Las tres zonas definidas por la NSR-10 son:

- ZONA DE AMENAZA SISMICA BAJA: Es el conjunto de lugares donde los valores de Aa (Aceleración pico efectiva) y Av (Velocidad pico efectiva) son menores o iguales a 0,10
- ZONA DE AMENAZA SISMICA MEDIA: Es el conjunto de lugares donde los valores de Aa y Av son mayores de 0,10 y menores de 0,20
- ZONA DE AMENAZA SISMICA ALTA: Es el conjunto de lugares donde los valores de Aa y Av son mayores que 0,20

Tabla 10.1 Valores de Aa y Av para las ciudades capitales de departamentos

Ciudad	Aa	Av	Zona de amenaza sísmica
Arauca	0,15	0,15	Intermedia
Armenia	0,25	0,25	Alta
Barranquilla	0,10	0,10	Baja
Bogotá D.C	0,15	0,20	Intermedia
Bucaramanga	0,25	0,25	Alta
Cali	0,25	0,25	Alta
Cartagena	0,10	0,10	Baja
Cúcuta	0,35	0,30	Alta
Florencia	0,20	0,15	Intermedia
Ibagué	0,20	0,20	Intermedia
Leticia	0,05	0,05	Baja
Manizales	0,25	0,25	Alta
Medellín	0,15	0,20	Intermedia
Mitú	0,05	0,05	Baja
Mocoa	0,30	0,25	Alta
Montería	0,10	0,15	Intermedia
Neiva	0,25	0,25	Alta
Pasto	0,25	0,25	Alta
Pereira	0,25	0,25	Alta
Popayán	0,25	0,20	Alta
Puerto Carreño	0,05	0,05	Baja
Puerto Inírida	0,05	0,05	Baja
Quibdó	0,35	0,35	Alta

Riohacha	0,10	0,15	Intermedia
San Andrés	0,10	0,10	Baja
Santa Marta	0,15	0,10	Intermedia
San José del Guaviare	0,05	0,05	Baja
Sincelejo	0,10	0,15	Intermedia
Tunja	0,20	0,20	Intermedia
Valledupar	0,10	0,10	Baja
Villavicencio	0,35	0,30	Alta
Yopal	0,30	0,20	Alta

Fuente: NSR-10

• **EFFECTOS LOCALES**

La NSR-10 define dos factores de ampliación del espectro debido a los efectos del sitio que afectan la zona del espectro en los periodos cortos e intermedios, estos coeficientes son F_a (coeficiente para los periodos cortos del espectro) y F_v (coeficiente para los periodos intermedios del espectro) y deben ser evaluados en base a los perfiles del suelo donde se cimentará la estructura. [20] En la tabla 10.2 se evidencian los perfiles de suelo definidos por la Norma de diseño y las características para su definición.

Tabla 10.2. Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50, 0$ $S_u \geq 100 \text{ Kpa}$
D	Perfiles de suelo rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelo rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15$ $100 \text{ Kpa} > S_u \geq 50 \text{ Kpa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda cortante	$180 \text{ m/s} > V_s$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor a 3 metros de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ Kpa} > S_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo al procedimiento definido en la norma se contemplan las siguientes subclases:	

	<p>F₁- Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.</p> <p>F₂- Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas</p> <p>F₃- Arcillas de muy alta plasticidad</p> <p>F₄- Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: NSR-10

Una vez definido el perfil del suelo según los resultados de los estudios realizados y las definiciones de la tabla 10.2 se procede a precisar los valores correspondientes al coeficiente de amplificación para periodos cortos e intermedios del espectro de diseño, Fa y Fv respectivamente, como se puede ver en las tablas 10.3 y 10.4.

Tabla 10.3. coeficiente Fa para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	Aa≤0.1	Aa=0.2	Aa=0.3	Aa=0.4	Aa≥0.5
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	Debe realizarse una investigación geotécnica para realizar un análisis de amplificación de onda				

Fuente: NSR-10

Tabla 10.4. coeficiente Fv para la zona de periodos intermedios del espectro

Tipo de perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	Av≤0.1	Av=0.2	Av=0.3	Av=0.4	Av≥0.5
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	Debe realizarse una investigación geotécnica para realizar un análisis de amplificación de onda				

Fuente: NSR-10

- **COEFICIENTE DE IMPORTANCIA**

Es el coeficiente que define el uso de la estructura, este a su vez modifica el espectro de diseño. Para la estructura que se diseñará en el proyecto se considera un coeficiente de importancia de 1.10 perteneciente al grupo II-estructuras de ocupación especial ya que allí se reunirán más de 200 personas ocasionalmente.

A continuación, en la tabla 10.5. se evidencia el resumen de los datos para realizar el espectro de elástico de aceleración de la estructura.

Tabla 10.5. resumen de datos para el diseño del espectro

Zona de amenaza sísmica	Alta
Coefficiente de aceleración horizontal picoefectiva (Aa)	0,35
Coefficiente de velocidad horizontal picoefectiva (Av)	0,30
Fv	1,8
Fa	1,1
Coefficiente de importancia	1,1
Perfil del suelo	D

10.2. ESPECTRO ELÁSTICO DE ACELERACIONES DE DISEÑO

El espectro tiene como función asemejar el comportamiento de un evento sísmico generando un resultado aproximado de los valores que podría tomar la cortante basal. está diseñado como fracción de la gravedad con una amortiguación del 5%. [21]

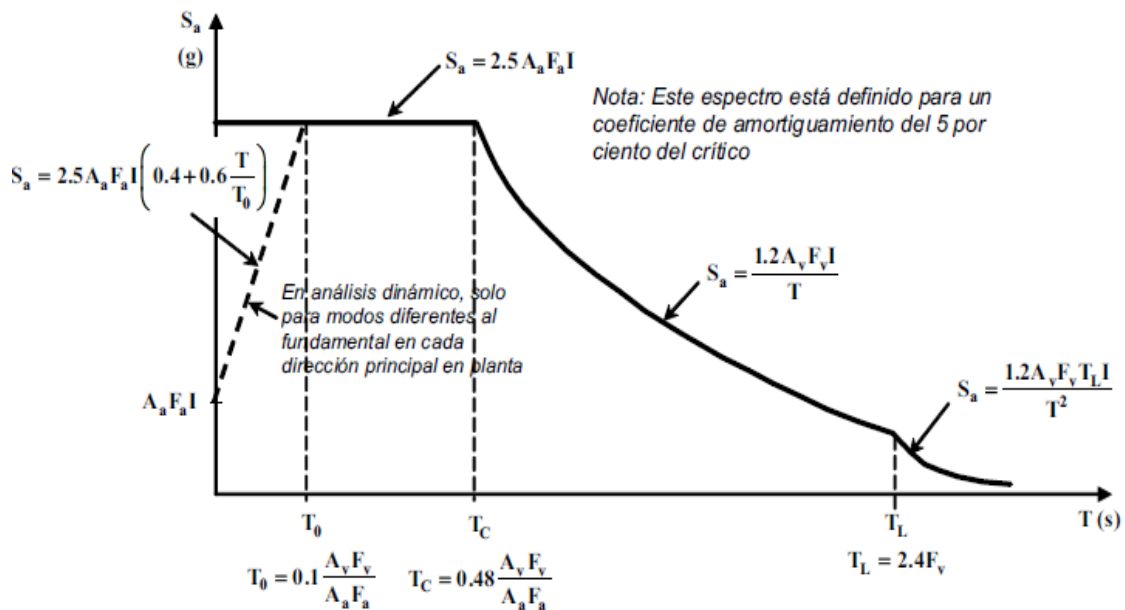


Ilustración 10.1 Espectro elástico de aceleración
Fuente: NSR título A

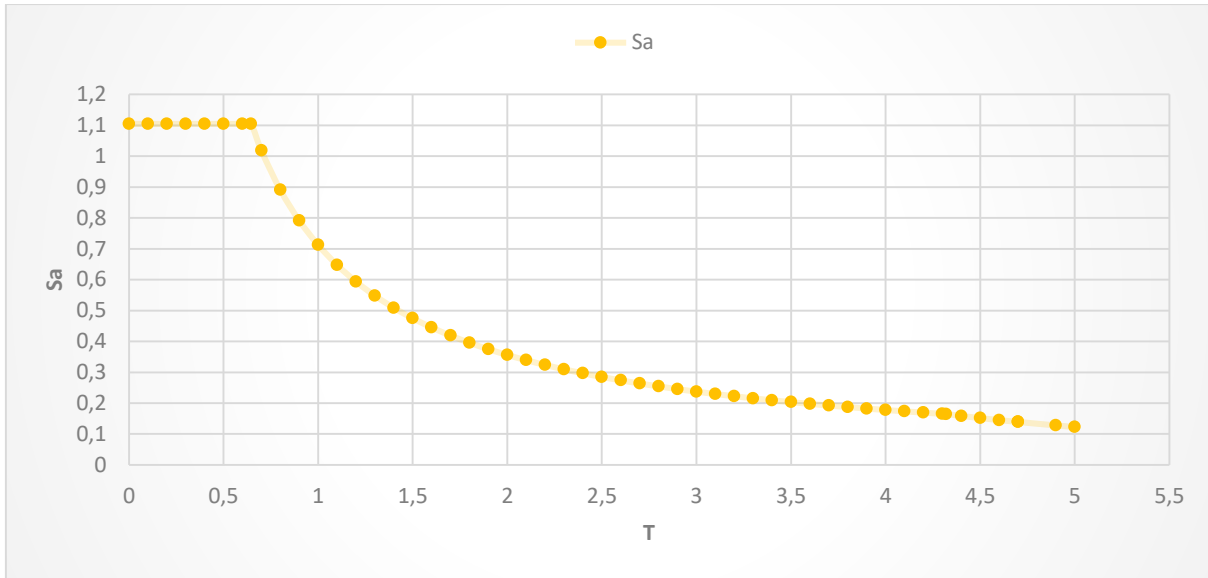
El espectro de diseño se construirá a partir de las ecuaciones mostradas en la ilustración 10.1. en la cual se halla una respuesta elástica (S_a) para periodos cortos (T_c) y periodos intermedios (T_L). Los valores para esta grafica se hallan basados en los valores de la zona de amenazas sísmica A_a y A_v , los efectos locales F_a y F_v , el coeficiente de importancia I y el periodo de vibración de la estructura.

En la tabla 10.6 se encuentran los valores hallados según las ecuaciones de la ilustración 10.1 para el diseño del espectro de aceleración en periodos de 1 a 5 segundos. Los valores resaltados en la tabla, corresponden a los valores a partir de los cuales inicia el periodo corto ($T_c=0,645$) y el periodo intermedio ($T_i=4,32$) lo que indica el cambio de ecuación para hallar los valores de estas zonas de la gráfica del espectro. Esta tabla y las demás de este capítulo se localizan en el *anexo 2.1- memoria de cálculo estructural*.

Tabla 10.6. valores de respuesta para los periodos del espectro

T	Sa	T	Sa
0,1	1,1	2,6	0,274
0,2	1,1	2,7	0,264
0,3	1,1	2,8	0,255
0,4	1,1	2,9	0,246
0,5	1,1	3	0,238
0,6	1,1	3,1	0,230
0,645	1,104	3,2	0,223
0,7	1,018	3,3	0,216
0,8	0,891	3,4	0,210
0,9	0,792	3,5	0,204
1	0,713	3,6	0,198
1,1	0,648	3,7	0,193
1,2	0,594	3,8	0,188
1,3	0,548	3,9	0,183
1,4	0,509	4	0,178
1,5	0,475	4,1	0,174
1,6	0,446	4,2	0,170
1,7	0,419	4,3	0,166
1,8	0,396	4,32	0,165
1,9	0,375	4,4	0,159
2	0,356	4,5	0,152
2,1	0,339	4,6	0,146
2,2	0,324	4,7	0,139
2,3	0,310	4,7	0,139
2,4	0,297	4,9	0,128
2,5	0,285	5	0,123

Con la tabla 10.6 se construye el espectro de respuesta de la estructura el cual se ve en la gráfica 10.1. se evidencia en esta grafica los periodos inicial, corto e intermedio diferenciados por el cambio de pendiente.



Grafica 10.1. espectro de aceleración de la estructura

Tabla 10.7. valores de los periodos inicial, corto e intermedio

To	0,134
Tc	0,645
TI	4,32

10.3. AVALUO DE CARGAS

Se realizó el avalúo de cargas muertas y vivas según el título B de la Norma Sismo resistente Colombiana NSR-10

Tabla 10.8. cargas muertas. (unidades en Kn/m2)

CARGAS MUERTAS	
Cargas muertas en elementos no estructurales horizontales- cielo raso	
Estructura metálica	0,1
Iluminación (tubería)	0,05
sistema de suspensión en madera	0,15
Cargas muertas en elementos no estructurales horizontales- relleno de piso	
arena	0,225
concreto ligero	0,225
Cargas muertas en elementos no estructurales horizontales- pisos	
acabado piso en concreto	0,2
baldosa cerámica (20 mm) sobre 12 mm de mortero	0,8
Cargas muertas en elementos no estructurales horizontales- cubiertas	
Cubiertas corrugadas de asbesto-cemento	0,2

Tela asfáltica de una capa	0,03
Cargas muertas en elementos no estructurales verticales- recubrimiento de muros	
Tablero aislante de fibra o acrílico	0,4
Cargas muertas en elementos no estructurales verticales- Enchapes	
enchape cerámico	0,15
Cargas muertas en elementos no estructurales verticales- Muros	
Exteriores con enchape en ladrillo	2,5
Cargas muertas en elementos no estructurales verticales- Ventanas	
Ventanas, vidrio, entramado y marco	0,45

Fuente: NSR título B

Tabla 10.9. Cargas vivas

CARGAS VIVAS		
Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas		
Reunión	Corredores y escaleras	5,0
	Silletería fija	3,0
	Áreas recreativas	5,0
Oficinas	Oficinas	2,0
Educativos	Salones de clase	2,0
	Salones de lectura - Biblioteca	2,0
Cargas vivas mínimas en cubiertas		
Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores		0,35

Fuente: NSR título B

Con las cargas definidas a través de la Norma de diseño Sismorresistente se definen las cargas que soportará la estructura las cuales constan del peso propio de los elementos de la estructura, las vigas, las columnas, el sistema del cielorraso, las canales, tuberías e iluminación y el sistema de la cubierta que se especificará.

10.4. PREDIMENSIONAMIENTO

Para realizar el predimensionamiento de las columnas y vigas del sistema aporticado de la estructura se toman en cuenta los parámetros de la norma de diseño sismorresistente Colombiana la cual define las dimensiones mínimas para los elementos, según la zona de amenaza sísmica y la localización del proyecto. Por otro lado debido a la complejidad del proyecto, el uso y los elementos que lo componen se definen unas dimensiones para los elementos que serán analizadas al momento de realizar el diseño estructural.

A1	Vg 1-AB	B1	Vg 1-BC	C1
Vg A1		Vgt B1		Vg C1
A2	Vgt 2-AB	B2	Vgt 2-BC	C2
Vg A2		Vgt B2		Vg C2
A3	Vgt 3-AB	B3	Vgt 3-BC	C3
Vg A3		Vgt B3		Vg C3
A4	Vgt 4-AB	B4	Vgt 4-BC	C4
Vg A4		Vgt B4		Vg C4
A5	Vgt 5-AB	B5	Vgt 5-BC	C5
Vg A5		Vgt B5		Vg C5
A6	Vgt 6-AB	B6	Vgt 6-BC	C6
Vg A6				Vg C6
A7	Vg 7-AB	B7	Vg 7-BC	C7

Ilustración 10.2 Distribución del sistema de columnas y vigas

La estructura está compuesta por 21 columnas de 3,50 metros de altura desde la cota rasante del suelo hasta el sistema de vigas, una vez diseñado el sistemas viga y columna de la estructura, se diseñan columnetas de 90 centímetros de altura debido a que hacen parte de la estructura que conforman y sostiene la cubierta con una pendiente del 15% a dos aguas, por tanto, se debe generar una altura mayor en el centro de la estructura para generar la pendiente en las dos direcciones. En la tabla 10.10 se evidencia la distribución de las columnas y sus dimensiones de base, largo y su altura total.

Tabla 10.10. Predimensionamiento de las columnas

PRE-DIMENSIONAMIENTO COLUMNAS				
ID	COLUMNA	LONGITUD (cm)	BASE (cm)	ALTURA (m)
1	A1	30	30	3,50
2	B1	30	30	3,50
3	C1	30	30	3,50
4	A2	30	30	3,50
5	B2	30	30	3,50
6	C2	30	30	3,50
7	A3	30	30	3,50
8	B3	30	30	3,50
9	C3	30	30	3,50
10	A4	30	30	3,50
11	B4	30	30	3,50
12	C4	30	30	3,50
13	A5	30	30	3,50
14	B5	30	30	3,50
15	C5	30	30	3,50
16	A6	30	30	3,50
17	B6	30	30	3,50
18	C6	30	30	3,50
19	A7	30	30	3,50
20	B7	30	30	3,50
21	C7	30	30	3,50

Fuente: Autores

la estructura simétrica está conformada por 31 vigas, según la norma para el sistema de disipación de energía alto las dimensiones mínimas de las vigas principales son de 30 cm de base y su altura debe ser mayor o igual a la base por su geometría y diseño estructural. Las vigas principales para este sistema son las vigas exteriores ya que estas recibirán en mayor magnitud las fuerzas ejercidas por la cumbrera, el entramado, las correas, el sistema de desagüe y demás elementos que hacen parte de la cubierta de la estructura. En la tabla 10.11 se evidencia las dimensiones de las vigas.

Tabla 10.11. Predimensionamiento de las vigas

PRE-DIMENSIONAMIENTO VIGAS				
ID	VIGA	LONGITUD (m)	BASE (cm)	ALTURA (cm)
1	Vg 1-AB	4,0	30	30
2	Vg 1-BC	4,0	30	30
3	Vg C1	3,0	30	30
4	Vg C2	3,0	30	30
5	Vg C3	3,0	30	30
6	Vg C4	3,0	30	30
7	Vg C5	3,0	30	30
8	Vg C6	3,0	30	30
9	Vg 7-AB	4,0	30	30
10	Vg 7-BC	4,0	30	30
11	Vg A6	3,0	30	30
12	Vg A5	3,0	30	30
13	Vg A4	3,0	30	30
14	Vg A3	3,0	30	30
15	Vg A2	3,0	30	30
16	Vg A1	3,0	30	30
17	Vgt B1	3,0	30	30
18	Vgt 2-AB	4,0	30	30
19	Vgt 2-BC	4,0	30	30
20	Vgt B2	3,0	30	30
21	Vgt 3-AB	4,0	30	30
22	Vgt 3-BC	4,0	30	30
23	Vgt B3	3,0	30	30
24	Vgt 4-AB	4,0	30	30
25	Vgt 4-BC	4,0	30	30
26	Vgt B4	3,0	30	30
27	Vgt 5-AB	4,0	30	30
28	Vgt 5-BC	4,0	30	30
29	Vgt B5	3,0	30	30
30	Vgt 6-AB	4,0	30	30
31	Vgt 6-BC	4,0	30	30

Fuente: Autores

10.5. CUBIERTA

La cubierta es la estructura de cierre superior, cuya finalidad es proteger la edificación de los agentes climáticos y otros factores, resguardándola y dándole aislamiento térmico y acústico junto con los cerramientos verticales [22] Las cubiertas se dividen en cubiertas planas las cuales poseen una pendiente muy pequeña y cubiertas inclinadas con pendientes más pronunciadas, estas pendientes se subdividen en la cantidad de desagües conocida como aguas, que es por donde se escurrirá a los canales y el sistema pluvial, el caudal de la lluvia producida en un día.

Para la estructura que se desarrolla en el proyecto se diseña una cubierta a dos aguas cuyas características y dimensiones se especifican en la tabla 10.12

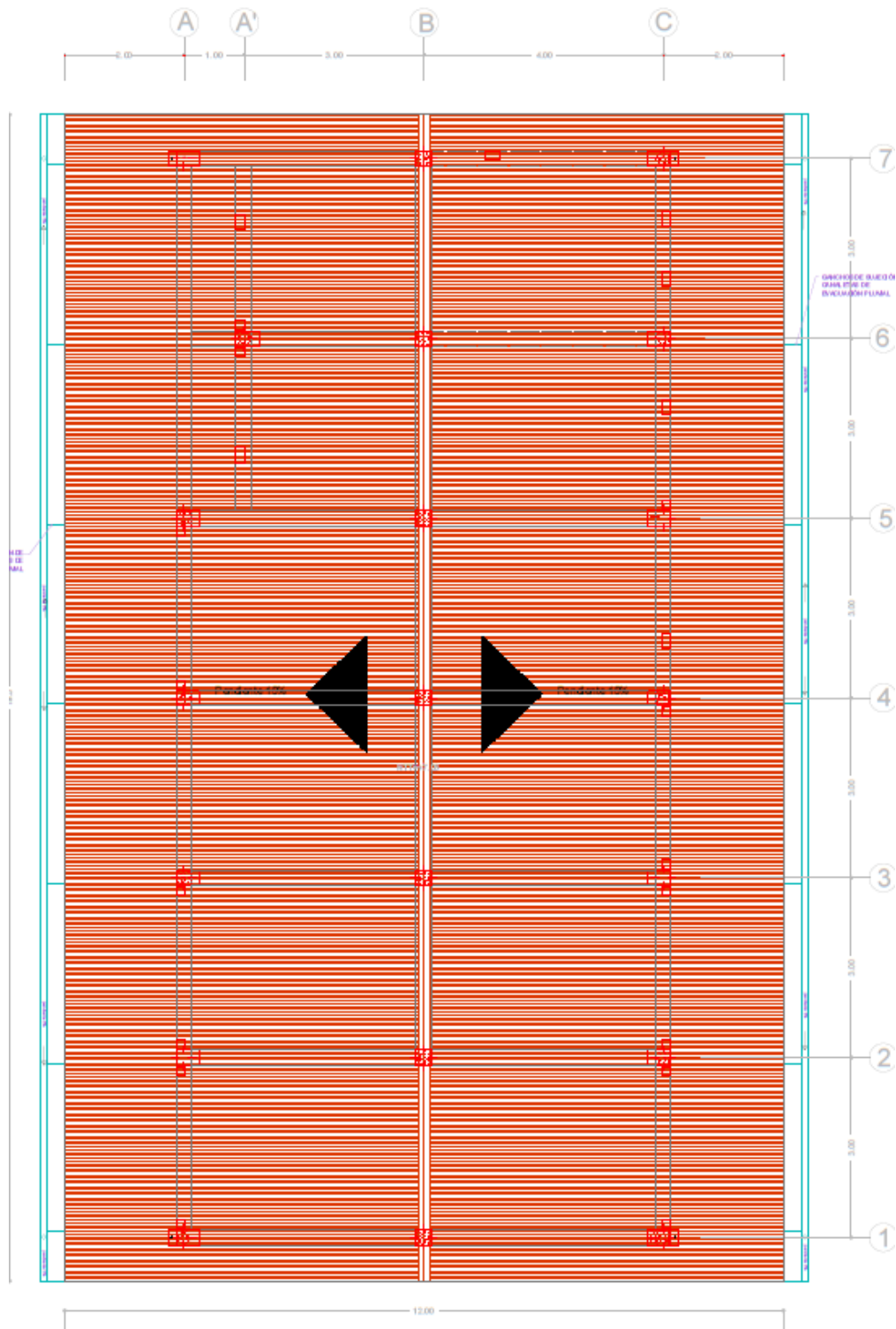
Tabla 10.12. especificaciones de la cubierta

CARACTERISTICAS		
NUMERO DE AGUAS	2	
ANCHO CUBIERTA	12	m
LONGITUD 1 AGUA	6	m
LARGO TOTAL	19,5	m
PENDIENTE (%)	15%	
ALTURA	0,90	m
PENDIENTE	6,07	m
AREA 1 AGUA	118,308	m ²
AREA TOTAL	236,62	m ²

Fuente: Autores

La cubierta que se diseña como se especifica en la tabla 10.12. es una cubierta con pendiente del 15% cuya altura es de 90 centímetros y el ancho aferente es de 12 metros lo que arroja la pendiente mencionada. La longitud total de la cubierta es de 19,5 metros. El área total de la cubierta con la correspondiente inclinación es de 236,62 metros cuadrados. El material de la cubierta es principalmente en acero, su entramado que se conforma de perfiles, correas y pares para unir los elementos que le darán soporte y sirve de base para el tejado de la cubierta. La teja es de acero galvanizado con recubrimiento de Zinc. Las características de los materiales se enunciarán a lo largo de esta sección. En la imagen 10.3 se muestra la forma de la cubierta y sus dimensiones. En la imagen 10.4 se evidencia el dibujo de la cubierta en el modelo en 3D realizado en el software Sketchup.

PROYECTO DE APLICACIÓN EN TEMATICAS DE INGENIERIA
Diseño estructural e hidrosanitario de un salón poli funcional para el barrio Nueva Jerusalén de la comuna ocho de Villavicencio-Meta



PLANO DE TECHOS
ESC. 1:50

Ilustración 10.3. plano de cubierta

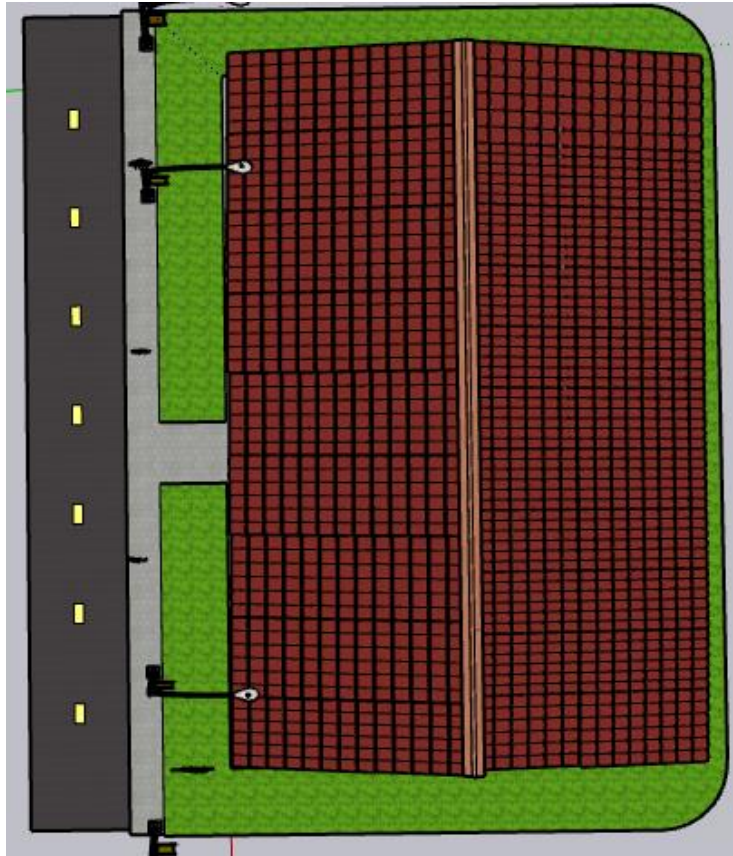


Ilustración 10.4. Cubierta en modelo 3D

A continuación, se enuncian los materiales que conforman la cubierta:

Tabla 10.13. materiales para la cubierta

ELEMENTO	TIPO	MATERIAL	CARACTERISTICAS
Tejado	cubierta arquitectónica Acesco	Acero galvanizado de zinc	Tecnología protec ultra (PDVF) color rojo
Caballete	Cubierta arquitectónica	Acero galvanizado de zinc	Caballete para Arquitectónica/Master1000 Teja sin traslapo Galvanizada y Pintada
Pares	Metaltub tubería estructural rectangular	Acero estructural galvanizado A500 Grado C	Tubería estructural de acabado Negro y Galvanizado
Correas	Metaltub tubería estructural rectangular	Acero estructural galvanizado A500 Grado C	Tubería estructural de acabado Negro y Galvanizado
Refuerzo transversal cumbrera	Metaltub tubería estructural rectangular	Acero estructural galvanizado A500 Grado C	Tubería estructural de acabado Negro y Galvanizado

Para la propuesta de diseño se escogió distribuidor reconocido para este tipo de materiales, la empresa Acesco se especializa hace más de 50 años en la producción y comercialización de productos de acero galvanizado y materiales para cubiertas. Allí se revisaron sus fichas técnicas de los materiales para poder definir las características y los materiales que se usarán.

Teja para cubierta:

Las Cubiertas Acesco son producidas con acero galvanizado y pre pintado en diversos colores. El acero galvanizado es producido con sello de calidad Icontec bajo la norma NTC 4011, equivalente a la ASTM A653 y tolerancias dimensionales bajo la norma NTC 3940, equivalente a la ASTM A924. El acero pre pintado se produce bajo norma ASTM A755 y todo el acero utilizado cumple con la sección F.4.1.2 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. [23]. Esta viene en diversos colores con un recubrimiento de zinc galvanizado y pre pintado.

La cubierta para este proyecto es la cubierta arquitectónica Acesco de calibre 28 con espesor de 0,36 milímetros. En la ilustración 10.5 muestra la geometría de la teja y las dimensiones

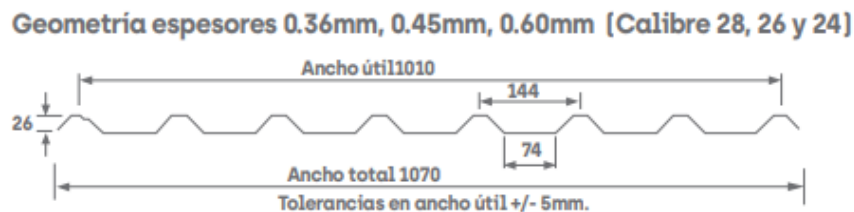


Ilustración 10.5. teja arquitectónica Acesco.

Caballete

El caballete o cumbrera es la estructura complementaria de la cubierta que se localiza en la parte superior haciendo la función de unión de las tejas. Para este elemento se utilizó la misma tecnología y el mismo material de la teja arquitectónica.

Accesorios Acesco



Caballete para Arquitectónica/Master1000 Teja sin traslazo Galvanizada y Pintada

Especificaciones	
Espesor [mm]	Calibre
0.45	26
Ancho [mm]	Longitud [mm]
600	2000

Ilustración 10.6. caballete Acesco teja arquitectónica

Pares y correas

Los pares, correas y elementos de acero para soportar la teja y formar el entramado de la cubierta son de acero, Acesco presenta la Metaltub tubería estructural, los cuales son tubos de acero soldados de alta resistencia, según la NSR-10 son conocidos como perfiles tubulares estructurales (PTE). Es fabricada bajo la norma ASTM A500 grado C en espesores de 1,5 mm a 10 mm; bajo la norma ASTM A500 grado A para espesores de 12 mm y bajo la norma NTC 4526.

Los perfiles metálicos a usar son perfiles rectangulares varían en sus dimensiones y espesor. Los perfiles son de acero estructural negro A500 grado C para los pares y acero estructural galvanizado A500 grado C para las correas o perfiles longitudinales.



Ilustración 10.7. Metaltub tubería estructural rectangular

En la tabla 10.14 se evidencian las características de la cubierta, longitud, espesor, calibre y ancho

Tabla 10.14. características de los elementos

	CALIBRE	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ESPESOR (mm)
Tejado	28	3,6	1,07	0,36
Caballote	26	2	0,6	0,45
Pares	0,2	6	0,1	6
Correas	0,06	6	0,04	2
Refuerzo transversal cumbre	0,15	6	0,1	4

Las longitudes de los elementos para el diseño se determinan según el fabricante ya que estas son las medidas estándar con las cuales se distribuyen los aceros y tejas. Para procesos de compra y medidas diferentes a las que se distribuyen comercialmente es necesario realizar pedido y genera un costo adicional para el desarrollo de la obra.

Para el cálculo del peso que ejerce la cubierta sobre la estructura, se calcula el peso de cada elemento y el área o longitud que ocupa en el sistema de la cubierta, para así determinar posteriormente un peso aproximado de la cubierta por metro cuadrado. La tabla 10.15 muestra el cálculo aproximado del peso de los elementos.

Tabla 10.15. Peso de los elementos de la cubierta

	CALIBRE	PESO (Kg/m ²)	PESO (KN/m ²)	Peso Total (Kg)	PESO (KN)
Tejado	28	3,15	0,031	745,35	7,309
Caballote	26	1,11	0,011	6,49	0,064
ELEMENTO	BASE (m)	PESO (Kg/m)	PESO (KN/m)	Peso total (Kg)	PESO (KN)
Pares	0,2	18,58	0,182	1578,18	15,476
Correas	0,06	3,08	0,030	960,96	9,423
Refuerzo transversal cubriera	0,15	15,44	0,151	602,16	5,905
PESO TOTAL		3893,14	38,176		
PESO m² CUBIERTA		Kg/m²	Kn/m²		
		16,45	0,161		

Los pesos de cada elemento fueron suministrados por el distribuidor en la ficha técnica de cada material, a partir de allí se halló el área que ocupa el elemento en la cubierta, para el caso de la teja y del caballote y así se calcula el peso aproximado del elemento que incide en la cubierta. Para los casos de los elementos de acero como los pares, las correas o perfiles y el refuerzo de la cubriera para recibir y soportar los pares, el peso del elemento se suministra por metro lineal de acero, el proceso para calcular este peso fue similar al de la teja, a diferencia de que en este se calcula la cantidad total de metros lineales de los perfiles que se utilizan en la cubierta para el soporte.

Una vez calculado los pesos por los elementos en general con sus dimensiones y cantidades el cual para la cubierta ejerce un peso aproximado de 4000 kg. Para efectos de cálculo las cargas de la estructura se especifican en Kg/m² o en Kn/m² por lo tanto la cubierta que se propone ejerce una carga de 16,45 Kg/m² o 0,16 Kn/m².

La cubierta además para efectos de aislamiento térmico y protección del material, se le aplica un impermeabilizante con el fin de sellar la estructura y evitar la infiltración que genera corrosión y daños en la estructura de metal. La empresa Sika es una de las más conocidas en términos de estos productos, allí se averiguó un producto llamado *Sika Igasol Cubierta* que es una emulsión aniónica con base en asfalto y mejorado con llenantes especiales como la fibra de poliéster. La presentación de este producto es en tarro de forma líquida y en rollos, variando las

cantidades y los precios que se analizarán en el presupuesto realizado al final del proyecto.

10.6. CARGAS QUE EJERCEN EN LA ESTRUCTURA

10.6.1. Carga muerta:

La carga muerta está compuesta por:

- Peso propio de los elementos: calculados y distribuidos en el software de diseño estructural
- Carga de la cubierta: 0,161 Kn/m²
- Estructura metálica del cielo raso: 0,1 Kn/m²
- Iluminación: 0,05 Kn/m²
- Canales suspendidos en acero: 0,1 Kn/m²
- Muro: 1,45 Kn/m²

La carga muerta total de la estructura es la sumatoria de las cargas enunciadas anteriormente debido a ello la carga muerta total es de 1,861 Kn/m²

10.6.2. Carga viva

- La carga viva sobre la cubierta según el título B de la NSR-10 para cubiertas con pendientes menores o iguales al 15% es de: 0,5 Kn/m²

10.6.3. Carga ejercida por acción sísmica

- La carga ejercida por el sismo se evalúa en dos direcciones, en el sentido X y sentido Y, provenientes del análisis de fuerza horizontal equivalente de la estructura, obteniendo el cortante basal de la estructura, el periodo de respuesta y los factores de la fuerza sísmica para cada piso en caso de contar con más niveles la estructura. Una vez definidos estos parámetros, la fuerza sísmica es afectada por un factor de corrección ante las irregularidades que se presentan en la estructura, este factor (E) divide la fuerza sísmica reduciéndola para efectos del diseño
 - Factor de reducción R: 7
 - Factor E: 0,1429

11. ETAPA 4: DISEÑOS

11.1. DISEÑO ESTRUCTURAL

Para el diseño estructural se usan los datos suministrados en la etapa 10, las cargas ejercidas, las dimensiones de los elementos, el peso propio de los elementos, la cubierta, la carga ejercida por la cubierta, el espectro de diseño, las cargas externas a la estructura y las combinaciones de cargas para ser introducidas en el software de diseño estructural ETABS que se encuentra en el *anexo 3- modelo software* . A continuación, se enuncian las características y propiedades de los elementos y materiales utilizados en el diseño.

11.1.1. Materiales

Concreto:

Resistencia: 24 Mpa –
3500 psi

Peso específico: 24
Kn/m³

Módulo de elasticidad:
21538,1Mpa

Módulo de corte:
8974,21 Mpa

Acero de refuerzo:

Resistencia: 420 Mpa

Grado: ASTM A706 –
Grado 60

Peso específico: 76,973
Mpa

Módulo de elasticidad:
200.000 Mpa

Límite de fluencia:
413,685 Mpa

Límite de tensión: 55,16
Mpa – **Fu:** 560 Mpa

Acero estructural:

Resistencia: 345 Mpa

Grado: ASTM A500
Grado C

Límite de fluencia:
317,245 Mpa

Límite de tensión: 425
Mpa

11.1.2. Elementos

- **Vigas:** Las vigas del sistema aporcado de la estructura son hechas en concreto reforzado de 30 cm de base y 30 cm de altura. El concreto utilizado es de 24 Mpa y el acero de refuerzo de 420 Mpa para el diseño como se evidencia en las imágenes 11.1 y 11.2 provenientes del software de diseño.
- **Columnas:** Las columnas del sistema, al igual que las vigas son de concreto reforzado de dimensiones de 30 cm de base y 30 cm de altura, en concreto de 24 Mpa y acero de refuerzo de 420 Mpa como se evidencian las características en las imágenes 11.3 y 11.4 provenientes del software de diseño.
- **Muros:** Los muros de la estructura no son considerados para el diseño en el programa, los muros son de 15 cm de espesor, de 3,50 metros de altura y la longitud varia con las luces de las vigas.
- **Cubierta:** La cubierta se detalla en el capítulo anterior, pendiente de 15%, diseñada con perfiles rectangulares de acero galvanizado de Zinc ASTM 500 grado C y teja galvanizada de Zinc

- **Cimentaciones:** Las cimentaciones de la estructura son zapatas aisladas cuyo diseño se realizará con los momentos y reacciones generados por el programa en la base de las columnas, según las cargas ejercidas por la estructura y por las cargas aplicadas.

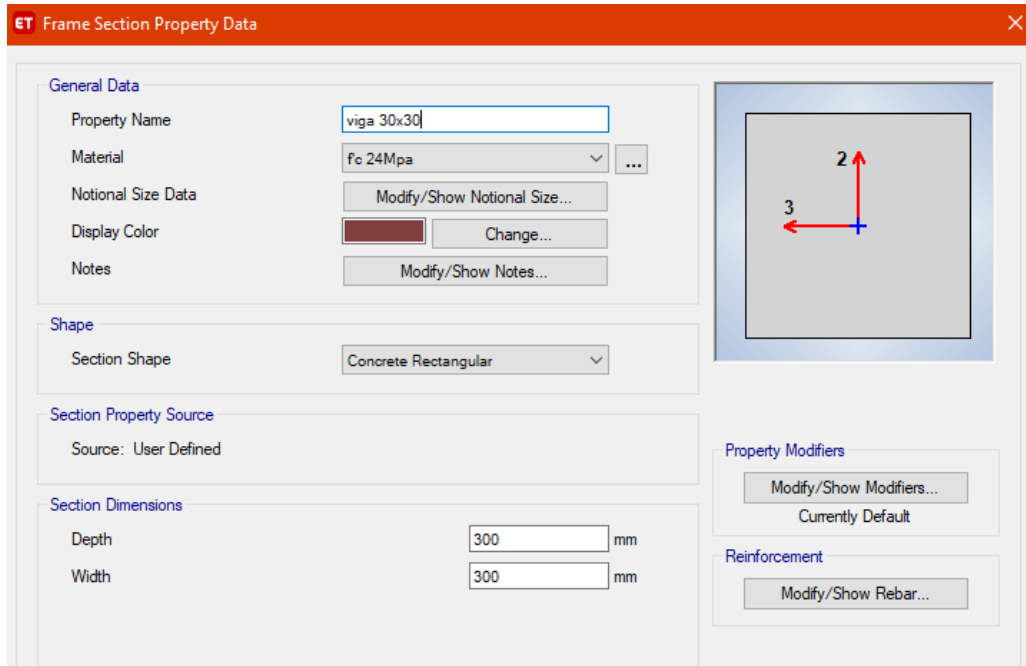


Ilustración 11.1 Dimensiones de las vigas
Fuente: Anexo 3- modelo software

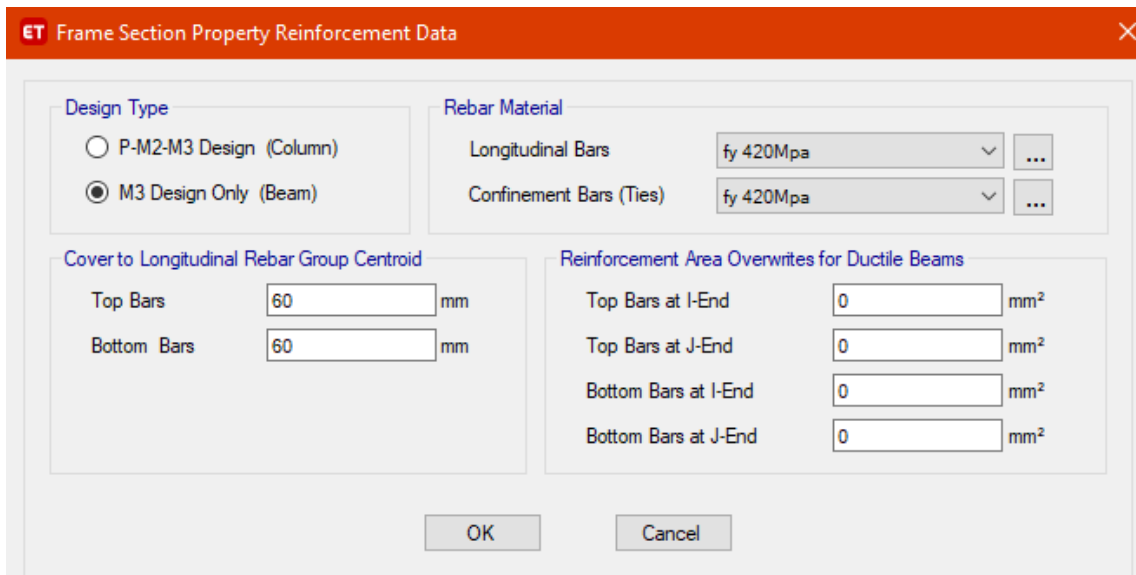


Ilustración 11.2. Propiedades del refuerzo en vigas
Anexo 3- modelo software

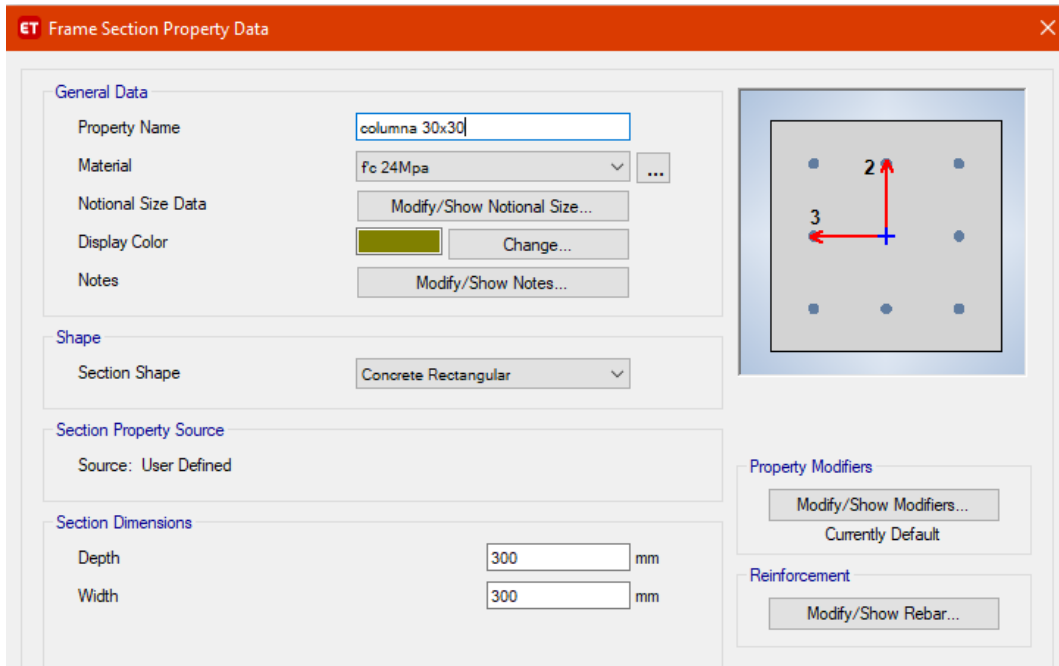


Ilustración 11.3. Dimensiones de las columnas
Fuente: Anexo 3- modelo software

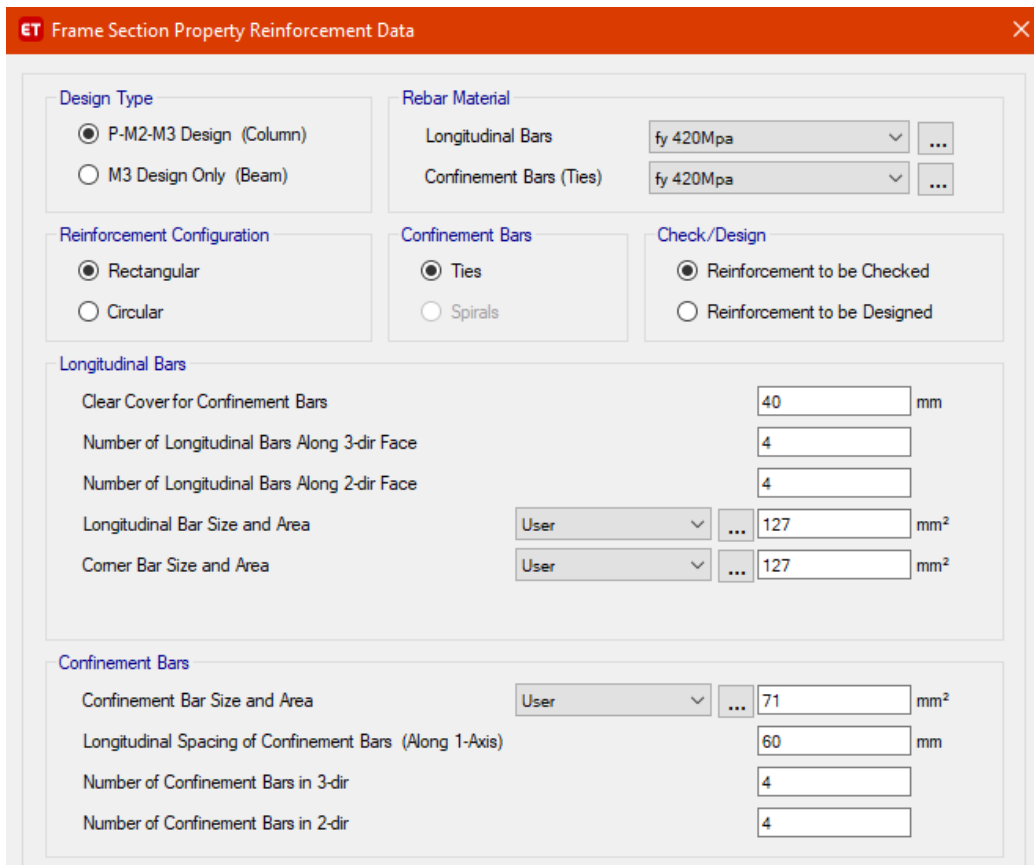


Ilustración 11.4. Propiedades de refuerzo de las columnas
Fuente: Anexo 3- modelo software

11.1.3. Cargas

Las cargas que ejercen en el sistema son:

- Carga muerta: 2,91 Kn/m²
- Carga viva cubierta: 0,5 Kn/m²
- Carga viva: 4,0 Kn/m²
- Fuerzas sísmicas

En el software ETABS se definen las cargas como se muestra en la ilustración 11.5. las cargas se clasifican en tipos, los cuales se conocen como Dead, Live y Seismic. El valor que se encuentra en la tercer columna de la ilustración corresponde al factor de multiplicador del peso propio, por lo cual se requiere crear dos cargas muertas, una de ellas con el factor de 1 lo que equivale al peso propio de los elementos y una carga muerta adicional (DEAD_AD) equivalente al valor estipulado por la NSR-10 según las necesidades de diseño de la estructura.

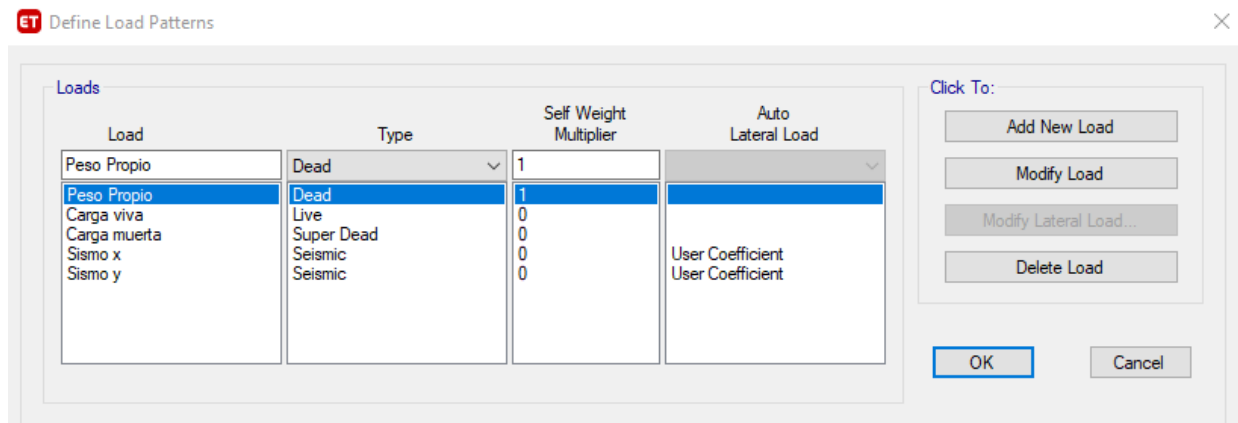


Ilustración 11.5. Patrones de carga definidos
Fuente: Anexo 3- modelo software

11.1.4. Combinaciones

Según la NSR-10 título B, se definen las siguientes combinaciones de carga que involucran las cargas de servicio y las cargas relacionadas con agentes naturales como agua, viento, el suelo entre otros. Antes de definir es necesario conocer las cargas que se efectuaran para las combinaciones y sus abreviaturas.

D= Carga muerta de servicio

PP= Peso propio de los elementos que conforman la estructura

Ex= Fuerzas sísmica reducidas de diseño en dirección X

Ey= Fuerzas sísmica reducidas de diseño en dirección Y

F= Cargas debida a peso y presión de fluidos

G= Cargas debida al granizo

CV= Cargas vivas debidas al uso y ocupación de la edificación.

Le= Carga de empozamiento de agua

Lr= Carga viva sobre la cubierta

L0= Carga viva sin reducir

H= Cargas debidas al empuje lateral del suelo

R= Coeficiente de capacidad de disipación de energía

T= Carga por variación de temperatura

W= Carga de viento

Las combinaciones son generales, aunque para este diseño no se consideran todas las cargas mencionadas anteriormente, es necesario definir las para conocer las combinaciones que la NSR-10 define.

Norma	Combinación
B.2.3-2	PP + D + L
B.2.3-3	PP + D
B.2.3-4	PP + D + 0,75L
B.2.3-6	PP + D + 0,1Ex + 0,043Ey PP + D + 0,1Ex - 0,043Ey PP + D - 0,1Ex + 0,043Ey PP + D - 0,1Ex - 0,043Ey PP + D + 0,043Ex + 0,1Ey PP + D - 0,043Ex + 0,1Ey PP + D + 0,043Ex - 0,1Ey PP + D - 0,043Ex - 0,1Ey
B.2.3-8	PP + D + 0,75L + 0,075Ex + 0,0321Ey PP + D + 0,75L + 0,075Ex - 0,0321Ey PP + D + 0,75L - 0,075Ex + 0,0321Ey PP + D + 0,75L - 0,075Ex - 0,0321Ey PP + D + 0,75L + 0,0321Ex + 0,075Ey PP + D + 0,75L - 0,0321Ex + 0,075Ey PP + D + 0,75L + 0,0321Ex - 0,075Ey PP + D + 0,75L - 0,0321Ex - 0,075Ey
B.2.3-10	0,6PP + 0,6D + 0,1Ex + 0,043Ey 0,6PP + 0,6D + 0,1Ex - 0,043Ey 0,6PP + 0,6D - 0,1Ex + 0,043Ey 0,6PP + 0,6D - 0,1Ex - 0,043Ey 0,6PP + 0,6D + 0,043Ex + 0,1Ey 0,6PP + 0,6D - 0,043Ex + 0,1Ey 0,6PP + 0,6D + 0,043Ex - 0,1Ey 0,6PP + 0,6D - 0,043Ex - 0,1Ey

Las combinaciones mostradas anteriormente son utilizadas para realizar el diseño de las cimentaciones de la estructura, junto con la respectiva parte de la norma que las menciona.

Norma	Combinación
B.2.4-1	1,4PP + 1,4D
B.2.4-2	1,2PP + 1,2D + 1,6L
B.2.4-4	1,2PP + 1,2D + L
B.2.4-5	1,2PP + 1,2D + L + 0,14Ex + 0,043Ey 1,2PP + 1,2D + L + 0,14Ex - 0,043Ey 1,2PP + 1,2D + L - 0,14Ex + 0,043Ey 1,2PP + 1,2D + L - 0,14Ex - 0,043Ey 1,2PP + 1,2D + L + 0,043Ex + 0,14Ey 1,2PP + 1,2D + L - 0,043Ex + 0,14Ey 1,2PP + 1,2D + L + 0,043Ex - 0,14Ey 1,2PP + 1,2D + L - 0,043Ex - 0,14Ey
B.2.4-7	0,9PP + 0,9D + 0,14Ex + 0,043Ey 0,9PP + 0,9D + 0,14Ex - 0,043Ey 0,9PP + 0,9D - 0,14Ex + 0,043Ey 0,9PP + 0,9D - 0,14Ex - 0,043Ey 0,9PP + 0,9D + 0,043Ex + 0,14Ey 0,9PP + 0,9D - 0,043Ex + 0,14Ey 0,9PP + 0,9D + 0,043Ex - 0,14Ey 0,9PP + 0,9D - 0,043Ex - 0,14Ey

Las combinaciones anteriores representan las que son utilizadas para el diseño estructural de los elementos vigas y columnas de la estructura.

Por último, una vez definidas las combinaciones de carga en el programa, se inserta una combinación adicional de tipo envelope, la cual se conoce como envolvente, en la cual se suman todas las combinaciones de carga que actúan en la estructura y es con la cual se realiza el diseño y se evalúan los momentos actuantes en las columnas, vigas y losas. Las combinaciones que tienen la carga sísmica (E) son afectadas por el 70% del sismo en una dirección y el 30% en la otra, cambiando el sentido, para asimilar el comportamiento real de la estructura ya que el sismo llega en ambas direcciones.

Una vez definido los elementos materiales y cargas enunciadas anteriormente se corre el programa. Las ilustraciones 11.6, 11.7 y 11.8 ilustran el modelo de la estructura en Etabs un software de elementos finitos para el diseño estructural del proyecto

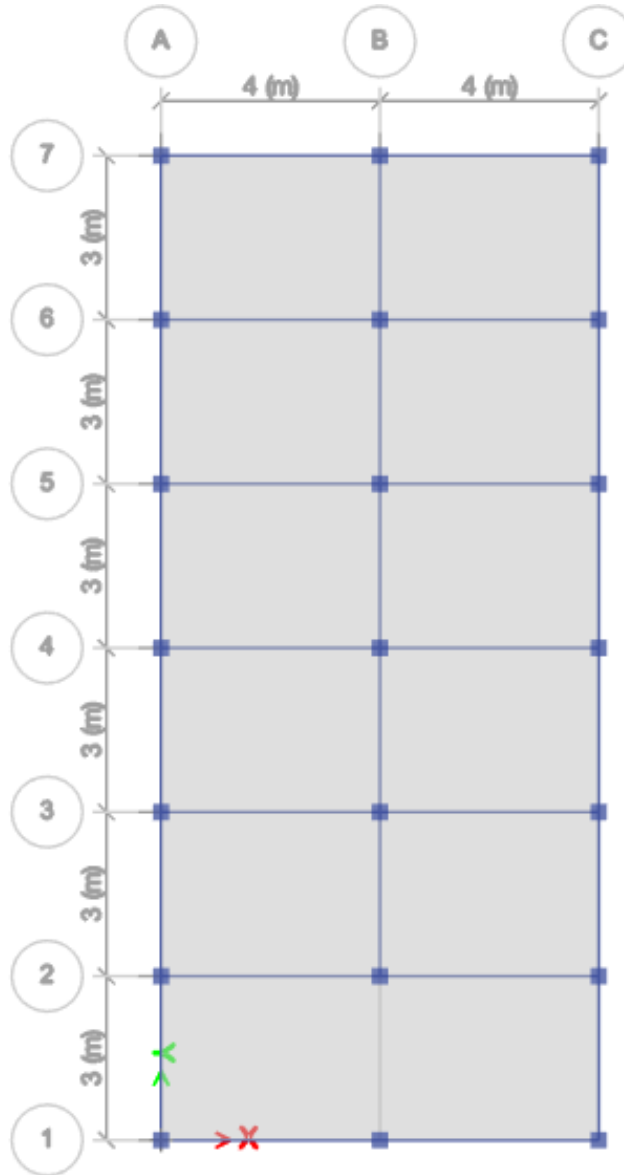


Ilustración 11.6. vista en planta en el software
Fuente: Anexo 3- modelo software

En la ilustración 11.6 las líneas azules representan las vigas del sistema estructural que resistirán las cargas ejercidas por sí mismas, por la cubierta y los muros. Los cuadros azules corresponden a las columnas de la estructura sobre las cuales se ubican las vigas y la cubierta. Los ejes se enumeran junto con sus longitudes.

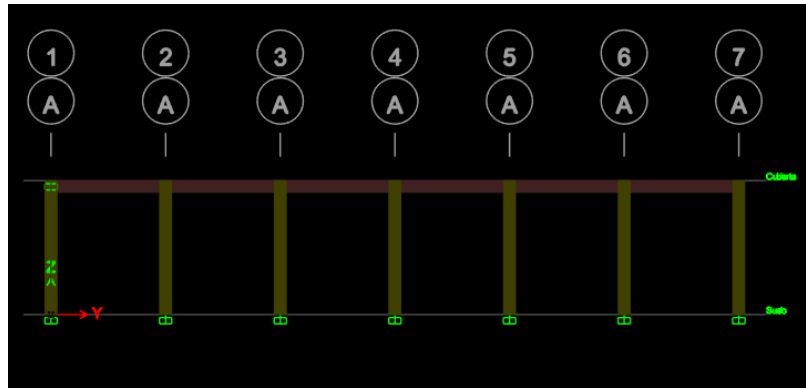


Ilustración 11.7. vista de perfil software Etabs
Fuente: Anexo 3- modelo software

En la ilustración 11.7 se evidencia una vista lateral de la estructura en el eje A-A donde se muestra las columnas y las vigas con su ubicación desde el suelo de cimentación hasta la cubierta con una altura libre de 3,5 metros

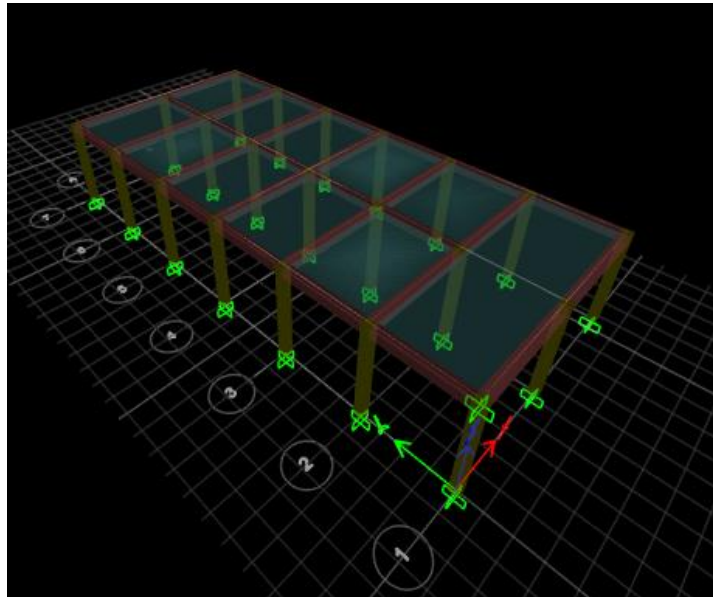


Ilustración 11.8. elevación en 3D del modelo Etabs
Fuente: Anexo 3- modelo software

En la ilustración 11.8 se evidencia el sistema de la estructura, conformado por las columnas y vigas, además, se ambienta el diseño de una losa para efectos del software y distribución de las cargas hacia las vigas y columnas para realizar el respectivo diseño junto con los empotramientos en la zona inferior de las columnas de la estructura, cumpliendo la función de zapatas de cimentación.

11.1.5. Diseño de vigas

Para el diseño de las vigas del sistema se obtienen los momentos flectores y cortantes actuantes en cada una de ellas con las combinaciones insertadas en el programa para el respectivo diseño. A continuación, se definen las vigas de la

siguiente manera con sus secciones y longitudes correspondientes. Para ello es necesario ver la ilustración 11.6.

Tabla 11.1. Vigas a diseñar

Viga	Longitud	Eje	Secciones
VGC-1	18,3 m	A	1-2; 2.3; 3-4; 4-5; 5-6; 6-7
VGC-2	15,3 m	B	1-2; 2.3; 3-4; 4-5; 5-6;
VGC-3	18,3 m	C	1-2; 2.3; 3-4; 4-5; 5-6; 6-7
VGC-4	8,3 m	1	A-B; B-C
VGC-5	8,3 m	2	A-B; B-C
VGC-6	8,3 m	3	A-B; B-C
VGC-7	8,3 m	4	A-B; B-C
VGC-8	8,3 m	5	A-B; B-C
VGC-9	8,3 m	6	A-B; B-C
VGC-10	8,3 m	7	A-B; B-C

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Diseño a flexión

El diseño a flexión de las vigas se realiza a través del método de resistencia ultima, utilizando las combinaciones de carga mayoradas. Para el diseño se presentan los siguientes datos:

Tabla 11.2. Datos de diseño a flexión

DATOS INICIALES	
F'c	24 Mpa
Fy	420 Mpa
Fyt	420 Mpa
φ flexión	0,9
β	0,85

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Se definen los momentos mayores y menores de cada viga a diseñar evaluando sus secciones y así lograr definir los momentos de diseño para el acero de refuerzo superior e inferior. Una vez definidos los momentos de diseño, se evalúan las cuantías de diseño, para la selección de estas se calcula una cuantía requerida, una cuantía mínima que depende de la fluencia del acero que se está utilizando. Por último, se calcula una cuantía máxima según las propiedades de la sección que se está diseñando. En la tabla 11.3 Y 11.4 se presenta el resumen de los momentos y cuantías de las vigas que se están diseñando.

Tabla 11.3. Cuantía momento positivo

Viga	M inf.	ρ req	ρ min	ρ máx.	ρ diseño
VGC-1	21,25 KN.m	0,00337	0,00333	0,02429	0,00337
VGC-2	23,61 KN.m	0,00376	0,00333	0,02429	0,00376
VGC-3	21,41 KN.m	0,00340	0,00333	0,02429	0,00340
VGC-4	48,36 KN.m	0,00808	0,00333	0,02429	0,00808
VGC-5	41,62 KN.m	0,00686	0,00333	0,02429	0,00686
VGC-6	41,27 KN.m	0,00680	0,00333	0,02429	0,00680
VGC-7	41,33 KN.m	0,00681	0,00333	0,02429	0,00681
VGC-8	41,84 KN.m	0,00690	0,00333	0,02429	0,00690
VGC-9	44,81 KN.m	0,00743	0,00333	0,02429	0,00743
VGC-10	41,88 KN.m	0,00690	0,00333	0,02429	0,00690

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Tabla 11.4. Cuantía momento negativo

Viga	M sup.	ρ req	ρ min	ρ máx.	ρ diseño
VGC-1	12,56 KN.m	0,00196	0,00333	0,02429	0,00333
VGC-2	14,09 KN.m	0,00221	0,00333	0,02429	0,00333
VGC-3	12,58 KN.m	0,00197	0,00333	0,02429	0,00333
VGC-4	23,96 KN.m	0,00382	0,00333	0,02429	0,00382
VGC-5	27,21 KN.m	0,00436	0,00333	0,02429	0,00436
VGC-6	27,45 KN.m	0,00440	0,00333	0,02429	0,00440
VGC-7	27,43 KN.m	0,00440	0,00333	0,02429	0,00440
VGC-8	27,11 KN.m	0,00435	0,00333	0,02429	0,00435
VGC-9	25,79 KN.m	0,00412	0,00333	0,02429	0,00412
VGC-10	22,27 KN.m	0,00354	0,00333	0,02429	0,00354

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Para la selección de la cuantía de diseño final, la cuantía requerida se encuentra en el rango de la cuantía mínima y máxima; como se evidencia en las vigas VGC-1, VGC-2 y VGC-3 en la cuantía negativa, la cuantía requerida es menor que la mínima, por tal motivo la cuantía de diseño es la cuantía mínima. Una vez definidas las cuantías de diseño para los momentos positivos y negativos, se obtiene el valor del acero de refuerzo que cumple con las condiciones impuestas para la viga.

Tabla 11.5. Acero de diseño

Viga	ρ inferior	As inferior	ρ superior	As superior
VGC-1	0,00337	2,43 cm ²	0,00333	2,40 cm ²
VGC-2	0,00376	2,71 cm ²	0,00333	2,40 cm ²
VGC-3	0,00340	2,45 cm ²	0,00333	2,40 cm ²
VGC-4	0,00808	5,82 cm ²	0,00382	2,75 cm ²
VGC-5	0,00686	4,94 cm ²	0,00436	3,14 cm ²
VGC-6	0,00680	4,89 cm ²	0,00440	3,17 cm ²
VGC-7	0,00681	4,90 cm ²	0,00440	3,17 cm ²
VGC-8	0,00690	4,97 cm ²	0,00435	3,13 cm ²
VGC-9	0,00743	5,35 cm ²	0,00412	2,97 cm ²
VGC-10	0,00690	4,97 cm ²	0,00354	2,55 cm ²

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Con el acero definido en la tabla 11.5. se procede a escoger el diametro y la distribución de las barras de acero de refuerzo longitudinal de la viga a diseñar como parte final del diseño a flexión. En la tabla 11.6 se presenta un resumen del diseño final que se encuentra más detallado en las memorias de cálculo.

Tabla 11.6. Resumen de diseño a flexión

DIMENSIONES				FLEXION	
VIGA	LONGITUD	BASE	ALTURA	SUPERIOR	INFERIOR
VGC-1	18,3 m	30 cm	30 cm	3#4	3#4
VGC-2	15,3 m	30 cm	30 cm	3#4	3#4
VGC-3	18,3 m	30 cm	30 cm	3#4	3#4
VGC-4	8,3 m	30 cm	30 cm	3#4	3#5
VGC-5	8,3 m	30 cm	30 cm	3#4	3#5
VGC-6	8,3 m	30 cm	30 cm	3#4	3#5
VGC-7	8,3 m	30 cm	30 cm	3#4	3#5
VGC-8	8,3 m	30 cm	30 cm	3#4	3#5
VGC-9	8,3 m	30 cm	30 cm	3#4	3#5
VGC-10	8,3 m	30 cm	30 cm	3#4	3#5

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Diseño a cortante

El diseño a cortante se realiza por cada sección que conforma la viga, con el cortante último que arroja el software de diseño utilizado (Etabs). El diseño a cortante se basa en el título C de la norma de diseño sismorresistente Colombiana NSR-10. El cortante último de diseño con el cual se realiza el cálculo del refuerzo transversal se define como el cortante que se localiza a una distancia calculada como la altura de la viga menos el recubrimiento y el cortante que allí se calcula es conocido como V_{ud} .

Según el capítulo C de la NSR-10:

C.11.1.1- $\phi V_n > V_{ud}$

Donde V_n es la resistencia nominal a cortante calculada mediante:

$$V_n = V_c + V_s$$

Donde V_c es la resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto, calculada de acuerdo con C.11.2.1.1. [24]

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c} b d$$

Cuando la resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto cumple con la ecuación descrita en C.11.1.1 la sección que se está diseñando cumple con el refuerzo transversal mínimo y por tal no es necesario adicionar otro tipo de refuerzo denominado V_s .

La separación del refuerzo a cortante según la NSR-10 define dos zonas en la viga, denominada zona de confinamiento generalmente localizada hasta 2 veces la altura del elemento y zona no confinada.

Según **C.11.4.5.1**- El espaciamiento del refuerzo cortante colocado perpendicularmente al eje del elemento no debe exceder de $d/2$ en elementos de concreto no presforzado, ni de 600 mm

Los espaciamientos mínimos en la zona confinada se hallan de la siguiente forma:

- En caso de requerir un refuerzo al cortante adicional por parte del acero (V_s) se calcula el espaciamiento con la fórmula:

$$S = \frac{\phi A_v F_y d}{\phi V_s}$$

Donde A_v es el área del refuerzo transversal denominado como estribo, F_y es la resistencia del acero transversal, d es la distancia efectiva y ϕV_s es el refuerzo adicional de acero requerido para cumplir la condición C.11.1.1.

- $d/4$
- 8 veces el diametro de la barra de refuerzo transversal
- 30 cm

Para la separación final de los estribos en la zona confinada se elige la menor entre las opciones enunciadas anteriormente.

Los espaciamientos en la zona no confinada se interpretan de la siguiente forma:

- $d/2$
- el 75% de la altura del elemento o $0,75h$
- 60 cm

Al igual que en la zona confinada, el espaciamiento de los estribos se elige la menor separación entre las enunciadas anteriormente.

Tabla 11.7. Cortante de diseño

Viga	Sección	Cortante	Cortante diseño
VGC-1	A1	43,92 KN	36,89 KN
	A2	33,89 KN	31,90 KN
	A3	38,95 KN	32,72 KN
	A4	38,94 KN	32,71 KN
	A5	38,08 KN	31,99 KN
	A6	40,46 KN	33,99 KN
VGC-2	B1	48,17 KN	40,97 KN
	B2	41,77 KN	35,08 KN
	B3	42,70 KN	35,86 KN
	B4	43,45 KN	36,49 KN

	B5	37,58 KN	31,57 KN
VGC-3	C1	44,05 KN	37,00 KN
	C2	38,07 KN	31,98 KN
	C3	39,12 KN	32,86 KN
	C4	38,84 KN	32,63 KN
	C5	39,56 KN	33,23 KN
	C6	33,98 KN	28,55 KN
VGC-4	S1	43,92 KN	38,65 KN
	S2	57,56 KN	50,65 KN
VGC-5	S1	49,00 KN	43,12 KN
	S2	64,13 KN	56,44 KN
VGC-6	S1	48,68 KN	42,84 KN
	S2	63,93 KN	56,26 KN
VGC-7	S1	48,70 KN	42,85 KN
	S2	63,97 KN	56,29 KN
VGC-8	S1	49,13 KN	43,24 KN
	S2	64,30 KN	56,59 KN
VGC-9	S1	50,71 KN	44,63 KN
	S2	68,48 KN	60,26 KN
VGC-10	S1	60,97 KN	53,66 KN
	S2	63,36 KN	55,75 KN

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Como se evidencia en la tabla 11.7 el cortante de diseño es menor al cortante producido por la sección de concreto de la viga cuyo valor es de 44,97 KN, y los que son mayores no representan un refuerzo transversal adicional mayor por lo cual para la separación de los estribos se recurre a los numerales de la norma mencionados anteriormente.

Para la zona confinada las separaciones máximas permitidas serian:

- $d/4 = 6$ cm
- $8db = 10,2$ cm
- 30 cm

La menor entre estas es la de 6 cm por lo cual se elige como la separación final para la zona confinada hasta 2 veces la altura que en el caso de las vigas a diseñar seria 60 cm, separando el primer estribo de la cara del apoyo 5 cm

Para la zona no confinada las separaciones máximas permitidas serian:

- $d/2 = 12$ cm
- $0,75h = 22,5$ cm
- 60 cm

La menor separación es 12 cm la cual es elegida como la separación final para la zona no confinada localizada en el centro de la viga después de los 60 cm de la zona confinada. En la tabla 11.8 se muestra un resumen del diseño a cortante.

Tabla 11.8. Separación de estribos para cortante

Viga	Zona confinada	Zona no confinada
VGC-1	E#3 @ 6cm	E#3 @ 12cm
VGC-2	E#3 @ 6cm	E#3 @ 12cm
VGC-3	E#3 @ 6cm	E#3 @ 12cm
VGC-4	E#3 @ 6cm	E#3 @ 12cm
VGC-5	E#3 @ 6cm	E#3 @ 12cm
VGC-6	E#3 @ 6cm	E#3 @ 12cm
VGC-7	E#3 @ 6cm	E#3 @ 12cm
VGC-8	E#3 @ 6cm	E#3 @ 12cm
VGC-9	E#3 @ 6cm	E#3 @ 12cm
VGC-10	E#3 @ 6cm	E#3 @ 12cm

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

11.1.6. Diseño de columnas

Según el titulo C de la NSR-10 se definen los parámetros de diseño a flexión de las columnas según la capacidad de disipación de energía de la zona donde serán construidas.

Según **C.10.9.1-** y **C.21.3.5.2.-** El área de refuerzo longitudinal A_{st} , para elementos no compuestos a compresión no debe ser menor que el 1% del área bruta de concreto de la sección ni mayor al 4% del área bruta de concreto.

En las columnas al igual que en las vigas se consideran la zona confinada (L_o) y la zona no confinada la cual según **C.21.6.4.1.-** la longitud de la zona de confinamiento medida desde la cara del nudo y a ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión, la longitud L_o no debe exceder la mayor entre:

- a) La mayor dimensión entre la base y la altura del elemento
- b) 1/6 de la luz libre del elemento
- c) 450 mm

La separación del refuerzo en (L_o) se define según el numeral **C.21.6.4.3.-** Donde estipula que la separación del refuerzo transversal a lo largo del eje longitudinal del elemento no debe exceder la menor entre:

- a) 1/4 de la dimensión más pequeña del elemento
- b) 6 veces el diámetro de la menor barra de refuerzo longitudinal
- c) $S_0 = 100 + \left(\frac{350-hx}{3}\right)$ donde hx es la longitud medida desde los recubrimientos de la sección

Además de los numerales de la norma mencionados anteriormente, el refuerzo transversal de las columnas debe cumplir lo estipulado en el numeral **C.21.6.4.4. (b)** en el cual dice que el área total de la sección transversal de refuerzo de estribos

de confinamiento rectangulares conocida como Ash ,debe ser mayor que la requerida por la mayor de las ecuaciones :

$$Ash = 0,3 \frac{S_{bc} f'c}{f_{yt}} \left(\left(\frac{Ag}{Ach} \right) - 1 \right)$$

$$Ash = 0,09 \frac{S_{bc} f'c}{f_{yt}}$$

Cuando el refuerzo transversal diseñado no cumple con el mínimo, se hace necesario insertar otra línea de refuerzo transversal o por última opción se puede disminuir la separación de los estribos, esta verificación se realiza para la zona confinada (L0).

Otra comprobación que se debe revisar para el diseño de las columnas, se relaciona con el diagrama de interacción de momentos, en donde se encuentran los momentos y cargas que soporta la columna que se está diseñando, a través de una gráfica donde se interponen los momentos en el eje X y las fuerzas actuantes en el eje Y; para verificar la columna que ese está diseñando se analizan las cargas que la estructura ejerce sobre ella y se analiza en el diagrama las cargas y momentos que puede resistir. En la imagen... se evidencia este diagrama.

Aquí se presenta un resumen del diseño de una columna tipo, de la estructura:

Tabla 11.9. Datos de diseño a flexión

COLUMNA	A1
Longitud Libre	3,50 m
Base	0,30 m
Altura	0,30 m
Ag	0,09 m ²
Cuantía (C.10.9.1)	0,01 Ag
As mínimo (C.10.9.1)	9 cm ²
As colocado	10,13 cm ²
Barras	8 #4

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

En la tabla 11.9 según c.10.9.1 la columna debe estar entre el 1% y el 4% del área de la sección, para el diseño se escogió el 1% ya que superior al 3% se considera un aumento significativo en los costos de la estructura. Se distribuyó el acero para consideran la sección de forma simétrica y que además cumpliera con el acero mínimo que se debe colocar en la sección según la NSR-10.

Tabla 11.10. Distancia de la zona no confinada

Zona confinada	
Lo (C.21.6.4.1.) (a)	0,30 m
Lo (C.21.6.4.1.) (b)	0,58 m
Lo (C.21.6.4.1.) (c)	0,45 m
Lo final	60 cm

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

La tabla 11.10 enuncia los numerales de la norma sobre los cuales se diseña la longitud de la zona confinada, para la longitud final se elige la mayor entre las 3 variantes, para este caso la c.21.6.4.1 (b) es la mayor y por longitudes constructivas se redondea a 60 cm.

Tabla 11.11. Separaciones de estribos

Separaciones Lo	
S1 (C.21.6.4.3.) (a)	7,50 cm
S2 (C.21.6.4.3.) (b)	7,60 cm
So (C.21.6.4.3.) (c)	14,10 cm
Lo final	7,5 cm
Separaciones Znc	
s1	20,3 cm
s2	7,5 cm
s2	30,0 cm
s final	7,5 cm

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Para las separaciones de los estribos en la zona confinada se tiene el numeral C.21.6.4.3. en el cual se definen las separaciones máximas, se elige la menor entre las 3 como separación final; en la zona no confinada se realiza el mismo proceso eligiendo la menor entre ellas. Una vez definidas las separaciones en la tabla 11.11. se realiza la comprobación del área del refuerzo transversal según C.21.6.4.4.

Tabla 11.12. comprobación Avt mínimo

Ash min (C.21.6.4.4)	
Separación	7,5 cm
Avt	71,26 mm ²
Ash1 (C.21.6.4.4.) (a)	243,12 mm ²
Ash2 (C.21.6.4.4.) (b)	84,86 mm ²
Ash min	243,12 mm²

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Tabla 11.13. Área de refuerzo transversal

Ash min (C.21.6.4.4)	
Separación	6,0 cm
Avt	285,02 mm²
Ash1 (C.21.6.4.4.) (a)	194,49 mm ²
Ash2 (C.21.6.4.4.) (b)	84,86 mm ²
Ash min	194,49 mm²

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

La tabla 11.12 muestra la separación de los estribos en Lo anteriormente definida con la cual se realiza la comprobación del Área de refuerzo transversal mínima, la que inicialmente no cumple lo estipulado en la norma ya que el área de las dos ramas de estribos colocadas es menor que el área mínima requerida, por tal motivo se debe cambiar el refuerzo. Para que se cumpla con lo requerido se disminuye la separación a lo máximo permitido por la norma según la sección de diseño, y además de ello se coloca un estribo adicional para reforzar la resistencia al cortante, una vez hecho esto, el diseño cumple con lo mínimo, pero por simetría al tener 4 barras de acero a lo largo del eje se agregan dos ramas de estribos más que siguen cumpliendo con el acero de refuerzo mínimo para la sección.

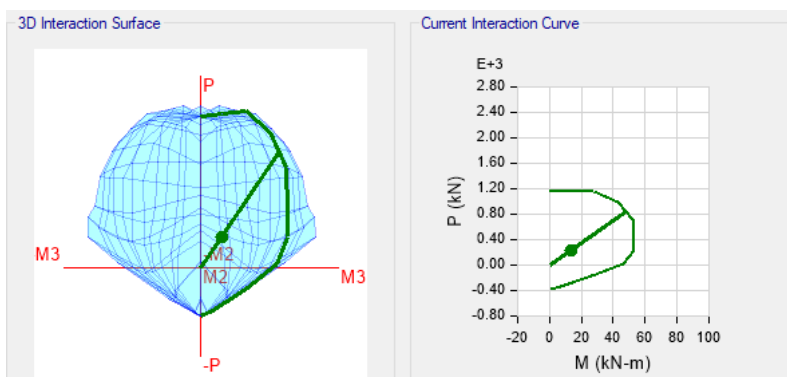


Imagen 11.1. Diagrama de interacción de la columna

Fuente: Anexo 3- modelo software

El diagrama de interacción mostrado en la imagen 11-1 se muestran los momentos que soportan la columna, en el eje Y se encuentran las cargas axiales y en el eje X se localizan los momentos. El punto verde en ambos diagramas representa la carga axial y el momento que ejerce la estructura. Este punto se encuentra dentro del rango de interacción de la columna, lo que significa que el diseño de la columna soporta las cargas axiales ejercidas por la estructura. Este es el último parámetro de diseño que se debe comprobar al realizar el diseño de una columna tanto a flexión como a cortante.

11.1.7. Cimentaciones

Se define el tipo de suelo, la capacidad portante del suelo y la profundidad de desplante de las zapatas proveniente del estudio de suelos; como datos iniciales de

diseño además se debe tener el diseño de las columnas que serán cimentadas. Para el proyecto a diseñar, según la complejidad, las luces y las cargas que se presentan se diseñaran zapatas aisladas con la ayuda de vigas de cimentación. Estos datos se evidencian en la tabla 11.15.

Para el diseño de la cimentaciones se definieron las combinaciones de carga sin ser mayoradas como se enuncian en el capítulo 11.1.4 del presente documento y según el título B de la NSR-10 como se muestran la tabla 11.14. Las combinaciones aquí descritas no presentan factores que aumenten las cargas aplicadas, y al igual que en las otras combinaciones, las fuerzas sísmicas son distribuidas 70% y 30% según la dirección en la cual llega el sismo e intercalando sus signos.

Tabla 11.14. Combinaciones de carga para diseño de cimentaciones

Norma	Combinación
B.2.3-2	PP + D + L
B.2.3-3	PP + D
B.2.3-4	PP + D + 0,75L
B.2.3-6	PP + D + 0,1Ex + 0,043Ey PP + D + 0,1Ex - 0,043Ey PP + D - 0,1Ex + 0,043Ey PP + D - 0,1Ex - 0,043Ey PP + D + 0,043Ex + 0,1Ey PP + D - 0,043Ex + 0,1Ey PP + D + 0,043Ex - 0,1Ey PP + D - 0,043Ex - 0,1Ey
B.2.3-8	PP + D + 0,75L + 0,075Ex + 0,0321Ey PP + D + 0,75L + 0,075Ex - 0,0321Ey PP + D + 0,75L - 0,075Ex + 0,0321Ey PP + D + 0,75L - 0,075Ex - 0,0321Ey PP + D + 0,75L + 0,0321Ex + 0,075Ey PP + D + 0,75L - 0,0321Ex + 0,075Ey PP + D + 0,75L + 0,0321Ex - 0,075Ey PP + D + 0,75L - 0,0321Ex - 0,075Ey
B.2.3-10	0,6PP + 0,6D + 0,1Ex + 0,043Ey 0,6PP + 0,6D + 0,1Ex - 0,043Ey 0,6PP + 0,6D - 0,1Ex + 0,043Ey 0,6PP + 0,6D - 0,1Ex - 0,043Ey 0,6PP + 0,6D + 0,043Ex + 0,1Ey 0,6PP + 0,6D - 0,043Ex + 0,1Ey 0,6PP + 0,6D + 0,043Ex - 0,1Ey 0,6PP + 0,6D - 0,043Ex - 0,1Ey

Tabla 11.15. Datos iniciales de diseño

DATOS DE DISEÑO			
COLUMNA		SUELO	
a	0,30 m	Tipo	SC
b	0,30 m	Q adm	276,19 Kpa
F'c	24 Mpa	γ suelo	19,47 kN/m ³
Fy	420 Mpa	γ concreto	24 kN/m ³
# Barra	4	DF	1,2 m
Cantidad	8		

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Se debe tener el diseño final de las columnas que logre cumplir con todos los parámetros definidos en la norma para el refuerzo longitudinal y transversal. Con las barras de acero que se insertaron en la columna se halla la longitud de desarrollo más el recubrimiento de 7,5 cm con respecto al suelo. La base y altura son calculadas con las reacciones máximas de la norma para las combinaciones de la tabla 11.14. el Q_e disponible se interpreta como la capacidad de carga que la zapata puede resistir según la profundidad a la que se encuentra, el esfuerzo admisible del suelo y el peso específico del concreto; este parámetro es importante ya que es el punto de partida para diseñar el acero de las zapatas. En la tabla 11.16 y 11.17 se presenta un resumen de los parámetros para las dimensiones de las zapatas

Tabla 11.16. Altura de las zapatas

1.Datos iniciales	
Longitud de desarrollo	26,13 cm
H Calc.	33,63 cm
H	35,00 cm
d	27,50 cm
qe disponible	247,35 Kpa

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Tabla 11.17. Dimensiones de las zapatas

2 .Dimensiones de la zapata		
$0=LP+-6M-qeL^3$		
P	24,05 KN	L
MX	5,46 KN.m	0,75 m
MY	6,84 kN.m	B
Ecuación	-0,722768602	0,75 m

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

En la tabla 11.17. se muestran las cargas que ejerce la estructura en la base de la columna, como lo es la carga puntual y un momento en dirección X y dirección Y. la ecuación mostrada en la tabla es la utilizada para la longitud de la zapata, se diseñan las zapatas cuadradas por simetría. Para el diseño del refuerzo se realiza el cálculo por presión de contacto mayorada, luego se verifican las dimensiones y la sección calculada con el esfuerzo a cortante ejercido por las cargas, esta parte del diseño se realiza con las combinaciones de cargas mayoradas utilizadas en el diseño estructural, ejercidas en la base de la estructura. Por último, se realiza el diseño a flexión para ambos ejes de la zapata, teniendo en cuenta su momento de inercia y las cargas mayoradas. Las tablas 11.18, 11.19 y 11.20 presentan un resumen del diseño del acero y sus comprobaciones.

Tabla 11.18. Presión de contacto mayorada

3. Presión de contacto mayorada		
P	40,09 KN	A
MX	46,27 KN.m	
MY	2,74 KN.m	
$Q1=Q2=Pu/A+(12Mu/B*L^3) (L/2)$		
Q1=Q2		768,40 Kpa
$Q3=Q4=Pu/A-(12Mu/B*L^3) (L/2)$		
Q1=Q2		-625,86 Kpa

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Tabla 11.19. chequeo a cortante

4. Chequeo a cortante			
4.1 ACCION DE PUNZONAMIENTO BIDIRECCIONAL			
P	40,09 KN	$Q5=Q6=Pu/A+(12Mu/B*L^3) (a+d/2)$	
MX	46,27 KN	Q5=Q6	605,74 Kpa
MY	2,74 KN	$Q5=Q6=Pu/A-(12Mu/B*L^3) (a+d/2)$	
A	0,56 m2	Q5=Q6	-403,36 Kpa
Q prom	101,19 Kpa	$Vu= Pu-Q \text{ prom} (A \text{ punzonamientos})$	
A punz.	0,33 m2	Vu	6,64 KN
Pu	40,09 KN	$\Phi Vc=\Phi*0,33*\lambda*raiz (F'c)*Bo*d$	
Bo	2,3 m	\Phi Vc	766,90 kN
\lambda	1	\Phi Vc \ge Vu	OK
4.2. ACCION COMO VIGA O UNIDIRECCIONAL			
P	40,09 KN	$Q1=Q2=Pu/A+(12Mu/B*L^3)(L/2)$	
MX	46,27 KN	Q1=Q2	729,38 kpa
MY	2,74 KN	$Q9=Q10=Pu/A+(12Mu/B*L^3)((a/2)+d)$	
A	0,5625	Q9=Q10	861,35 Kpa
Q prom	795,36 Kpa		
\Phi Vc \ge Vu		$Vu= Q \text{ prom}((L/2) -(a/2) -d) *B$	

	Vu	-29,83 kN
OK	$\Phi Vc = \Phi * 0,17 * \lambda * \text{raíz} (F'c) * B * d$	
	ΦVc	128,83 KN

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Tabla 11.20. Diseño a flexión

5. DISEÑO A FLEXION				
EJE X				
P	40,09 KN	$Q17=Q18=Pu/A+(12Mu/B*L^3)(a/2)$		
MX	46,27 KN	Q17=Q18	350,12 Kpa	
MY	2,74 KN	$Q1=Q2=Pu/A+(12Mu/B*L^3)(L/2)$		
A	0,56 m2	Q1=Q2	729,38 Kpa	
$M = Q \text{ prom } (B)(l)(\`X)$				
Q prom	539,75 Kpa	\`X	0,13 m	
l	0,23 m	M	11,45 kN.m	
CONFIGURACION DE ACERO				
m	20,588		# Barra	5
k	201,8 Kpa		As # barra	1,98
Cuantía	0,00330		Cantidad	4
As	8,66 cm2		Resumen	4 #5
			Separación	0,18 m
EJE Y				
Q1=Q2		729,38 Kpa		
Q23=Q24		-586,83 Kpa		
$M = Q \text{ prom } (B)(l)(\`X)$				
Q prom	71,27 Kpa	\`X	0,11 m	
l	0,23 m	M	1,35 kN.m	
CONFIGURACION DE ACERO				
m	20,588		# Barra	5
k	23,86 Kpa		As # barra	1,98
Cuantía	0,00330		Cantidad	4
As	8,66 cm2		Resumen	4 #5
			Separación	0,18 m

Fuente: Anexo 2.1- memoria de cálculo estructural

Todas las zapatas de la estructura presentan cargas similares, por tal motivo el diseño es el mismo para toda la estructura

11.2. DISEÑO DE RED DE AGUA POTABLE

11.2.1. Características de la instalación

La instalación a diseñar se compone de los siguientes conceptos:

- **Acometida**

Es la instalación que se realiza para adquirir el recurso hídrico a distribuir en la edificación, se compone de una caja de inspección y una serie de tuberías que son conectadas a la red principal del sistema de acueducto de la ciudad. [25]

- **Tubería de distribución**

Serie de tuberías que son distribuidas a través de la estructura. Transporta el suministro a los diferentes aparatos sanitarios que residen en la edificación en la cual se diseñará. [25]

- **Accesorios**

Serie de aparatos de menor tamaño que sirven como uniones o cambios de dirección, generalmente son usados con las tuberías de distribución y del mismo material, para mayor eficiencia en el trazado.

- ✓ **Codos:** Accesorio instalado entre dos longitudes de una tubería que permite un cambio de dirección en el sistema. Varían según su grado de inclinación oscilando entre los 45 a los 180 grados.
- ✓ **Tees:** Permite conectar dos tuberías que se proyectan en ángulo recto hacia la tubería central.
- ✓ **Brida:** Une dos componentes de un sistema de tuberías, permitiendo ser desmontado sin operaciones destructivas, gracias a una circunferencia de agujeros a través de los cuales se montan pernos de unión.
- ✓ **Válvulas:** Objeto mecánico que inicia, detiene o regula el paso de líquidos o gases por medio de un sistema interno que abre cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. [25]

11.2.2. Trazado de la red

Como recomendaciones para hacer el trazado se considera:

1. Iniciar desde el punto de acometida hasta el tanque y desde el tanque hasta cada aparato, este último en caso de contar con un sistema de bombeo en la red.
2. Se debe procurar siempre recorrer las menores distancias para los tramos que conforman la red
3. se debe reducir al máximo el cruce de las tuberías a través de los muros de la estructura
4. evitar que el trazado se realice dentro de las áreas de descanso o de estudio
5. se debe evitar que en un solo ramal de la red se acumulen una gran cantidad de aparatos de forma lineal, en otros términos, se debe promover la bifurcación a través de la red [25]

11.2.3. Caudal de diseño

- **Método Hunter modificado**

Luego de definir las unidades de consumo se aplica la ecuación para hallar el caudal con el que se diseñará cada tramo con las siguientes formulas

$$Q = 0,1163(UC^{0,6875})$$

Donde UC es la sumatoria de las unidades de consumo de la cantidad de aparatos que hay en el tramo a evaluar y los factores en la fórmula son derivados de procesos probabilísticos . las unidades de consumo se encuentran en la tabla 6.1. Unidades de abastecimiento o de consumo de acuerdo con la norma Icontec NTC-1500, en el libro de diseño hidrosanitario de Héctor Alfonso Rodríguez [26], mostrada en la imagen 11.2. La velocidad de diseño es de 1,8 m/s, definida esta velocidad se calcula el diametro efectivo para el caudal de diseño y la velocidad.

Tabla 6.1
 Unidades de abastecimiento o de consumo de acuerdo con la norma Icontec 1500

Aparato sanitario	Ocupación	Tipo de control del suministro	Unidades de consumo
Inodoro	Público	Flujómetro	10
Inodoro	Público	Tanque de limpieza	5
Orinal	Público	Flujómetro $\phi = 2,5$ cm	10
Orinal	Público	Flujómetro $\phi = 2,0$ cm	5
	Público	Tanque de limpieza	3
Orinal	Público	Llave	2
Lavamanos	Público	Llave	4
Ducha	Público	Válvula mezcladora	4
Fregadero de servicio	Público	Llave	3
Fregadero de cocina	Hotel restaurante	Llave	4
Inodoro	Privado	Flujómetro	6
Inodoro	Privado	Tanque de limpieza	3
Lavamanos	Privado	Llave	1
Bidet	Privado	Llave	1
Tina	Privado	Llave	2
Ducha	Privado	Válvula mezcladora	2
Cuarto de baño	Privado	Un fluxómetro por cuarto	8
Cuarto de baño	Privado	Un tanque de limpieza por cuarto	6
Ducha separada	Privado	Válvula mezcladora	2
Fregadero de cocina	Privado	Llave	2
Lavadero	Privado	Llave	3
Lavadora	Privado	Llave	3
Combinación de accesorios	Privado	Llave	3
Lavaplatos	Privado	Llave	2
Llave de jardín	Privado	Llave	3
Calentador	Privado		3
Nevera	Privado		1

Imagen 11.2. Unidades de consumo

- **factor de simultaneidad**

consiste en las aplicaciones de un factor que evalúa la simultaneidad de funcionamiento de los aparatos sanitarios. Determina un caudal máximo probable que será el caudal del tramo suponiendo que no presenta un funcionamiento de todos los aparatos al mismo tiempo. El factor de simultaneidad se define con la fórmula:

$$Fs = \frac{1}{(n - 1)^{0,5}}$$

En la tabla 6.3 del libro de diseño hidrosanitario de Héctor Alfonso rodríguez [26] se definen los factores de seguridad para la cantidad de aparatos sanitarios según la clase de instalación, esta depende de los aparatos que se están usando y del tipo de instalación que se está diseñando. La clase 3 es de instalación hidráulica residencial e institucional

Tabla 6.3
Factores de simultaneidad de acuerdo con diferentes clases de instalaciones hidráulicas

Aparatos		Factor de simultaneidad		
sanitarios	n	Instalación clase 1	Instalación clase 2	Instalación clase 3
1		1,00	1,00	1,00
2		1,00	1,00	1,00
3		0,68	0,64	0,71
4		0,62	0,51	0,58
5		0,59	0,43	0,50
6		0,56	0,38	0,45
7		0,54	0,34	0,41
8		0,53	0,31	0,38
9		0,51	0,28	0,35
10		0,50	0,26	0,33
12		0,48	0,23	0,30
14		0,47	0,21	0,28
16		0,45	0,19	0,26
18		0,44	0,17	0,24
20		0,43	0,16	0,23
25		0,42	0,13	0,20
30		0,40	0,12	
35		0,39	0,10	
40		0,38	0,09	
45		0,38	0,08	
50		0,37	0,07	
60		0,36	0,06	
70		0,35	0,050	
80		0,34	0,043	
90		0,34	0,036	
100		0,33	0,031	
200		0,30	0,001	
300		0,29		
400		0,28		
500		0,27		
600		0,265		
700		0,260		
800		0,256		
900		0,253		
1000		0,250		

Imagen 11.3. factor de simultaneidad

Con los valores anteriores definidos en ambos métodos de diseño se halla el diametro efectivo del tramo que se está evaluando con el caudal y la velocidad de cada tramo definidos y con la ecuación de continuidad . El valor de la velocidad debe estar entre 0,6 m/s y 2,5 m/s, por tal motivo se toma un valor equivalente para todos los casos de 1,8.

El diametro hallado a través de los métodos anteriores debe ser modificado a un diametro nominal según la tabla 11.14.

Tabla 11.21. diámetros nominales de tuberías

Diámetro Nominal	Diámetro efectivo (m)	RDE
1/2	0,01660	9
3/4	0,02181	11
1	0,02848	13,5
1 1/4	0,03814	21
1 1/2	0,04368	21
2	0,05458	21
2 1/2	0,06607	21
3	0,08042	21
4	0,10342	21
6	0,15222	21

Con el diametro nominal seleccionado se calcula la velocidad real del tramo utilizando la ecuación de continuidad y el diametro efectivo calculado con la relación diametro espesor de la tubería. Con esta velocidad real se procede a calcular las perdidas en el sistema

- **Perdidas en el sistema**

Las perdidas en el sistema iniciales son las perdidas por fricción, calculadas con la siguiente ecuación

$$hf = 0,1066 \times \frac{V^{1,79} \times \vartheta^{0,2104}}{D^{1,21}} \times L$$

La viscosidad cinemática se tomó para el agua a temperatura de 20°C y la Longitud equivale a la longitud total del tramo que se está evaluando, incluyendo las longitudes horizontales de la tubería y las verticales correspondientes a la instalación a las acometidas de los aparatos sanitarios.

Las siguientes son las pérdidas menores o perdidas por accesorios que son todas aquellas perdidas localizadas, puntuales y por accesorios, resumidas en esta ecuación:

$$hm = \sum Km \times \frac{V^2}{2g}$$

los valores de Km se encuentran en el libro de instalaciones hidrosanitarias y de gas de Pérez Carmona para los accesorios comunes utilizados en el diseño de una red de suministro para una edificación. Los resultados del diseño se encuentran en la memoria de cálculo del diseño hidrosanitario

11.3. DISEÑO RED DE RECOLECCION DE AGUAS RESIDUALES Y AGUAS LLUVIAS

11.3.1. Características de la instalación

Entre las características más importantes de esta red se encuentran:

- El transporte de las aguas servidas se debe realizar en flujo a superficie libre debido a que la energía disponible es muy pequeña en la evacuación de los diferentes aparatos sanitario. [26]
- Los conductos cerrados son la principal fuente para el transporte y su sección debe ser circular
- Esta red debe estar completamente aislada, lo que implica que no debe estar en contacto con el medio ambiente con el fin de evitar todo tipo de contaminación por el manejo de solidos suspendidos y sedimentables, además de los organismos patógenos. [26]
- En cada punto de la red se debe diseñar un sello hidráulico con una altura mínima de 5 cm, esto con el fin de evitar problemas con los malos olores y el sifonamiento inducido [26]

11.3.2. Unidades de descarga

Una unidad de descarga es la equivalencia a una unidad de consumo definida como el caudal máximo demandado por los aparatos sanitarios. En la NTC 1500 se encuentran estos valores de descarga que varían de acuerdo al tipo de aparato sanitario (ver tabla 11.15)

Tabla 11.22. Unidades de desagüe de aparatos individuales y en grupo

Tipo de aparato o accesorio	Valor unitario de desagüe de aparato como factor de carga	Dimensión mínima del sifón
Máquina automática de lavar ropa, comercial	3	(2)
Máquina automática de lavar ropa, residencial	2	(2)
Grupos sanitarios como se define en el numeral 3.2 5 - 6,06 Lpf (1 ,6 gpd inodoro)	5	
Grupos sanitarios como se define en el numeral 3.2 6 (lavado del inodoro mayor a 6,06 Lpf (1 ,6 gpd))	6	
Bañera (con o sin regadera o accesorios de hidromasaje)	2	(1 ½)
Bidé	1	(1 ¼)
Combinación de poceta y bandeja	2	(1 ½)
Lavamanos dental	1	(1 ¼)
Unidad o escupidera dentales	1	(1 ¼)
Lavadora para platos doméstica	2	(1 ½)
Bebedero	½	(1 ¼)
Desagüe de emergencia para pisos	0	(2)
Desagües de piso	2	(2)
Poceta de piso	2	(2)
Lavaplatos, doméstico	2	(1 ½)
Lavaplatos con triturador de vertimientos y/o lavavajillas	2	(1 ½)
Bandeja para lavar ropa (1 ó 2 compartimentos)	2	(1 ½)
Lavamanos	1	(1 ¼)
Ducha (basado en el gasto total nominal a través de regaderas y duchas de mano) Gasto nominal:		
0,36 L/s (5.7 gpm) o menos	2	(1 ½)
Más de 0,36 L/s hasta 0,78 L/s (Más de 5.7 gpm hasta 12,3 gpm)	3	(2)
Más de 0, 78 L/s hasta 1 ,63 L/s (Más de 12.3 gpm hasta 25,8 gpm)	5	(3)
Más de 1 ,63 L/s hasta 3,51 L/s (Más de 25.8 gpm hasta 55,6 gpm)	6	(4)
Poceta de servicio	2	(1 ½)
Poceta	2	(1 ½)
Orinal	4	(1 ½)
Orinal, 1 galón por descarga	2	(1 ½)
Orinal, sin suministro de agua	½	(1 ½)
Poceta de aseo (circular o múltiple) cada juego de grifos	2	(1 ½)
Inodoro, tanque fluxómetro, público o privado	4	(1 ½)
Inodoro privado (1,6 gpd)	3	(1 ½)
Inodoro privado (mayor a 1,6 gpd)	4	(1 ½)
Inodoro público (1,6 gpd)	4	(1 ½)
Inodoro público (lavado mayor a 1,6 gpd)	6	(1 ½)

11.3.3. Trazado de la red

Como recomendaciones para hacer el trazado se considera:

1. Se diseña para cumplir dos condiciones:
 - Evacuar la totalidad del agua
 - Tener un flujo entre 1 y 3 m/s
2. Las condiciones de autolimpieza de la tubería, se facilitan asignando pendientes mínimas las cuales generalmente son de 1% y 2%
3. El diametro de los colectores horizontales y las bajantes, nunca debe reducirse en el sentido del flujo por lo tanto se debe llevar siempre el mayor diametro entre el calculado y el proveniente del tramo anterior
4. Se recomienda una relación de llenado del 50% y máximo un 75% con el fin de facilitar el flujo de aire de las tuberías horizontales
5. Los cambios de dirección y acoples de tuberías a otro ramal, siempre deben hacerse a 45° y no se permiten cambios de dirección mediante accesorios a 90°
6. En caso de requerir cambios de dirección cerrados (90°) o en ángulos especiales en las ramas principales, estas se hacen mediante cajas de inspección

11.3.4. Caudal de diseño

Luego de definir las unidades de descarga se aplica la ecuación para hallar el caudal con el que se diseñará cada tramo con las siguientes formulas

$$Q = \sum UDA * 1,9$$

UDA corresponde a la sumatoria de las unidades de descarga de la cantidad de aparatos que hay en el tramo a evaluar y el factor en la formula equivale a la conversión de UDA a L/min

El método del factor de simultaneidad se determina un caudal máximo probable que será el caudal del tramo con la siguiente ecuación:

$$Fs = \frac{1}{(n - 1)^{0,5}}$$

N simboliza el número de aparatos en los tramos, cuando este valor sea 1 o 2 este valor de Fs será de 1. Con el valor de Fs y la suma de los caudales, se suman los caudales y se multiplicaran por el factor de simultaneidad hallando así el caudal que posteriormente será convertido en unidades de m3/s.

Para la hidráulica de cada colector se define la pendiente inicial del 2% para todos los colectores según la recomendada por la NTC 1500. Con los valores de los caudales por los tramos, se halla el diámetro de diseño, para el cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$D = \left(\frac{Q n}{0,312 S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

El diametro elegido se corrige con la tabla 11.14. y luego se verifica con el diametro mínimo requerido para cada aparato sanitario que se está diseñando en el tramo eligiendo siempre el mayor. Con este diametro se procede a la velocidad con la ecuación de continuidad.

11.3.5. Esfuerzo cortante

El esfuerzo cortante de la tubería se halla a través de la siguiente fórmula

$$\tau = \gamma . R h . S$$

Donde γ es el peso específico del agua que se está transportado a través del conducto, el RH es el radio hidráulico para una tubería parcialmente llena, el cual depende del ángulo y la relación de llenado, la S se interpreta como la pendiente del colector que se asume del 2% el cortante del colector debe ser mayor a 1,5 Kg/m².

11.3.6. Cálculo de bajantes de aguas lluvias

Para el cálculo del caudal que llega a las bajantes de aguas lluvias se utiliza la ecuación del método racional, la cual se muestra a continuación:

$$Q = \frac{CIA}{3600}$$

El valor de C es el coeficiente de escorrentía de 0,9 para Villavicencio, definido por el Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM que también define el valor de intensidad de lluvia de la zona donde se localiza la estructura, proviniendo de un modelo lluvia escorrentía y de la construcción de las curvas IDF y los periodos de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 50 y 100 años, cuyo valor es de 100 mm/h/m².

El Área de la cubierta de la estructura que recibirá el agua lluvia se define en el numeral 10.6 del presente documento siendo este valor de 236,62 m². Esta área se debe distribuir equitativamente en la cantidad de bajantes que se localicen en la estructura.

Por último, el factor que divide la ecuación es un factor de conversión el cual incurre en que las unidades de ingreso de las variables sean: Intensidad (mm/hora) y Área (m²) y como resultado final el caudal se dará en unidades de litro por segundo (L/s)

11.3.8. Hidráulica de los colectores

Se halla un diametro inicial para hallar los parámetros hidráulicos iniciales con la siguiente fórmula:

$$D_o = \left(\frac{Q n}{0,312 S^{\frac{1}{2}}} \right)^{3/8}$$

La relación de llenado se recomienda que sea un valor entre el 50% y el 75%, esta relación se multiplica por el diametro para obtener el valor del Yn

$$Yn = 0,75D_o$$

El ángulo de llenado es el ángulo que tiene el flujo parcialmente lleno de la tubería con relación al diametro interno del tubo

$$\theta = \pi + \text{sen}^{-1} \left(\frac{Yn - \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} \right)$$

El área parcialmente llena de una tubería se halla con la siguiente formula:

$$A = \frac{1}{8} (\theta - \text{Sen}\theta) D^2$$

El radio hidráulico para una tubería parcialmente llena depende del ángulo de la relación de llenado

$$Rh = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\text{Sen}\theta}{\theta} \right) D$$

El caudal de una tubería parcialmente llena se halla con la ecuación de manning la cual se evidencia a continuación:

$$Q = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2} A$$

12. ETAPA 5: PRESUPUESTO

Para la realización del presupuesto se realizó siguiendo el orden constructivo previsto y a través de la lista oficial de precios unitarios del 2017 de referencia para la contratación de orden pública del Meta, precios AIM generados por la gobernación del Meta. A continuación, se presenta el presupuesto del proyecto. El presupuesto del proyecto se evidencia en el *anexo 5- presupuesto del proyecto*

Tabla 12.1. Presupuesto general del proyecto

PRESUPUESTO SALON POLI FUNCIONAL EN EL BARRIO NUEVA JERUSALEN						
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR ITEM
1	REALIZACION DE OBRAS PRELIMINARES					\$ 792.792
1,1	LOCALIZACION, TRAZADO Y REPLANTEO M2 INCLUYE COMISION TOPOGRAFICA, CARTERA Y PLANOS	M2	234,00	\$ 3.388	\$ 792.792	
2	CIMENTACION					\$ 12.324.508
2,1	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL COMUN (INCLUYE CARGUE MANUAL Y RETIRO DE ESCOMBROS 5 KM)	M3	81,9	\$ 80.400	\$ 6.584.760	
2,2	CONCRETO 13.8 MPA (2000 PSI) SOLADO, CONCRETO DE LIMPIEZA	M2	1	\$ 403.300	\$ 403.300	
2,3	CONCRETO CICLOPEDO 24.1 MPA (3500 PSI)	M3	4,2	\$ 522.675	\$ 2.195.235	
2,4	VIGAS DE CIMENTACION 0.25 X 0.25 CONCRETO 24.1 MPA (3500 PSI) INCLUYE REFUERZO 4D=1/2+F3/8 C/0.10	ML	19	\$ 165.327	\$ 3.141.213	
3	ESTRUCTURAS DE CONCRETO					\$ 96.840.350
3,1	VIGAS DE CIMENTACION 0.25 X 0.25 CONCRETO 24.1 MPA (3500 PSI) INCLUYE REFUERZO 4D=1/2+F3/8 C/0.10	ML	9,63	\$ 165.327	\$ 1.592.099	
3,2	VIGAS DE CIMENTACION 0.25 X 0.30 CONCRETO 24.1 MPA (3500 PSI) INCLUYE REFUERZO 4D=1/2+F3/8 C/0.10	ML	81	\$ 165.327	\$13.391.487	
3,3	VIGA AEREA 0.20 X 0.30, CONCRETO 24.1 MPA (3500 PSI) INCLUYE RFUERZO 4D=5/8+F3/8C/0.15	ML	30	\$ 158.400	\$ 4.752.000	
3,4	CONCRETO 24.1 MPA (3500 PSI) COLUMNA, VIGA ESTRIBO	M3	38	\$ 1.089.110	\$41.386.180	
3,5	COLUMNA EN CONCRETO 24.1 MPA (3500 PSI) NO INCLUYE HIERRO	M3	6,615	\$ 1.101.820	\$ 7.288.539	

PROYECTO DE APLICACIÓN EN TEMATICAS DE INGENIERIA

Diseño estructural e hidrosanitario de un salón poli funcional para el barrio Nueva Jerusalén de la comuna ocho de Villavicencio-Meta

3,6	COLUMNETA 0.12 X 0.25 M, CONCRETO 24.1 MPA (3500 PSI) INCKUY REFUERZO 4D=1/2+F3/8 C/0. 16	ML	98	\$ 115.488	\$11.317.824	
3,7	CONCRETO 24.1 MPA (3500 PSI) COLUMNA, VIGA ESTRIBO	M3	15	\$ 1.089.110	\$16.336.650	
3,8	VIGA CIMENTACION 0.20 X 0.25, CONCRETO 24.1 MPA (3500 PSI) INCLUYE REFUERZO 4D=5/8+F3/8 C/15.	ML	5,752	\$ 134.835	\$ 775.571	
4	CUBIERTA					\$ 5.132.340
4,1	SUMINISTRO E INSTALACION CUBIERTA EN TEJA TERMOACUSTICA PERFIL TRAPEZOIDAL COLOR. NO INCLUYE ESTRUCTURA	M2	62	\$ 58.580	\$ 3.631.960	
4,2	CORREA PERFIL C PHR 220 X 80 X 2.5 MM CALIBRE 12	ML	14	\$ 107.170	\$ 1.500.380	
5	HIDROSANITARIO					\$ 5.467.332
5,1	SANITARIO ACUACER BLANCO CORONA	UND	10	\$ 312.980	\$ 3.129.800	
5,2	LAVAMANOS SOBREPONER CORONA O SIMILAR INCLUYE GRIFERIA Y ACCESORIOS	UND	4	\$ 380.262	\$ 1.521.048	
5,3	LAVAPLATOS ACERO INOXIDABLE E 1.20 X 0.60 INCLUYE GRIFERIA	UND	1	\$ 435.159	\$ 435.159	
5,4	LAVADERO PREFABRICADO 0.65 X 0.65 M	UND	1	\$ 381.325	\$ 381.325	
6	CARPINTERIA METALICA					\$ 1.869.730
6,1	SUMINISTRO E INSTALACION PORTON DE ACCESO 2 HOJAS EN TUBO GALVANIZADO 2" MALLA ESLABONADA 5X1.79	UND	1	\$ 905.770	\$ 905.770	
6,2	SUMINISTRO E INSTALACION VENTANA LAMINA COLD ROLLED CAL. 20, INCLUYE ANTOCORROSIVO Y PINTURA	M2	4	\$ 240.990	\$ 963.960	
7	MUROS					\$ 1.359.793
7,1	MURO EN BLOQUE FLEXA No 5, 0,12 X 0,20 X 0,30 M (MORTERO TIPO S (1:3)	M2	1	\$ 72.363	\$ 72.363	
7,2	PAÑETE MUROS INTERIORES MORT 1:4 INCLUYE FILOS Y DILATAC	M2	31	\$ 41.530	\$ 1.287.430	
8	PISOS					\$ 3.620.576

PROYECTO DE APLICACIÓN EN TEMATICAS DE INGENIERIA
Diseño estructural e hidrosanitario de un salón poli funcional para el barrio Nueva Jerusalén de la comuna ocho de Villavicencio-Meta

8,1	PLACA CONTRAPISO E=0.15 M, 27.6 MPA (4000 PSI) ESTAMPADO	M2	16	\$ 176.246	\$ 2.819.936	
8,2	AFINADO PISOS MORTERO 1:4, E=50MM	M2	16	\$ 50.040	\$ 800.640	
9	SUBTOTAL					\$127.407.421
	ADMINISTRACIÓN (15%)					\$ 19.111.113
	IMPREVISTO (5%)					\$ 6.370.371
	UTILIDAD (6%)					\$ 7.644.445
	SUBTOTAL AIU (26%)					\$ 33.125.930
10	TOTAL					\$160.533.351

13. RESULTADOS E IMPACTOS

13.1. RESULTADOS ESPERADOS

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Propuesta de diseño de salón polifuncional	Planos estructurales	Objetivo específico 2
Red de suministro y desagüe sanitario y pluvial	Trazado de las redes sanitarias	Objetivo específico 3
Costo total del proyecto en obra gris	Presupuesto	Objetivo específico 4
Análisis del estado del terreno	Estudio de planimetría, altimetría y suelos	Objetivo específico 1

13.2. IMPACTOS

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Económico	Desarrollo socioeconómico para la comunidad beneficiada y las aldeñas	Mayor inversión en infraestructura	Largo
Social	Implementación de un espacio de esparcimiento social	Implementación de orden social y cultural	Mediano
Social	Mejor manejo del tiempo libre de los niños, promoviendo así la sana convivencia y educación en ellos	Mejora continua del aspecto social	Largo
Ambiental	Generación de conciencia socio-ambiental en la población	Conocimiento y cumplimiento de normas ambientales	Mediano
Económico	Implementación de infraestructura de uso social e institucional	Mayor inversión por entidades publicas	Largo
Técnico	Contribución a proyectos sociales del estado	Diseños y presupuestos	Corto

14. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- El diseño del salón polifuncional es realizado para lograr satisfacer las necesidades de la comunidad del barrio Nueva Jerusalén acerca de una zona de atención a la comunidad y de esparcimiento social para niños y adultos, aprovechando el terreno dispuesto por las entidades gubernamentales.
- El terreno sobre el cual será edificado el proyecto tiene un perfil de suelo no muy variable a una profundidad de 6 metros cuya composición básica contiene arena y arcilla, en diversas proporciones por lo cual se considera un suelo de cimentación adecuado para la estructura.
- La ubicación geográfica del lote es adecuada para el diseño a realizar, debido a que cuenta con facilidad de acceso a los puntos de conexión para servicios básicos como luz, agua y alcantarillado.
- La geometría del lote es irregular, lo que genera un conflicto en el diseño arquitectónico por la distribución de los espacios; y adicional a ello, presenta divisiones catastrales por proyectos futuros que deben ser tenidos en cuenta para los espacios constructivos y límites con los demás linderos que deben respetarse al momento de construir el proyecto
- El salón polifuncional será construido en un sistema estructural de pórticos de concreto reforzado resistente a momentos debido al tipo de estructura que se está diseñando es el sistema más adecuado por la cantidad de personas que asistirán y las cargas que ejercerán no podría ser construido según el titulo E de la NSR-10 debido a que el tipo de sistemas estipulados en esta parte de la norma son menos significativos
- La cubierta de la estructura se diseña con una pendiente del 15% debido a la zona donde se localiza el proyecto ya que al ser una zona cercana al nivel del mar no requiere mayor pendiente y por lo mismo la altura libre del entrepiso se considera de 3,5 metros de altura para generar mayor ventilación en la estructura.
- Los elementos viga columna son en concreto reforzado siguiendo las dimensiones mínimas de la NSR-10 para una zona de amenaza sísmica alta, y la cubierta está diseñada en estructura metálica para generar menor peso a la estructura, menor costo y una mejor relación costo/beneficio en comparación a otros diseños que se evaluaron inicialmente
- A través del análisis detallado, se puede concluir que la etapa de cimentación de un proyecto puede ser una de las más costosas comparado con las demás etapas. Esto proviene de la cantidad de material y mano de obra, lo cual genera mayor tiempo y calidad.

15. BIBLIOGRAFÍA

- [1] V. y. D. T. Ministerio de Ambiente, «Procedimiento de Legalización de,» Dirección de Sistema Habitacional, Bogotá, 2005.
- [2] F. Crespo Aguado, Introducción a la construcción, vol. Volumen 3, P. y. educación, Ed., La Habana: Escuela técnica superior de arquitectura de Barcelona, 1987, p. 267 páginas.
- [3] concreto, Argos 360, «Sistema pórtico para estructuras en concreto,» 4 Agosto 2016. [En línea]. Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/sistema-portico-estructuras-concreto>. [Último acceso: 23 Agosto 2019].
- [4] N. Guédes, «Sistema aporticado,» Ministerio del poder popular, 24 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/nnga08/sistema-porticado>. [Último acceso: 2019 Mayo 2019].
- [5] Magazine 21, «Los 7 elementos esenciales de un proyecto de inversión,» *Entrepreneur*, pp. 15-17, 2009.
- [6] G. . B. Pérez Morales y J. P. Molina Aguilar, «Apuntes de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificios,» ingeniería y construcción, Junio 2017. [En línea]. Available: <https://civilgeeks.com/2017/06/06/apuntes-instalaciones-hidraulicas-sanitarias-edificios/>. [Último acceso: 19 Septiembre 2019].
- [7] Project Management for development organizations, «Gestión del Presupuesto del Proyecto,» Gerencia de proyectos para organizaciones de desarrollo, España, 2009.
- [8] M. T. Búa, «Elementos estructurales,» Xunta de Galicia, 14 Mayo 2014. [En línea]. Available: <https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/index.html>. [Último acceso: 20 Mayo 2019].
- [9] R. Rochel Awad, Análisis y diseños sísmico de edificios, 21 ed., E. d. ingeniería, Ed., Medellín, Antioquia: fondo editorial Universidad EAFIT, 2012, p. 388.
- [10] Construmatica, *Cimentaciones por zapatas*, Valencia: metaportal de arquitectura, 2017.
- [11] J. E. Alva Hurtado, Cimentaciones profundas, I. d. I. c. y. gerencia, Ed., Lima: Fondo editorial ICG , 2011.
- [12] N. C. Cely Diaz, «Apoyo técnico para la construcción de salón comunal,» Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2017.
- [13] D. P. Florez Portocarrero , «Construcción casa comunal barrio fundadores,» Facultad de ciencia y tecnología, Medellín, 2017.
- [14] J. A. Hurtado Alzate, «Centro de desarrollo infantil El Recreo,» Facultad de Arquitectura USTA medellin , Medellín, 2015.
- [15] J. C. Guacheta Medina, «Diseño estructural y construcción de una vivienda para visibilizar la cosmogonía nasa en el resguardo indígena de Yaquivá municipio de Inzá – Cauca.,» Universidad Santo Tomas, Bucaramanga, 2017.
- [16] D. F. Martinez Pozo, «evaluación y diseño de sistemas de aislamiento acústico para el salón comunal del edificio selva alegre mediante uso de elementos constructivos del Ecuador,» Escuela de Tecnología en construcciones y domótica, Quito, 2017.
- [17] Alcaldía de Villavicencio, *Decreto 475 de 2017*, Villavicencio, Meta: Concejo Municipal de Villavicencio , 2017.
- [18] Alcaldía de Villavicencio, *Decreto 229 de 2017*, Villavicencio: Concejo Municipal de Villavicencio, 2017.

- [19] Notaria de Registro; Catastro Villavicencio , *Plan de Ordenamiento Territorial Barrio Nueva Jerusalén*, H. Candanoza Polo, Ed., Villavicencio, Meta: Catastro Villavicencio, 2016, p. 5.
- [20] Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, *Reglamento Colombiano de construccion sismoresistente- Titulo A- Requisitos Generales de diseño y construccion sismoresistente*, C. a. p. p. e. r. d. c. s. resistente, Ed., Bogotá, Cundinamarca: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010, pp. 10-50.
- [21] Y. d. R. Araque Cristancho, «Guía para el cálculo de la fuerza horizontal equivalente y derivas según título A4-A6 NSR-10,» Facultad de estudios a distancia- Faedis, Bogotá, 2015.
- [22] construmatica, «Metaportal de arquitectura, ingenieria y construccion,» Construmática Servicios de Información Profesional, S.L., 23 febrero 2009. [En línea]. Available: <https://www.construmatica.com/construpedia/Cubiertas>. [Último acceso: 27 Mayo 2020].
- [23] Acesco, «ficha tecnica cubiertas,» Acesco, Malambo, 2019.
- [24] Asociación Colombiana de Ingenieria Sismica, *Reglamento Colombiano de Construccion Sismo Resistente*, Bogotá, Cundinamarca: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.
- [25] R. Perez Carmona, Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones, vol. 6ta Edición, Bogotá: Ecoe Ediciones, 2010.
- [26] H. A. Rodriguez Diaz, Diseños Hidraulicos, Sanitarios y de Gas en Edificaciones, Colombia: Escuela Colombiana de Ingenieria, 2006.
- [27] E. P. Wigner, «Theory of traveling wave optical laser,» *Phys. Rev.*, vol. 134, pp. A635-A646, 2005.
- [28] A. C. Sole, Instrumentación Industrial, Mexico: Alfaomega, 2006.

ANEXOS

ANEXO 1

Estudio geotécnico y planimétrico de un salón polifuncional para el barrio Nueva Jerusalén

ANEXO 2

Memorias de calculo que contiene:

- 2.1. Memoria de cálculo estructural
- 2.2. Estudio de suelos
- 2.3. Puntos estación topográfica
- 2.4. Diseño hidrosanitario

ANEXO 3

Modelo software que contiene:

- 3.1. Modelo en el programa Etabs
- 3.2. Resultados

ANEXO 4

Planos de diseños, que contiene:

- 4.1. Planos topográficos
 - Puntos de la estación
 - Topografía del terreno
 - Plano topográfico
- 4.2. Planos arquitectónicos
 - Plano Arq. 01- Planta y cubierta
 - Plano Arq. 02- Elevaciones y cortes
 - Plano Arq. 01- Detalles de pisos
 - Plano arquitectónico
- 4.3. Planos estructurales
 - Plano estructural 01- Plantas estructurales
 - Plano estructural 02- Estructural
 - Plano estructural
- 4.4. Planos hidrosanitarios
 - Plano Hidrosanitario 01- Trazado de redes
 - Plano Hidrosanitario 02-Detalle bajantes

ANEXO 5

Presupuesto del proyecto

ANEXO 6

Modelo de la estructura en 3D y contiene

- 6.1. Vista frontal
- 6.2. Vista posterior
- 6.3. Vista lateral

6.4. Vista lateral

6.5 Elevación

6.6 Elevación lateral

6.7 Elevación 3D