

DISEÑO ESTRUCTURAL E HIDROSANITARIO, CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SALÓN COMUNAL DEL ASENTAMIENTO INFORMAL SAN CIPRIANO, VILLAVICENCIO

STRUCTURAL AND HYDRO-SANITARY DESIGN, AMOUNT OF WORK AND BUDGET FOR THE CONSTRUCTION OF THE COMMUNAL HALL OF THE INFORMAL SETTLEMENT SAN CIPRIANO, VILLAVICENCIO

Gabriela Andrea Alvarado Castañeda

Estudiante, Facultad Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás, gabrielaalvarado@usantotomas.edu.co.

Luis Guillermo Gonzalez Medellin

Estudiante, Facultad Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás, luis.gonzalez@usantotomas.edu.co

Resumen: Para el desarrollo del proyecto se realizó el análisis de vulnerabilidad para determinar el uso de la estructura existente como eje principal del diseño estructural, debido a las fallas constructivas encontradas en el sitio y la falta de información en la cimentación. Se recomienda demolición de la estructura. El salón comunal se diseñó con pórticos en concreto cumpliendo los requisitos mínimos de la NSR-10, el diseño hidrosanitario se realizó siguiendo los lineamientos de la NTC 1500. El presupuesto del proyecto se elaboró tomando como referencia los diseños realizados, para generar el costo total de la edificación.

La construcción del salón comunal en el asentamiento informal San Cipriano impulsa como parte fundamental a ejercer todo el proceso de legalización del asentamiento, siendo la consolidación urbanística un requisito mínimo para esto.

Palabras clave: Asentamiento, diseños, estructura, legalización y salón comunal

Abstract: For the development of the project, a vulnerability analysis was carried out to determine the use of the existing structure as the main axis of the structural design, due to the construction faults found on the site and the lack of information on the foundation. Demolition of the structure is recommended. The community hall was designed with concrete frames complying with the minimum requirements of NSR-10; the hydro-sanitary design was made following the guidelines of NTC 1500. The budget of the project was elaborated taking as reference the designs realized, to generate the total cost of the building.

The construction of the communal hall in the San Cipriano informal settlement is a fundamental part of the process of legalization of the settlement, with urban consolidation being a minimum requirement for this.

Keywords: Community hall, design, legalization, settlement and structure.

1. INTRODUCCIÓN

Colombia es un país en vía de desarrollo que a lo largo de los años ha presentado un crecimiento poblacional considerable según los registros de los censos realizados por el DANE; este es uno de los factores que ha influido en la expansión acelerada y desordenada de la mayoría de los municipios donde en ocasiones la demanda de vivienda no ha sido tomada en cuenta y la población vulnerable ha tendido a ubicarse en los límites de los municipios, zonas de riesgo y áreas protegidas creando así un aumento en la formación de asentamientos informales [1].

Uno de los municipios en los que se presenta esta situación es Villavicencio, ciudad capital del departamento del Meta que se encuentra ubicada a 86 kilómetros del Distrito Capital de Bogotá, además, es considerada como la puerta de entrada y salida de toda la región de la Orinoquía. Esta ciudad tiene

una población aproximada de 502.000 habitantes y una extensión 1338 kilómetros cuadrados [2]. Cuenta con aproximadamente 101 asentamientos informales, actualmente la alcaldía de la ciudad está buscando iniciar los procesos de legalización de la mayoría de estos asentamientos con el propósito de mejorar la calidad de vida de los habitantes.

San Cipriano es uno de los asentamientos informales, tiene aproximadamente 400 habitantes y está ubicado en la comuna 8 de Villavicencio, no tiene acceso a todos los servicios básicos, la comunidad tampoco cuenta con los espacios y equipamiento comunitario necesario para la realización de actividades de formación y reuniones de la Junta de Acción Comunal.

La Universidad Santo Tomás sede Villavicencio suscribió un convenio con las Juntas de Acción Comunal de los barrios y asentamientos informales de la comuna 8 Villavicencio con el propósito de contribuir en la solución de las problemáticas presentes en las comunidades, desde la academia por medio de la unidad de proyección social donde sus estudiantes son partícipes en el compromiso social responsable y en la transformación del entorno social desde sus áreas de conocimiento.

Este proyecto se propone contribuir en la solución de la falta de espacios y equipamiento comunitario a través de la realización de los estudios y diseños de ingeniería, como lo son, la evaluación de vulnerabilidad sísmica, el diseño estructural e hidrosanitario, las cantidades de obra y el presupuesto para la construcción del salón comunal del asentamiento informal San Cipriano, haciendo entrega de los informes, memorias de cálculo y planos de detalle.

2. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

2.1. Evaluación de vulnerabilidad sísmica de la estructura existente

Esta evaluación de vulnerabilidad sísmica se realizó a la estructura existente en el lote designado para el equipamiento comunitario con el fin de determinar si esta se iba a tener en cuenta en el diseño estructural del salón comunal o si era necesario realizar un diseño estructural nuevo.

Se solicitó información respecto al diseño, cálculo y construcción de la estructura a la junta de acción comunal; obteniendo por respuesta que no existe ningún documento técnico de la edificación, ya que esta fue construida empíricamente por la comunidad.

2.1.1. Descripción general de la estructura

La estructura salón comunal ubicada en el asentamiento informal San Cipriano en la ciudad de Villavicencio, cuenta con una planta rectangular de un solo nivel con un área de 90 m². Limita por sus costados así: por el norte, sur y occidente con predios en los que no existen edificaciones y por el oriente con una vía de acceso.

Esta estructura no presenta un sistema estructural definido que este en cumplimiento con la normativa vigente, aunque en su configuración cuenta con algunos elementos que pertenecen al sistema estructural de muros confinados.

Cuenta con doce (12) columnetas; con dos (2) elementos verticales de apoyo en tubería redonda metálica, con dos (2) culatas en la dirección y de los muros, sin vigas cinta de amarre para generar el confinamiento y sobre estas culatas se apoya la cubierta en tejas de zinc, ver **Error! Reference source not found..**

Las dimensiones de los elementos estructurales son:

- Losa de contrapiso espesor: 15 cm aprox.
- Columnetas: 20x10 cm aprox.
- Tubería redonda metálica diámetro: 2" – 6 cm aprox.
- Muros espesor: 10 cm aprox.



El valor de la calificación que se asignó a cada aspecto de la evaluación (**Error! Reference source not found.**), se realizó mediante el reconocimiento visual y la comparación con patrones generales que se encuentran en textos guías y manuales de ingeniería, además, se contó con la experiencia de un ingeniero especializado en estructuras, quien fue el director de este proyecto.

COMPONENTE		VULNERABILIDAD			VALOR PONDERADO
		BAJA	MEDIA	ALTA	
ASPECTOS GEOMÉTRICOS	20%				
Irregularidades en planta de la edificación		0	2	0	1.2
Cantidad de muros en las dos direcciones		0	0	3	
Irregularidad en altura		1	0	0	
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	20%				
Calidad de las juntas de pega en mortero		0	2	0	1.6
Tipo y disposición de las unidades de mampostería		0	0	3	
Calidad de los materiales		0	0	3	
ASPECTOS ESTRUCTURALES	30%				
Muros confinados y reforzados		0	0	3	4.2
Detalles de columnas y vigas de confinamiento		0	0	3	
Vigas de amarre o corona		0	0	3	
Características de las aberturas		1	0	0	
Entrepiso		1	0	0	
Amarre de cubiertas		0	0	3	
CIMENTACIÓN	10%	0	0	3	0.3
SUELOS	10%	0	2	0	0.2
ENTORNO	10%	1	0	0	0.1

COMPONENTE	VULNERABILIDAD			VALOR PONDERADO
	BAJA	MEDIA	ALTA	
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD		ALTA		7.6

Fuente: Autores (2019)

2.2. Diseño arquitectónico

Se realizó un trabajo colaborativo con la Junta de Acción Comunal (JAC) del asentamiento informal San Cipriano para desarrollar el diseño arquitectónico del salón comunal mediante una serie de reuniones para determinar las necesidades, espacios requeridos y distribución de estos.

El diseño arquitectónico se desarrolló en tres etapas. En la primer etapa se realizó en conjunto con la JAC un esquema básico o bosquejo de la distribución espacial en planta, se estableció que el salón comunal estaría conformado por dos plantas: la planta de primer piso será un espacio libre para la realización de actividades socio – culturales y la planta de segundo piso será un espacio administrativo; una cubierta liviana y placa tanque de agua elevado.

Luego, en la segunda etapa se contó con la asesoría de una docente de la facultad de Arquitectura de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, la arquitecta Eliana Ballesteros, con base a sus conocimientos y experiencia se llevaron a cabo las siguientes modificaciones en la distribución espacial:

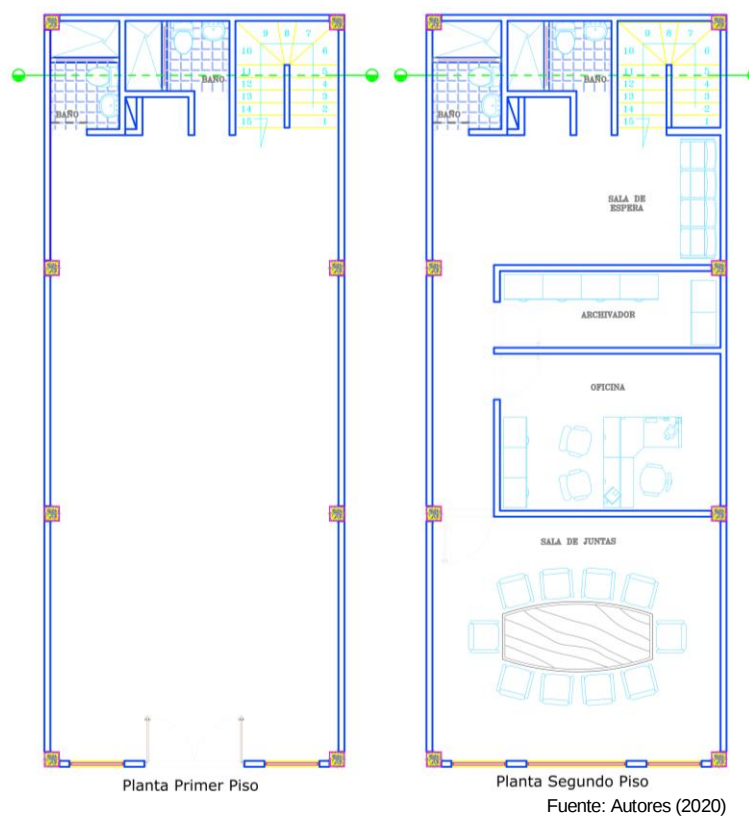
Planta primer piso conformada por un (1) salón libre y dos (2) baños.

Planta segundo piso conformada por una (1) sala de juntas, una (1) oficina, una (1) oficina de archivo, dos (2) baños y una (1) sala de espera.

Para la altura de la estructura se consideraron las condiciones del clima y el número máximo de personas que podrían albergar simultáneamente el salón comunal, la altura libre de cada nivel será de 2.65 metros, teniendo una altura total la edificación de 6.00 metros.

Finalmente, en la última etapa se presentó el diseño a la JAC para su aprobación, quienes tuvieron algunas observaciones. Luego de atender dichas observaciones, se logró presentar la versión final del diseño arquitectónico (ver Fig. 2 y ver).

Fig. 2 PLANO EN PLANTA DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL 1ER Y 2DO PISO DEL SALÓN COMUNAL



2.3. Diseño estructural

El diseño estructural de esta edificación nueva se realizó siguiendo el procedimiento de diseño de acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente 2010. En la Tabla II, se presenta la información general de la estructura y los valores de los parámetros definidos para los movimientos sísmicos que se emplearon para el cálculo del espectro elástico de aceleraciones de diseño estos se encuentran en función de la localización de la edificación, del perfil de suelo y el grupo de uso de la edificación.

Tabla II INFORMACIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA Y MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO

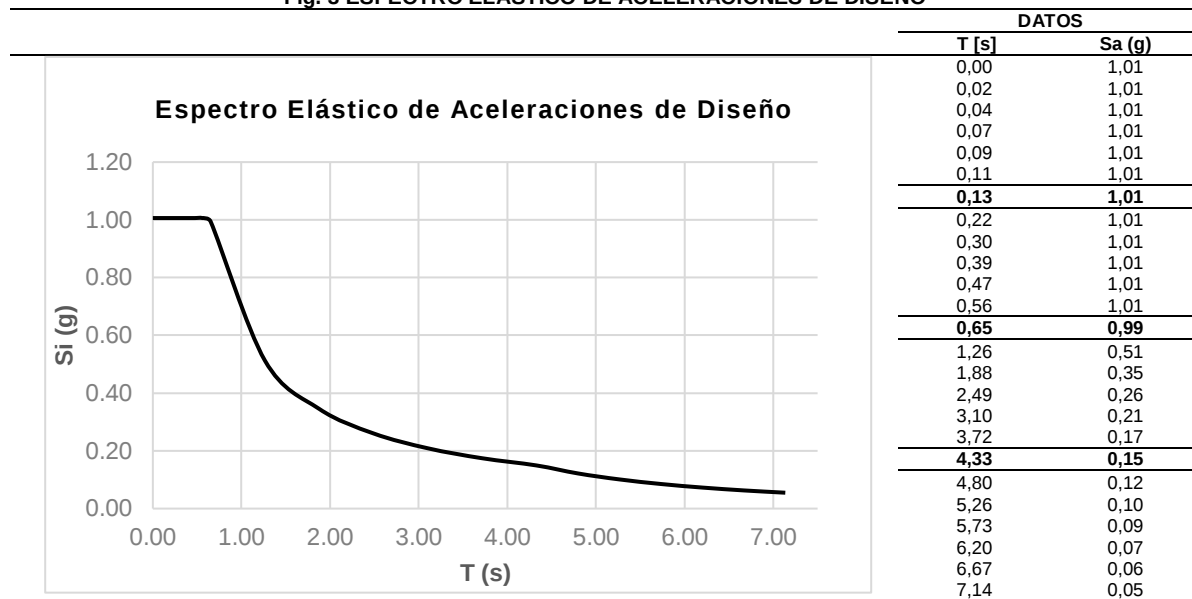
INFORMACIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA		
Datos	NSR-10	
Ubicación de la Estructura	Villavicencio	-
Departamento	Meta	-
Altura del Edificio	6,00 m	Título A
Número de Pisos	2,00	-
Tipo de Perfil del Suelo	D	Tabla A.2.4-3
Grupo de Uso Edificación	I	A.2.5.1
Sistema Estructural de Resistencia Sísmica	1	Tabla A.4.2-1
MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO		
Datos	NSR-10	
Zona de Amenaza Sísmica	Alta	Tabla A.2.3-2
Coefficiente de Aceleración (A_a)	0,35	Tabla A.2.3-2
Coefficiente de Velocidad (A_v)	0,30	Tabla A.2.3-2
Coefficiente de Amplificación de Sitio (F_a)	1,15	Tabla A.2.4-3
Coefficiente de Amplificación de Sitio (F_v)	1,80	Tabla A.2.4-4
Coefficiente de Importancia (I)	1,00	A.2.5.1

Fuente: Autores (2020)

El espectro elástico de aceleraciones de diseño permite determinar las posibles fuerzas sísmicas que puedan afectar la edificación, es por eso que se consideran estas fuerzas durante el diseño estructural para evitar posibles afectaciones graves que generen el colapso de la edificación.

Para definir y poder graficar este espectro, se calcularon y obtuvieron los siguientes valores para periodo de vibración inicial (T_0) de 0.13s, periodo de vibración corto (T_c) de 0.64s y periodo de vibración largo (T_L) de 4.32s. En la Fig. 3, se presenta el espectro elástico de aceleraciones de diseño.

Fig. 3 ESPECTRO ELÁSTICO DE ACELERACIONES DE DISEÑO



Fuente: Autores (2020)

El periodo de aceleración de la estructura es de 0.24 s y el valor del espectro de diseño de aceleración para la edificación es de 1.01 g.

El método de análisis sísmico definido para esta edificación es fuerza horizontal equivalente, ya que esta edificación cumple con las características que presenta la norma en el título A.3.4.2.1. También se realiza la verificación al periodo de vibración aproximado respecto al periodo máximo el cual al ser menor al máximo se adopta como 0.24 s.

En Tabla III, se presentan los datos de entrada para calcular el cortante sísmico en la base que representa los efectos inerciales horizontales que se generan por los movimientos sísmicos de diseño y la fuerza sísmica horizontal, donde, se emplearon las ecuaciones presentes en el título A.4.3 de la norma. El valor de la Fuerza Horizontal Equivalente para esta estructura es de 754,35 kN.

Tabla III FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

DATOS DE ENTRADA	
Coefficiente, C_t	0,047
Exponente, α	0,9
Altura total, h	6,00 m
Periodo natural, T	0,24 s
Coefficiente de Aceleración, A_a	0,35
Coefficiente de Amplificación de Sitio, F_a	1,15
Coefficiente de importancia, I	1,00
Peso total edificación	749,66 kN
Espectro de diseño de aceleración de diseño, S_a	1,01 g
Cortante sísmico basal, V_s	754,35 kN
K	1,00 kN
Coefficiente de disipación de energía, R	7,00

PISO	PESO [kN]	ALTURA [m]	$W \cdot h^k$	C_{vx}	F_x [kN]	V_t	E_x [Kn]
Cubierta	281,50	6,00	1688,98	0,55	411,86	411,86	58,84
Piso 2	468,17	3,00	1404,50	0,45	342,49	754,35	48,93
TOTAL	749,66		3093,48	1,00	754,35		107,76

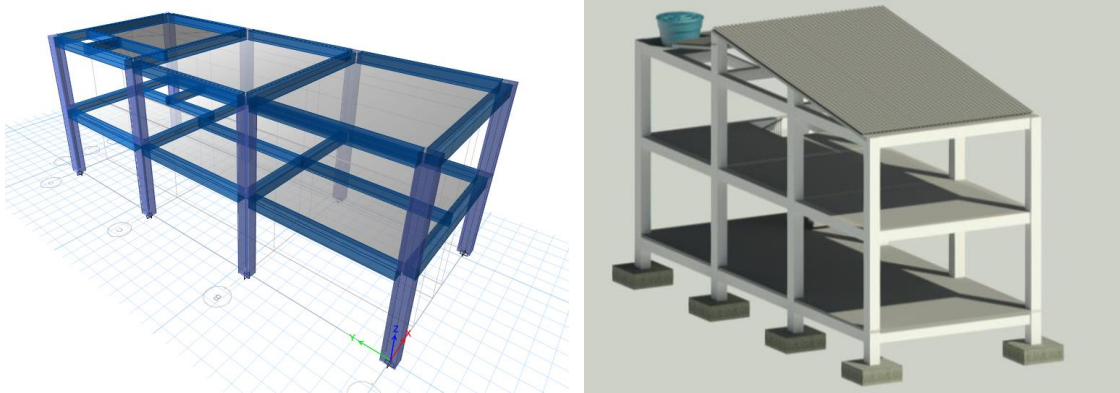
Fuente: Autores (2020)

Para el análisis estructural se empleó el software ETABS versión 16.2.1 para realizar el dimensionamiento, modelación y análisis estructural de la edificación. El tipo de elementos fueron frame para las columnas y vigas; y membrane para las losas de entrepiso aligerada y maciza simulando diafragma rígido.

Los valores máximos de las cargas axiales, cortantes, momentos y torsión para el diseño de los elementos estructurales se obtuvieron mediante la realización del modelo. Las combinaciones que se aplicaran en los componentes de la estructura para obtener resistencias de diseño que igualen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas, según el título B.2.4 de la NSR-10.

En la Fig. 4, se presenta el modelo de la edificación realizado en ETABS y un esquema de los elementos estructurales que conforman la edificación que se calcularon y diseñaron.

Fig. 4 MODELO EN ETABS Y ESQUEMA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA EDIFICACIÓN

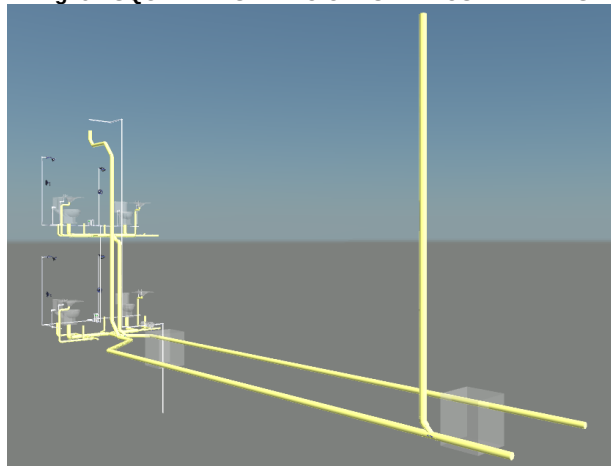


Fuente: Autores (2020)

2.4. Diseño hidrosanitario

En la Fig. 5, se presenta el esquema de los diseños hidráulico, sanitario y de aguas lluvias que conforman el diseño hidrosanitario la normativa aplicada para estas instalaciones fue la NTC 1500.

Fig. 5 ESQUEMA INSTALACIONES HIDROSANITARIAS



Fuente: Autores (2020)

2.4.1. Diseño instalación hidráulica

Para este proyecto se propone un sistema de abastecimiento de agua potable INDIRECTO con almacenamiento en tanque elevado. Por la localización de la edificación esta no cuenta con la cobertura de la red pública de acueducto del municipio para suministrar el servicio de agua potable, por lo tanto, el

suministro se realizará mediante una FUENTE PRIVADA de agua potable, el cual será un pozo excavado.

El caudal medio diario es de 1000 litros por día, por lo tanto, el volumen que el tanque elevado plástico deberá almacenar será de 1000 litros.

Se estableció que la cantidad mínima requerida de aparatos sanitarios es un baño para cada sexo el cual consta de un (1) inodoro y un (1) lavamanos según la norma. Aunque por solicitud de la Junta de Acción Comunal se decidió que los baños contarían también con una (1) ducha. Por lo tanto, el salón comunal contara con cuatro baños uno para cada sexo en cada piso. El baño tipo consta de un (1) inodoro, un (1) lavamanos y una (1) ducha.

Se empleó el método de Hunter Modificado para la estimación de los caudales circulantes en los tramos que conforman la red hidráulica, ya que es el método recomendado en la NTC 1500. El caudal máximo probable en la red hidráulica es 0,008 m³/s. Los diámetros de la tubería obtenidos para esta instalación fueron de 1/2", 3/4" y 1".

Se realizó el cálculo y verificación de la presión en el sistema. Se analizó teniendo en cuenta el valor de la presión mínima con la que el agua potable debe llegar hasta el aparato crítico, en este sistema el aparato crítico es el lavamanos del baño izquierdo del segundo piso.

Mediante el anterior cálculo, se determinó que la altura mínima a la cual debe estar ubicado el tanque elevado de almacenamiento de agua es de 4.64 m, esto para que el sistema de distribución funcione por gravedad. La presión en el tramo 5 – 4 es de 0 m.c.a, en el momento que el espejo de agua del tanque elevado se encuentre al mismo nivel de salida de agua del tanque.

La altura final a la cual se decidió dejar el tanque para el funcionamiento es de 6 m, apoyado en una placa maciza.

La potencia de la bomba se calculó con una eficiencia del 65 %, Se deberá instalar una bomba eléctrica de 0,25 HP (1/4 HP), tipo centrífuga de 3450 RPM, motor monofásico de 115V, altura de impulsión máxima de 15 m, Altura Máxima de Succión (A.M.S) de 3,696 m y Altura de Succión Positiva (N.P.S.H) de 4.84 m.

2.4.2. Diseño instalación sanitaria

El caudal máximo probable en los ramales presentes en cada uno de los pisos es 0.00091 m/s (0.91 lps) y el caudal total de descarga de la edificación es 0.00182 m/s (1.82 lps).

Los valores de los diámetros obtenidos fueron de 2" para todos los tramos, aunque se adoptaron únicamente en los tramos donde ese valor cumplía con el diámetro mínimo para el desagüe y en los demás se adoptó el diámetro mínimo según la NTC 1500. Se determinó que el diámetro para la bajante es de 4", Estas tuberías sanitarias deben funcionar a flujo libre o canales en condiciones uniformes. El funcionamiento a flujo lleno se debe evitar para que no se presenten fluctuaciones de presión que obstruyen los sellos hidráulicos [9]

2.4.3. Diseño instalación aguas lluvias

Se realizó el diseño en función del valor de la pendiente de cubierta, el número de bajantes y la precipitación según la localización del proyecto. Donde el diámetro de las bajantes fue de 2" y el diámetro de los colectores fue de 4" con una pendiente del 1% respecto al terreno. Estas aguas son conducidas a la vía.

2.5. Cantidades de obra

En el cálculo de las cantidades de obra del diseño arquitectónico, diseño estructural y el diseño hidrosanitario del salón comunal del asentamiento informal San Cipriano se utilizó como herramienta el software REVIT versión 2020 de la familia de AutoDesk con licencia estudiantil, y como herramienta secundaria para revisiones del proceso manejamos las tablas de cálculo en de la herramienta ofimática Excel.

2.6. Informe de presupuesto

Para este informe se tomó como referencia la resolución 057 del 2017 de la Agencia para la Infraestructura del Meta donde se establecen el Análisis de Precios Unitarios para las obras civiles realizadas en el departamento del Meta. En la Tabla IV se presenta el resumen general del presupuesto oficial de cada actividad general por costo unitario.

Tabla IV RESUMEN PRESUPUESTO OFICIAL		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES	\$ 27.706.410
2	CIMENTACIÓN	\$ 16.813.461
3	ESTRUCTURAS	\$ 35.966.711
4	MAMPOSTERÍA	\$ 18.096.000
5	INSTALACIONES HIDRAULICAS	\$ 2.465.000
6	INSTALACIONES SANITARIAS	\$ 2.571.342
7	CUBIERTA	\$ 5.468.375
8	ENCHAPES	\$ 13.678.541
9	CARPINTERIA METÁLICA	\$ 4.772.155
10	APARATOS SANITARIOS Y OTROS	\$ 5.990.076
SUB-TOTAL SALÓN COMUNAL		\$ 127.689.313
	ADMINISTRACIÓN 10%	\$ 12.768.931,30
	IMPREVISTOS 1%	\$ 1.276.893,13
	UTILIDAD 6%	\$ 7.661.358,78
TOTAL COSTO INDIRECTO		\$ 21.707.183,22
TOTAL COSTO		\$ 149.396.496,26

Fuente: Autores (2020)

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Evaluación de vulnerabilidad sísmica de la estructura existente

Al obtener un índice de vulnerabilidad sísmica ALTO para la estructura existente se da como recomendación realizar una demolición total de la misma. Así, se llegó a la decisión de realizar un diseño estructural nuevo donde no se tenga en cuenta la estructura existente, de modo se podrá aprovechar mejor el área construible del lote y la distribución de los espacios con los que contará el salón comunal.

3.2. Diseño arquitectónico

Para la realización de un diseño arquitectónico con un aprovechamiento óptimo del espacio se vuelve necesaria la participación de un profesional idóneo en arquitectura. Además, se debe mantener una comunicación constante durante el desarrollo del proyecto para socializar las posibles modificaciones o conflictos que se generen a nivel estructural o de instalaciones hidrosanitarias que afecten la arquitectura.

3.3. Diseño estructural

3.3.1. Verificación de las derivas

Se realizó el cálculo de la deriva máxima para cualquier piso siguiendo los parámetros establecidos en el título A.6.3 y la verificación de que esta no excediera los límites se realizó con el criterio presente en el título A.6.4 donde la deriva máxima como porcentaje de la altura de piso debe ser igual o menor al 1% de dicha altura. En la edificación las derivas máximas son de 0.62%. Por lo tanto, las derivas si cumplen.

3.3.2. Diseño de los elementos estructurales

- Vigas

Se diseñaron vigas tipo a flexión y cortante en sentido X y Y. Los valores máximos de las reacciones para el diseño se obtuvieron de la combinación 22 llamada envolvente y que está conformada por las 21 combinaciones de diseño estipuladas en la NSR-10. En la Tabla V, se presenta la relación de las características de las vigas

Tabla V RELACIÓN CARACTERÍSTICAS DE LAS VIGAS						
VIGA	DIMENSIÓN	REFUERZO		ZONA CONFINADA		ZONA NO CONFINADA
		SUPERIOR	INFERIOR	SEPARACIÓN ESTRIBOS	LONGITUD	SEPARACIÓN ESTRIBOS
SENTIDO X	30x35 cm	3#7 + 1#6	3#7	13 cm	70 cm	16 cm
SENTIDO Y	30x35 cm	4#4	4#4	8 cm	70 cm	16 cm

Fuente: Autores (2020)

• Columnas

En la Tabla VI, se presentan las características definidas para la columna en el diseño por carga axial, ante la verificación de la sección C.21.6.4.4 de la NSR-10 se determina emplear 3 ramales.

Tabla VI CARACTERÍSTICAS COLUMNA						
ELEMENTO	DIMENSIÓN	REFUERZO		ZONA CONFINADA		ZONA NO CONFINADA
		LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	SEPARACIÓN ESTRIBOS	LONGITUD	SEPARACIÓN ESTRIBOS
COLUMNA	30x40 cm	8#5	#3	6 cm	80 cm	40 cm

Fuente: Autores (2020)

3.3.3. Diseño de la cimentación

• Viga de amarre

En la Tabla VII, se presentan las características de la viga de amarre las cuales son similares a las características de las vigas elevadas.

Tabla VII CARACTERÍSTICAS VIGA DE AMARRE						
VIGA AMARRE	DIMENSIÓN	REFUERZO		ZONA CONFINADA		ZONA NO CONFINADA
		SUPERIOR	INFERIOR	SEPARACIÓN ESTRIBOS	LONGITUD	SEPARACIÓN ESTRIBOS
SENTIDO X	30x35 cm	4#5	4#4	13 cm	70 cm	16 cm
SENTIDO Y	30x35 cm	4#5	4#4	8 cm	70 cm	16 cm

Fuente: Autores (2020)

• Zapata

En la Tabla VIII, se presentan las características de la zapata. El acero de refuerzo a flexión para las zapatas se diseñó por el método de esfuerzos permisibles y cumpliendo con el valor de cuantía mínima que es de 0.0018 expuesto en la sección C.7.12.2.1 de la NSR-10. El área de acero de requerido fue de 10.74 cm y se cumple con 5#5 en ambos sentidos de la zapata con una separación de 25 cm de cara a cara de la barra.

Tabla VIII CARACTERÍSTICAS ZAPATA			
Datos		Valor	
Longitud de desarrollo, L_d , (NSR-10, C.12.5.2)		35 cm	
Altura zapata, H (I_u +recubrimiento)		50 cm	
Altura efectiva, d		42 cm	
Esfuerzo disponible, q_e		96,02 kN/m ²	

Fuente: Autores (2020)

3.3.4. Diseño elementos metálicos cubierta

Mediante el software libre ARQUIMET 2.0 desarrollado por ACESCO, se realizó el diseño de las correas metálicas, las cuales deberán soportar las cargas vivas de 0.35 kN/m² y muertas de 0.10 kN/m² correspondientes a la cubierta liviana que compone la edificación.

Como preferencias de tipos de correas ante estas cargas y apoyos se seleccionó un perfil tipo C, el cual está apoyado sobre dos vigas cinta de 0.20 m de ancho con una luz libre entre apoyos de 5.60 m y una

separación entre correas de eje a eje de 1.30 m. Con la anterior información definida el programa presento como solución un reporte de un PHR C con atiesador 220 x 80 x 20 (3.00 mm).

3.4. Diseño hidrosanitario

Al realizar el cálculo de las diferentes instalaciones se hace necesario contar con las especificaciones de los materiales que en realidad se van a emplear en la construcción y evitar emplear valores de diámetros, espesores, entre otros obtenidos de manera teórica, por tal motivo, se empleó el manual técnico de tubo sistemas en presión PVC y PCV SANITARIO de PAVCO.

3.5. Cantidades de obra

La implementación de un software como REVIT versión 2020 permite percibir los posibles conflictos que se pueden presentar entre los diseños que conforman el proyecto, ya que se puede sobreponer la información de estos y obtener una visualización real del proyecto sin aun estar en la etapa de ejecución donde se deben evitar errores por la repercusión económica que esto significa en el desarrollo de un proyecto. Al tener mayor precisión en los valores de las cantidades se logran reducir los costos por desperdicios de materiales.

3.6. Informe de presupuesto

De acuerdo a la Tabla IV, el valor estimado del costo total fue de \$149.396.496,26 incluyendo los costos directos por administración de 10%, imprevistos de 1% y utilidad de 6% y los costos indirectos.

4. CONCLUSIONES

- Se recomendó la demolición total de la estructura existente en el lote designado para el salón comunal, ya que presento un índice de vulnerabilidad alto, en el que se determinó que el aspecto estructural y de construcción son los que más castigan a la estructura.
- Los valores de los índices de vulnerabilidad que se obtuvieron en las evaluaciones de vulnerabilidad sísmica elaboradas según la metodología de la AIS, varían no solamente por aspectos técnicos del diseño y construcción de la edificación que no cumplen con la normativa, sino que indirectamente influyen aspectos culturales, sociales y económicos presentes en el entorno, ya sea en un asentamiento informal o barrio.
- La implementación de la metodología BIM en el diseño de las redes hidráulicas, sanitarias y aguas lluvias empleando las librerías de PAVCO Wavin para Revit permite detectar choques, conflictos y detalles exactos en el trazado de las redes mediante la verificación del espacio requerido y existente en la edificación. Además, se obtiene un listado de cantidades de tubería y accesorios de las redes confiable y preciso.
- El diseño estructural es un proceso iterativo de bastante cuidado en el cual al modelar la estructura en algún software especializado y realizar las verificaciones sino cumple se vuelve a iniciar todo el proceso de cálculo y para en el momento que las verificaciones mínimas requeridas por la NSR-10 cumplan.
- Realizar un diseño estructural para la configuración de lotes que tienen una dimensión mayor que la otra y que la superan por el doble o más genera inconvenientes en la verificación de las derivas máximas en el sentido más corto. Además, la correcta distribución uniforme de las cargas en toda la edificación disminuye estos inconvenientes con las derivas.
- El uso de la herramienta Revit 2020, permitió modelar los diseños arquitectónico, estructural e hidrosanitario con detalles de alta precisión identificando las cantidades exactas de materiales para la construcción de cada elemento del salón comunal, siendo una herramienta fundamental para el cálculo de cantidades de obra.

- La implementación del Software Naviswork Manage 2020 siendo una extensión de Revit 2020 permite unificar los modelos del salón comunal identificando fallas o posibles cruces entre los modelos, los cuales se identifican en el proceso constructivo generalmente, siendo una ventaja para la construcción del salón comunal por el ahorro en tiempo y dinero.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por darnos paciencia, sabiduría y perseverancia durante la elaboración de este proyecto

El más sincero agradecimiento a nuestros padres y familias quienes nos han apoyado con su amor incondicional y motivado en los momentos difíciles de nuestras vidas, especialmente durante el desarrollo de este proyecto, por creer y confiar en nosotros.

A nuestro director de proyecto de grado el ingeniero Bregy Hassler Choque Jiménez por su compromiso, comprensión y orientación durante el desarrollo del proyecto.

A los docentes e ingenieros Juan Pablo Zuluaga Huertas, Iván Darío Acosta Sabogal y Johny Arley Castro Candia quienes nos aportaron con su conocimiento y experiencia en la solución de inquietudes desde sus áreas de conocimiento.

A la arquitecta Eliana Ballesteros quien con su conocimiento y paciencia nos apoyó en la elaboración del diseño arquitectónico para el salón comunal.

A la ingeniera Patricia Pérez Pérez por su paciencia y por compartirnos su conocimiento desinteresadamente.

A la junta de acción comunal del asentamiento San Cipriano quienes siempre estuvieron dispuestos y atentos a responder las solicitudes realizadas.

A nuestros amigos quienes nos apoyaron y motivaron para continuar en los momentos que tuvimos dificultades.

REFERENCIAS

- [1] Alcaldía de Villavicencio - Meta, «Plan de Desarrollo - Villavicencio Cambia Contigo 2020 - 2023,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.villavicencio.gov.co/MiMunicipio/ProgramadeGobierno/Plan%20de%20Desarrollo%20Villavicencio%20Cambia%20Contigo%202020%20-%202023.pdf>. [Último acceso: 5 Mayo 2020].
- [2] Alcaldía de Villavicencio - Unidos Podemos, «Información del municipio,» 2017. [En línea]. Available: <http://villavicencio.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>. [Último acceso: 16 Junio 2018].
- [3] Corporación Opción Legal & CENAC, Legalización de asentamientos informales, Bogotá, Cundinamarca, 2018, p. 213.
- [4] DANE, «Boletín Censo General 2005,» 2005. [En línea]. Available: https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/50001T7T000.PDF. [Último acceso: 17 Junio 2018].
- [5] Alcaldía de Villavicencio, «Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Villavicencio,» 2015. [En línea]. Available: http://www.villavicencio.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/POT_2015_Componente%20General%20POT.pdf. [Último acceso: 17 08 2018].
- [6] Alcaldía de Villavicencio, «Síntesis diagnóstica Plan de Ordenamiento Territorial Villavicencio,» 23 Marzo 2012. [En línea]. Available: <https://vdocuments.mx/sintesis-diagnostica-pot-norte-villavicencio-marzo-25-2013.html>. [Último acceso: 17 08 2018].
- [7] Consejo Seccional de la Judicatura del Meta, «Acuerdo No. CSJMEA17-8727 Listado barrios actualizados en la ciudad de Villavicencio,» 13 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://www.ramajudicial.gov.co/documents/2320902/11805960/ACUERDO+CSJMEA17-827.pdf/1cc3f125-52b4-418e-a8f5-9fe09b55aa5c>. [Último acceso: 8 Febrero 2019].
- [8] Congreso de Colombia, «Ley 142, Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos,» 11 Julio 1994. [En línea]. Available: <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/21435-3670.pdf>. [Último acceso: 3 Abril 2019].
- [9] Departamento Nacional de Planeación Colombia, «Plan Nacional de Desarrollo Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad 2018 - 2022,» 25 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/Bases-del-Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx>. [Último acceso: 6 Mayo 2020].
- [10] Curaduría Urbana Primera Villavicencio, «Formatos y requisitos para proyectos civiles,» [En línea]. Available: <http://www.curaduria1villavicencio.com.co/formularios.php>. [Último acceso: 10 Abril 2019].
- [11] Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio E.S.P., «Formatos y manuales para los servicios de acueducto y alcantarillado,» [En línea]. Available: <http://www.eaav.gov.co/Transparencia/Paginas/Formatos-y-Manuales.aspx>. [Último acceso: 11 Abril 2019].
- [12] B. M. Das, Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, Séptima ed., CENGAGE Learning, 2012, p. 819.
- [13] J. I. Segura Franco, Estructuras de Concreto I, Séptima ed., Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2011, p. 594.
- [14] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10, Bogotá, Cundinamarca, 2010.
- [15] H. A. Rodríguez Díaz, Diseños hidráulicos, sanitarios y de gas en edificaciones, Bogotá, Cundinamarca : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005, p. 233.
- [16] R. Pérez Carmona, Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, Séptima ed., Bogotá, Cundinamarca : Ecoe Ediciones Ltda., 2015, p. 575.
- [17] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, NTC 1500, Bogotá D.C., Cundinamarca: ICONTEC, 2017, p. 251.
- [18] G. M. González Zapata, *Gestión de los asentamientos informales: un asunto de política pública*, Medellín, Antioquia, 2009.
- [19] R. Oviedo Sarmiento, Diseño sismoresistente de edificaciones de concreto armado, O. I. EIRL, Ed., Lima, 2016, p. 314.
- [20] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - LA RED, Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente en viviendas de mampostería, Bogotá, Cundinamarca: LA RED, 2001, p. 173.
- [21] D. P. Portocarrero Florez, Construcción casa comunal barrio Fundadores, Armenia: Universidad Santo Tomás, 2017, p. 197.
- [22] J. García Caicedo, J. Castellanos Palacio y V. A. Moreno, Proyecto de diseño estructural para la construcción de un centro comunitario de desarrollo de proyectos productivos en el sector de la comuna 4 de Soacha, Bogotá, Cundinamarca: Universidad Católica de Colombia, 2015, p. 108.

- [23] E. L. Carpeta Peña, Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica de siete viviendas mediante cuatro metodologías en la ciudad de Bogotá, Bogotá, Cundinamarca: Universidad Piloto de Colombia, 2014, p. 137.
- [24] L. E. Mendoza Duarte y C. A. Albarracin Bueno, Estudios de suelos, topográficos y diseños estructurales e hidrosanitarios con cantidades de obra para la construcción del salón Juan Frio, San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander, 2013, p. 114.
- [25] W. Muñoz Prieto, «Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de Ciudad Bolívar evaluadas por el método cualitativo,» *Revista Científica*, nº 9, pp. 241-260, 30 11 2006.
- [26] J. M. Salgado Díaz, G. A. Alvarado Castañeda y J. P. Vasquez Usquiano, Caracterización físico - mecánica de los suelos e identificación de la posible ocurrencia de eventos naturales en el asentamiento informal El Rubí, Villavicencio, Villavicencio, Meta , 2019, p. 56.
- [27] V. Jaramillo y L. Zamudio, Diseño estructural de un polideportivo polifuncional para los habitantes de villas del ocoa en la ciudad de Villavicencio, Villavicencio, Meta: Repositorio Universidad Santo Tomás, 2020.