

---

**Trabajo de grado en modalidad pasantía  
AUXILIAR DE DISEÑO ESTRUCTURAL**



**Universidad  
del Cauca**

**NAYZA SOFIA ORDOÑEZ VILLOTA  
COD:100411023761**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS  
POPAYÁN  
2017**

---

---

**Trabajo de grado en modalidad pasantía  
AUXILIAR DE DISEÑO ESTRUCTURAL**

**NAYZA SOFIA ORDOÑEZ VILLOTA  
COD:100411023761**

Informe final de práctica profesional para optar al título de:  
**Ingeniería Civil**

Director:  
**Ingeniero Carlos Ariel Hurtado Astaiza**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS  
POPAYÁN  
2017**

---

---

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del Director de Pasantía

---

Firma del Jurado

Popayán, \_\_\_\_ de Enero del 2017

---

---

## Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. JUSTIFICACIÓN.....	13
3. OBJETIVOS.....	14
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
4. INFORMACIÓN GENERAL .....	15
4.1. TITULO DE LA PASANTÍA.....	15
4.2. NOMBRE DEL PASANTE .....	15
4.3. ENTIDAD RECEPTORA.....	15
4.4. SEDE DE TRABAJO.....	15
4.5. TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD.....	15
4.6. TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA.....	15
4.7. DURACIÓN.....	15
4.8. RECURSOS UTILIZADOS .....	16
4.8.1. ENTIDAD RECEPTORA.....	16
4.8.2. PASANTE .....	16
4.9. METODOLOGÍA.....	16
4.10. PRESENTACIÓN DE PROYECTOS.....	16
5. EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA .....	18
5.1. COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES.....	18
5.1.1. Justificación:.....	18
5.1.2. Metodología: .....	18
5.1.3. Ejecución:.....	18
5.1.4. Resultados esperados:.....	19
5.1.5. Resultados .....	19
5.2. PROGRAMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO.....	21
5.2.1. Justificación:.....	21
5.2.2. Metodología: .....	22
5.2.3. Ejecución:.....	22
5.2.4. Resultados esperados:.....	23

---

---

5.2.5. Resultados .....	23
5.3. DISEÑO ESTRUCTURAL: BATERÍA SANITARIA. ....	27
5.3.1. Descripción: .....	27
5.3.2. Localización del proyecto: .....	27
5.3.3. Esquemas arquitectónicos: .....	27
5.3.4. Consideraciones iniciales: .....	28
5.3.5. Análisis y diseño estructural: .....	30
5.4. DISEÑO ESTRUCTURAL: DECORMUEBLES (SANTANDER DE QUILICHAO – CAUCA).....	39
5.4.1. Descripción: .....	39
5.4.2. Localización del proyecto: .....	39
5.4.3. Esquemas arquitectónicos: .....	40
5.4.4. Consideraciones iniciales: .....	41
5.4.5. Análisis y diseño estructural: .....	43
5.5. DISEÑO ESTRUCTURAL: ESTRUCTURAS PARQUE TARQUI. ....	46
5.5.1. Descripción: .....	46
5.5.2. Localización del proyecto: .....	47
5.5.3. Esquemas arquitectónicos: .....	47
5.5.4. Consideraciones iniciales: .....	51
5.4.5. Análisis y diseño estructural: .....	54
6. EXPERIENCIA ADQUIRIDA.....	66
7. ANÁLISIS DE LOGRO DE LOS OBJETIVOS.....	68
8. CONCLUSIONES .....	69
9. BIBLIOGRAFÍA.....	71
10. ANEXOS .....	73

---

---

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Definición de datos de entrada.....	21
<b>Tabla 2:</b> Parámetros sísmicos.....	29
<b>Tabla 3:</b> Resistencia de los materiales.....	29
<b>Tabla 4:</b> Cargas consideradas.....	30
<b>Tabla 5:</b> Cargas consideradas para la losa de los tanques de almacenamiento...	32
<b>Tabla 6:</b> Carga Ultima .....	32
<b>Tabla 7:</b> Resistencia de los muros .....	33
<b>Tabla 8:</b> Parámetros sísmicos .....	42
<b>Tabla 9:</b> Cargas consideradas.....	42
<b>Tabla 10:</b> Resistencia de los materiales.....	42
<b>Tabla 11:</b> Cargas de viento .....	43
<b>Tabla 12:</b> Verificación de la condición de cortante basal.....	44
<b>Tabla 13:</b> Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades en cada planta ..	44
<b>Tabla 14:</b> Desplome local máximo de los pilares ( $\delta / h$ ) .....	44
<b>Tabla 15:</b> Desplome total máximo de los pilares ( $\Delta / H$ ) .....	44
<b>Tabla 16:</b> Parámetros sísmicos, módulo de locales .....	53
<b>Tabla 17:</b> Parámetros sísmicos, modulo batería sanitaria.....	53
<b>Tabla 18:</b> Resistencia de los materiales.....	53
<b>Tabla 19:</b> Cargas consideradas modulo locales.....	54
<b>Tabla 20:</b> Cargas consideradas modulo batería sanitaria. ....	54
<b>Tabla 21:</b> Materiales utilizados.....	59
<b>Tabla 22:</b> Características mecánicas de los perfiles. ....	60
<b>Tabla 23:</b> Resumen de medición.....	60
<b>Tabla 24:</b> Factores para la estabilidad global.....	60
<b>Tabla 25:</b> Hipótesis Sismo X1 .....	62
<b>Tabla 26:</b> Cargas consideradas para la losa de los tanques de almacenamiento.	62
<b>Tabla 27:</b> Carga Ultima .....	62
<b>Tabla 28:</b> <i>Datos de entrada modulo de locales</i> .....	62
<b>Tabla 29:</b> <i>Calculos modulo de locales</i> .....	63

---

<b>Tabla 30:</b> Chequeo de momento módulo de locales .....	63
<b>Tabla 31:</b> Chequeo de cortante módulo de locales .....	64
<b>Tabla 32:</b> <i>Datos de entrada modulo bateria sanitaria</i> .....	64
<b>Tabla 33:</b> <i>Calculos de bateria sanitaria</i> .....	64
<b>Tabla 34:</b> Chequeo de momento de batería sanitaria .....	65
<b>Tabla 35:</b> Chequeo de cortante batería sanitaria .....	65

---

## LISTA DE IMÁGENES

<b>Figura 1.</b> Ejemplo de aplicación de la tabla de cálculo (Dimensiones del muro interior).....	20
<b>Figura 2.</b> Ejemplo de aplicación de la tabla de cálculo (Datos necesarios para el cálculo). .....	20
<b>Figura 3.</b> Ejemplo de aplicación de la tabla de cálculo (Cálculos).....	21
<b>Figura 4.</b> Ejemplo de aplicación de la tabla de cálculo (Chequeo de momento y cortante).....	21
<b>Figura 5.</b> Proceso de instalación del programa. ....	25
<b>Figura 6.</b> Ejemplo de aplicación del programa (Interfaz).....	25
<b>Figura 7.</b> Ejemplo de aplicación del programa (Selección Grupo de Ocupación). ..	26
<b>Figura 8.</b> Ejemplo de aplicación del programa (Informe en formato Pdf). ....	26
<b>Figura 9.</b> Localización del proyecto.....	27
<b>Figura 10.</b> Planta del proyecto. ....	28
<b>Figura 11.</b> Fachada principal de la batería sanitaria con visualización de la posición de los tanques de almacenamiento de agua. ....	28
<b>Figura 12.</b> Modelo en 3D del diseño estructural.....	33
<b>Figura 13.</b> Modelo en 3D del diseño estructural.....	39
<b>Figura 14.</b> Localización del proyecto.....	40
<b>Figura 15.</b> Planta de cubierta. ....	40
<b>Figura 16.</b> Plantas de primer y segundo piso.....	41
<b>Figura 17.</b> Cortes arquitectónicos. ....	41
<b>Figura 18.</b> Espectro de diseño. ....	43
<b>Figura 19.</b> Ejemplo del despiece.....	45
<b>Figura 20.</b> Ejemplo de cimentación.....	46
<b>Figura 21.</b> Localización del proyecto.....	47
<b>Figura 22.</b> Planta de cubierta módulo de locales. ....	48
<b>Figura 23.</b> Planta módulo de locales.....	48
<b>Figura 24.</b> Cortes de fachada lateral del módulo de locales. ....	49
<b>Figura 25.</b> Fachada principal de módulo de locales.....	49
<b>Figura 26.</b> Corte lateral de módulo de locales.....	49



---

<b>Figura 27.</b> Planta de cubierta módulo de batería sanitaria.....	50
<b>Figura 28.</b> Planta módulo batería sanitaria. ....	50
<b>Figura 29.</b> Fachada principal de módulo de locales.....	51
<b>Figura 30.</b> Corte lateral de módulo de locales.....	51
<b>Figura 31.</b> Imagen en 3D de la estructura de cubierta del módulo de locales.....	52
<b>Figura 32.</b> Espectro elástico de aceleraciones para el módulo de locales. ....	61
<b>Figura 33.</b> Representación de los periodos modales en el módulo de locales.....	61

---

## LISTA DE ANEXOS.

- **ANEXO 1:** Formato que entrego el programa en el ejemplo de aplicación..... 73
- **ANEXO 2:** Carta de aceptación por parte de la entidad receptora.....74
- **ANEXO 3:** Resolución de aprobación de pasantía..... 75
- **ANEXO 4:** Certificado de cumplimiento de intensidad horaria por parte de la entidad receptora.....76

---

## AGRADECIMIENTOS

Primero están mis padres quienes se esfuerzan cada día por darnos lo mejor, por luchar para que tuviéramos la oportunidad de salir adelante. Mi madre Fanny por ser el motor de cada día, por ser mi principal compañía y apoyo, por sus consejos y por siempre darme esa gota de fuerza que me hacía falta.

A mi padre Jaime, por cada año de duro trabajo para que tuviéramos mejores oportunidades en la vida y por qué pese a la infinidad de situaciones siempre podemos contar con su apoyo.

A Cristian y a mis hermanas por ser mis compañeros de estudio de trasnocho, porque son las personas con las que he compartido este proceso y quienes me han acompañado en cada paso; a mi familia en general que han estado pendientes de mi evolución durante la carrera.

A la Universidad del Cauca por permitir que mi formación profesional se haya dado a manos de excelentes profesores, que me han enseñado, orientado, aconsejado, porque a partir de sus experiencias y de todo en lo que nos pudieron educar, hoy me siento como una persona que está lista para enfrentarse al mundo profesional de la mejor y más respetuosa manera.

A el Ingeniero Carlos Ariel Hurtado, quien además de ser mi director de trabajo de grado, se ha tomado el tiempo para estar pendiente de mi avance, para orientarme en esas situaciones cuando me vi confundida porque me ha ayudado a crecer de manera profesional y me brindó la oportunidad de demostrarme que todo lo que he aprendido ya forma parte de mí.

## 1. INTRODUCCIÓN

Según acuerdo N°051 de 2001 del Consejo Superior Universitario y la resolución N°281 del 10 de junio de 2005 del Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca, que reglamenta el trabajo de grado en la facultad y establece la modalidad de pasantía o práctica empresarial, se desarrolló el presente documento con el fin de describir de manera coherente el proceso que se desempeñó durante la pasantía como auxiliar de diseño estructural en la empresa HYC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S.

La aplicación de esta pasantía más que el hecho de ser un requisito de grado, representa la posibilidad de adquirir experiencia en el campo laboral, dado que, aunque se participó de las diferentes cátedras, visitas y experiencias que se llevaron a cabo durante el periodo académico, se hizo beneficioso el conocimiento que aportaron los proyectos en los que se participó. La pasantía brindó la posibilidad de tomar decisiones sobre los temas que afectan un proyecto, siempre contando con la guía apropiada, además de que se aplicaron los conocimientos adquiridos, se aclararon dudas que surgieron con cada proyecto, lo cual fue conveniente, porque se entendió el cómo funcionan las cosas, esos pequeños detalles que hicieron que un proyecto estuviese completo, bien interpretado y que en definitiva tuviese un buen desempeño.

El desarrollo de distintos proyectos estructurales dentro de la empresa, evidenció que para lograr un desarrollo óptimo de estos se debe trabajar de la mano con distintas ramas de la ingeniería. Un proyecto no está completo sin el estudio de suelos, sin estudios hidrosanitarios, de riesgo o vulnerabilidad; las edificaciones no son solo la modelación, es poder identificar distintas variables que van desde el conocimiento de su localización hasta la ubicación de las distintas zonas que se han proyectado dentro de estas, analizando cuanta población puede albergar y cuál es su más importante función, puesto que los análisis posteriores determinarán variables que como la *protección contra el fuego*<sup>1</sup>, ayudaran a establecer si espesores (muros, columnas, losas, vigas etc.) y materiales son aptos, para un buen desarrollo del plan.

Lo anterior solo fue posible desarrollarlo, tomándose el tiempo para estudiar los textos que ayudaron a dar el sustento de los análisis que una edificación requiere y conociendo los procesos para no solo entender el proyecto si no apropiarse de él y así con el manejo de distintas herramientas que se hicieron fundamentales, no solo se juzgar el porqué de los resultados, si no que se comprenda que los distintos programas de computador como Cype, Etabs, entre otros; los cuales son básicos para un rápido análisis, pero no tan importantes como el conocimiento que se nos impartió durante estos 5 sustanciosos años.

---

<sup>1</sup> TITULO J de la NSR-10 – (Requisitos de protección contra incendios en edificaciones)

---

## 2. JUSTIFICACIÓN

Con el fin de poder culminar los requisitos para acceder al título como ingeniero civil y además tener una noción más clara de cómo es el mundo laboral, se llevó a cabo esta pasantía, donde principalmente se va a ver aplicados conocimientos sobre el diseño estructural y el entendimiento de los parámetros que se desarrollan en la NSR-10, que es la principal guía de diseño.

Esta pasantía es el medio en el cual se pone en desarrollo conocimientos y actitudes del pasante como profesional de ingeniería civil, que se está preparando para servir a una sociedad, otorgándole mediante el diseño de estructuras, lugares seguros para habitar, recorrer, visitar, disfrutar, entre muchas otras actividades, por tanto la pasantía en HVC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S aporta en gran medida, para que se apliquen y afiancen los conocimientos adquiridos durante 5 años de estudio y dedicación. El enfrentarse a escenarios reales muestra, como seguir preparándose para enfrentar un medio que está en constante renovación.

Los proyectos en los que se participó contaron con el empleo de programas de diseño que ofrecen una variedad de herramientas que ayudan a que la aplicación de diferentes ítems de la concepción de la estructura, sean más entendibles y guían al pasante a verse involucrado en la toma de decisiones e implementación de ideas que ayudan a mejorar el diseño, otorgando la oportunidad de crecer como un ser responsable ética y socialmente e incentivando a que se siga estudiando e investigando acerca de las diferentes situaciones que se presentan, ideando posibles soluciones que favorecerán el criterio del futuro egresado.

---

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar y participar en las actividades de un auxiliar de diseño estructural de manera consiente en los proyectos a desarrollar, de modo que lo que termine como resultado sea una edificación bien planteada y analizada de la manera más coherente y responsable.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los proyectos de manera completa, de tal forma que su diseño no se vea interrumpido por desconocimiento o inexistencia de información.
- Aplicar y conocer el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) para su posterior aplicación y buena interpretación en los diferentes proyectos a desarrollar.
- Advertir de posibles inconvenientes que se estén presentando en los proyectos, para poder desarrollar una solución efectiva y económica para el modelo.
- Interpretar de manera coherente los planos, detalles, estudios de suelos, e información que se entrega acerca de la estructura de diseño, para llegar a un modelo entendible y bien desarrollado.
- Verificar que lo planteado, está bien desarrollado, solicitando asesoría a los diferentes tutores con los que se cuenta en el desarrollo de esta pasantía.
- Participar de manera activa con el desarrollo de tablas de cálculo y programas que sean de ayuda en el diseño estructural.

---

## 4. INFORMACIÓN GENERAL

### 4.1. TÍTULO DE LA PASANTÍA

Pasante como auxiliar de diseño estructural

### 4.2. NOMBRE DEL PASANTE

Nayza Sofia Ordoñez Villota

### 4.3. ENTIDAD RECEPTORA

H y C INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S, empresa dedicada al desarrollo de obras civiles incluyendo asesoría, diseño, estudios, supervisión técnica, interventoría y construcción.

**MISIÓN:** Prestar servicio de asesoría, consultoría, diseño construcción y supervisión técnica de obras civiles a empresas, contratistas, ingenieros, arquitectos y personas naturales.

**VISIÓN:** Consolidarse como una empresa líder en prestación de servicios profesionales del ámbito de la ingeniería civil y expandir la cobertura a nivel nacional para el año 2020.

Dentro de su portafolio de servicios esta la asesoría, consultoría, diseño, construcción y supervisión técnica de estructuras.

### 4.4. SEDE DE TRABAJO

El desarrollo de la pasantía se lleva a cabo en la oficina de la empresa ubicada en la *carrera 7ª # 7N-66, Barrio El Recuerdo*.

### 4.5. TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD

- Ingeniero Msc. Carlos Ariel Hurtado Astaiza.

### 4.6. TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA

- Ingeniería Msc. Yessica Menza Calambas.

### 4.7. DURACIÓN

La pasantía da inicio el día 20 de junio y termina el día 30 de septiembre del año 2016, contando con una duración de 576 horas que son las requeridas por el programa de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca.

---

## **4.8. RECURSOS UTILIZADOS**

### **4.8.1. ENTIDAD RECEPTORA**

El trabajo se lleva a cabo en la oficina, donde se requirió de computador, con los diferentes programas de diseño y dibujo con sus licencias, la NSR- 10, papelería y los cubículos de trabajo, todo esto fue proporcionado por la empresa.

### **4.8.2. PASANTE**

Por parte del pasante solo fue necesario la disposición y una libreta de su propiedad, para la entrega de informes e investigación de bibliografía por su cuenta.

## **4.9. METODOLOGÍA**

La jornada de trabajo empezó durante parte de junio y agosto y todo julio, en horario de oficina.

Cuando se reinició el periodo académico los horarios pasan a ser de horario completo lunes, miércoles y viernes y horario de 9am a 12pm los días martes y jueves.

Los proyectos en los que se tuvo participación, comenzaban por un análisis de la información que se entregaba, como estudios de suelos y diseños arquitectónicos. Dependiendo de la complejidad de los diseños, era el tiempo que se empleaba para poder diseñarlos con ayuda de Cype y con los programas del PhD Juan Manuel Mosquera, aplicando las especificaciones de la NSR-10.

En el proceso de diseño se encontraba edificaciones donde se debía analizar los muros no estructurales, que, aunque no sean de la importancia de los elementos estructurales se deben tener en cuenta porque son parte fundamental de la concepción del modelo; para estos se empleaban hojas de cálculo de Excel y también para el chequeo de otros elementos, conociendo como era el funcionamiento interno de estas.

El diseño de cubiertas fue llevado a cabo en el programa Arquimet 2.0 desarrollado por Acesco y la Universidad del Norte (Unsoft), que ayuda en el diseño de perfiles metálicos de lámina delgada, para la estructura que va a soportar la cubierta.

## **4.10. PRESENTACIÓN DE PROYECTOS**

Los proyectos que se efectuaron eran dispuestos en AutoCAD para su análisis, haciendo despiece de los elementos necesarios, cumpliendo con cortes y detalles de elementos tanto estructurales, como no estructurales.



---

Los planos que se desarrollan cuentan con planta de cimentación y los elementos que la conforman, las plantas de entresijos con respectivo despiece de vigas, columnas y losas, planta de cubierta, con detalles de perfiles etc., cada planta contiene los ejes y cotas que ayudan a la ubicación de los elementos que conforman la edificación; también había planos con los detalles no estructurales y con las especificaciones de obra que fueran necesarias.

Además de los planos que se entrega tanto copia a curaduría como al dueño del proyecto, se entrega la memoria de cálculo, con todos los análisis, parámetros y cálculos que se desarrollaron y tuvieron en cuenta durante el proceso de diseño y memoriales de responsabilidad y formatos que sean necesarios para cada curaduría a la que se le presente el diseño.

Antes de la entrega de planos y memorias de cálculo se hacen reuniones con el dueño del proyecto para entregar avances y se hagan las observaciones que se consideren pertinentes.

---

## 5. EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA

### 5.1. COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

#### 5.1.1. Justificación:

Debido a la necesidad de analizar los elementos no estructurales en los diferentes proyectos que se estaban llevando a cabo, por observaciones que se hacían de estos en las curadurías, a petición del ingeniero se inicia con el estudio del título A.9 de la N.S.R-10, que trata de la verificación de los elementos no estructurales.

#### 5.1.2. Metodología:

##### a) Plan de recolección de información.

- Reunión con el director de pasantía Ing. Carlos Ariel Hurtado, donde se discutió, identifico y definió el tema del proyecto a desarrollar. Teniendo en cuenta las prioridades que se evidencian en los proyectos estructurales.
- Revisión del tema: Titulo A.9 (NSR-10) – Elementos no estructurales y una tabla en Excel previamente desarrollada, para un análisis superficial de los elementos no estructurales. (Documentos soporte para el desarrollo de la tabla).
- Orientación sobre el Titulo A.9 (NSR-10).
- Formulación y organización de las actividades a realizar para cumplir con la formación de la tabla en Excel
- Búsqueda de los distintos comandos que ayudan a la programación de la tabla en el programa de Excel y de información acerca de todas las variables que interfieren en el desarrollo.
- Fuente de datos: Primaria (Programa realizado a partir de la información existente en el REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE).
- Socialización del proyecto elaborado, dirigido al personal que labora en HyC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S.

#### 5.1.3. Ejecución:

##### a) Técnica de recolección de datos:

Se realizó:

- Identificación de las distintas fórmulas que se ven involucradas en el análisis

- Determinación de los significados de las variables dispuestas en cada ecuación, para su posterior aplicación.
- Se programa para que haga el chequeo de momento ultimo y cortante ultimo comparado con el cortante y momento resistente del muro.
- Se organizó la tabla de cálculos basándose en lo que se tenía antes y lo analizado del título A.9.
- Se verificó el cortante teniendo en consideración la formula D.10.7-18 de la NSR-10, que compara la fuerza aplicada en dirección paralela y en dirección perpendicular al muro.
- La comprobación de momento y cortante tienen en cuenta las dimensiones del muro, los parámetros sísmicos, propiedades de los materiales y separación entre columnetas.
- Esta tabla de cálculo solo es aplicable, cuando la unidad de mampostería es ladrillo macizo, para otros casos las variables tienen en cuenta otros parámetros de calculo

#### 5.1.4. Resultados esperados:

Tras el desarrollo de esta tabla de cálculo se espera:

- Implementación del 100% en la ejecución de la tabla en los proyectos que se desarrollen en HyC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S.
- Alcanzar el 100% de acoplamiento en el manejo y utilización de la tabla de cálculo.
- Si es necesario la hoja de cálculo está dispuesta para actualizaciones, según requerimientos de norma o según se considere.

#### 5.1.5. Resultados

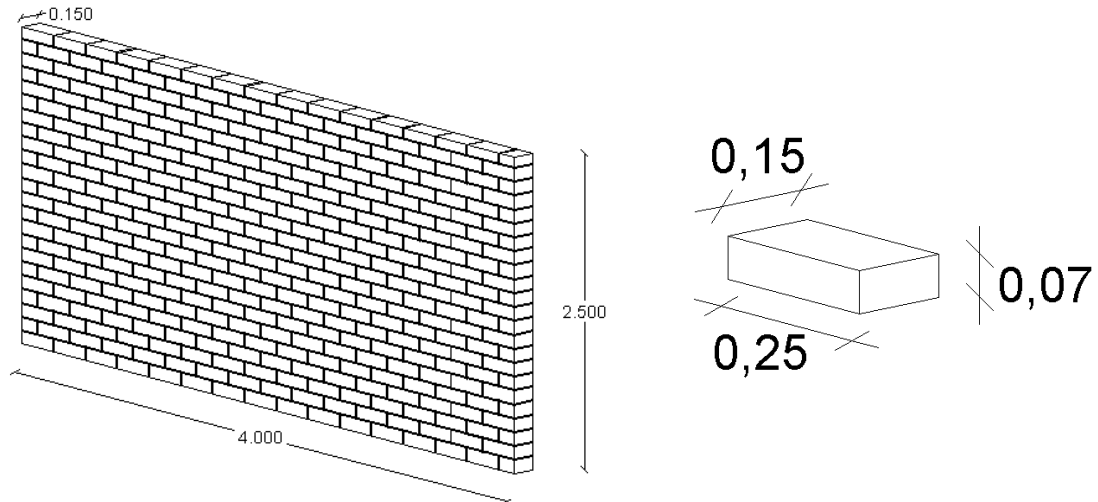
La tabla de cálculo desarrollada en Excel cuenta con comentarios en las variables que requieran de cambios según las indicaciones del proyecto, también cuenta con una hoja de cálculo del espectro de diseño, que se ancla a la hoja del chequeo de columnetas para que el análisis sea más completo y no se tenga que calcular manualmente el valor de la pseudoaceleración ( $S_a$ ). Las variables de mayor importancia son la altura, longitud y espesor de muro.

En esta tabla, se determina la resistencia de la mampostería a la compresión, con ayuda de las ecuaciones descritas en los numerales D.3.7-1 y D.3.7-3 de la NSR-10.

Ingresadas las variables solicitadas y determinando el acero que se requiere para el cumplimiento del momento resistente, la información dispuesta en las tablas puede ser copiada como constancia del proceso y de las variables que se tuvieron en cuenta, para el desarrollo del proyecto.

Para mostrar cómo funciona la tabla de Excel, se presenta a continuación un ejemplo de aplicación considerando un muro interno con las dimensiones que se

muestran en la figura 1 y para el resto de cálculos se adopta valores para poder desarrollar las ecuaciones descritas en la NSR-10, D.3.7-1 y D.3.7-3.



**Figura 1.** Ejemplo de aplicación de la tabla de cálculo (Dimensiones del muro interior).  
 Fuente: Archivo de AutoCAD de ejemplo de aplicación. "ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES"

DATOS DE ENTRADA	
Altura muro, (m)	2.500
Altura del piso mas alto, (m)	2.500
Longitud, (m)	4.000
Espesor, (m)	0.150
Ancho columneta b, (m)	0.250
Factor de reduccion vacios	1.000
Rp (A.9.4.9)	1.500
Coefficiente Ap (Tabla A.9.5-1)	2.500
Coefficiente Aa (NSR-10, A.2.2)	0.300
Coefficiente Fa (Figura A.2.4-1)	1.200
Importancia (Tabla A.2.5-1)	1.000
Valor de Sa ( analisis modal)	0.900
Densidad de mamposteria (KN/m3)	18.000
Resistencia a compresion de mamposteria sobre area neta (f'cu, Mpa)	15.000
Altura de la unidad de mamposteria (h, mm)	70.000
Factor correccion de absorcion unidad (kp)	0.800
Resistencia a la compresion del mortero de pega (f'cp, Mpa)	12.500
Parametro para determinar f'm (Rm, MPa)	9.123
Resistencia a la compresion de la mamposteria (f'm, Mpa)	7.500
Carga axial mayorada (Pu, KN)	32.400
Area efectiva de la seccion (Ae, mm2)	600000.000
Area efectiva para determinar esfuerzos cortantes (Amv, mm)	600000.000
Longitud minima entre columnetas (m)	1.800
Fy (MPa)	420

**Figura 2.** Ejemplo de aplicación de la tabla de cálculo (Datos necesarios para el cálculo).  
 Fuente: Documento de Excel. "ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES"

<b>Tabla 1: Definición de datos de entrada.</b>	
Datos ingresados	
Datos según comentarios o hoja del "Espectro de diseño"	
Valores calculados	

Fuente: Documento de Excel "ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES"

CALCULOS	
As (Sa en la meseta) (A.2.6-3)	0.900
Altura equivalente del sistema, heq (A,3,6-3)	1.875
Aceleración en el punto de soporte del elemento, ax	1.200
Masa del elemento no estructural, KN	27.000
Fuerza sismica de diseño (Fp) (A.9.4-1) , KN	54.000
Momento ultimo, Mu (KN-m)	135.000
Cortante ultimo, Vu (KN)	54.000

**Figura 3.** Ejemplo de aplicación de la tabla de cálculo (Cálculos).  
 Fuente: Documento de Excel. "ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES"

	Cantidad	Varillas #	As (mm <sup>2</sup> )	T (KN)
<b>CHEQUEO DE MOMENTO</b>	4	3	299.237	75.408
	Momento ultimo, Mu (KN-m)		135.00	<b>CHEQUEA</b>
	Momento resistente (KN-m)		135.73	
<b>CHEQUEO DE CORTANTE</b>	Cortante ultimo (Vu, KN)		54.000	<b>CHEQUEA</b>
	Resistencia del muro a cortante ( $\phi V_n$ , KN)		164.317	

**Figura 4.** Ejemplo de aplicación de la tabla de cálculo (Chequeo de momento y cortante).  
 Fuente: Documento de Excel. "ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES"

## 5.2. PROGRAMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO

### 5.2.1. Justificación:

La expedición de ley de vivienda N° 1796 del 13 de julio de 2016<sup>2</sup>, exige para las nuevas edificaciones la aplicación del Título J de la NSR-10 donde se especifican los "Requisitos de protección contra incendios en edificaciones". Al generarse la necesidad de conocimiento sobre este, se pasa a un análisis de lo consignado en

<sup>2</sup> Ley N°1796 del 13 de julio de 2016: Por la cual se establecen medidas enfocadas a la protección del comprador de vivienda, el incremento de la seguridad de las edificaciones y el fortalecimiento de la función pública que ejercen los curadores urbanos, se asignan unas funciones a la superintendencia de notariado y registro y se dictan otras disposiciones.

el Título J, para hacer las determinaciones pertinentes de las condiciones a tener en cuenta para cada estructura

### 5.2.2. Metodología:

#### b) Plan de recolección de información.

- Reunión con el director de pasantía Ing. Carlos Ariel Hurtado, donde se discutió, identifico y definió el tema del proyecto a desarrollar. Teniendo en cuenta las prioridades que se evidencian en los proyectos estructurales.
- Revisión del tema: Título J (NSR-10) – Requisito de protección contra incendios en edificaciones y Título K (NSR-10), capítulo K.2 - Clasificación de las edificaciones por grupos de ocupación. (Documentos soporte para el desarrollo del programa).
- Orientación sobre Título J (NSR-10).
- Formulación y organización de las actividades a realizar para cumplir con el diseño del programa.
- Búsqueda en la página de Matlab y ayudas visuales para el proceso de combinación de variables dentro de la programación.
- Fuente de datos: Primaria (Programa realizado a partir de la información existente en el REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE).
- Socialización del proyecto elaborado, dirigido al personal que labora en HyC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S.

### 5.2.3. Ejecución:

#### b) Técnica de recolección de datos:

Se realizó:

- Identificación de grupos y subgrupos de ocupación
- Determinación de las condiciones y categoría de riesgo referente a cada subgrupo de ocupación.
- Elaboración de informe teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado.
- Diseño y elaboración del programa.
- Se programó posterior a la identificación de las condiciones y variables para cada subgrupo de ocupación.
- Se diseñó la plantilla de generación del informe según guía del ingeniero director de pasantía que describe:
  - Título de el informe “Requisitos de resistencia contra el fuego”
  - Ítem donde se diligencia el nombre del proyecto en desarrollo.

- Ítems de la especificación de grupo y subgrupo de ocupación además de la categoría de riesgo.
- Descripción y determinación de las condiciones dependiendo de la información suministrada al programa.
- Este formato es evidencia de la validez del programa de requisitos de resistencia contra el fuego. (Ver anexo 1)

#### 5.2.4. Resultados esperados:

Tras el desarrollo de este proyecto se espera:

- Implementación del 100% en la ejecución del programa en los proyectos que se desarrollen en HyC INGENIERÍA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S.
- Lograr que se pueda emplear de manera fácil, que sea entendible para otros y que su servicio sea beneficioso.
- Si se requiere o se identifica la necesidad, el programa elaborado en la interfaz de Matlab puede modificarse según exigencias de norma o según se considere

#### 5.2.5. Resultados

El programa desarrollado en Matlab cuenta con una interfaz en la cual se especifican las distintas condiciones que identifican la estructura que se ha de analizar; para este estudio se debe tener en cuenta principalmente condiciones como altura, número de pisos y área, ya que resultan siendo los ítems más importantes para generación del informe de “Resistencia contra el fuego”.

En esta interfaz principal, también se especifican otras condiciones que dependen del tipo de ocupación de la estructura y ya deberán estar determinados cuando el proyecto entre para generarse orden de trabajo. Una vez definidas las condiciones, se pasa a seleccionar el grupo de ocupación y si es el caso el subgrupo, para que así dar paso a la generación del informe.

Los proyectos antes de que se les genere orden de trabajo deben garantizar que el diseño arquitectónico haya tenido en cuenta los numerales J.2.3, J.2.4, J.2.5.1.7, J.2.5.1.8, J.2.5.1.9, J.2.5.2 de la NSR-10.

A continuación, se muestra un ejemplo de aplicación que además también abarca el proceso de instalación del programa “Resistencia contra el fuego”, elaborado en la interfaz de Matlab. El ejemplo de aplicación se utiliza para una estructura que se describe así:

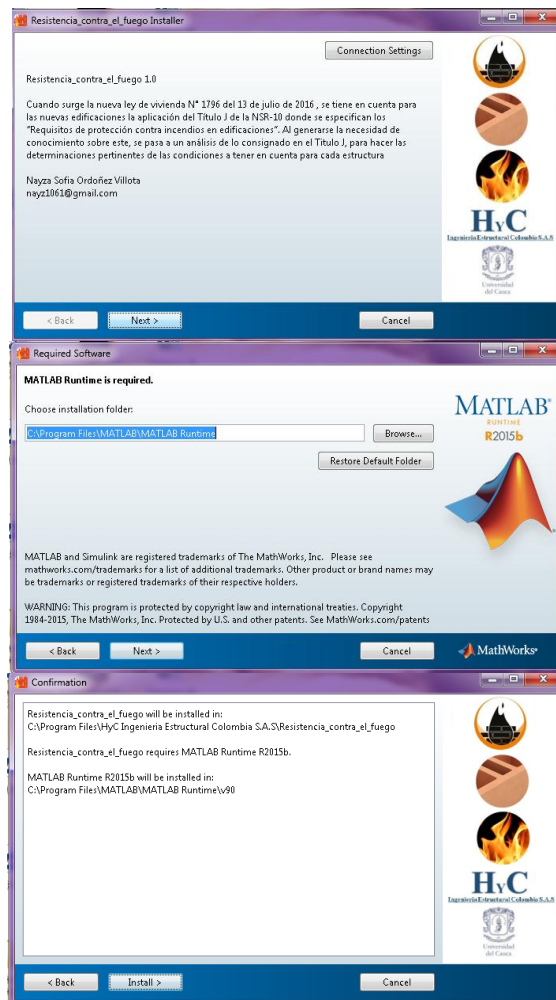
- $Area = 285.43m^2$
- $Altura\ total = 7.5m$
- $Numero\ de\ pisos = 2$
- $Grupo\ de\ ocupacion = Almacenamiento$



- *Subgrupo de ocupacion* = Los elementos que se van a mantener en la edificación con muebles de madera por tanto el subgrupo es A-1
- La edificación no tiene sótanos, ni salas de máquinas, no es de tipo hotel, no se permite arquitectónicamente dividir el área en zonas más pequeñas, no tiene una zona destinada solo para estacionamiento, no hay almacenaje de elementos o sustancias explosivas o inflamables,

no hay mezanine, no hay zonas de espectáculos o entrenamiento y tampoco contempla una cantidad de personas superior a 300.

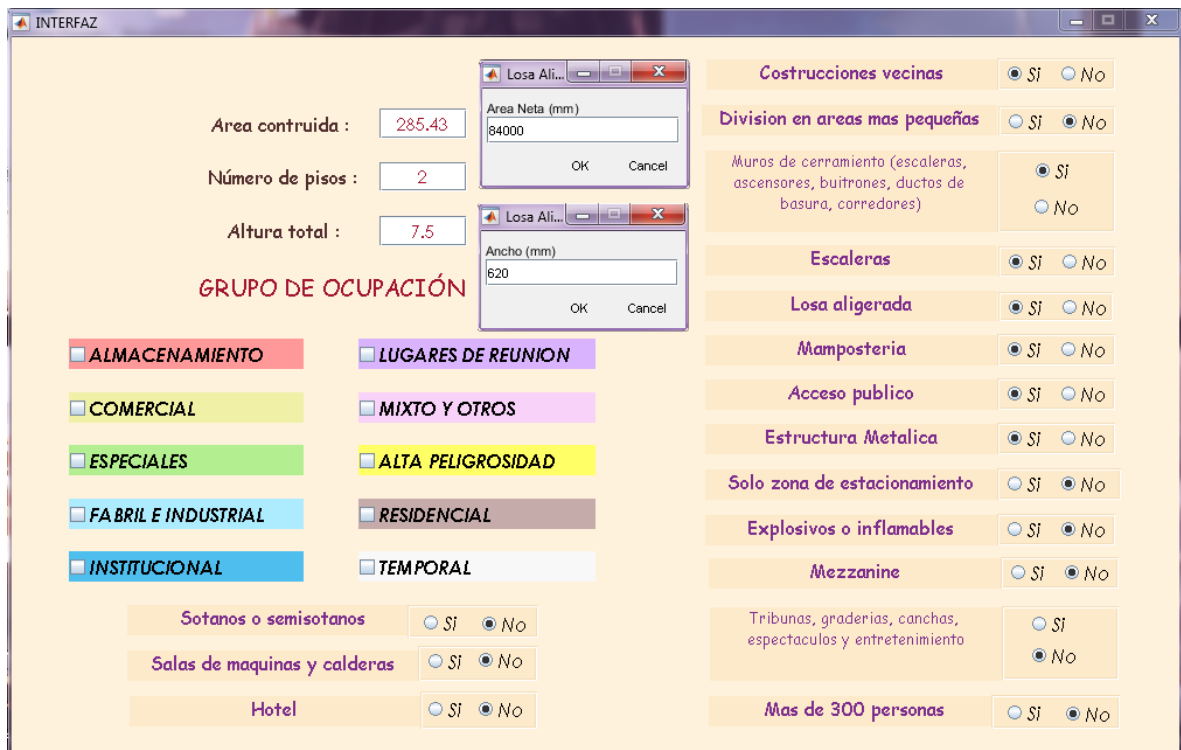
- La edificación tiene construcciones vecinas, hay muros de cerramiento en escaleras, se permite el acceso al público, la estructura de cubierta son perfiles metálicos, los muros son diseñados en mampostería confinada y la losa es de tipo aligerado con un  $Area\ de\ T = 84000\ mm^2$  y un ancho o  $b_{af\ erente} = 620\ mm$



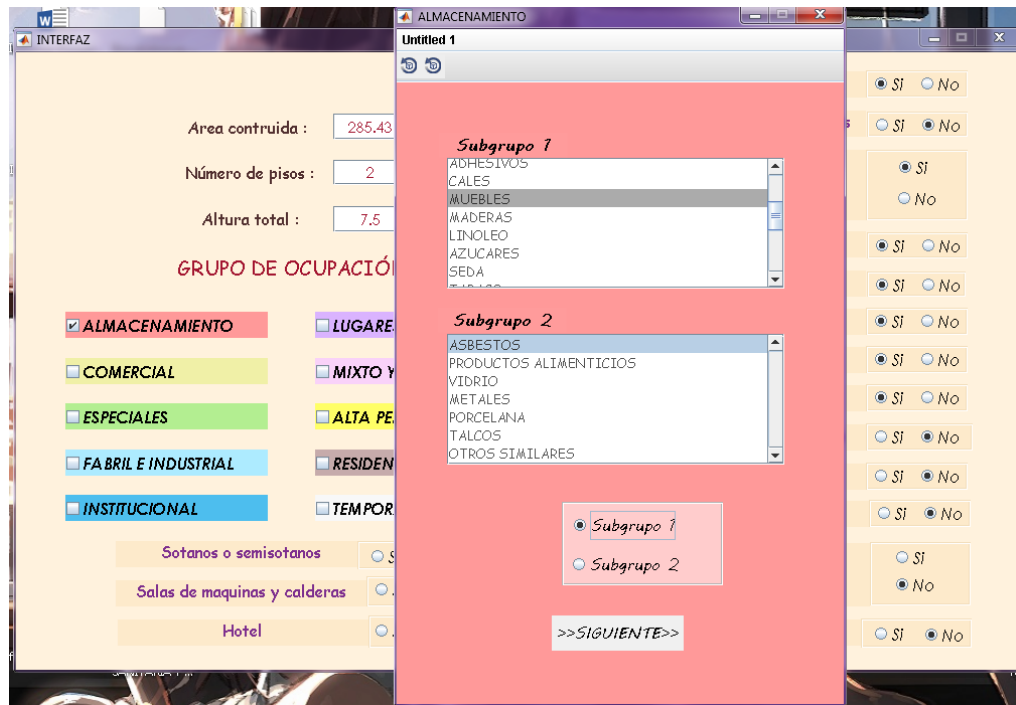




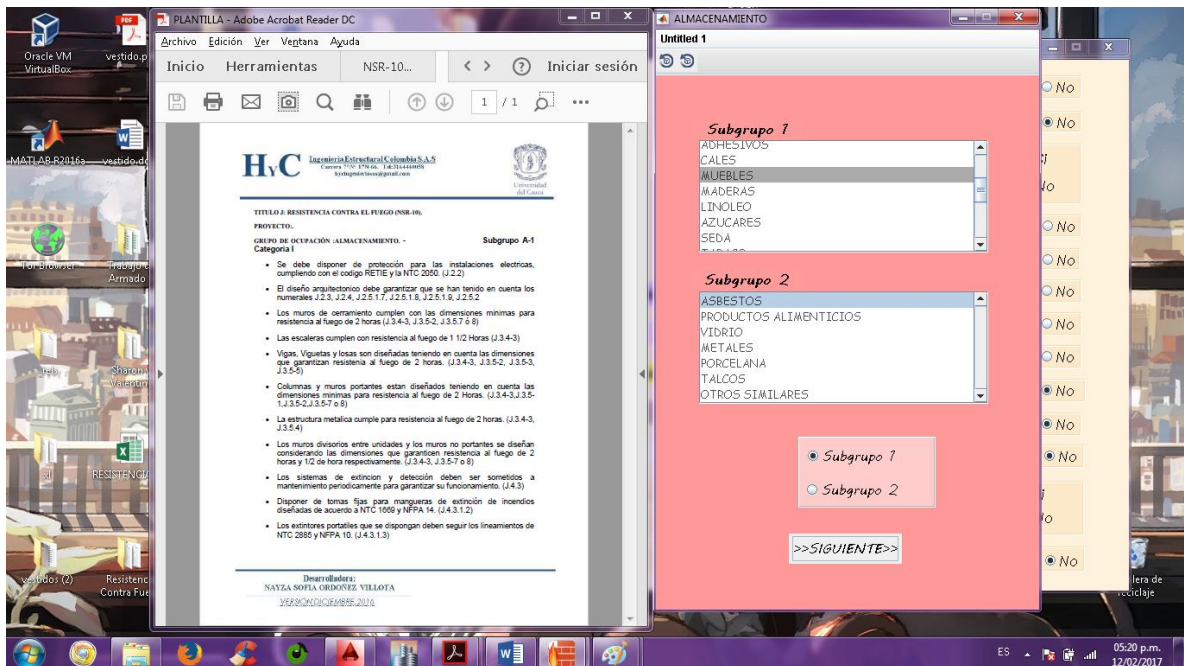
**Figura 5.** Proceso de instalación del programa.  
 Fuente: Programa elaborado en Matlab “Resistencia contra el fuego”.



**Figura 6.** Ejemplo de aplicación del programa (Interfaz).  
 Fuente: Programa elaborado en Matlab “Resistencia contra el fuego”.



**Figura 7.** Ejemplo de aplicación del programa (Selección Grupo de Ocupación).  
 Fuente: Programa elaborado en Matlab “Resistencia contra el fuego”.



**Figura 8.** Ejemplo de aplicación del programa (Informe en formato Pdf).  
 Fuente: Programa elaborado en Matlab “Resistencia contra el fuego”.

### 5.3. DISEÑO ESTRUCTURAL: BATERÍA SANITARIA.

#### 5.3.1. Descripción:

El diseño se desarrolla para la batería sanitaria de una unidad deportiva en el municipio de Cumbal (Nariño), dispone de 1 piso, con un sistema estructural de mampostería parcialmente reforzado.

#### 5.3.2. Localización del proyecto:

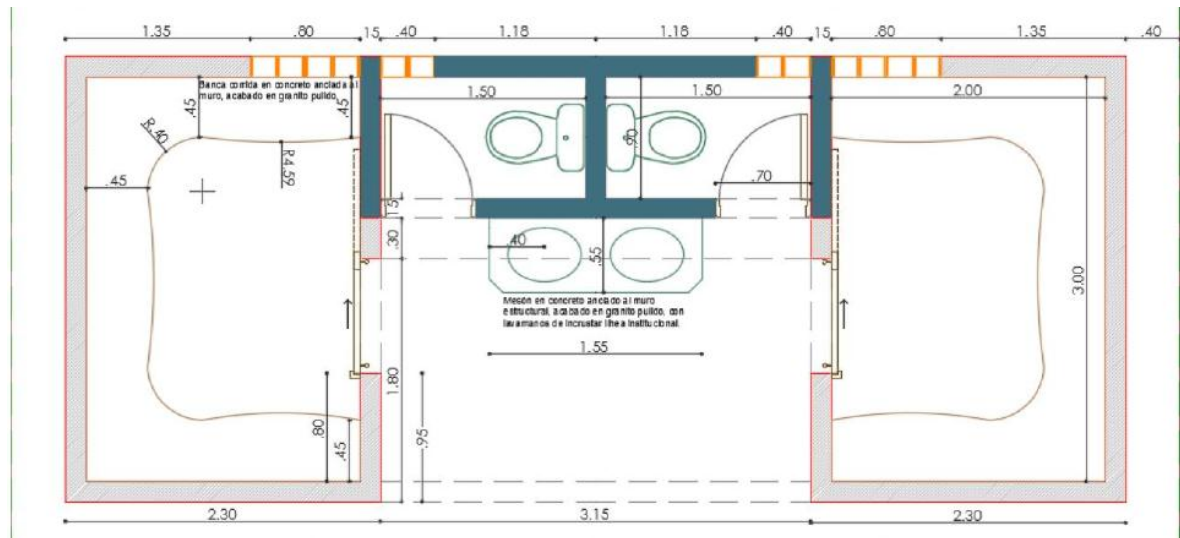
La batería sanitaria se localiza en la cabecera municipal del municipio de Cumbal, en el departamento de Nariño.



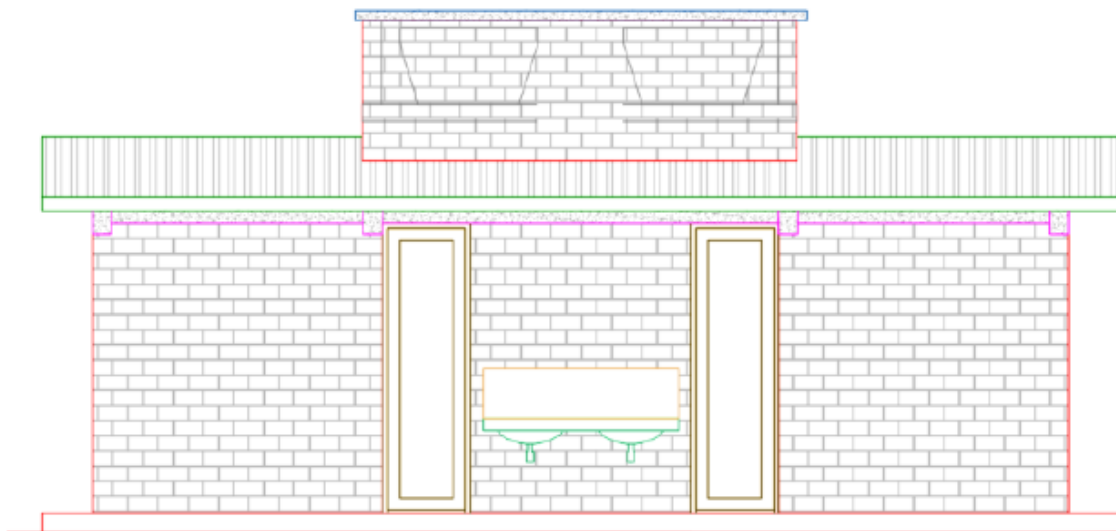
**Figura 9.** Localización del proyecto.  
Fuente: Google earth.

#### 5.3.3. Esquemas arquitectónicos:

Es una estructura de 1 piso, con dimensiones de  $7.72m$  de largo,  $3.27m$  de fondo y una altura hasta las vigas de cubierta de  $2.4m$ ; a la altura de  $3.10m$  se encuentra una losa maciza de  $12cm$  de espesor, para soportar dos tanques de almacenamiento. Se constituye por vestier y baños, la propuesta arquitectónica se muestra a continuación.



**Figura 10.** Planta del proyecto.  
Fuente: Planos del proyecto.



**Figura 11.** Fachada principal de la batería sanitaria con visualización de la posición de los tanques de almacenamiento de agua.  
Fuente: Planos del proyecto.

#### 5.3.4. Consideraciones iniciales:

La estructura es concebida con un sistema de mampostería parcialmente reforzada, considerando un grado de disipación de energía moderado (DMO) para el diseño. Se tienen en consideración que la unidad de mampostería a emplear es de perforación vertical, de dimensiones 29x12x10.

El sistema que se empleó, exige como mínimo colocar una barra #3 en los extremos de los muros, adicional a esto si los muros tienen aberturas mayores a 60cm (puertas, ventanas), deben disponerse 2 barras #3 en la parte superior e inferior. El refuerzo intermedio dispuesto en forma vertical se proporciona según las solicitaciones del análisis sísmico y estados de carga analizados, teniendo en cuenta una cuantía mínima de 0.00027 el área bruta de la sección del muro.

El estudio de suelos determina los datos de entrada, especificando un perfil de suelo tipo D y parámetros sísmicos con los siguientes valores:

<b>Tabla 2: Parámetros sísmicos</b>	
<i>Zona de amenaza sísmica</i>	= <i>Alta</i>
$A_a$	= 0.30
$A_v$	= 0.25
$A_e$	= 0.16
$A_d$	= 0.08
$F_a$	= 1.20
$F_v$	= 1.90
$I$	= 1.25
$R_o$	= 2.00

Fuente: Estudio de suelos, segundo periodo 2016

El tipo de cimentación a emplear son zapatas corridas, con vigas en T como sección. Los materiales que se consideraron para el diseño:

<b>Tabla 3: Resistencia de los materiales.</b>	
<i>Concreto</i>	$f'c = 21 \text{ MPa}$
<i>Acero de refuerzo</i>	$f_y = 420 \text{ MPa}$
<i>Mampostería</i>	$f'm = 10.5 \text{ MPa}$
<i>Unidad de mampostería</i>	$f'u = 17 \text{ MPa}$
<i>Mortero de pega</i>	$f_{cp} = 17.5 \text{ MPa}$

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016.

Las cargas que se tienen en cuenta para el diseño se describen en la Tabla 3. Para las cargas de viento se considera una velocidad promedio del viento de 100 Km/h y dado que la carga de granizo según lo que se estipula en la NSR-10 en el título B.4.8.3.1 se tienen en cuenta para zonas que estén por encima de los 2000m.s.n.m, en este caso son de atención, ya que el municipio de Cumbal se encuentra a una altura promedio de 3050m.s.n.m



Tabla 4: Cargas consideradas.	
Carga Muerta	Teja de PVC : 0.20 KN/m <sup>2</sup>
	Losa de tanque : 2.88 KN/m <sup>2</sup>
	Cubierta : 0.35 KN/m <sup>2</sup>
	Tanque : 4.30 KN/m <sup>2</sup>
Carga Viva : 0.50 MPa.	

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016.

### 5.3.5. Análisis y diseño estructural:

El análisis de la estructura en cuestión se hace en el programa Mampos<sup>3</sup>, donde para el análisis se tiene en cuenta la distribución de los muros considerados en el diseño arquitectónico, las direcciones en las que estos se disponen, así como sus longitudes, alturas y las cargas que van a soportar. Es importante la información del perímetro que describen e introducir las coordenadas de los puntos en el sentido de las manecillas del reloj, también se introduce información de parámetros sísmicos.

Con la información que se introduce, el programa se encarga de entregar datos de rigideces, derivas, valores de cortantes y se debe revisar que estos valores no sobrepasen la deriva máxima que es de 0.5% la altura del muro y una capacidad del ladrillo a cortante de 0.2MPa

#### CALCULO DE LAS PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LAS LOSAS

```

LOSA ESTRUCTURAL PISO: 1
ÁREA DE LA LOSA (mts2): 40.70
COORDENADA EN X DEL CENTRO DE MASA (mts): 4.28
COORDENADA EN Y DEL CENTRO DE MASA (mts): 3.41
PESO SÍSMICO (kN) : 84.8
PESO VERTICAL (kN) (SERVICIO M+V): 105.2
EXCENRICIDAD ACCIDENTAL EN X (mts): 0.428
EXCENRICIDAD ACCIDENTAL EN Y (mts): 0.238
    
```

#### \*\*\*\*\* CARACTERÍSTICAS DE LOS MUROS ESTRUCTURALES \*\*\*\*\*

##### MUROS ESTRUCTURALES EN LA DIRECCIÓN X

MURO #	ESPESOR (m)	MATERIAL (C o M)	LONGITUD (m)	ABSCISA (m)
1X	0.04	M	2.2	1.1
2X	0.04	M	0.9	1.1
3X	0.04	M	0.9	1.1
4X	0.04	M	2.2	1.1
5X	0.04	M	1.7	3.2

<sup>3</sup> "Mampos" es uno de los programas desarrollados por el PhD. Juan Manuel Mosquera

6X	0.04	M	2.2	4.3
7X	0.04	M	1.7	4.3
8X	0.04	M	1.7	4.3
9X	0.04	M	2.0	4.3

MUROS ESTRUCTURALES EN LA DIRECCIÓN Y

MURO #	ESPESOR (m)	MATERIAL (C o M)	LONGITUD (m)	ORDENADA (m)
1Y	0.04	M	3.0	0.5
2Y	0.04	M	0.9	2.6
3Y	0.04	M	1.4	2.6
4Y	0.04	M	0.9	4.3
5Y	0.04	M	0.9	5.9
6Y	0.04	M	1.4	5.9
7Y	0.04	M	3.2	8.1

PISO #	S. RIG X (kN/m)	S. RIG Y (kN/m)	S. RIG T (kN/m <sup>2</sup> )	EXC X (mts)	EXC Y (mts)
1	156629	144818	2127731	0.30 -0.55	0.67 0.19

DERIVAS LINEALES SISMO EN LA DIRECCIÓN X

MURO #	COORD Ycr (mts)	Deri.Xcm (mm)	Deri.Xtr1 (mm)	Deri.Xtr2 (mm)	Deri.tot. (mm)
1X	1.14	0.61	-0.05	-0.02	0.61
2X	1.14	0.61	-0.05	-0.02	0.61
3X	1.14	0.61	-0.05	-0.02	0.61
4X	1.14	0.61	-0.05	-0.02	0.61
5X	3.24	0.61	0.01	0.00	0.62
6X	4.29	0.61	0.04	0.01	0.65
7X	4.29	0.61	0.04	0.01	0.65
8X	4.29	0.61	0.04	0.01	0.65
9X	4.29	0.61	0.04	0.01	0.65

CORTANTES EN LOS ELEMENTOS SISMO EN LA DIRECCIÓN X

MURO #	COORD Ycr (mts)	Cort dir (KN)	Cort tor1 (KN)	Cort tor2 (KN)	Cort tot. (KN)
1X	1.14	16.55	0.00	0.00	16.55
2X	1.14	1.78	0.00	0.00	1.78
3X	1.14	1.78	0.00	0.00	1.78
4X	1.14	16.55	0.00	0.00	16.55
5X	3.24	8.79	0.11	0.03	8.90
6X	4.29	16.55	1.06	0.30	17.61
7X	4.29	9.48	0.61	0.17	10.09
8X	4.29	9.48	0.61	0.17	10.09

9X                    4.29                    14.45                    0.92                    0.26                    15.38

DERIVAS LINEALES SISMO EN LA DIRECCIÓN Y

MURO #	COORD Xcr (mts)	Deri.Ycm (mm)	Deri.Ytr1 (mm)	Deri.Ytr2 (mm)	Deri.tot. (mm)
1Y	0.48	0.66	-0.05	0.10	0.76
2Y	2.63	0.66	-0.02	0.04	0.70
3Y	2.63	0.66	-0.02	0.04	0.70
4Y	4.28	0.66	-0.00	0.00	0.66
5Y	5.93	0.66	0.02	-0.04	0.68
6Y	5.93	0.66	0.02	-0.04	0.68
7Y	8.08	0.66	0.05	-0.09	0.71

CORTANTES EN LOS ELEMENTOS SISMO EN LA DIRECCIÓN Y

MURO #	COORD Xcr (mts)	Cort dir (KN)	Cort tor1 (KN)	Cort tor2 (KN)	Cort tot. (KN)
1Y	0.48	37.79	0.00	5.58	43.38
2Y	2.63	1.86	0.00	0.12	1.99
3Y	2.63	5.54	0.00	0.37	5.91
4Y	4.28	1.98	0.00	0.01	1.99
5Y	5.93	1.86	0.06	0.00	1.92
6Y	5.93	5.54	0.17	0.00	5.72
7Y	8.08	40.83	3.08	0.00	43.91

Para el diseño de la losa de los tanques de almacenamiento, se tiene en cuenta un modelo de losa simplemente apoyada, con una longitud de 1.65m, espesor de 0.12m.

<b>Tabla 5: Cargas consideradas para la losa de los tanques de almacenamiento</b>	
<i>Carga Muerta</i>	<i>Peso propio :</i> 2.88 KN/m <sup>2</sup>
	<i>Tanque :</i> 4.30 KN/m <sup>2</sup>
<i>Carga Viva :</i> 0.50 KN/m <sup>2</sup>	

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016.

<b>Tabla 6: Carga Ultima</b>	
Carga muerta	: 1.2 * 7.18 = 8.62 KN/m <sup>2</sup>
Carga viva	: 1.6 * 0.5 = 0.80 KN/m <sup>2</sup>
Total cargas mayoradas = 9.42 KN/m <sup>2</sup>	

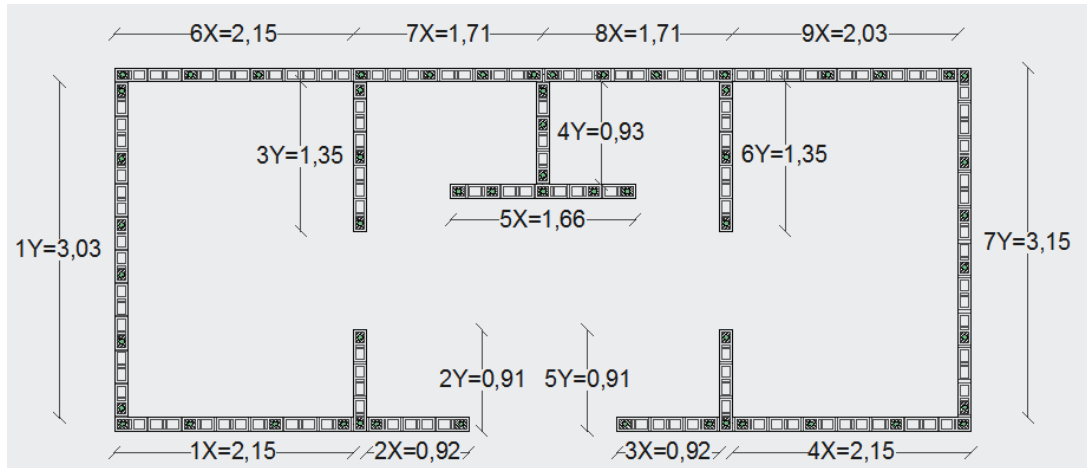
Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016.

El diseño es de cimentación continua, con vigas en forma de t invertida, con un esfuerzo admisible del suelo de 50 KN/m<sup>2</sup>.



Las correas de la cubierta se diseñaron en el programa SAP considerando un tubo de 3" de lado por 2mm de espesor, soportando tejas de PVC.

Para la comprobación de la resistencia de los muros, se le otorga la responsabilidad de estos solo al acero que participa en la conformación. De tal forma que se tiene



**Figura 12.** Modelo en 3D del diseño estructural.  
 Fuente: CypeCad, vista en 3D

Entonces el momento resistente se toma como, la suma de los momentos que produce el acero en tensión y al ser una edificación de un solo piso, la fuerza sísmica es el cortante que se requiere para el cálculo del momento último de cada uno de los muros.

Tabla 7: Resistencia de los muros					
MUROS EN DIRECCIÓN X ( $\phi = 0.80$ )					Muro más crítico (%)
#	$M_u$	$M_n$	$\phi M_n$	CHEQUEO	
1X	21.93	40.56	32.44	OK	68
2X	2.36	11.63	9.30	OK	25
3X	2.36	11.03	8.83	OK	27
4X	21.93	41.45	33.16	OK	66
5X	11.79	36.47	29.18	OK	40
6X	23.33	41.75	33.40	OK	70
7X	13.37	28.63	22.90	OK	58
8X	13.37	32.21	25.76	OK	52
9X	20.38	37.57	30.06	OK	68
MUROS EN DIRECCIÓN Y ( $\phi = 0.80$ )					Muro más crítico (%)
#	$M_u$	$M_n$	$\phi M_n$	CHEQUEO	
1Y	57.48	73.66	58.92	OK	98
2Y	2.64	11.63	9.30	OK	28

3Y	7.83	11.63	9.30	OK	84
4Y	2.64	18.10	14.48	OK	18
5Y	2.54	13.42	10.74	OK	24
6Y	7.58	18.10	14.48	OK	52
7Y	58.18	76.34	61.07	OK	95

Fuente: Verificación de la resistencia en mampostería estructural, segundo periodo de 2016.

Debido a que se reconoce que el muro que puede ser más crítico es el 1Y, se hace para este el análisis completo de la resistencia a flexión y cortante, descrita por el código NSR-10, teniendo en cuenta la aplicación y correcta interpretación de las variables que intervienen en la formulación de los cálculos correspondientes.

### a) Análisis del muro en dirección perpendicular

De anteriores análisis se conoce que la carga axial es  $P_u = 7.84KN = 7840N$

- Determinación de la resistencia de la mampostería a la compresión.

$$R_m = \left( \frac{2h}{75 + 3h} \right) f'_{cu} + \left( \frac{50kp}{75 + 3h} \right) f'_{cp} \leq 0.8f'_{cu} \quad (D.3.7 - 1)$$

- $f'_{cu}$  = Resistencia especificada a la compresión de la unidad de mampostería medida sobre el área neta (D.10.3-1)

$$f'_{cu} = 15MPa \quad (NTC 4205)$$

- $h$  = Altura de la unidad de mampostería en mm (D.3.7-1).

$$h = 100mm$$

- $kp$  = Factor de corrección por absorción de la unidad, adimensional en la determinación de la resistencia a la compresión de la mampostería (D.2.4)

$$kp = 0.8$$

- $f'_{cp}$  = Resistencia especificada a la compresión del mortero de pega (D.3.4-1). Suponiendo un mortero tipo S.

$$f'_{cp} = 12.5MPa$$

$$\rightarrow R_m = \left( \frac{2 * 100}{75 + 3 * 100} \right) * 15 + \left( \frac{50 * 0.8}{75 + 3 * 100} \right) 12.5 \leq 0.8 * 15$$

$$R_m = 9.33 \leq 12 \quad Ok$$

Por lo tanto:  $f'_m = 0.75 * [r * R_m + 0.9 * kr * (1 - r) * f'_{cr}] \leq 0.94R_m \quad (D.3.7.6)$

Este valor de  $f'_m$  no debe ser menor a  $8MPa$  (D.8.1.4).

- $f'_m$  = Resistencia especificada a la compresión de la mampostería.
- $r$  = Relación entre el área neta y el área bruta de las unidades de mampostería.

$$r = \frac{\text{Area neta}}{\text{Area bruta}} = \frac{0.0172}{0.0348} = 0.49$$

- $kr$  = Factor de compresión por absorción de la unidad, adimensional, en la determinación de la resistencia a la compresión (D.2.4).

$$kr = 0.75$$

- $f'_{cr}$  = Resistencia especificada a la compresión del mortero (No debe ser menor a  $12.5MPa$ ). (D.3.5.3)

$$f'_{cr} = 12.5MPa$$

$$\rightarrow f'_m = 0.75 * [0.49 * 9.33 + 0.9 * 0.75 * (1 - 0.49) * 12.5] \leq 0.94 * 9.33$$

$$f'_m = 6.66 \leq 8.77 \rightarrow 8MPa$$

- Resistencia a la flexión.

Para el caso de muros con  $Pu < 0.10f'_m * Ae$

- $Ae$  = Área efectiva de la sección de mampostería,  $mm^2$  (D.5.4.1).

$$Ae = 240000mm^2$$

$$Pu < 0.10f'_m * Ae \rightarrow 7840N < 192000 \quad Ok$$

Por lo tanto:  $Mu \leq \phi Re * Mn$

- $Re$  = Reducción de resistencia axial por esbeltez (D.5.5.2). para el caso de muros estructurales, la relación de esbeltez no debe ser mayor a 25 (D.5.4.3.1).

$$Re = 1 - \left[ \frac{h'}{42t} \right]^2 \quad \text{para} \quad \frac{h'}{t} \leq 30$$

- $h'$  = Altura efectiva del elemento para evaluar efectos de pandeo, mm (D.5.4.3).

$$h' = 2650mm$$

- $t$  = Espesor efectivo de la sección, mm, (D.5.4.2).

$$t = 120mm$$

$$\rightarrow Re = 1 - \left[ \frac{2650}{42 * 120} \right]^2 = 0.72$$

- $\phi =$  Para flexión y flexo-compresión = 0.80 (D.5.1.5.1)

$$Mn = Ase * fy * \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

- $Ase =$  Area efectiva del refuerzo en tracción en  $mm^2$  (D.5.7-8).

$$Ase = \frac{As * fy + Pu}{fy} = \frac{71 * 420 + 7840}{420} = 89.67mm^2$$

- $d =$  Distancia de la cara en compresión al centroide del refuerzo en tracción, mm.

$$d = 2950mm$$

- $a =$  Profundidad del bloque equivalente de compresión, mm, (D.5.7-4).

$$a = \frac{As * fy + Pu}{0.80 * f'_m * b}$$

- $b =$  Ancho efectivo de la sección, mm, (D.5.4-4)

$$b = 120mm$$

$$a = \frac{71 * 420 + 7840}{0.80 * 8 * 120} = 49.04mm^2$$

$$Mn = 89.67 * 420 * \left( 2950 - \frac{49.04}{2} \right) = 110177672.5N - mm = 110.18KN - m$$

- $Mu = \frac{43.38 * 2.65}{2} = 57.48KN - m$

$$\rightarrow \underline{Mu \leq \phi Re Mn = 57.48 \leq 63.46 \quad Ok}$$

- Resistencia a cortante

Conociendo que  $Vu \leq \phi Vn$  (D.5.7.4).

- $\phi =$  Coeficientes de reducción de resistencia = 0.60.

- $Vn =$  Fuerza cortante resistente nominal en N.

$$Vn = \frac{1}{6} * A_{mv} * \sqrt{f'_m}$$

- $A_{mv}$  = Area efectiva para determinar esfuerzos cortantes en  $mm^2$  (D.5.4.5).  
 $A_{mv} = 240000mm^2$

$$V_n = \frac{1}{6} * 240000 * \sqrt{8} = 113137.085N = 113.14KN$$

$$\rightarrow V_u \leq \phi V_n = 43.38 \leq 67.88 \quad Ok$$

## b) Análisis del muro en dirección paralela

- Resistencia a flexión.

$$M_n \geq \alpha M_{cr}$$

- $\alpha = 3.0$  para mampostería donde solo están inyectadas las celdas que contienen refuerzo (D.5.8.2)

- $M_{cr}$  = Momento de agrietamiento del muro de mampostería (D.5.8-2)

$$M_{cr} = \frac{b * l_w^2}{6} * f_r$$

- $l_w$  = Longitud horizontal del muro, mm (D.2.4)

$$l_w = 3030mm$$

- $f_r$  = Modulo de ruptura de la mampostería, MPa, (D.5.8-1). Para mortero tipo S.

$$f_r = 0.26MPa$$

$$M_{cr} = \frac{120 * 3030^2}{6} * 0.26 = 47740680N - mm = 47.74KN - m$$

$$\rightarrow M_n \geq \alpha M_{cr} = 110.18 \geq 143.22 \quad No Ok$$

Debido a que no se está cumpliendo la relación, se puede afirmar que controla el diseño en sentido perpendicular al muro, que es lo razonable para estos casos.

- Resistencia a cortante.

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$V_n = V_m + V_s$$

- $V_m$  = (D.5.8.4.2). Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por la mampostería, N.

Para determinar el valor de  $V_m$  se emplea la tabla D.5.8-2, de donde el valor de este dependerá de la relación  $\frac{Mu}{Vu*d}$

$$0.25 < \frac{Mu}{Vu * d} < 1.00 = \frac{57480000}{42380 * 2950} = 0.45 \quad \rightarrow \quad 0.25 < 0.45 < 1.00$$

$$V_m = \left[ 0.33 - 0.13 \left( \frac{Mu}{Vu * d} \right) \right] * A_{mv} * \sqrt{f'_m} + 0.25Pu$$

- $A_{mv}$  = Area efectiva para determinar esfuerzos cortantes en  $mm^2$  (D.5.4.5).  
 $A_{mv} = 121200mm^2$

$$V_m = [0.33 - 0.13(0.45)] * 121200 * \sqrt{8} + 0.25 * 7840 = 95031.66N = 95.03KN$$

- $V_s$  = (D.5.8.4.3). Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por el refuerzo a cortante, N. Para este caso no se tiene en cuenta este término, por lo tanto:

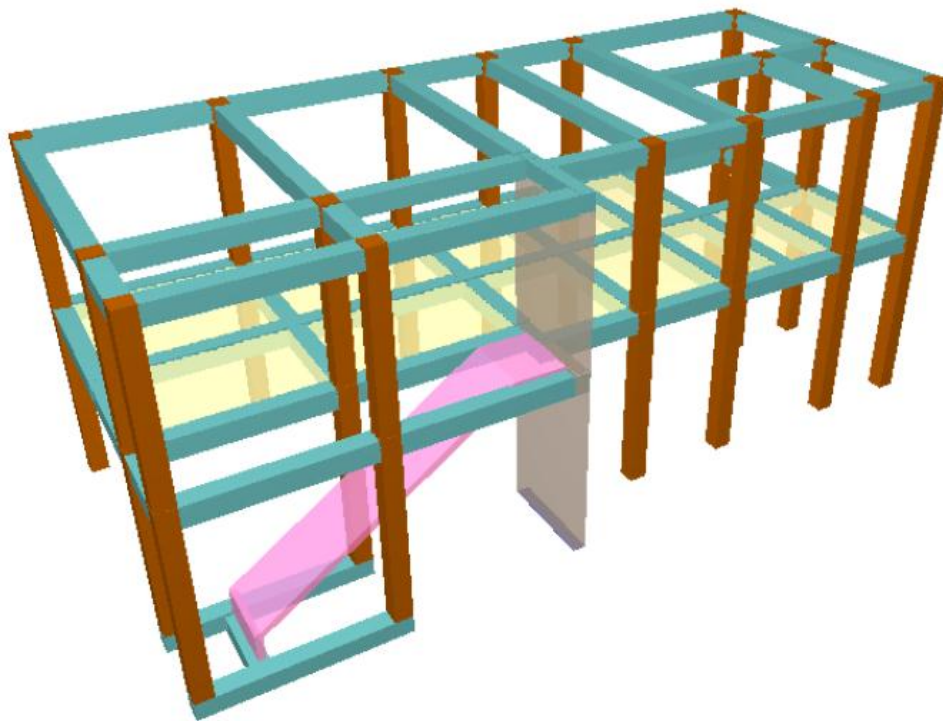
$$\rightarrow V_n = V_m = 95.03KN$$

$$\rightarrow Vu \leq \phi V_n = 43.38 \leq 57.02 \quad Ok$$

## 5.4. DISEÑO ESTRUCTURAL: DECORMUEBLES (SANTANDER DE QUILICHAO – CAUCA).

### 5.4.1. Descripción:

El proyecto consiste en el diseño estructural de la bodega de Decormuebles en el municipio de Santander de Quilichao en el departamento del Cauca, consta de 2 plantas, con un sistema estructural aporricado de concreto reforzado.



**Figura 13.** Modelo en 3D del diseño estructural.

Fuente: CypeCad, vista en 3D

### 5.4.2. Localización del proyecto:

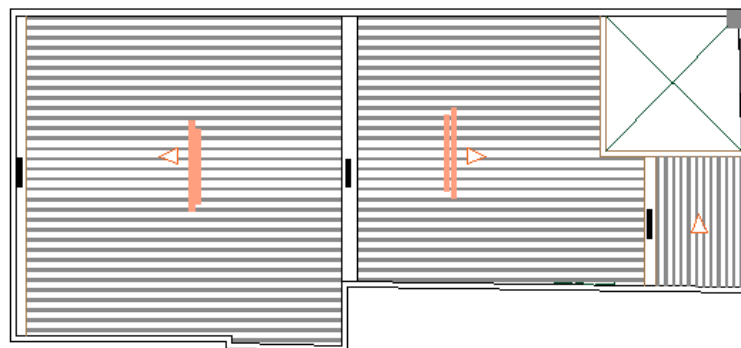
La bodega se localiza en el municipio de Santander de Quilichao en el departamento del Cauca, más exactamente en la carrera 12 #6 - 89



**Figura 14.** Localización del proyecto.  
Fuente: Google Maps.

#### 5.4.3. Esquemas arquitectónicos:

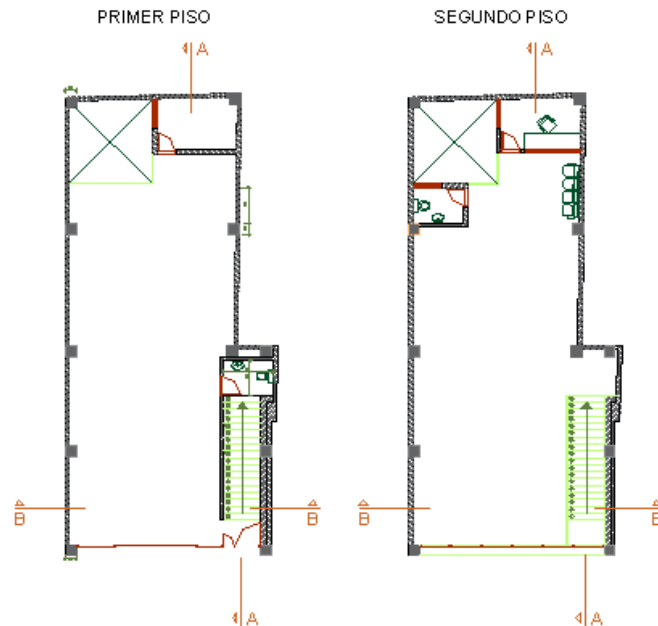
La edificación planteada es de dos pisos, la estructura tiene 7.5m de alto, 18.62m de profundidad y 8.34m en la parte más ancha. El diseño se plantea con una losa aligerada donde la losa de compresión es de 6cm.



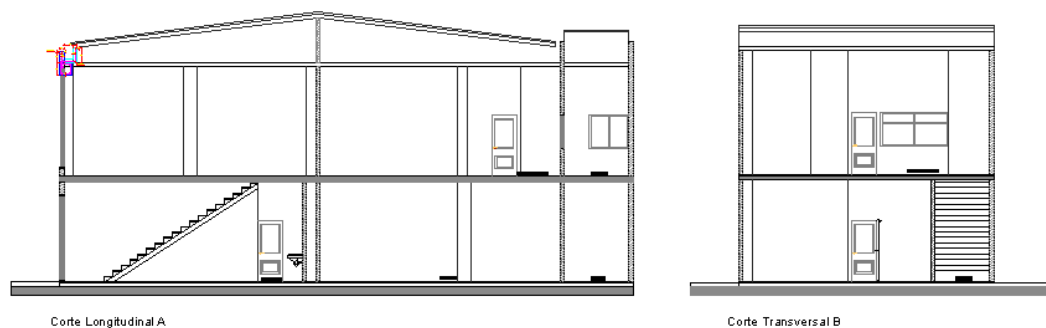
**Figura 15.** Planta de cubierta.  
Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto



PLANTAS ARQUITECTÓNICAS



**Figura 16.** Plantas de primer y segundo piso.  
Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto



**Figura 17.** Cortes arquitectónicos.  
Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto

#### 5.4.4. Consideraciones iniciales:

La estructura es concebida con un sistema de pórticos en concreto reforzado, considerando un grado de disipación de energía especial (DES) para el diseño. Las correas con las que se plantea el diseño son perfiles en *C doble cajón* 150x50x17, espesor 2mm y *C* 150x50x17, espesor 2mm, con un  $F_y = 350\text{MPa}$ .

Las cargas que se consideran en el diseño son producto del peso propio de la estructura, cargas debido a su funcionalidad y las fuerzas por efecto de sismo y viento. Las consideraciones las realiza el programa CYPECAD, teniendo en cuenta los parámetros sísmicos que se determinaron en el estudio de suelos

<b>Tabla 8: Parámetros sísmicos</b>	
<i>Zona de amenaza sísmica</i>	= <i>Alta</i>
<i>Tipo de suelo</i>	= <i>D</i>
$A_a$	= 0.25
$A_v$	= 0.20
$F_a$	= 1.30
$F_v$	= 2.00
$I$	= 1.00
$R_o$	= 5.67

Fuente: Estudio de suelos, segundo periodo 2016

El tipo de cimentación a emplear son zapatas aisladas con un esfuerzo admisible de  $2.4 \text{ Kg/cm}^2$ , considerando las siguientes cargas y materiales para el diseño.

<b>Tabla 9: Cargas consideradas.</b>		
<i>Carga Muerta</i>	<i>Cielo raso</i> :	0.25 $\text{KN/m}^2$
	<i>Piso</i> :	1.10 $\text{KN/m}^2$
	<i>Muros</i> :	2.50 $\text{KN/m}^2$
	<i>Cubierta</i> :	0.60 $\text{KN/m}^2$
<i>Carga Viva de cubierta</i> :		0.50 $\text{KN/m}^2$ .
<i>Carga Viva</i> :		6.00 $\text{KN/m}^2$ .

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016

<b>Tabla 10: Resistencia de los materiales.</b>		
<i>Concreto</i>	$f'c =$	21 $\text{MPa}$
<i>Acero de refuerzo</i>	$f_y =$	420 $\text{MPa}$
<i>Acero conformado</i>	$f_y =$	350 $\text{MPa}$ .

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016.

Para las cargas de viento se considera una velocidad promedio del viento de  $28 \text{ m/s}$  utilizando el método simplificado, enunciado en el título B.6 de la NSR-10, en este caso también se tiene en cuenta que no debe considerarse las cargas de granizo por que el municipio de Santander de Quilichao se encuentra a una altura promedio de  $1071 \text{ m. s. n. m}$  y las cargas de granizo solo se tienen en cuenta en zonas del país que sobrepasan los  $2000 \text{ m. s. n. m}$  (NSR-10 B.4.8.3.1)

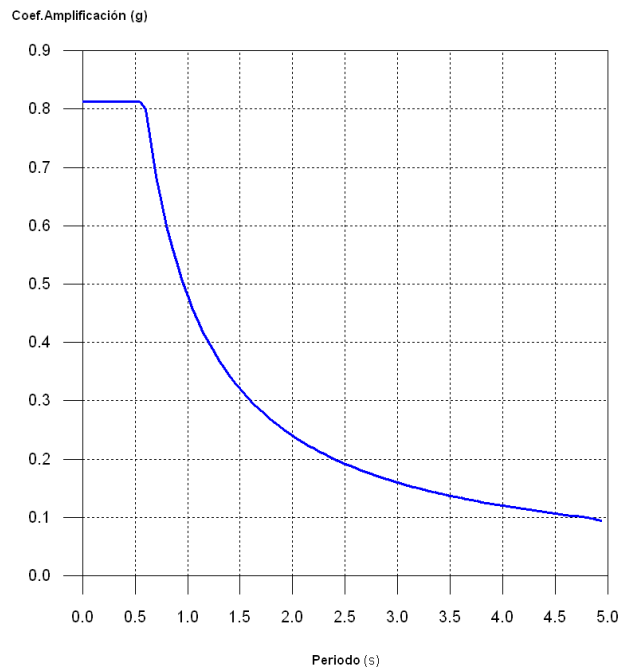
Tabla 11. Cargas de viento		
Planta	Viento en X (KN)	Viento Y (KN)
Losa 2	13.084	31.449
Losa 1	25.705	62.747

Fuente: Memoria de cálculo CYPECAD, segundo periodo de 2016.

#### 5.4.5. Análisis y diseño estructural:

El análisis de la estructura se da en el programa CYPECAD por el método dinámico elástico espectral, que plantea y resuelve las ecuaciones de equilibrio dinámico, manteniendo control sobre las propiedades de rigidez y resistencia de la estructura, para que su comportamiento sea lineal.

Con las ordenadas del espectro correspondiente al periodo de vibración en cada modo se calcula la respuesta dinámica máxima, para determinar los esfuerzos que se generan en la estructura sometida a una excitación que varía en el tiempo. El periodo fundamental aproximado que se determina en el análisis es de  $0.29s$ , con un valor máximo de las ordenadas espectrales de  $0.906g$ .



**Figura 18.** Espectro elástico de aceleraciones.

Fuente: Memoria de cálculo CYPECAD, segundo periodo 2016-

Para esta situación no se cumple con la condición de cortante basal mínimo, por tanto, los parámetros de la respuesta dinámica necesitan ser ajustados por un factor de modificación que es también calculado por el programa

Tabla 12. Verificación de la condición de cortante basal		
Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.90 \cdot V_{s,X}$ 288.185 kN $\geq$ 297.703 kN	1.03
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.90 \cdot V_{s,Y}$ 293.834 kN $\geq$ 297.703 kN	1.01

Fuente: Memoria de cálculo CYPECAD, segundo periodo de 2016.

De la información que entrega el programa de diseño también se puede conocer: centro de masa. Centro de rigidez, excentricidades, análisis del control de derivas, entre otros.

Tabla 13. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades en cada planta				
Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	$e_x$ (m)	$e_y$ (m)
Losa 2	(4.22, 9.11)	(4.45, 8.53)	-0.23	0.58
Losa 1	(3.89, 8.97)	(4.41, 8.53)	-0.52	0.43

Fuente: Memoria de cálculo CYPECAD, segundo periodo de 2016.

Tabla 14. Desplome local máximo de los pilares ( $\delta / h$ )				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Losa 2	1 / 9438	1 / 7550	1 / 350	1 / 310
Losa 1	----	1 / 5157	1 / 339	1 / 263

Notas: <sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

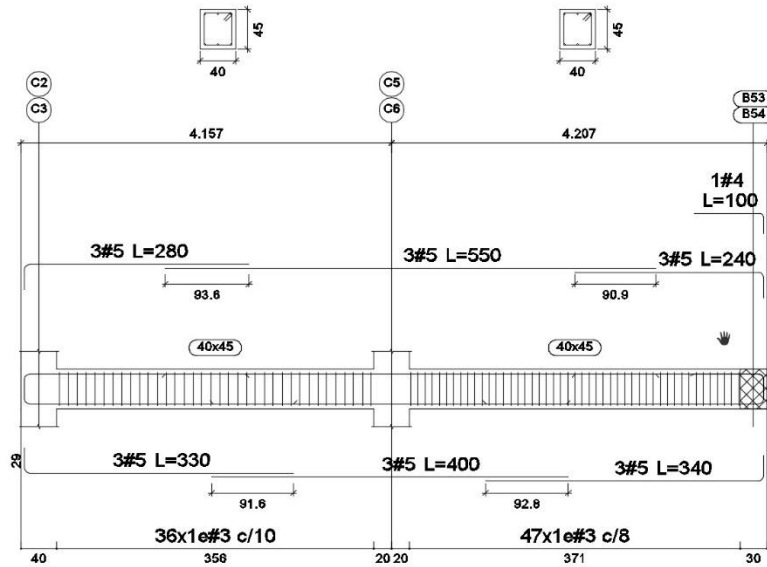
Fuente: Memoria de cálculo CYPECAD, segundo periodo de 2016.

Tabla 15. Desplome total máximo de los pilares ( $\Delta / H$ )			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 9875	1 / 6077	1 / 347	1 / 285

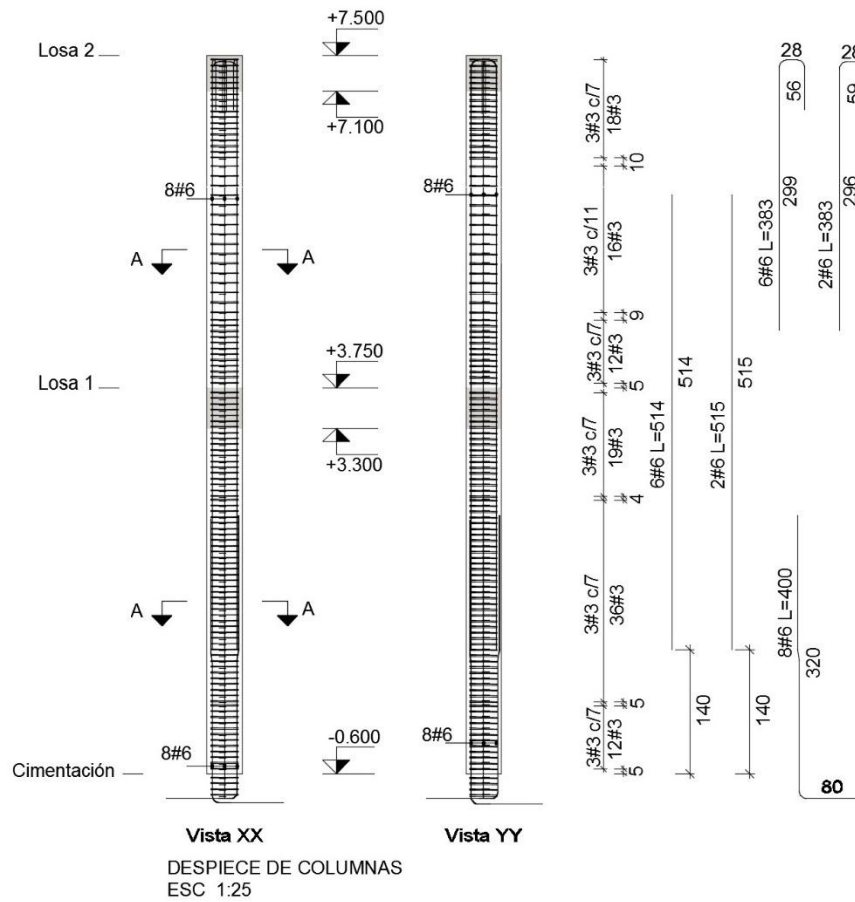
Notas: <sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Fuente: Memoria de cálculo CYPECAD, segundo periodo de 2016.

El programa además de entregar los datos ya presentados, hace las comprobaciones pertinentes para vigas y pilares, muestra los despieces de los elementos estructurales, para que se efectúen los cambios que se consideren pertinentes y exporta datos para memoria y planos.

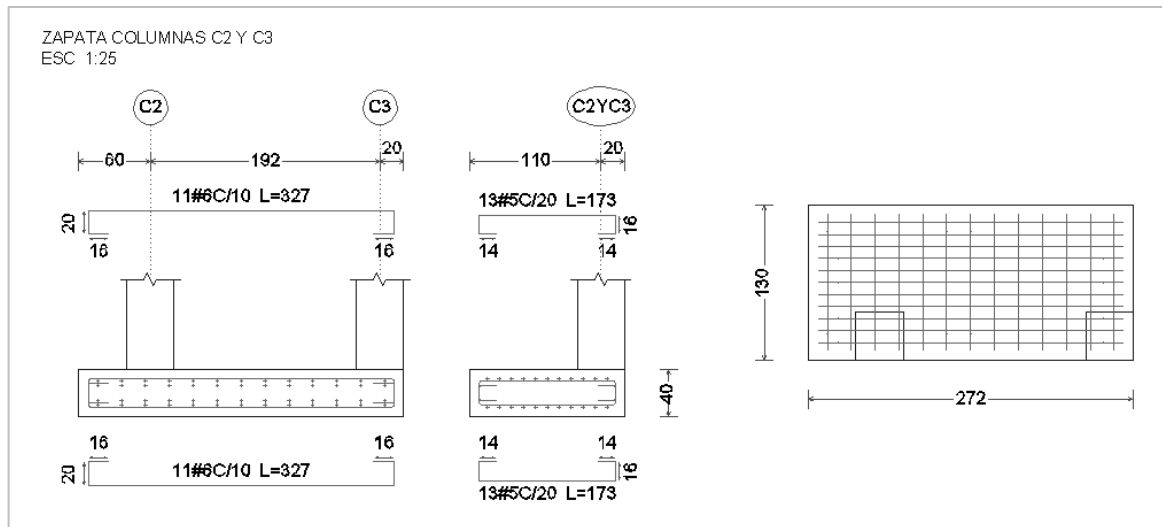


VIGA DE ENTREPISO EJE B' y EJE D - NIVEL + 3.75  
 ESC 1:50



**Figura 19.** Ejemplo del despiece.  
 Fuente: Planos del diseño estructural, segundo periodo 2016

Para el diseño de la cimentación, se tienen en cuenta los valores de las cargas que bajan por los pilares, el diseño de esta se considera con zapatas aisladas, con una profundidad de desplante de 1.0m según las consideraciones planteadas en el estudio de suelos.



**Figura 20.** Ejemplo de cimentación.

Fuente: Planos del diseño estructural, segundo periodo 2016

El diseño de la cubierta, se hace considerando 3 aguas, las dos aguas principales con correas de perfiles en *C doble cajón de 150x50x17 y 2.00mm de espesor* y para el agua de la parte trasera, por ser una luz pequeña, el diseño solo requiere del perfil el *C de 150x50x17 y 2.00mm de espesor*.

## 5.5. DISEÑO ESTRUCTURAL: ESTRUCTURAS PARQUE TARQUI.

### 5.5.1. Descripción:

Con el fin de cumplir con el diseño de las obras civiles del proyecto de construcción del Parque Longitudinal, se efectúa el diseño de dos módulos, uno que corresponde a los locales y el otro que pertenece a la batería sanitaria; el sistema estructural que se desarrolla es mampostería confinada y para el caso del módulo de locales, se cuenta también con una estructura metálica que ayude a cumplir con el diseño que se planteó en los modelos arquitectónicos.

### 5.5.2. Localización del proyecto:

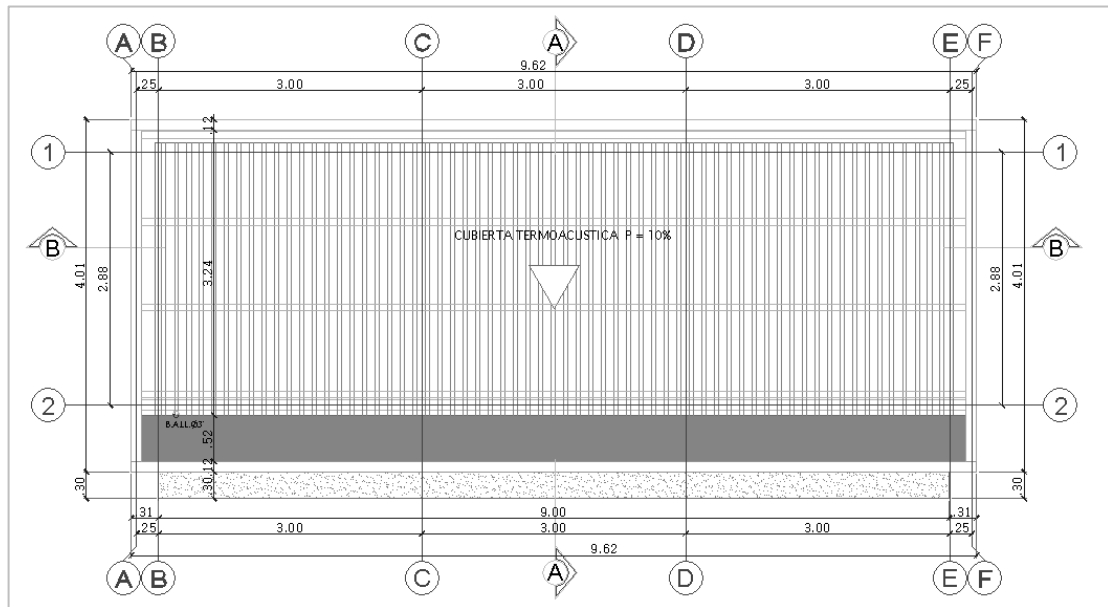
Los módulos que describe el proyecto del Parque Longitudinal, se encuentran ubicados en la margen derecha de la quebrada el Hígado Rivera zona caseta comunal del municipio de Tarqui, en el departamento del Huila.



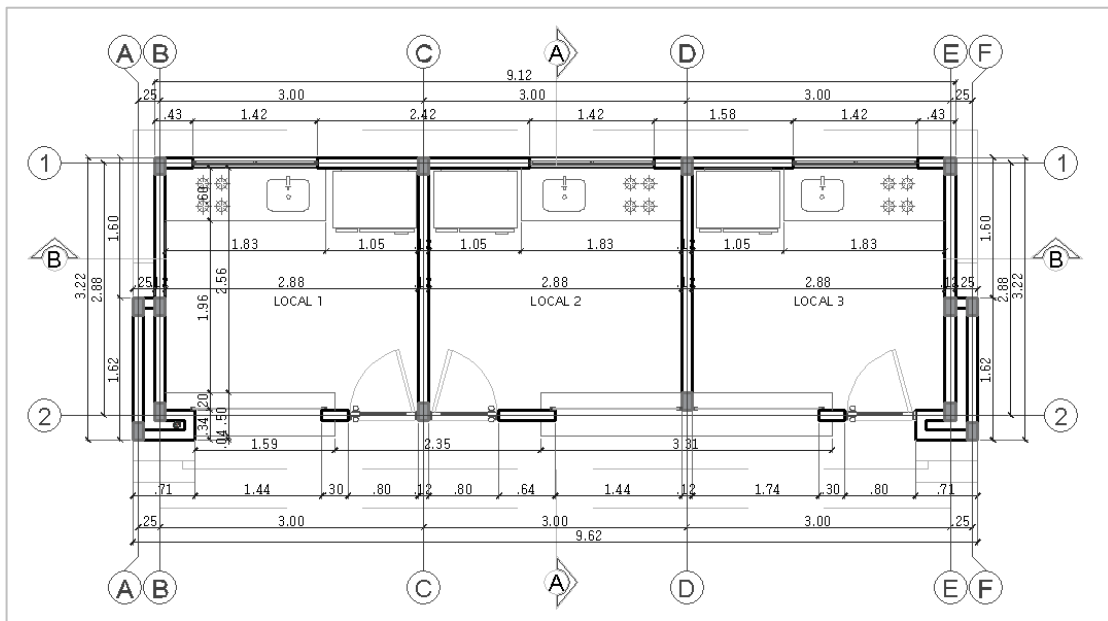
**Figura 21.** Localización del proyecto.  
Fuente: Google maps

### 5.5.3. Esquemas arquitectónicos:

Son dos módulos de estructuras que solo tienen un piso de altura, uno de los módulos es un grupo de locales y el otro una batería sanitaria, con baños para personas que presentan discapacidad y cuenta también con una losa sobre la cual se apoya el tanque de almacenamiento de agua, esta losa se conecta a una viga canal de concreto impermeabilizado. La altura de las estructuras hasta las vigas es de 2.4m



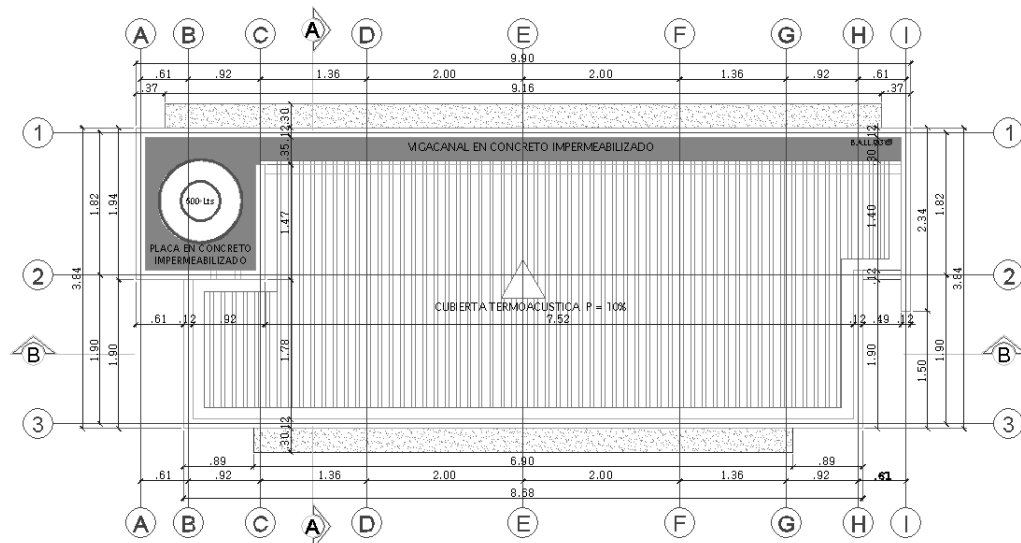
**Figura 22.** Planta de cubierta módulo de locales.  
 Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.



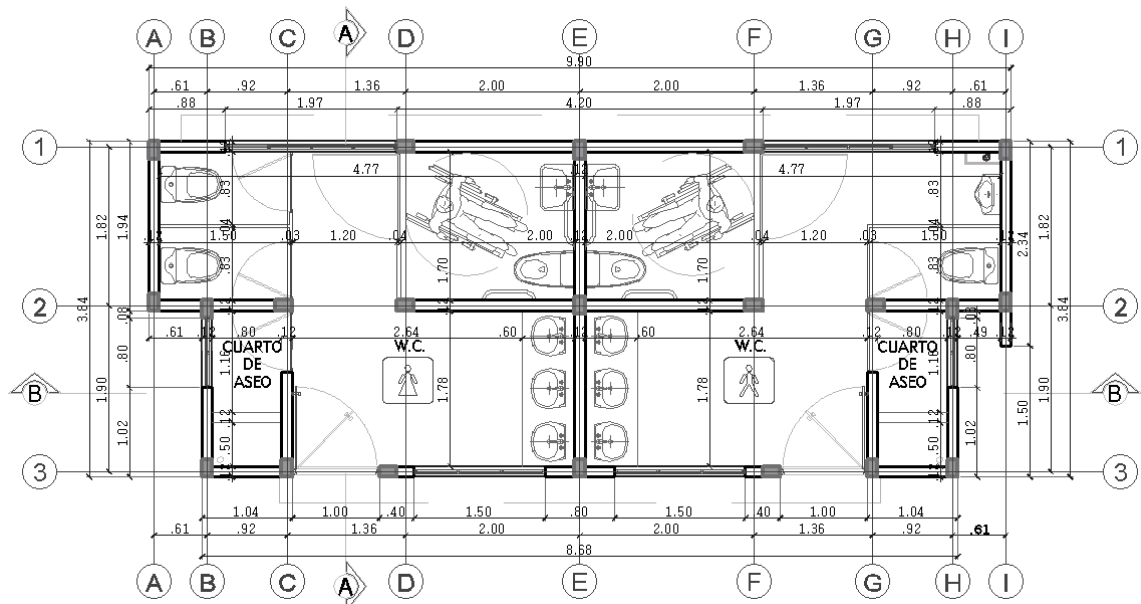
**Figura 23.** Planta módulo de locales.  
 Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.



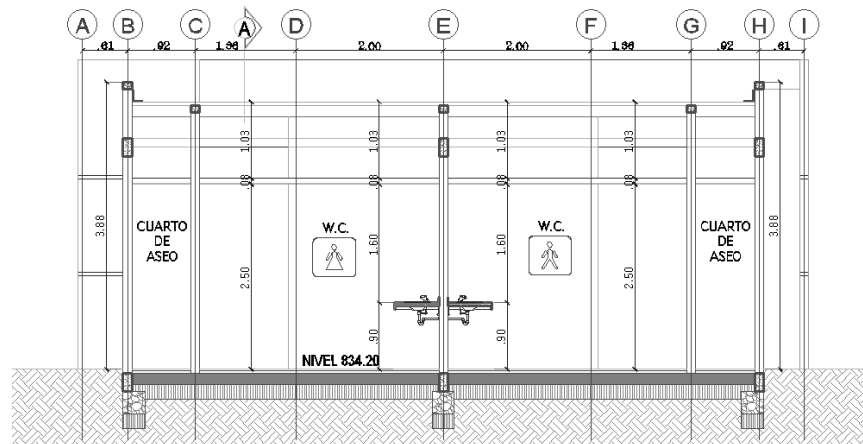




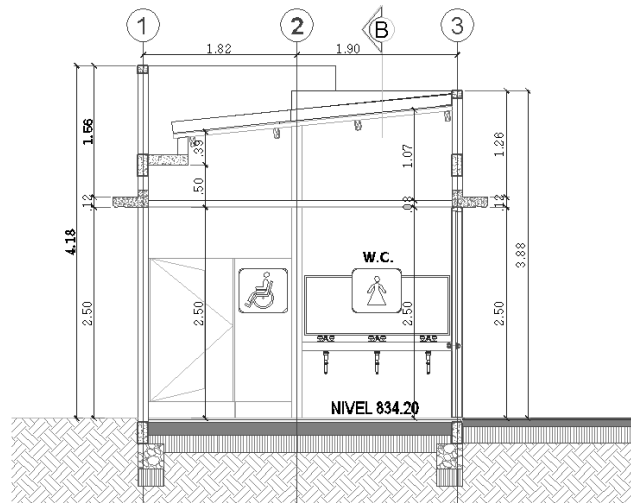
**Figura 27.** Planta de cubierta módulo de batería sanitaria.  
 Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.



**Figura 28.** Planta módulo batería sanitaria.  
 Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.



**Figura 29.** Fachada principal de módulo de locales.  
 Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.



**Figura 30.** Corte lateral de módulo de locales.  
 Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto.

#### 5.5.4. Consideraciones iniciales:

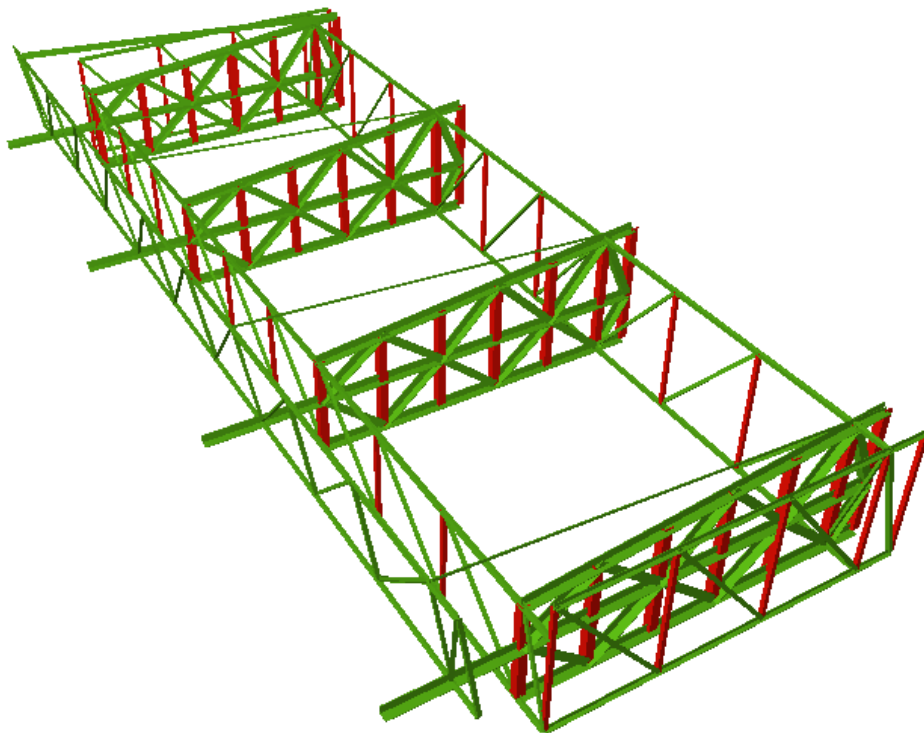
Los módulos que se diseñan, se consideran con mampostería confinada<sup>4</sup> y un grado de disipación de energía moderado (DMO), para que un muro se considere como confinado debe ser continuo desde la cimentación, hasta su nivel superior y no debe tener ningún tipo de abertura.

<sup>4</sup> Mampostería de muros Confinados (Titulo D.10 NSR-10): “Se clasifica como mampostería confinada aquella que se construye utilizando muros de mampostería, rodeados con elementos de concreto reforzado, vaciados posteriormente a la ejecución del muro y que actúan monolíticamente con este.”

Las columnas de confinamiento se deben construir utilizando un concreto cuya resistencia mínima a la compresión sea de  $17.5MPa$ , medida a los 28 días. el refuerzo longitudinal mínimo no debe ser menor de 3 barras #3 (3/8") o 10M (10mm), el área de refuerzo longitudinal debe ser mayor o igual a 0.0075 veces el área bruta de la sección: también se debe contar con un refuerzo transversal consistente en estribos cerrados mínimo #2 (2/8"), espaciados a una separación no mayor a 1.5 veces la menor dimensión del elemento o 200mm

La batería sanitaria cuenta con baños para personas con discapacidad y sobre la cubierta se dispone de una losa en la cual se apoya el tanque de almacenamiento, la losa se conecta a una viga canal de concreto impermeabilizado. La cubierta se diseña con correas metálicas considerando perlines en perfil tipo C, portando un techo en teja de fibrocemento.

Para el diseño de la cubierta en el módulo de locales se hace un diseño en perfiles metálicos para ayudar a dar soporte a la estructura externa que se contempla en el diseño arquitectónico: el diseño de esta se da en el programa Cype 3D.



**Figura 31.** Imagen en 3D de la estructura de cubierta del módulo de locales.  
Fuente: Cype 3D.

El estudio de suelos determina los datos de entrada, especificando un perfil de suelo tipo D y parámetros sísmicos con los siguientes valores:

<b>Tabla 16:</b> Parámetros sísmicos, módulo de locales		
$A_a$	=	0.30
$A_v$	=	0.16
$F_a$	=	1.20
$F_v$	=	2.00
$I$	=	1.00
$R_O$	=	2.00

Fuente: Estudio de suelos, segundo periodo 2016

<b>Tabla 17:</b> Parámetros sísmicos, modulo batería sanitaria		
$A_a$	=	0.30
$A_v$	=	0.16
$F_a$	=	1.20
$F_v$	=	2.00
$I$	=	1.00
$R_O$	=	0.90

Fuente: Estudio de suelos, segundo periodo 2016

El tipo de cimentación a emplear es continua, con vigas en L como sección de la cimentación. Los materiales que se consideraron para el diseño:

<b>Tabla 18:</b> Resistencia de los materiales.		
Concreto	$f'c =$	21 MPa
Acero de refuerzo	$f_y =$	420 MPa
Mamposteria	$f'm =$	8.45 MPa
Mortero de pega	$f_{cp} =$	17.5 MPa.

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016.

Las cargas que se tienen en cuenta para el diseño se describen en las Tablas 19 y 20. Para las cargas de viento se considera una velocidad promedio del viento de 28 m/s y dado que la carga de granizo según lo que se estipula en la NSR-10 en el título B.4.8.3.1 se tienen en cuenta para zonas que estén por encima de los 2000m. s. n. m, en este caso no son de atención, ya que el municipio de Tarqui se encuentra a una altura promedio de 796 m. s. n. m

<b>Tabla 19: Cargas consideradas modulo locales.</b>	
<i>Carga Muerta</i>	<i>Teja de fibrocemento :</i> 0.20 KN/m <sup>2</sup>
	<i>Estructura metalica :</i> 0.15 KN/m <sup>2</sup>
<i>Carga Viva :</i> 0.50 KN/m <sup>2</sup> .	

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016

<b>Tabla 20: Cargas consideradas modulo batería sanitaria.</b>	
<i>Carga Muerta</i>	<i>Teja de fibrocemento :</i> 0.20 KN/m <sup>2</sup>
	<i>Estructura metalica :</i> 0.15 KN/m <sup>2</sup>
	<i>Losa de tanque :</i> 2.88 KN/m <sup>2</sup>
	<i>Tanque :</i> 2.08 KN/m <sup>2</sup>
<i>Carga Viva :</i> 0.50 KN/m <sup>2</sup> .	

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016

#### 5.4.5. Análisis y diseño estructural:

Las dos estructuras son analizadas para la parte de los muros en el programa Mampos del PhD Juan Manuel Mosquera, ya antes mencionado; se hace uso de la planta de muros que se determina en el modelo arquitectónico, para su posterior chequeo de derivas y cortantes, teniendo en cuenta alturas y cargas que van a soportar.

Con la información que se introduce, el programa se encarga de entregar datos de rigideces, derivas, valores de cortantes y se debe revisar que estos valores no sobrepasen la deriva máxima que es de 13.15mm.

ANÁLISIS SÍSMICO Y CONTROL DE DERIVAS  
 MODELO ESTRUCTURAL DE LOSA RÍGIDA  
 EDIFICACIÓN **LOCALES** - PARQUE LONGITUDINAL

=====

CALCULO DE LAS PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LAS LOSAS

LOSA ESTRUCTURAL PISO: 1  
 ÁREA DE LA LOSA (mts<sup>2</sup>): 41.56  
 COORDENADA EN X DEL CENTRO DE MASA (mts): 4.81  
 COORDENADA EN Y DEL CENTRO DE MASA (mts): 1.88  
 PESO SÍSMICO (kN): 14.5  
 PESO VERTICAL (kN) (SERVICIO M+V): 35.3  
 EXCENRICIDAD ACCIDENTAL EN X (mts): 0.481  
 EXCENRICIDAD ACCIDENTAL EN Y (mts): 0.215

\*\*\*\*\* CARACTERÍSTICAS DE LOS MUROS ESTRUCTURALES \*\*\*\*\*

MUROS ESTRUCTURALES EN LA DIRECCIÓN X

MURO #	ESPESOR (m)	MATERIAL (C o M)	LONGITUD (m)	ABSCISA (m)
1X	0.15	M	0.7	0.5
2X	0.15	M	0.3	0.8
3X	0.15	M	0.3	2.0
4X	0.15	M	0.4	3.6
5X	0.15	M	0.3	0.8
6X	0.15	M	2.4	3.6
7X	0.15	M	0.6	0.8
8X	0.15	M	1.6	3.6
9X	0.15	M	0.3	0.8
10X	0.15	M	0.7	0.5
11X	0.15	M	0.3	0.8
12X	0.15	M	0.3	2.0
13X	0.15	M	0.4	3.6

MUROS ESTRUCTURALES EN LA DIRECCIÓN Y

MURO #	ESPESOR (m)	MATERIAL (C o M)	LONGITUD (m)	ORDENADA (m)
1Y	0.15	M	1.4	0.1
2Y	0.15	M	2.9	0.3
3Y	0.15	M	0.1	0.6
4Y	0.15	M	2.9	3.3
5Y	0.15	M	2.8	6.3
6Y	0.15	M	0.1	9.0
7Y	0.15	M	2.9	9.3
8Y	0.15	M	1.4	9.6

PISO #	S. RIG X (kN/m)	S. RIG Y (kN/m)	S. RIG T (kN/m <sup>2</sup> )	EXC X (mts)	EXC Y (mts)
1	92557	386535	4825972	0.51 -0.45	-1.30 -1.73

DERIVAS LINEALES SISMO EN LA DIRECCIÓN X

MURO #	COORD Ycr (mts)	Deri.Xcm (mm)	Deri.Xtr1 (mm)	Deri.Xtr2 (mm)	Deri.tot. (mm)
1X	0.54	0.12	0.01	0.01	0.13
2X	0.76	0.12	0.01	0.01	0.13
3X	2.04	0.12	0.00	0.01	0.12
4X	3.64	0.12	-0.00	-0.00	0.12
5X	0.76	0.12	0.01	0.01	0.13
6X	3.64	0.12	-0.00	-0.00	0.12
7X	0.76	0.12	0.01	0.01	0.13
8X	3.64	0.12	-0.00	-0.00	0.12
9X	0.76	0.12	0.01	0.01	0.13
10X	0.54	0.12	0.01	0.01	0.13

11X	0.76	0.12	0.01	0.01	0.13
12X	2.04	0.12	0.00	0.01	0.12
13X	3.64	0.12	-0.00	-0.00	0.12

CORTANTES EN LOS ELEMENTOS SISMO EN LA DIRECCIÓN X

MURO #	COORD.Ycr (mts)	Cort.dir (KN)	Cort.tor1 (KN)	Cort.tor2 (KN)	Cort.tot. (KN)
1X	0.54	0.28	0.02	0.03	0.30
2X	0.76	0.03	0.00	0.00	0.03
3X	2.04	0.01	0.00	0.00	0.01
4X	3.64	0.06	0.00	0.00	0.06
5X	0.76	0.03	0.00	0.00	0.03
6X	3.64	7.32	0.00	0.00	7.32
7X	0.76	0.20	0.01	0.02	0.22
8X	3.64	2.56	0.00	0.00	2.56
9X	0.76	0.03	0.00	0.00	0.03
10X	0.54	0.28	0.02	0.03	0.30
11X	0.76	0.03	0.00	0.00	0.03
12X	2.04	0.01	0.00	0.00	0.01
13X	3.64	0.06	0.00	0.00	0.06

DERIVAS LINEALES SISMO EN LA DIRECCIÓN Y

MURO #	COORD.Xcr (mts)	Deri.Ycm (mm)	Deri.Ytr1 (mm)	Deri.Ytr2 (mm)	Deri.tot. (mm)
1Y	0.06	0.03	-0.01	0.00	0.03
2Y	0.31	0.03	-0.01	0.00	0.03
3Y	0.65	0.03	-0.00	0.00	0.03
4Y	3.31	0.03	-0.00	0.00	0.03
5Y	6.31	0.03	0.00	-0.00	0.03
6Y	8.97	0.03	0.00	-0.00	0.03
7Y	9.31	0.03	0.01	-0.00	0.03
8Y	9.56	0.03	0.01	-0.00	0.03

CORTANTES EN LOS ELEMENTOS SISMO EN LA DIRECCIÓN Y

MURO #	COORD.Xcr (mts)	Cort.dir (KN)	Cort.tor1 (KN)	Cort.tor2 (KN)	Cort.tot. (KN)
1Y	0.06	0.43	0.00	0.07	0.50
2Y	0.31	2.57	0.00	0.41	2.98
3Y	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00
4Y	3.31	2.57	0.00	0.14	2.71
5Y	6.31	2.35	0.15	0.00	2.49
6Y	8.97	0.00	0.00	0.00	0.00
7Y	9.31	2.57	0.48	0.00	3.05
8Y	9.56	0.43	0.08	0.00	0.51

ANÁLISIS SÍSMICO Y CONTROL DE DERIVAS



MODELO ESTRUCTURAL DE LOSA RÍGIDA  
 EDIFICACIÓN **BATERÍA SANITARIA** - PARQUE LONGITUDINAL  
 =====

CALCULO DE LAS PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LAS LOSAS

LOSA ESTRUCTURAL PISO: 1

ÁREA DE LA LOSA (mts<sup>2</sup>): 33.22  
 COORDENADA EN X DEL CENTRO DE MASA (mts): 2.03  
 COORDENADA EN Y DEL CENTRO DE MASA (mts): 1.22  
 PESO SÍSMICO (kN): 56.5  
 PESO VERTICAL (kN) (SERVICIO M+V): 73.1  
 EXCENRICIDAD ACCIDENTAL EN X (mts): 0.495  
 EXCENRICIDAD ACCIDENTAL EN Y (mts): 0.222

\*\*\*\*\* CARACTERÍSTICAS DE LOS MUROS ESTRUCTURALES \*\*\*\*\*

MUROS ESTRUCTURALES EN LA DIRECCIÓN X

MURO #	ESPEJOR (m)	MATERIAL (C o M)	LONGITUD (m)	ABSCISA (m)
1X	0.12	M	0.9	0.1
2X	0.12	M	0.6	1.9
3X	0.12	M	0.9	1.9
4X	0.12	M	1.0	3.8
5X	0.12	M	4.2	0.1
6X	0.12	M	4.2	1.9
7X	0.12	M	0.4	3.8
8X	0.12	M	0.8	3.8
9X	0.12	M	0.4	3.8
10X	0.12	M	0.9	0.1
11X	0.12	M	0.9	1.9
12X	0.12	M	0.5	1.9
13X	0.12	M	1.0	3.8

MUROS ESTRUCTURALES EN LA DIRECCIÓN Y

MURO #	ESPEJOR (m)	MATERIAL (C o M)	LONGITUD (m)	ORDENADA (m)
1Y	0.12	M	1.7	0.1
2Y	0.12	M	0.2	0.7
3Y	0.12	M	0.9	0.7
4Y	0.12	M	1.1	1.6
5Y	0.12	M	1.7	4.9
6Y	0.12	M	1.8	4.9
7Y	0.12	M	1.1	8.3
8Y	0.12	M	0.9	9.2
9Y	0.12	M	0.2	9.2
10Y	0.12	M	2.2	9.8

PISO #	S.RIG X (kN/m)	S.RIG Y (kN/m)	S.RIG T (kN/m <sup>2</sup> )	EXC X (mts)	EXC Y (mts)
1	332506	126258	2051744	-3.19 -4.18	0.34 -0.10

DERIVAS LINEALES SISMO EN LA DIRECCIÓN X

MURO #	COORD Ycr (mts)	Deri. Xcm (mm)	Deri. Xtr1 (mm)	Deri. Xtr2 (mm)	Deri. tot. (mm)
1X	0.06	0.15	-0.01	0.00	0.16
2X	1.88	0.15	0.01	-0.00	0.16
3X	1.88	0.15	0.01	-0.00	0.16
4X	3.78	0.15	0.02	-0.01	0.18
5X	0.06	0.15	-0.01	0.00	0.16
6X	1.88	0.15	0.01	-0.00	0.16
7X	3.78	0.15	0.02	-0.01	0.18
8X	3.78	0.15	0.02	-0.01	0.18
9X	3.78	0.15	0.02	-0.01	0.18
10X	0.06	0.15	-0.01	0.00	0.16
11X	1.88	0.15	0.01	-0.00	0.16
12X	1.88	0.15	0.01	-0.00	0.16
13X	3.78	0.15	0.02	-0.01	0.18

CORTANTES EN LOS ELEMENTOS SISMO EN LA DIRECCIÓN X

MURO #	COORD Ycr (mts)	Cort dir (KN)	Cort tor1 (KN)	Cort tor2 (KN)	Cort tot. (KN)
1X	0.06	0.53	0.00	0.01	0.54
2X	1.88	0.18	0.01	0.00	0.19
3X	1.88	0.60	0.03	0.00	0.63
4X	3.78	0.85	0.13	0.00	0.98
5X	0.06	23.04	0.00	0.40	23.43
6X	1.88	23.04	1.00	0.00	24.03
7X	3.78	0.05	0.01	0.00	0.06
8X	3.78	0.40	0.06	0.00	0.46
9X	3.78	0.05	0.01	0.00	0.06
10X	0.06	0.53	0.00	0.01	0.54
11X	1.88	0.60	0.03	0.00	0.63
12X	1.88	0.10	0.00	0.00	0.10
13X	3.78	0.85	0.13	0.00	0.98

DERIVAS LINEALES SISMO EN LA DIRECCIÓN Y

MURO #	COORD Xcr (mts)	Deri. Ycm (mm)	Deri. Ytr1 (mm)	Deri. Ytr2 (mm)	Deri. tot. (mm)
1Y	0.06	0.40	0.45	0.58	0.99
2Y	0.67	0.40	0.40	0.52	0.92
3Y	0.67	0.40	0.40	0.52	0.92
4Y	1.58	0.40	0.33	0.43	0.83
5Y	4.95	0.40	0.06	0.08	0.48
6Y	4.95	0.40	0.06	0.08	0.48
7Y	8.31	0.40	-0.21	-0.27	0.40

8Y	9.23	0.40	-0.28	-0.36	0.40
9Y	9.23	0.40	-0.28	-0.36	0.40
10Y	9.84	0.40	-0.33	-0.43	0.40

CORTANTES EN LOS ELEMENTOS SISMO EN LA DIRECCIÓN Y

MURO #	COORD Xcr (mts)	Cort dir (KN)	Cort tor1 (KN)	Cort tor2 (KN)	Cort tot. (KN)
1Y	0.06	8.47	9.38	12.30	20.77
2Y	0.67	0.02	0.02	0.02	0.04
3Y	0.67	1.49	1.47	1.93	3.42
4Y	1.58	2.49	2.02	2.65	5.14
5Y	4.95	8.47	1.26	1.65	10.12
6Y	4.95	9.52	1.42	1.86	11.38
7Y	8.31	2.49	0.00	0.00	2.49
8Y	9.23	1.49	0.00	0.00	1.49
9Y	9.23	0.02	0.00	0.00	0.02
10Y	9.84	16.36	0.00	0.00	16.36

El diseño de la estructura de cubierta en el módulo de locales se realiza en el programa Cype 3D<sup>5</sup>, el cual realiza cálculos de estructura en tres dimensiones de barras de hormigón, de acero, mixtas de hormigón y acero, de aluminio, de madera, o de cualquier material, incluido el dimensionamiento de uniones y de su cimentación con placas de anclaje, zapatas, encepados, correas de atado y vigas centradoras.

Material		E (MPa)	$\nu$	G (MPa)	$f_y$ (MPa)	$\alpha_t$ (m/m°C)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
Tipo	Designación						
Acero laminado	A36	200000.00	0.300	80000.00	250.00	0.000012	77.01
<p><i>Notación:</i>  <i>E: Módulo de elasticidad</i>  <i><math>\nu</math>: Módulo de Poisson</i>  <i>G: Módulo de cortadura</i>  <i><math>f_y</math>: Límite elástico</i>  <i><math>\alpha_t</math>: Coeficiente de dilatación</i>  <i><math>\gamma</math>: Peso específico</i></p>							

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016

<sup>5</sup> Cype 3D: Permite la discretización de estructuras mediante láminas (elementos planos bidimensionales de espesor constante cuyo perímetro está definido por un polígono) para calcular sus esfuerzos y tensiones.

**Tabla 22:** Características mecánicas de los perfiles.

Material		Ref.	Descripción	A (cm <sup>2</sup> )	A <sub>vy</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>vz</sub> (cm <sup>2</sup> )	I <sub>yy</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>zz</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> (cm <sup>4</sup> )
Tipo	Designación								
Acero laminado	A36	1	L 1 1/2" x 3/16", (Ángulo)	3.46	1.60	1.60	4.45	4.45	0.26
		2	L 3" x 1/4", (Ángulo)	9.43	4.47	4.47	50.39	50.39	1.28
		3	L 1" x 1/8", (Ángulo)	1.51	0.71	0.71	0.84	0.84	0.05
		4	L 1 1/4" x 3/16", (Ángulo)	2.87	1.29	1.29	2.58	2.58	0.22

Notación:  
 Ref.: Referencia  
 A: Área de la sección transversal  
 A<sub>vy</sub>: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'  
 A<sub>vz</sub>: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'  
 I<sub>yy</sub>: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'  
 I<sub>zz</sub>: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'  
 I<sub>t</sub>: Inercia a torsión  
 Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016

**Tabla 23:** Resumen de medición

Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m <sup>3</sup> )	Serie (m <sup>3</sup> )	Material (m <sup>3</sup> )	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	A36	Ángulo	L 1 1/2" x 3/16"	118.583			0.041			322.08		
			L 3" x 1/4"	113.273			0.107			838.51		
			L 1" x 1/8"	15.755			0.002			18.68		
			L 1 1/4" x 3/16"	42.445			0.012			95.63		
						290.057			0.162			1274.90
						290.057			0.162		1274.90	

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016

Para el análisis de la estabilidad global se ha considerado que los desplazamientos reales de la estructura son los considerados en el cálculo multiplicados por:

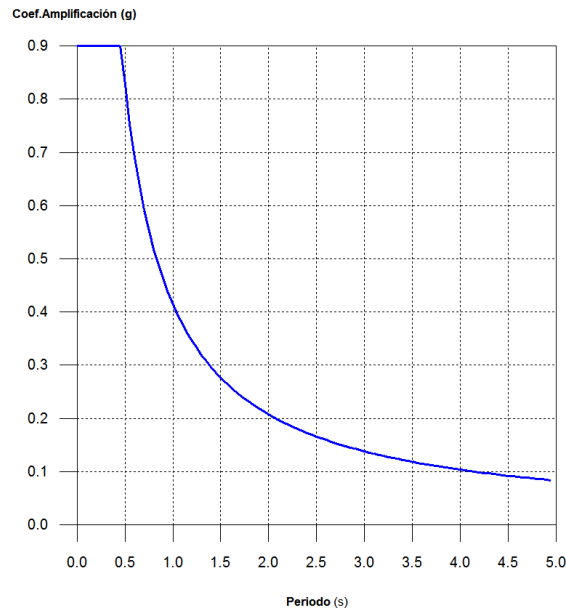
<b>Tabla 24:</b> Factores para la estabilidad global.	
Sismo X	1.30
Sismo Y	1.30

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016

Número de hipótesis gravitatorias: 3

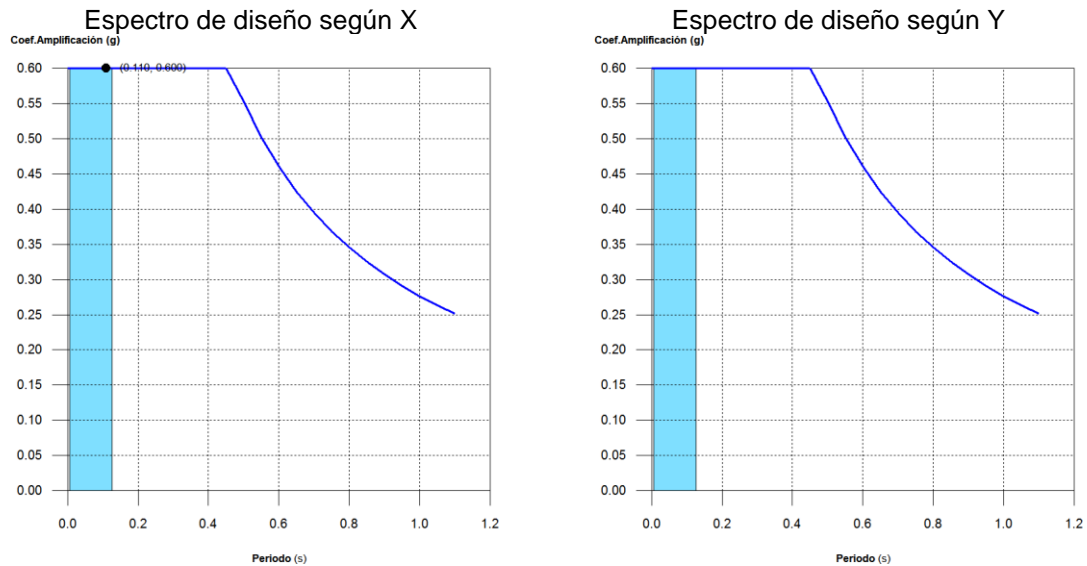
Número de hipótesis con análisis dinámico: 2

Número de modos analizados en segundo orden: 2



**Figura 32.** Espectro elástico de aceleraciones para el módulo de locales.  
Fuente: Memoria de cálculo, segundo periodo de 2016, dato de Cype 3D.

El valor máximo en las ordenadas espectrales es de  $0.9g$ .



**Figura 33.** Representación de los periodos modales en el módulo de locales.  
Fuente: Memoria de cálculo, segundo periodo de 2016, dato de Cype 3D.

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa

Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 3	0.110	0.600

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016

Para el diseño de la losa de los tanques de almacenamiento en el módulo de batería sanitaria, se tiene en cuenta un modelo de losa simplemente apoyada, con una longitud de 1.53m, espesor de 0.12m.

<i>Carga Muerta</i>	<i>Peso propio :</i>	2.88 KN/m <sup>2</sup>
	<i>Tanque :</i>	2.08 KN/m <sup>2</sup>
<i>Carga Viva :</i>		0.50 KN/m <sup>2</sup>

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016.

Carga muerta	: 1.2 * 4.96 =	5.95 KN/m <sup>2</sup>
Carga viva	: 1.6 * 0.50 =	0.80 KN/m <sup>2</sup>
Total cargas mayoradas		= 6.75 KN/m <sup>2</sup>

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016.

El diseño de la cimentación se consideró de forma continua, vigas en forma de L, con un esfuerzo admisible del suelo de 10 Ton/m<sup>2</sup>.

Las correas de la cubierta en los dos módulos, se diseñaron en el programa Arquimet considerando perfiles en C de 160x60x20x1.5mm.

Las columnetas se diseñan teniendo en cuenta datos de altura, longitud y espesor del muro y distintos parámetros que ayudaran a la determinación del momento y el cortante último.

<i>Altura muro, (m)</i>	2.500
<i>Altura del piso más alto, (m)</i>	2.500
<i>Longitud, (m)</i>	2.880
<i>Espesor, (m)</i>	0.120
<i>Ancho columneta b, (m)</i>	0.250
<i>Factor de reduccion vacios</i>	1.000
<i>Rp (A. 9.4.9)</i>	1.500
<i>Coeficiente Ap (Tabla A. 9.5 – 1)</i>	2.500
<i>Coeficiente A<sub>α</sub> (NSR – 10, A. 2.2)</i>	0.300

<i>Coficiente Fa (Figura A.2.4 – 1)</i>	1.200
<i>Importancia (Tabla A.2.5 – 1)</i>	1.000
<i>Valor de Sa (análisis modal)</i>	0.900
<i>Densidad de mampostería (KN/m3)</i>	18.000
<i>Resistencia a compresión de mampostería sobre área neta (<math>f'_{cu}</math>, Mpa)</i>	15.000
<i>Altura de la unidad de mampostería (h, mm)</i>	100.000
<i>Factor corrección de absorción unidad (kp)</i>	0.800
<i>Resistencia a la compresión del mortero de pega (<math>f'_{cp}</math>, Mpa)</i>	12.500
<i>Parámetro para determinar <math>f'm</math> (<math>R_m</math>, MPa)</i>	9.333
<i>Resistencia a la compresión de la mampostería (<math>f'm</math>, Mpa)</i>	7.500
<i>Carga axial mayorada (<math>P_u</math>, KN)</i>	18.662
<i>Área efectiva de la sección (<math>A_e</math>, mm<sup>2</sup>)</i>	345600.000
<i>Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (<math>A_{mv}</math>, mm)</i>	345600.000
<i>Longitud mínima entre columnetas (m)</i>	1.500
<i>Fy (MPa)</i>	420

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016.

<i>As (Sa en la meseta) (A.2.6 – 3)</i>	0.900
<i>Altura equivalente del sistema, <math>h_{eq}</math> (A,3,6 – 3)</i>	1.875
<i>Aceleración en el punto de soporte del elemento, <math>a_x</math></i>	1.200
<i>Masa del elemento no estructural, KN</i>	15.552
<i>Fuerza sismica de diseño (<math>F_p</math>) (A.9.4 – 1), KN</i>	31.104
<i>Momento ultimo, <math>M_u</math> (KN – m)</i>	77.760
<i>Cortante ultimo, <math>V_u</math> (KN)</i>	41.368

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016.

<i>Cantidad</i>	<i>Varillas #</i>	<i>As (mm2)</i>	<i>T (KN)</i>
4	3	299,237	75,408
Momento último, <i>Mu (KN – m)</i>		77,76	
Momento resistente <i>(KN – m)</i>		113,111	<b>CHEQUEA</b>

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016.

**Tabla 31: Chequeo de cortante módulo de locales**

Cortante ultimo ( $V_u, KN$ )	41.368	
Resistencia del muro a cortante ( $\phi V_n, KN$ )	94.646	<b>CHEQUEA</b>

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016

**Tabla 32: Datos de entrada modulo bateria sanitaria**

Altura muro, (m)	2.500
Altura del piso más alto, (m)	2.500
Longitud, (m)	4.100
Espesor, (m)	0.120
Ancho columneta b, (m)	0.250
Factor de reduccion vacios	1.000
$R_p$ (A. 9.4.9)	1.500
Coficiente $A_p$ (Tabla A. 9.5 – 1)	2.500
Coficiente $A_a$ (NSR – 10, A. 2.2)	0.300
Coficiente $F_a$ (Figura A. 2.4 – 1)	1.200
Importancia (Tabla A. 2.5 – 1)	1.000
Valor de $S_a$ (análisis modal)	0.900
Densidad de mampostería (KN/m <sup>3</sup> )	18.000
Resistencia a compresión de mampostería sobre área neta ( $f'_{cu}, Mpa$ )	15.000
Altura de la unidad de mampostería (h, mm)	100.000
Factor corrección de absorción unidad (kp)	0.800
Resistencia a la compresión del mortero de pega ( $f'_{cp}, Mpa$ )	12.500
Parámetro para determinar $f'_m$ ( $R_m, MPa$ )	9.333
Resistencia a la compresión de la mampostería ( $f'_m, Mpa$ )	7.500
Carga axial mayorada ( $P_u, KN$ )	26.568
Área efectiva de la sección ( $A_e, mm^2$ )	492000.000
Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes ( $A_{mv}, mm$ )	492000.000
Longitud mínima entre columnetas (m)	1.500
$F_y$ (MPa)	420

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016

**Tabla 33: Calculos de bateria sanitaria**

$A_s$ ( $S_a$ en la meseta) (A. 2.6 – 3)	0.900
Altura equivalente del sistema, $h_{eq}$ (A, 3,6 – 3)	1.875
Aceleración en el punto de soporte del elemento, $a_x$	1.200
Masa del elemento no estructural, KN	22.140



Fuerza sísmica de diseño ( $F_p$ ) (A.9.4 – 1), KN	44.280
Momento último, $M_u$ (KN – m)	110.700
Cortante último, $V_u$ (KN)	58.892

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016

<b>Tabla 34: Chequeo de momento de batería sanitaria</b>			
Cantidad	Varillas #	$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	$T$ (KN)
4	3	299,237	75,408
Momento último, $M_u$ (KN – m)		110,70	<b>CHEQUEA</b>
Momento resistente (KN – m)		113,111	

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016

<b>Tabla 35: Chequeo de cortante batería sanitaria</b>		
Cortante último ( $V_u$ , KN)	58,892	<b>CHEQUEA</b>
Resistencia del muro a cortante ( $\phi V_n$ , KN)	134,740	

Fuente: Memoria de cálculo del diseño, segundo periodo de 2016

---

## 6. EXPERIENCIA ADQUIRIDA

La pasantía comprende como todo proceso etapas que le otorgan al pasante la posibilidad de adquirir experiencia en el campo laboral, para este caso en métodos de diseño estructural, en los que las habilidades de análisis mejoraron con los distintos proyectos.

Con lo efectuado las primeras semanas apoyando con la culminación de distintos trabajos, se ayuda para que se conozca los procesos de cómo se lleva a cabo un proyecto, los archivos que se deben revisar y con los cuales se debe contar para el debido proceso.

En cada proyecto que se desarrolló, se evidencia la necesidad del manejo de AutoCAD y el conocimiento de varios aspectos que no se conocían, como el manejo de los elementos no estructurales, mampostería confinada y mampostería parcialmente reforzada, así como el título de protección contra el fuego que significo una investigación de los diferentes grupos de ocupación y de las diferentes condiciones que deben cumplir dependiendo de los subgrupos pertenecientes a los grupos de ocupación. El diseño del programa de “Resistencia contra el fuego” determina que el código NSR-10, no solo está pendiente de la parte del diseño, sino también de las implicaciones que la concepción de cada uno de estos contiene, porque surge la preocupación a futuro del riesgo que puede afectar la vida humana, así que conocer el Título J y el título K de la NSR-10 se convierte en parte fundamental para el desarrollo del programa.

El programa de “Resistencia contra el fuego” se desarrolla en Matlab, para lo cual se requirió de investigación en la plataforma de éste, videos instructivos y constantes pruebas y error, para lograr que se genere el documento, confirmando las condiciones que se han tenido en cuenta en el diseño.

El desarrollo de la tabla de cálculo de “elementos no estructurales” ayuda al análisis de estos elementos para que cumplan con los requisitos exigidos por las curadurías, para garantizar la seguridad de la estructura, aunque el análisis solo se lleva a cabo para unidades de mampostería macizas, se deja espacio para que se siga trabajando en el desarrollo de esta hoja de cálculo considerándose los casos en los que la mampostería tiene perforaciones.

Con los proyectos de la batería sanitaria de Cumbal - Nariño y los módulos del Parque Longitudinal en Tarqui – Huila, se pudo conocer más el manejo de la

---

mampostería estructural parcialmente reforzada, se aprendió a manejar programas del PhD. Juan Manuel Mosquera, se puso en práctica temas como chequeo de derivas, cortante, diseño de vigas, losas, las cubiertas se diseñaron empleando el programa Arquimet, para poder determinar los perfiles de las correas a usar; también se aprendió a modelar estructuras metálicas en Cype 3D, chequeando compresión y flexión de los elementos.

El proyecto de la bodega de Decormuebles en Santander de Quilichao, dio la oportunidad de aprender a manejar CypeCad, además de poder poner en práctica lo aprendido en clase y tomar decisiones que favorezcan al diseño sin afectar demasiado el modelo arquitectónico.

Aunque el manejo de los programas fue un proceso muy valioso y productivo para el pasante, es de considerar que lo que más enriquece esta etapa, es el hecho de poder afianzar los conceptos, de lograr formarse un criterio con el cual afrontar situaciones reales además del buen manejo en una empresa de diseño estructural, el papeleo, las cartas de responsabilidad, los documentos que se deben entregar.

---

## 7. ANÁLISIS DE LOGRO DE LOS OBJETIVOS

El desarrollo de la pasantía nos lleva a que los conocimientos que a se han adquirido, se han puestos en práctica de modo que se afianzan y se obtiene la capacidad de pensar en favor del proyecto, para que las soluciones a aplicarse sean efectivas y viables.

Revisar de manera continua distintas bibliografías y sobretodo la NSR-10, aporta ideas para tener en cuenta en los distintos proyectos que van llegando, así se va creando un modelo a seguir con los trabajos, para que sean bien analizados, entonces la interpretación de planos y estudios será más efectiva en el momento de detectar errores, de analizar la composición completa de la estructura, respetando los espacios planteados en el diseño arquitectónico, para que justamente se identifique si hay datos que falten, de modo que terminado y entregado en curaduría la revisión presentará mínimos o nada de errores porqué se ha planteado y llevado a cabo la edificación de forma coherente y completa.

El equipo de trabajo con el que se participa, fue de gran ayuda, porque cada persona tenía distintas habilidades, lo que hacía que la interacción se hiciera frecuente y educativa para el pasante.

Fue de mucha ayuda la asesoría del Ingeniero Carlos Ariel Hurtado y de la Ingeniera Yessica Menza, puesto que su criterio es mucho más amplio que el del pasante y ayuda a concretar y aclarar las dudas que surgieron durante el desarrollo de cada día.

Se efectúa una pasantía participativa porque a partir de distintas dudas, se pudo crear programas y hojas de cálculo que ayudan al diseño y concepción de temas como los elementos no estructurales, muros de contención y análisis de protección contra el fuego, que son aportes importantes tanto para la pasantía como para la empresa.

---

## 8. CONCLUSIONES

El desarrollo de la pasantía otorgó la capacidad de aprender a abstraer información y concebir un proyecto, utilizando los distintos programas que facilitan el proceso de diseño estructural, sin dejar de lado los conocimientos y el criterio propio, que se hizo más confiable a medida que se enfrentó a diferentes situaciones que afectaban el diseño y la vida útil de una estructura.

A partir de esta experiencia se aprendió a analizar la estructura en todos sus aspectos, se precisó que es conveniente se dé estudio a los planos del diseño arquitectónico para irse formando una idea de lo que ellos quieren representar y así identificar errores o incongruencias que puedan alterar el buen desarrollo del diseño estructural.

Es necesario que cada proyecto que se vaya a desarrollar cuente con el estudio de suelos; este estudio da varias de las bases que son fundamentales para el desarrollo del diseño y su posterior justificación frente al ente encargado, aunque existen casos en los que un estudio detallado no es necesario, es conveniente que se respalde con buenos procedimientos que entreguen datos del tipo de suelo, parámetros sísmicos, nivel de desplante y capacidad portante del suelo.

Es conveniente que en cada proceso que se lleve a cabo, se establezca un orden en el trabajo, para que así, se marquen tiempos que hagan que el trabajo sea productivo, eficiente y que otorgue buenos resultados.

Antes que cualquier cosa, es importante estudiar las distintas bibliografías y fuentes, porque una vez se conoce bien el tema a trabajar, se puede desarrollar las ideas para poder implementarlas.

Durante el proceso se desarrolló la tabla de cálculo para la verificación de muros no estructurales interiores, dándole al pasante la oportunidad de conocer sobre estos elementos que forman parte de la estructura y que requieren de un análisis que los involucre como parte de la edificación, además de tener en cuenta las fuerzas que posiblemente los puedan afectar.

---

Para llevar a cabo el diseño de un programa, no solo se debe tener información sobre lo que se quiere de este y de las diferentes variables que intervienen, sino también sobre la plataforma en la que se lo va a desarrollar y la codificación a usar.

El programa de “Resistencia contra el fuego”, desarrollado en la interfaz de Matlab, otorgó una herramienta de fácil manejo, que sirvió para generar un documento en el cual se consigna que se está cumpliendo con las condiciones solicitadas por las edificaciones, según su grupo de ocupación lo requiera.

## 9. BIBLIOGRAFÍA


- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Título A-9, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Colombia, 2010.
- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Título D, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Colombia, 2010.
- Garcia, Afanador; PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS MACIZOS CERÁMICOS PARA MAMPOSTERÍA (2012). <http://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/248/1886>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (NTC)., (2000). Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos (NTC 4205). 1ra actualización. Bogotá.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (NTC)., (2004). Concretos, Especificaciones del mortero para unidades de mampostería (NTC 3329). 2da actualización. Bogotá.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (NTC)., (2002). Concretos, Morteros de inyección (Grouts) para mampostería (NTC 4048). 1ra actualización. Bogotá.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (NTC)., (2003). Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de muretes de mampostería (NTC 3495). 1ra actualización. Bogotá.
- Morales Galoc, Miguel Ángel; LADRILLOS, TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN - 17 de mayo 2012. [http://es.slideshare.net/Lonely\\_xp/ladrillos-en-la-construccin](http://es.slideshare.net/Lonely_xp/ladrillos-en-la-construccin)
- Ingenieros Estructurales, Luis Gonzalo Mejía & Cía. NSR-98 PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO \_MARZO\_2011; [http://www.lgm.com.co/publicaciones/Publicaciones%20NSR-98%20PROTECCION%20CONTRA%20EL%20FUEGO\\_MARZO\\_2011.pdf](http://www.lgm.com.co/publicaciones/Publicaciones%20NSR-98%20PROTECCION%20CONTRA%20EL%20FUEGO_MARZO_2011.pdf)
- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Títulos F y K, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Colombia, 2010.

- 
- The MathWorks. Inc. (1994-2017), United States, Matlab R2016a;  
<https://www.mathworks.com/help/index.html>
  - ICONTEC, Consejo Colombiano de Seguridad. NORMA TÉCNICA  
COLOMBIANA NTC-1486 Colombia 2008




## 10. ANEXOS

- ANEXO 1: Formato que entrego el programa en el ejemplo de aplicación.



**Ingeniería Estructural Colombia S.A.S**  
Carrera 7ª N° 17N-66. Tel:3164440058  
hycingenieriasas@gmail.com



Universidad  
del Cauca

---

**TITULO J: RESISTENCIA CONTRA EL FUEGO (NSR-10).**

**PROYECTO:.**

**GRUPO DE OCUPACIÓN :ALMACENAMIENTO. - Subgrupo A-1**  
**Categoría I**

- Se debe disponer de protección para las instalaciones electricas, cumpliendo con el codigo RETIE y la NTC 2050. (J.2.2)
- El diseño arquitectonico debe garantizar que se han tenido en cuenta los numerales J.2.3, J.2.4, J.2.5.1.7, J.2.5.1.8, J.2.5.1.9, J.2.5.2
- Los muros de cerramiento cumplen con las dimensiones minimas para resistencia al fuego de 2 horas (J.3.4-3, J.3.5-2, J.3.5.7 ó 8)
- Las escaleras cumplen con resistencia al fuego de 1 1/2 Horas (J.3.4-3)
- Vigas, Viguetas y losas son diseñadas teniendo en cuenta las dimensiones que garantizan resistencia al fuego de 2 horas. (J.3.4-3, J.3.5-2, J.3.5-3, J.3.5-5)
- Columnas y muros portantes estan diseñados teniendo en cuenta las dimensiones minimas para resistencia al fuego de 2 Horas. (J.3.4-3, J.3.5-1, J.3.5-2, J.3.5-7 o 8)
- La estructura metalica cumple para resistencia al fuego de 2 horas. (J.3.4-3, J.3.5.4)
- Los muros divisorios entre unidades y los muros no portantes se diseñan considerando las dimensiones que garanticen resistencia al fuego de 2 horas y 1/2 de hora respectivamente. (J.3.4-3, J.3.5-7 o 8)
- Los sistemas de extincion y detección deben ser sometidos a mantenimiento periodicamente para garantizar su funcionamiento. (J.4.3)
- Disponer de tomas fijas para mangueras de extinción de incendios diseñadas de acuerdo a NTC 1669 y NFPA 14. (J.4.3.1.2)
- Los extintores portatiles que se dispongan deben seguir los lineamientos de NTC 2885 y NFPA 10. (J.4.3.1.3)

---

**Desarrolladora:**  
**NAYZA SOFIA ORDOÑEZ VILLOTA**

VERSIÓN DICIEMBRE, 2016