



UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA SEDE HEREDIA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Licenciatura en Ingeniería Civil

Proyecto de Graduación

**DISEÑO DEL EDIFICIO DE OPERACIONES DE LA PLANTA
POTABILIZADORA DE EL ALTO DE GUADALUPE**

Geovanny Sánchez Quesada

Heredia, setiembre 2017



**UNIVERSIDAD LATINA
DE COSTA RICA**
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: "DISEÑO DEL EDIFICIO DE OPERACIONES DE LA PLANTA POTABILIZADORA DEL ALTO DE GUADALUPE.", fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

ING. DANIEL FIGUEROA ARIAS

TUTOR

ING. OLMAN ELIZONDO ESQUIVEL

LECTOR

ING. ERICK GUSTAVO CRUZ PADILLA

REPRESENTANTE DE RECTORÍA

COMITÉ ASESOR

ING. DANIEL FIGUEROA ARIAS

TUTOR

ING. OLMAN ELIZONDO ESQUIVEL

LECTOR

ING. ERICK GUSTAVO CRUZ PADILLA

REPRESENTANTE DE RECTORÍA

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR TUTOR DEL
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Heredia, 11 de setiembre, de 2017

Sres.
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad Proyecto de Graduación bajo el título Diseño del edificio de operaciones de la planta potabilizadora del Alto de Guadalupe por parte del estudiante: Geovanny Sánchez Quesada, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Daniel Figueroa Arias

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR LECTOR DEL
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Heredia, 11 de setiembre, de 2017

Sres.
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad Proyecto de Graduación bajo el título Diseño del edificio de operaciones de la planta potabilizadora del Alto de Guadalupe por parte del estudiante: Geovanny Sánchez Quesada, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Olman Elizondo Esquivel



M. L. Vilma Isabel Sánchez Castro
Bachiller y Licenciada en Filología Española. U.C.R.
Inscripción tributaria #4651004651477

A QUIEN INTERESE

Yo, Vilma Isabel Sánchez Castro, Máster en Literatura Latinoamericana, Bachiller y Licenciada en Filología Española, de la Universidad de Costa Rica; con cédula de identidad 6-054-080; inscrita en el Colegio de Licenciados y Profesores, con el carné N° 003671, hago constar que he revisado el trabajo de investigación, revisado y aprobado por el tutor (a). Y he corregido en él los errores encontrados en ortografía, redacción, gramática y sintaxis. El cual se intitula

DISEÑO DEL EDIFICIO DE OPERACIONES DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE EL ALTO DE GUADALUPE

GEOVANNY SÁNCHEZ QUESADA

**UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA SEDE HEREDIA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

Se extiende la presente certificación a solicitud del interesado, en la ciudad de San José a los diecisiete días del mes de setiembre de dos mil diecisiete. La filóloga no se hace responsable de los cambios que se le introduzcan al trabajo posterior a su

revisión.

Vilma Isabel Sánchez

Teléfono 2227-8513. Cel. 8994-7693
www.compuartecr.com –vilma_sanchez@hotmail.com



“Carta Autorización del autor(es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Geovanny Sánchez Quesada

De la Carrera / Programa: Ingeniería Civil

autor (es) del (de la) (Indique tipo de trabajo): Proyecto de Graduacion
titulado:

DISEÑO DEL EDIFICIO DE OPERACIONES DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE EL ALTO DE
GUADALUPE

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página web institucional, así como medios electrónicos en general, internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos dentro o fuera de la Red Laureate, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de esta.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) 27 del mes setiembre del año 2017 a las 5 pm. Asimismo declaro bajo fe de juramento, conociendo las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio: que soy el autor(a) del presente trabajo final de graduación, que el contenido de dicho trabajo es obra original del (la) suscrito(a) y de la veracidad de los datos incluidos en el documento. Eximo a la Universidad Latina; así como al Tutor y Lector que han revisado el presente, por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo, de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores Según orden de mención al inicio de ésta carta:

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a Dios por permitirme culminar un ciclo más de mi vida, agradezco todo el esfuerzo y apoyo que me han brindado mis padres, en el transcurso de todos estos años, ha sido un camino largo y duro, pero sin su apoyo no lo hubiese logrado.

Sumamente agradecido con todas las personas que me han estado apoyando, en especial al Ing. Douglas Alfaro, quien me brindó ayuda valiosa para realizar este proyecto, a mi novia que ha estado presente en cada momento ayudándome, a mi tutor y lector que sacaron de su tiempo para poder atenderme.

DEDICATORIA

El presente documento está dedicado a mis padres que me brindaron todo su esfuerzo y apoyo.

RESUMEN

El presente proyecto de graduación consiste en realizar una propuesta para el diseño y análisis estructural del edificio potabilizador del A y A de El Alto de Guadalupe, para realizarla se tomarán en cuenta todos los factores necesarios, se utilizará el método dinámico para el análisis de la estructura debido a las características atípicas que tiene el edificio con la peculiaridad de tener dos tanques de 7.5 toneladas en el segundo nivel.

Contenido	
Agradecimientos.....	5
Dedicatoria	9
Resumen	10
Lista de tablas	14
Lista de figuras	15
Introducción.....	16
Antecedentes	16
Planteamiento del problema de investigación	17
Objetivos	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos	18
Justificación	19
Alcance y limitaciones.....	19
Alcances	20
Limitaciones.....	20
Capítulo 1. Marco Teórico	21
1.1 Marco Situacional.....	21
1.1.1 Historia del A y A	21
Misión	21
Visión.....	21
1.1.2 Reseña de la planta potabilizadora de El Alto de Guadalupe	22
1.1.3 Proyecto en estudio	22
1.1.3.1 Tipo de estructura.....	23
1.2 Marco teórico conceptual	24
1.2.1 Método Dinámico	24
1.2.2 SAP 2000.....	24
1.2.3 Planta de tratamiento de agua potable	25
1.2.4 Coagulación	25
1.2.5 Sulfato de Aluminio	26
1.2.5 Polímero	27
1.2.6 Carbono activado.....	27

Capítulo 2. Marco Metodológico.....	28
2.1 Enfoque Metodológico y Métodos de Investigación	28
2.1.1 Fases Teóricas	28
2.1.1.1 Fase teórica hidráulica.....	28
2.1.1.2 Fase teórica Estructural.....	28
2.1.2 Fase Práctica	29
2.2 Técnicas e Instrumentos para recolección de datos	30
2.3 Técnicas e Instrumentos para el procesamiento y análisis de datos	31
Capítulo 3. Análisis de los resultados.....	32
3.1 Memorias de cálculo	32
3.1.1 Dimensionamiento de los tanques	32
3.1.2 Diseño de bomba.....	35
3.1.3 Diseño de Tubería	36
3.1.4 Diseño de vigas	37
3.1.4.1 Diseño de viga 15 cm x 45 cm.....	37
3.1.4.2 Diseño de viga de 15 x 40 cm	45
3.1.4.3 Diseño de viga 20 x 40 cm	50
3.1.4.4 Diseño de viga 20 x 50 cm	55
3.1.5 Diseño de Columnas.....	59
3.1.5.1 Diseño de columna de 25cm x 25 cm.....	59
3.1.5.2 Diseño de columna 15 x 40 cm	64
3.1.5.4 Diseño de columna 20 x 40 cm	66
3.1.6 Diseño de la losa de entre piso	68
3.1.7 Diseño de techo	72
3.1.8. Conexión Columna Cercha	77
3.1.9 Diseño de tanque.....	78
3.1.10 Diseño de paredes de mampostería	83
3.1.10 Diseño de Cimientos.....	85
CAPÍTULO 4. PROPUESTA	86
4.1 Distribución arquitectónica de la primera planta.	86
4.2 Distribución arquitectónica segundo nivel	87
4.3 Plata de cimientos.....	88

4.4 Planta de entre piso y viga corona primer nivel.....	89
4.5 Viga de amarre segundo nivel	90
4.6 Vista de los tanques.....	91
4.7 Detalle estructural del tanque	92
4.8 Distribucion de columnas primer nivel.....	93
4.9 Distribución de columnas segundo nivel	94
4.10 Distribución de aros columnas	95
4.11 Detalle de columna	96
4.12 Detalle de aros de viga	97
4.13 Detalle de vigas.....	99
4.14 Planta estructural de techo primer nivel	100
4.15 Planta estructural de techo primer nivel	101

Lista de tablas

<i>Tabla 1 Consumo de la planta</i>	32
<i>Tabla 2 Diseño de viga</i>	45
<i>Tabla 3 Diseño de viga de 15 x 40 cm</i>	46
<i>Tabla 4 Diseño de cortante viga 15 x 40</i>	49
<i>Tabla 5 Diseño de viga 20 x 40 cm</i>	50
<i>Tabla 6 Diseño de viga 20 x 40 cm</i>	51
<i>Tabla 7 Diseño cortante</i>	54
<i>Tabla 8 Diseño de viga 20 x 50 cm</i>	55
<i>Tabla 9Diseño de viga 20 x 50 cm</i>	56
<i>Tabla 10 Momento max</i>	57
<i>Tabla 11 Diseño por cortante Viga 20 x 50</i>	58
<i>Tabla 12Deformaciones Unitarias</i>	60
<i>Tabla 13Fuerzas en el Acero</i>	61
<i>Tabla 14 Ordenadas para Grafico</i>	62

Lista de figuras

<i>Ilustración 1 Esquematización de polímero</i>	26
<i>Ilustración 2 Planta de tanques .</i>	34
<i>Ilustración 3 Momento max de Diseño</i>	43
<i>Ilustración 4 Momento min de Diseño</i>	44
<i>Ilustración 5 Momento max de Diseño</i>	47
<i>Ilustración 6 Momento mim de Diseño</i>	48
<i>Ilustración 7 Momento max</i>	52
<i>Ilustración 8 Momento min</i>	53
<i>Ilustración 9 Datos de Columna</i>	59
<i>Ilustración 10 Diagrama de interacción</i>	63
<i>Ilustración 11 Datos y Deformaciones</i>	64
<i>Ilustración 12 Fuerzas, Ordenadas y Diagramas</i>	65
<i>Ilustración 13 Datos y Deformaciones</i>	66
<i>Ilustración 14 Fuerzas Ordenadas Diagrama</i>	67
<i>Ilustración 15 Momento max M22</i>	70
<i>Ilustración 16 Momento max en M11</i>	71
<i>Ilustración 17 Esquemas de Diseño</i>	73
<i>Ilustración 18 Mmax en M22</i>	79
<i>Ilustración 19 Momento max para M11</i>	80
<i>Ilustración 20 M22 Max Fuente</i>	81
<i>Ilustración 21 Diseño en mampostería</i>	83
<i>Ilustración 22 Diseño en mampostería</i>	84

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El propósito de este proyecto de graduación es realizar el diseño hidráulico y estructural del edificio de operaciones de la planta potabilizadora de El Alto de Guadalupe, los motivos del diseño de dicho edificio son, que no cuenta con una infraestructura que puede satisfacer todas las necesidades requeridas.

Al ser una planta sumamente antigua, construida alrededor de la década de 1950, comenzó siendo de filtración rápida, con un caudal de 180 litros/segundo, la cual contaba con un edificio donde podían albergar de una manera eficiente los procesos potabilizadores, al transcurrir el tiempo, la demanda de agua se fue elevando a tal punto que tuvieron que modernizar las instalaciones para convertirse en una planta potabilizadora de uso mixto con un caudal de 300 litros/segundo, al aumentar el caudal de trabajo a casi el doble, el edificio utilizado para los procesos dosificadores no dio abasto, esto provocó que los procesos se distribuyeran de una forma inapropiada por la planta, al estar tan alejados del canal Parshall, género varios problemas como la obstrucción de las tuberías por donde se trasiegan las sustancias, pérdidas de caudal por la distancia y fugas. Por los tanto, al tener dichos problemas, se genera la iniciativa de demoler el edificio actual y construir otro dónde se puedan almacenar el sulfato de aluminio, carbón activado y polímero.

Para el diseño del edificio se tomó en cuenta el diseño y distribución del edificio dosificador de la planta de Tres Ríos, la cual sirve de base para generar un diseño óptimo.

Planteamiento del problema de investigación

El problema yace en la distribución inapropiada de los sistemas dosificadores, al tener que recorrer distancias muy largas, genera más gastos en energía por la utilización de bombas para suministrar las cantidades necesarias al canal Parshall, de igual manera, la tubería está siendo forzada, lo cual requiere de un rediseño y una configuración diferente que permita un mejor mantenimiento debido a que las tuberías, en su mayoría, están enterradas, lo que dificulta saber donde existen fugas, para poder trabajar de la forma adecuada.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar el edificio de operaciones de la planta potabilizadora de El Alto de Guadalupe, para que sea capaz de albergar los tres sistemas primordiales en la potabilización del agua suministrada.

Objetivos específicos

- Realizar una propuesta de sistemas hidráulicos acorde con los procesos de potabilización.
- Realizar una distribución arquitectónica de los sistemas y áreas comunes que albergue la edificación.
- Elaborar el análisis dinámico de un edificio en mampostería, utilizando cálculos estructurales.

JUSTIFICACIÓN

Se planea, con el propósito de investigar la problemática más a fondo, verificar los datos relevantes del edificio pasado para realizar un nuevo diseño que posea los tres procesos de dosificación: sulfato de aluminio, polímero, carbono del agua con el fin de satisfacer la primera etapa de los procesos de potabilización, de esta manera se concibe realizar una mejora al mal estado de la infraestructura y la mala distribución de los sistemas.

Con el diseño de este edificio se pretende eliminar todas las fallas actuales en las tuberías, como lo son la obstrucción y el mal dimensionamiento de la tubería, lo que ha generado una cantidad de fallas y atrasos a los procesos dosificadores, con estas medidas se quiere evitar el contacto mínimo del personal de la planta con respecto a la manipulación del sulfato, ya que es nocivo para la salud, así las salas comunes de los encargados del edificio se mantendrán bien aisladas de los químicos.

Alcance y limitaciones

El propósito del presente proyecto es la realización del diseño estructural e hidráulico de un edificio para la planta potabilizadora de El Alto de Guadalupe, el cual pueda satisfacer todas las necesidades para los procesos potabilizadores que se encuentren involucrados y sustentar las necesidades básicas de las personas encargadas del edificio.

Alcances

- Análisis dinámico de un edificio en mampostería, utilizando programas de modelaje estructural y cálculo estructural.
- Diseño estructural de todos los componentes del edificio, basándose en las normativas actuales.
- Diseño y dimensionamiento de los sistemas hidráulicos serán acorde con las demandas del A y A.

Limitaciones

- Los parámetros de diseño se circunscribirán a los que están disponibles en A y A.
- La propuesta de sistemas hidráulicos deberá cumplir con lo normado por la empresa A y A.
- El espacio destinado para la construcción del edificio es alrededor de 75m², por lo cual, se debe de optimizar al máximo el espacio para no afectar otros sistemas o tuberías que pasan alrededor de la edificación.
- No se cuenta con un estudio de suelos para el diseño de la cimentación.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 Marco situacional

1.1.1 Historia del A y A

El Gobierno de Mario Echandi Jiménez fue el encargado de crear el A y A con el objeto de dirigir, fijar políticas, establecer y aplicar normas, realizar y promover el planeamiento, financiamiento y desarrollo, y resolver todo lo relacionado con el suministro de agua potable, recolección y evacuación de aguas negras y residuos industriales líquidos, lo mismo que el aspecto normativo de los sistemas de alcantarillado pluvial en las áreas urbanas; para todo el territorio nacional se crea el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados como institución autónoma del Estado, todo esto por la simple razón de que no existía una entidad que pudiera regular los suministros y garantizar la potabilidad del agua, lo cual estaba generando un gran problema, al igual, el tema de las tomas ilegales al no haber una entidad encargada de auditar las entidades encargadas de suministrar el agua.

Misión

“Normar y garantizar los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y tratamiento, según los requerimientos de la sociedad y de nuestros clientes, contribuyendo al desarrollo económico y social del país”.

Visión

“Ser la empresa pública líder en agua potable y saneamiento comprometida con la excelencia en el servicio al cliente, para brindar calidad de vida a la sociedad costarricense en armonía con el ambiente”.

1.1.2 Reseña de la planta potabilizadora de El Alto de Guadalupe

La planta potabilizadora de El Alto de Guadalupe, actualmente se encuentra ubicada a un kilómetro al norte de la Clínica Jerusalén, es abastecida por los siguientes ríos: “La Onda 1”, “La Onda 2”, “La Lupe” y “Durazno” y a la vez, por la planta potabilizadora de Tres Ríos, la cual le dota de 300 a 400 l/s de agua, actualmente cuentan con un déficit en sus sistemas de dosificación que son los siguientes: sulfato de aluminio, polímero y carbono, los cuales son utilizados en los primeros procesos de potabilización del agua, por lo cual se tiene esta propuesta de proyecto de graduación que va a permitir brindarle una solución con el diseño hidráulico y estructural de dicho edificio.

1.1.3 Proyecto en estudio

La planta potabilizadora de El Alto de Guadalupe está ubicada en el lugar del mismo nombre, a un kilómetro al norte de la Clínica Jerusalén.

El edificio está conformado por paredes de mampostería con elementos de borde como vigas y columnas en concreto reforzado, la configuración del techo estará conformada por perfiles de metal propio que existe en el mercado nacional, la cimentación está compuesta de una placa corrida, las cuales serán diseñadas para que cumplan en cualquier tipo de suelo, ya que no se cuenta con un estudio de suelos.

1.1.3.1 Tipo de estructura

El edificio se puede clasificar como una edificación tipo muro, principalmente de mampostería integral, lo que permite que todos los elementos de la estructura se puedan comportar como un sistema sismo-resistente, a su vez, se propone el diseño de elementos de concreto reforzado que sean necesarios para generar una transmisión de carga adecuada hasta la cimentaciones y poder simular en el programa SAP 2000 los más realista posible, los cuales pueden ser columnas, vigas de entrepiso, vigas corona, losas de entrepiso y placas corridas.

Para un diseño de los tanques que almacene las sustancias dosificadoras, se realizará con base en el ACI 350, en el cual se tiene una guía de diseño para diferentes escenarios cuando se ocupa un tanque de concreto reforzado.

1.2 Marco teórico conceptual

1.2.1 Método dinámico

“El código sísmico define como método dinámico al método descrito en los textos de dinámica de estructuras como el método de superposición modal espectral. Se supone un comportamiento elástico y lineal de la estructura y se calculan sus modos de oscilación y sus correspondientes períodos. Seguidamente, para aprovechar las propiedades de ortogonalidad de los modos de oscilación con respecto a la masa y a la rigidez de la estructura, se desacoplan las ecuaciones del movimiento. Con las ecuaciones desacopladas, para cada modo de oscilación j , se calculan los desplazamientos máximos de la estructura durante el sismo y sus correspondientes deformaciones y fuerzas internas, utilizando el coeficiente sísmico C_j asociado al período de oscilación T_j . Finalmente se combinan los valores máximos obtenidos para cada modo de oscilación para obtener una estimación probabilística de la respuesta máxima de cada parámetro de interés de la estructura.” (CFIA, 2010, p7/7)

En pocas palabras, este método lo que genera es un aproximado que permite obtener valores máximos de los desplazamientos y fuerzas en un análisis lineal elástico.

1.2.2 SAP 2000

SAP 2000 es un programa especializado en diseño estructural, el cual se basa en el método finito de elementos, cuenta con una interfaz gráfica amigable con el usuario, permite realizar modelos tan simples como complejos en 2D y 3D, una de sus características es su manejo práctico y eficaz a la hora de procesar todos los cálculos necesarios, es una herramienta que permite realizar un modelaje, análisis y dimensionamiento de todo tiempo de problemas ingenieriles.

El nombre SAP se genera de sus siglas en ingles de Structural Analysis Program y fue creado por Computer & Structures Inc. de Berkeley, empresa que se dedica desde 1975 a desarrollar software para la ingeniería sísmica, el presidente de la compañía y co-creador es Asharaf Habibillah, ingeniero estructural y desarrollador de software.

1.2.3 Planta de tratamiento de agua potable

Una planta potabilizadora se puede definir como un conjunto de procesos de captación de agua de diversos puntos, llámese estos ríos, para procesarla por diferentes procesos de dosificación que puedan garantizar su consumo.

Existen varios tipos de plantas potabilizadoras, sus diferencias yacen en la forma como procesan el agua, de las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Planta de ciclos completos: en este tipo de planta se puede encontrar, procesos, coagulación, filtración, cloración, sedimentación y estas son las plantas más comunes que se tiene en Costa Rica.
- Plantas de filtración directa, en estas lo que sucede es que el agua pasa directa por un filtro y enseguida a cloración.
- Plantas de filtros lentos, los procesos involucrados son presedimentador, sedimentador, pre-filtros de grava, filtro lento y cloración, este tipo de planta es la que se tiene en estudio.

1.2.4 Coagulación

“Se lleva a cabo generalmente con la adición de sales de aluminio y hierro. Este proceso es resultado de dos fenómenos:

- El primero, esencialmente químico, consiste en las reacciones del coagulante con el agua y la formación de especies hidrolizadas con carga positiva. Este

proceso depende de la concentración del coagulante y el pH final de la mezcla.

- El segundo, fundamentalmente físico, consiste en el transporte de especies hidrolizadas para que hagan contacto con las impurezas del agua.” (Martel, 2004)

1.2.5 Sulfato de aluminio

“Puede estar en forma sólida o líquida. La sólida se presenta en placas compactas, gránulos de diverso tamaño y polvo. Su fórmula teórica es $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$.

Su concentración se define, en general, por su contenido en alúmina, expresada en Al_2O_3 , es decir, 17% aproximadamente. La densidad aparente del sulfato de aluminio en polvo es del orden de 1.000 kg/m^3 .

El contenido en alúmina Al_2O_3 de la forma líquida fluctúa generalmente entre 8 y 8,5%; es decir, 48 a 49% en equivalente polvo o también 630 a 650 g de $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ por litro de solución acuosa.

El sulfato de aluminio es una sal derivada de una base débil (hidróxido de aluminio) y de un ácido fuerte (ácido sulfúrico), por lo que sus soluciones acuosas

Figura 4-13.” (Martel, 2004)

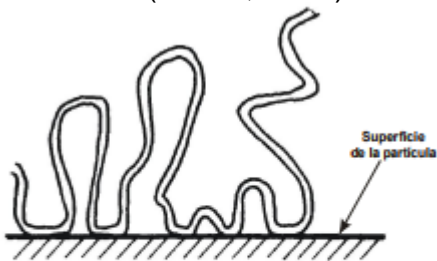


Figura 4-13. Esquematización de polímeros adsorbidos en la superficie de coloides

Ilustración 1 Esquematización de polímero
Fuente Tratamiento de agua para consumo humano

1.2.5 Polímero

El polímero es empleado para ayudar al sulfato de aluminio, con el fin de que pueda generar mayores flóculos.

1.2.6 Carbono activado

El carbono activado es utilizado en la remoción de material inorgánico, como grasas y aceites e incluso, trazas de hidrocarburos, se emplea muy poco debido a las fuentes de donde captan el agua.

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Enfoque metodológico y métodos de investigación

2.1.1 Fases teóricas

2.1.1.1 Fase teórica hidráulica

Se llevará a cabo una recopilación de la información para el estudio de dicho proyecto, por medio de entrevistas con los ingenieros a cargo de la planta, los cuales con su conocimiento y criterio, pueden brindar una idea sobre las demandas requeridas para los diseños hidráulicos y sus necesidades, al igual, se consultarían diversas bibliografías que permitan el entendimiento integral de los sistemas hidráulicos que se requieren.

Se recopilarán bases de datos suministradas por los encargados de la planta, en los cuales se pretende tener una idea más clara de las demandas y caudales que maneja la planta potabilizadora, para que de esta manera, se pueda realizar un diseño óptimo de los sistemas hidráulicos y con base en dichos diseños, poder iniciar con el diseño estructural del edificio.

2.1.1.2 Fase teórica estructural

Esta fase pretende iniciar una vez terminados los diseños hidráulicos, debido a un tema de ubicación en la cual se permite manejar una distribución arquitectónica más eficiente a la hora de colocar los sistemas en la edificación.

El diseño del edificio se elaborará en mampostería, en el cual se realizarán consultas bibliográficas que permitan el entendimiento de este sistema, así como de los métodos de análisis estructural y métodos de modelaje.

2.1.2 Fase práctica

Se realizará un diseño para la capacidad de almacenamiento de las tolvas que vayan de acuerdo con la demanda mínima que requiera la planta, seguido, se elaborará un bosquejo para obtener las capacidades mínimas que requieren los motores agitadores, a continuación, se efectuara el cálculo de la demanda requerida para las bombas de succión y se finalizará con el diseño de la tubería que suministrará el producto final al Parshall para ser dosificado.

Todos estos diseños se basarán en normativas que tenga en A y A, así como manuales de diseño que estén involucrados.

Una vez finalizados los diseños hidráulicos, se podrá proceder con el diseño estructural del edificio, se realizará un pre-dimensionamiento con base en lo establecido en el Código Sísmico de Costa Rica y en las demandas que tenga la edificación como: cargas vivas, cargas muertas y otras especificaciones que sean necesarias, seguido, será modelado en un software estructural (SAP 2000).

Este proceso inicia por definir los ejes y elevaciones de los elementos que compondrán el edificio, se puntualizarán las propiedades mecánicas y geométricas de los materiales, los tipos de elementos estructurales por utilizar, asignación de cargas a la estructura más los modos de oscilación por los cuales se representará el evento sísmico más probable y característico al cual estaría expuesto el sitio.

Al finalizar con el modelaje, se iniciará la fase de análisis de resultados obtenidos por el software. No obstante, se estarán realizando los cálculos correspondientes al método dinámico estipulados en el Código Sísmico de Costa Rica 2010. A partir de las condiciones de esfuerzo y deformación existentes en los elementos estructurales, se ejecutará la fase de diseño, el cual lleva un proceso de cálculos iterativos hasta conseguir diseños de elementos lo suficientemente capaces de resistir dichas condiciones críticas del modelo.

Se finalizará este proyecto con la distribución arquitectónica de todos los sistemas hidráulicos y áreas comunes para obtener aprovechamiento óptimo del espacio.

2.2 Técnicas e Instrumentos para recolección de datos

Respecto a la recolección de datos e información que competan al tema de investigación, se propone utilizar las referencias bibliográficas mencionadas posteriormente sobre técnicas constructivas y de diseño de elementos en mampostería, así como de diseño hidráulico.

Se pretende obtener información por medio de entrevistas con los ingenieros a cargo de la planta y con ingenieros estructurales, que por medio de su conocimiento y criterio, pueden dar una mejor orientación sobre los diseños y demandas.

2.3 Técnicas e Instrumentos para el procesamiento y análisis de datos

Se propone emplear herramientas de diseño estructural de edificaciones y sus elementos como lo es el software SAP 2000 para el procesamiento de los datos. Esto debido a que es un software reconocido a nivel nacional y global por su rápida capacidad. Para el análisis de los datos se utilizarán herramientas conocidas y de fácil acceso como Microsoft Office. Para una interpretación más gráfica, se utilizará el programa AutoCAD, el cual permite generar los planos del edificio.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1 Memorias de cálculo

3.1.1 Dimensionamiento de los tanques

Se realizaron varias reuniones con el ingeniero a cargo para dimensionar los tanques con el fin de poder recolectar los datos necesarios para generar una condición óptima.

Caudal máximo en l/s = 300	Gasto	Modo de preparación para 1m ³ de solución	Volumen de tolvas para el gasto	Recomendación
Gasto de Sulfato de aluminio	1296 kg/d ¹	100 kg de soluto (sulfato de aluminio) y se agrega agua (disolvente) hasta completar 1 m ³ de solución total (sulfato de aluminio + agua) con esta proporción la solución queda en vocabulario de soluciones al 10 % m/v	[1296 kg / 50kg (contenido de un saco)] / (2 cantidad de sacos por metro cubico) = 12,96 m ³ de volumen para disponer de un día de solución preparada	3 tolvas de 5 m ³ = 15 m ³

Tabla 1 Consumo de la planta Fuente Ing. Henry Méndez

Con base en los datos anteriores, se propone diseñar dos tanques de 8 m³ con las siguientes dimensiones de medidas internas largo 2.36 m ancho 1.80 m y alto 1.9 m.

Para el modelar dichos tanques en SAP 2000, se utilizó el manual de diseño sísmico de estructuras contenedoras de líquidos (ACI 350.3-01) y comentarios (350.3R-01)

Dicho manual, en su capítulo 9 sobre modelo dinámico, explica las generalidades para realizar el diseño dinámico de los tanques.

Datos

HL (m)	1.7	WL (kg/m ³)	7221.6
L (m)	2.36	Tw (m)	0.20
L/HL	1.4	Hw (m)	1.9
HL/L	0.7	hw (m)	0.95
F'c (kg/cm ²)	245		

Se calculan las masas equivalentes de aceleración de líquido

$$\frac{Wi}{WL} = \frac{\tanh[0.866(L/HL)]}{[0.866(L/HL)]} = \frac{Wi}{7221.6} = \frac{\tanh[0.866(1.4)]}{[0.866(1.4)]} = 5831.8 \text{ kg el } Wi \text{ se tiene que}$$

dividir entre la gravedad, para generar una aceleración = 594.5 kg*s²/m, después esa aceleración se divide entre la cantidad de nudos que es donde va a ir ubicada en el modelo, se generan 30 nudos, por lo tanto, cada nudo lleva 20 kg*s²/m

$$\frac{Wc}{WL} = 0.264 \left(\frac{L}{HL} \right) \tanh[3.16(L/HL)] = \frac{Wc}{7221.6} = 0.264(1.4) \tanh[3.16(1.4)] = 2591.46$$

kg el Wc se debe dividir entre la gravedad para generar una aceleración = 264.17 kg*s²/m, después esa aceleración se divide entre la cantidad de nudos que es donde va a ir ubicada, en el modelo se generan 40 nudos, por lo tanto, cada nudo lleva 6.60 kg*s²/m

Alturas a centro de gravedad

Para tanques con $\frac{L}{HL} \geq 1.33 = 1.4$, por lo tanto, se está en este caso

Cálculo del Hi

$$\frac{hi}{HL} = 0.375 = \frac{hi}{1.7} = 0.375 = 0.64 \text{ m}$$

Cálculo de hc que sirve para todos los tanques

$$\frac{hc}{HL} = 1 - \left(\frac{\cosh[3.16(HL/L)] - 1}{3.16 \left(\frac{HL}{L} \right) \sinh 3.16 \left(\frac{HL}{L} \right)} \right) = \frac{hc}{1.7} = 1 - \left(\frac{\cosh[3.16(0.7)] - 1}{3.16(0.7) \sinh 3.16(0.7)} \right) = 1.09 \text{ m}$$

Propiedades dinámicas

Las siguientes fórmulas se utilizan para muros de espesor uniforme

$$mw = Hw * \frac{tw}{12} * pc = 1.9 * 0.20 * 2400 = 912 \text{ kg/m}$$

$$mi = \left(\frac{Wi}{WL}\right) * \frac{L}{2} * pl = \left(\frac{5831.8}{7221.6}\right) * \frac{2.36}{2} * 1.7 * 1000 = 1619.94 \text{ kg/m}$$

$$h = \frac{hw*mw+hi*mi}{mw+mi} = \frac{866.4+1031.76}{2531.94} = 0.75 \text{ m}$$

Cálculo de la rigidez de los resortes

$$k = \frac{Ec}{48} * (tw/h)^3 = \frac{3372165.48}{48} * (7.87/29.53)^3 = 1331.88 = 23834.7 \text{ kg/m}$$

Coeficiente de masa efectiva

$$E = 0.0151(L/HL)^2 - 0.1908\left(\frac{L}{HL}\right) + 1.021 \leq 1$$

$$E = 0.0151(1.4)^2 - 0.1908(1.4) + 1.021 = 0.79 \leq 1 \text{ cumple}$$

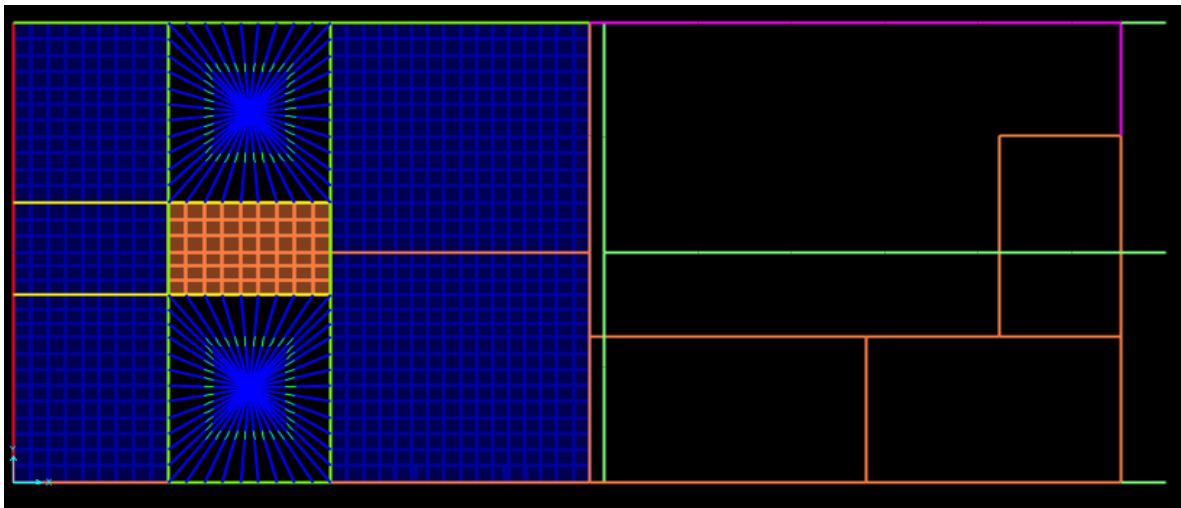


Ilustración 2 Planta de tanques Fuente Geovanny Sanchez Quesada.

3.1.2 Diseño de bomba

Se tiene que tomar en cuenta un factor muy importante para el diseño de dichas bombas, el cual es el sulfato de aluminio, debido a que dicha sustancia es un coagulante que genera muchas partículas.

Según un estudio de jarras realizado, se pudo comprobar que la dosis máxima oscila entre las 75 – 85 ppm (mg/l), para realizar el diseño se tomará un valor intermedio de 80ppm en la planta de Guadalupe, la dosificación usual es del 10%, por lo tanto, la densidad del sulfato de aluminio es de 1.12 g/ml.

Para la concentración del sulfato de aluminio al 10%, se calcula de la siguiente manera:

$$C_2 = \left(\frac{10 \text{ g } Al_2(SO_4)_3}{100 \text{ g sol}} \right) \cdot \left(\frac{1.12 \text{ g sol}}{1 \text{ ml sol}} \right) \cdot \left(\frac{1000 \text{ mg } Al_2(SO_4)_3}{1 \text{ g } Al_2(SO_4)_3} \right) \cdot \left(\frac{1000 \text{ ml sol}}{1 \text{ l sol}} \right)$$
$$C_2 = 112,000.00 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 112,000.00 \text{ ppm}$$

El caudal para el cual se va a diseñar la bomba es de 345l/s

$$Q_2 = \frac{Q_1 * C_1}{C_2} = \frac{345 * 80}{112000} * \left(\frac{3600}{1h} \right) = 887.14 \text{ l/h}$$

Se necesita una bomba de 887.14 l/h, pero no es lo más recomendado que la bomba vaya a trabajar al 100%, lo mejor es optar por una que trabaje a esa cantidad de caudal, pero en su 80%

$$Q_2 = \frac{Q_2}{0.8} = \frac{887.14}{0.8} = 1109 \text{ l/h}$$

3.1.3 Diseño de tubería

Se tomó en cuenta un caudal de 20 l/m para diseñar la tubería.

$$Hf = \frac{10.675 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}} = 2 = \frac{10.675 * 8.30 * 0.00033^{1.85}}{130^{1.85} * D^{4.87}} = 0.016 \text{ m}$$
 esto equivale a un tubo de 3/4", pero por las pérdidas locales, se opta por utilizar uno de 1 1/2", para disminuir y que cumpla con el caudal requerido.

$$Hf = \frac{10.675 * 8.30 * 0.00033^{1.85}}{130^{1.85} * 0.044^{4.87}} = 0.02 \text{ m}$$

Pérdidas Locales

$$Hl = \frac{8 * K * Q^2}{g * \pi^2 * D^4} = \frac{8 * 34.4 * 0.00033^2}{9.81 * \pi^2 * 0.044^4} = 0.08 \text{ m}$$

Sumando ambas pérdidas, dan menor a los 2 metros de caída, por lo tanto, cumple la tubería de 1 1/2 en cédula 26.

3.1.4 Diseño de vigas

3.1.4.1 Diseño de viga 15 cm x 45 cm

Diseño para acero superior

Las fuerzas y momentos fueron obtenidos del programa SAP- 2000

Datos

Mu	110,200 kg-cm	Fy	4200 kg/cm ²
b	15 cm	Fy cortante	4200 kg/cm ²
d	40 cm	Es	2.10x 10 ⁶
H	45 cm	β	0.85 se utiliza este ya q el concreto es menor a 280 kg/cm ²
F'c	245 kg/cm ²	Ecu	0.0030
Θ	0.90		

Para el cálculo de As

$$As = \frac{0.85 * f'c * b * d}{fy} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{Mu}{0.85 * \Theta * f'c * b * d^2} \right)}$$

$$As = \frac{0.85 * 245 * 15 * 40}{4200} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{110,200}{0.85 * 0.90 * 245 * 15 * 40^2} \right)}$$

$$As = 0.74 \text{ cm}^2$$

Se tiene que revisar el refuerzo máximo según código CSCR 2010 8.2.2 que puede llevar la viga, el cual tiene que ser menor a 0.025.

$$P = \frac{As}{b*d} = \frac{0.74}{15*40} = 0.0012 \leq 0.025 \text{ cumple}$$

Se revisa el refuerzo mínimo según el CSCR 2010 8.2.3

$$(14/f_y) * b * d = (14/4200) * 15 * 40 = 2 \text{ cm}^2$$

$$(0.8 * \sqrt{f'_c}/f_y) * b * d = (0.8 * \sqrt{245}/4200) * 15 * 40 = 1.8 \text{ cm}^2$$

Comparación de aceros

As 0.74 cm²

a. 2 cm² Se utiliza el mayor

b. 1.8 cm²

Se propone utilizar dos varillas número 4 en la parte superior, lo que equivale a 2.58 cm² > 2 cm².

Se calcula el pob

$$pob = \frac{ecu * \beta * f'_c}{f_y * (ecu + \frac{f_y}{es})} = \frac{0.0030 * 0.85 * 245}{4200 * (0.0030 + \frac{4200}{2.10 \times 10^6})} = 0.02975$$

Relación de po / pb

$$\frac{2.58/15/40}{0.02975} = 14.4\%$$

Cálculo de a

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2Mu}{0.85 * f'_c * \theta * b}} = 40 - \sqrt{40^2 - \frac{2 * 110200}{0.85 * 245 * 0.90 * 15}} = 0.992$$

$$Es = 0.003 * \frac{d-c}{c} \text{ debe de ser mayor que } 0.005$$

$$0.003 * \frac{40 - (0.992/0.85)}{(0.992/0.85)} = 0.09980 > 0.005$$

$$c/d \leq 0.375 = \frac{0.992/0.85}{40} = 0.029 \leq 0.375$$

$$\theta Mn = As * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right) = 2.58 * 4200 * \left(40 - \frac{3.5}{2}\right) = 414477 \text{ kg*cm}$$

$$M_n = 0.90 * 414477 \text{ kg} * \text{cm} = 373029.3 \text{ kg} * \text{cm}$$

$$M_n (373,029.3 \text{ kg} * \text{cm}) > M_u (110,200 \text{ kg} * \text{cm}) \text{ Cumple}$$

Diseño para acero inferior

Datos

Mu	50,000 kg-cm	Fy	4200 kg/cm ²
b	15 cm	Fy	4200 kg/cm ²
		cortante	
d	40 cm	Es	2.10x 10 ⁶
H	45 cm	β	0.85 se utiliza este ya que el concreto es menor a 280 kg/cm ²
F'c	245 kg/cm ²	Ecu	0.0030
Θ	0.90		

Para el cálculo de As

$$A_s = \frac{0.85 * f'c * b * d}{f_y} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{M_u}{0.85 * \Theta * f'c * b * d^2} \right)}$$

$$A_s = \frac{0.85 * 245 * 15 * 40}{4200} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{50,000}{0.85 * 0.90 * 245 * 15 * 40^2} \right)}$$

$$A_s = 0.33 \text{ cm}^2$$

Se tiene que revisar el refuerzo máximo según código CSCR 2010 8.2.2 que puede llevar la viga, el cual tiene que ser menor a 0.025.

$$P = \frac{A_s}{b*d} = \frac{0.33}{15*40} = 0.0006 \leq 0.025 \text{ cumple}$$

Se revisa el refuerzo mínimo según el CSCR 2010 8.2.3

$$(14/f_y) * b * d = (14/4200) * 15 * 40 = 2\text{cm}^2$$

$$(0.8 * \sqrt{f'_c}/f_y) * b * d = (0.8 * \sqrt{245}/4200) * 15 * 40 = 1.8 \text{ cm}^2$$

Comparación de aceros

As 0.74 cm^2

a. 2 cm^2 Se utiliza el mayor

b. 1.8 cm^2

Se propone utilizar dos varillas número 4 en la parte superior, lo que equivale a $2.58 \text{ cm}^2 > 2 \text{ cm}^2$.

Se calcula el pob

$$pob = \frac{ecu * \beta * f'_c}{f_y * (ecu + \frac{f_y}{es})} = \frac{0.0030 * 0.85 * 245}{4200 * (0.0030 + \frac{4200}{2.10 \times 10^6})} = 0.02975$$

Relación de po / pb

$$\frac{2.58/15/40}{0.02975} = 14.4\%$$

Cálculo de a

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2Mu}{0.85 * f'_c * \theta * b}} = 40 - \sqrt{40^2 - \frac{2 * 50000}{0.85 * 245 * 0.90 * 15}} = 0.447$$

Es = $0.003 * \frac{d-c}{c}$ debe de ser mayor que 0.005

$$0.003 * \frac{40 - (0.447/0.85)}{(0.447/0.85)} = 0.22513 > 0.005$$

$$c/d \leq 0.375 = \frac{0.447/0.85}{40} = 0.013 \leq 0.375$$

$$\theta Mn = As * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right) = 2.58 * 4200 * \left(40 - \frac{3.5}{2}\right) = 414477 \text{ kg*cm}$$

$$M_n = 0.90 * 414477 \text{ kg} * \text{cm} = 373029.3 \text{ kg*cm}$$

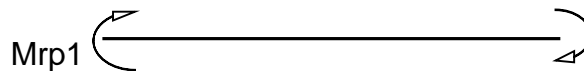
$$M_n (373,029.3 \text{ kg*cm}) > M_u (50,000 \text{ kg*cm}) \text{ Cumple}$$

Diseño de cortante en vigas

Diseño a cortante de la viga 15 x 45 cm

Datos

L (cm)	343	Fyv (kg/ cm ²)	2800
d (cm)	40	F'c	245
B (cm)	15	Cargas	
Øs	0.75 según CSCR 2010 8.	Lado Izq	Lado Der
	1.4 d		
Fy (kg/ cm ²)	4200	200 kg/m	200 kg/m

$$V_e = (M_{pr1} + M_{pr2}) / (L-d) + V_{ug} \quad \text{Ec. 9-18}$$


$$M_{pr2} = A_s f_y (d-a/2)$$

Se calcula los Mpr i, de acuerdo con los aceros propuestos en la viga.

Para esta viga lleva el mismo refuerzo en ambas caras que se procede a realizar un ejemplo

$$A_{s \text{ sup} - \text{izq}} = 2 \text{ varillas } \# 4 = 2.58 \text{ cm}^2$$

Cálculo de a

$$\frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{2.58 * 4200}{0.85 * 245 * 15} = 3.47$$

Cálculo de $d - \frac{a}{2}$

$$d - \frac{a}{2} = 40 - \frac{3.47}{2} = 38.27$$

Cálculo de Mpr i

$$A_s * f_y * 1.25 * \left(d - \frac{a}{2}\right) = 2.58 * 4200 * 1.25 * \left(40 - \frac{3.47}{2}\right) = 518.307 \text{ kg}$$

Vug: Cortante a d/2 producido por F grav y Empuje tierra o líquidos asociados con Combo Ec. 6-3

$$V \text{ desplaz-der} = \frac{Mpr \text{ inf izq} + Mpr \text{ sup derecho}}{L-d} = \frac{518,307+518,307}{343-40} = 3,421 \text{ kg}$$

$$V \text{ desplaz - izq} = \frac{Mpr \text{ sup izq} + Mpr \text{ inf derecho}}{L-d} = \frac{518,307+518,307}{343-40} = 3,421 \text{ kg}$$

$$Ve \text{ izq} = (v \text{ despla izq} - \text{cargas}) = 3,221 \text{ kg}$$

$$Ve \text{ izq} = (v \text{ despla izq} + \text{cargas}) = 3,621 \text{ kg}$$

$$Ve \text{ der} = (v \text{ despla der} - \text{cargas}) = 3,221 \text{ kg}$$

$$Ve \text{ der} = (v \text{ despla der} + \text{cargas}) = 3,621 \text{ kg}$$

$$Ve \text{ izq rige} = 3,621 \text{ kg}$$

$$Ve \text{ der rige} = 3,621 \text{ kg}$$

Cálculo de Vc

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * f_y * b = 0.53 * \sqrt{245} * 2800 * 15 = 4,977 \text{ kg}$$

$$V_s \text{ demanda} = \frac{Ve \text{ izq rige}}{\phi_s} = \frac{3,261}{0.75} = 4,828 \text{ kg}$$

al tener el mismo acero, solo se realiza una vez este procedimiento

Se propone utilizar aros # 3 con una separación de 12 cm

Se tiene una capacidad de Vs

$$V_s = \frac{A_v * f_y * d}{\text{Separacion}} = \frac{1.42 * 4200 * 40}{12} = 13,253 \text{ kg}$$

$$\text{Capacidad } \phi_s * V_s = 13,253 * 0.75 = 9,940 \text{ kg Cumple}$$

Para la zona de confinamiento, se utilizará una distancia de 2d, según lo establecido en el CSCR 2010, por lo tanto, la distancia de confinamiento es de 84

cm, para que pueda quedar una buena distribución de aros a cada 12 cm y para la zona de no confinamiento, aros a cada 20cm.

Datos suministrados por el programa SAP 2000

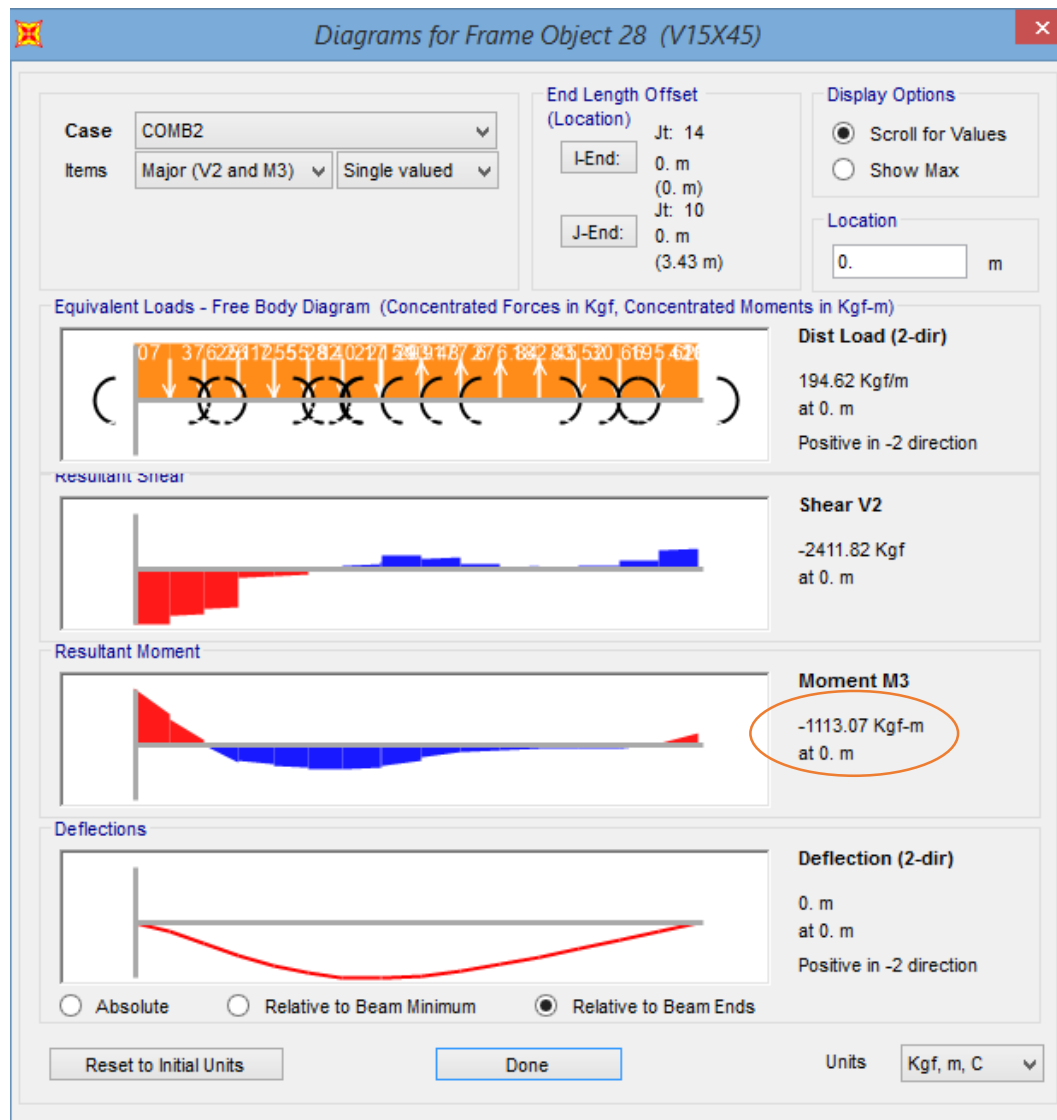


Ilustración 3 Momento máx. de Diseño Fuente Geovanny Sánchez Quesada.

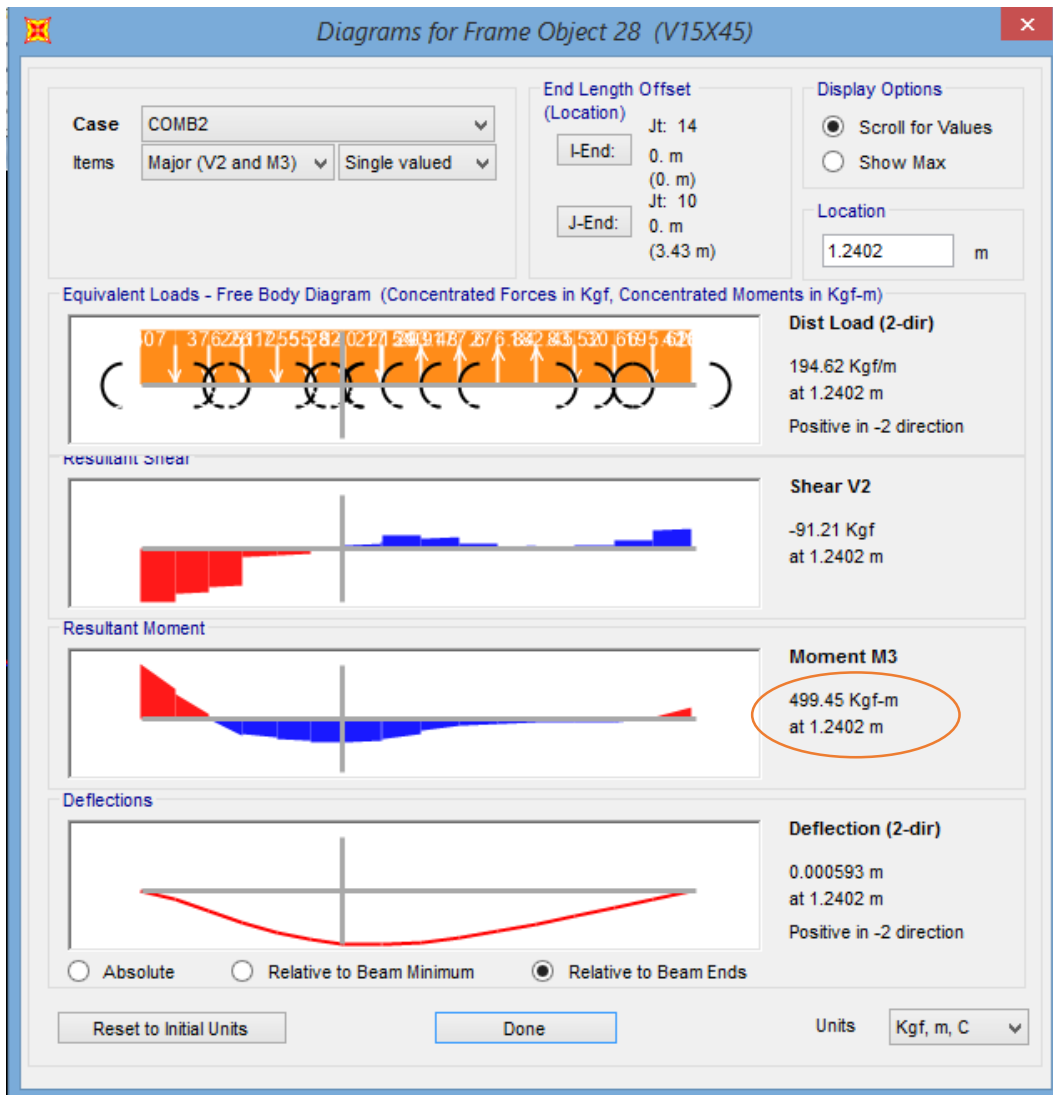


Ilustración 4 Momento min de Diseño Fuente Geovanny Sánchez Quesada.

3.1.4.2 Diseño de viga de 15 x 40 cm

FLEXIÓN SIMPLE:	Viga de 15 x 40 +	Viga de 15 x 40 -
Mu= (kg-cm)	85,000	65,500
b cm =	15	15
d cm =	35.0	35.0
H cm =	40	40
f'c= (kg/cm ²)	245	245
Fy flexión= (kg/cm ²)	4,200	4,200
Fy cortante= (kg/cm ²)	4,200	4,200
Øv cortante =	0.75	0.75
ecu =	0.0030	0.0030
Es= (kg/cm ²)	2.10E+06	2.10E+06
β1 =	0.85	0.85
Ø calculado = $(0.90-0.65)/(0.005-ey) (es-0.005) + 0.90$	0.900	0.900
Ø que rige:	0.900	0.900
ρ=	0.0012	0.0010
As calculado con Ø=real, As=ρbd =	0.65 cm ²	0.50 cm ²
As max= 0.025 bd =	13.13 cm ²	13.13 cm ²
As min= max(14/fy bd , 0.8 √(f'c)/Fyf b d) 8.2.3 a-b,C5CR)	1.75 cm ²	1.75 cm ²
1.33 de As calc= (Aplica=?)	NO	NO

Tabla 2 Diseño de viga Fuente Geovanny Sánchez Quesada.

FLEXIÓN SIMPLE:	Viga de 15 x 40 +	Viga de 15 x 40 -
1.33 de As calc= (Aplica=?)	NO	NO
1.33 de As calc=	0.87 cm ²	0.66 cm ²
As requerido= max(As min, As calc) con Ø final =	1.75 cm ²	1.75 cm ²
Acero As sugerido:	2.13 cm²	2.13 cm²
Arreglo sugerido:	3#3	3#3
Inmediato As superior:	2.58 cm ²	2.58 cm ²
Arreglo:	2#4	2#4
Varilla Elegida #	# 4	# 4
Cantidad a colocar de ese # de varilla	2 c/u	2 c/u
Chequeo de aceros Min, Max y Requerido:	OK	OK
pob= ecu B1 f'c / (fy (ecu + fy/Es))	0.02975	0.02975
Relación po / pb = deseable 40-60% max	13.6%	13.6%
ey= Fy/Es =	0.00200	0.00200
a= $a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 M_u }{0.85 f'_c \phi b}}$	0.875	0.672
es= 0.003 * (d-c)/c = debe ser > 0.005	0.09903	0.12979
c/d= (<=0.375)	0.029	0.023

FLEXIÓN SIMPLE:	Viga de 15 x 40 +	Viga de 15 x 40 -
Revisión de sección con el acero colocado:		
a= As Fy / (a f'c b) =	2.86 cm	2.86 cm
c= a/β1 =	3.37 cm	3.37 cm
es= ecu (d - c) / c = transición entre: 0.002 y 0.005	0.0282	0.0282
c/d= (<=0.375) transición entre: 0.6 y 0.375	0.10	0.10
Chequeo controle tensión: c/d<=0.375 o et>0.005, Ø=0.9	OK	OK
Ø Mn=As Fy (d-a/2) =	270,270	270,270
Chequeo Mu<= Ø Mn	318%	413%

Tabla 3 Diseño de viga de 15 x 40 cm Fuente Geovanny Sánchez Quesada.

Datos del SAP 2000

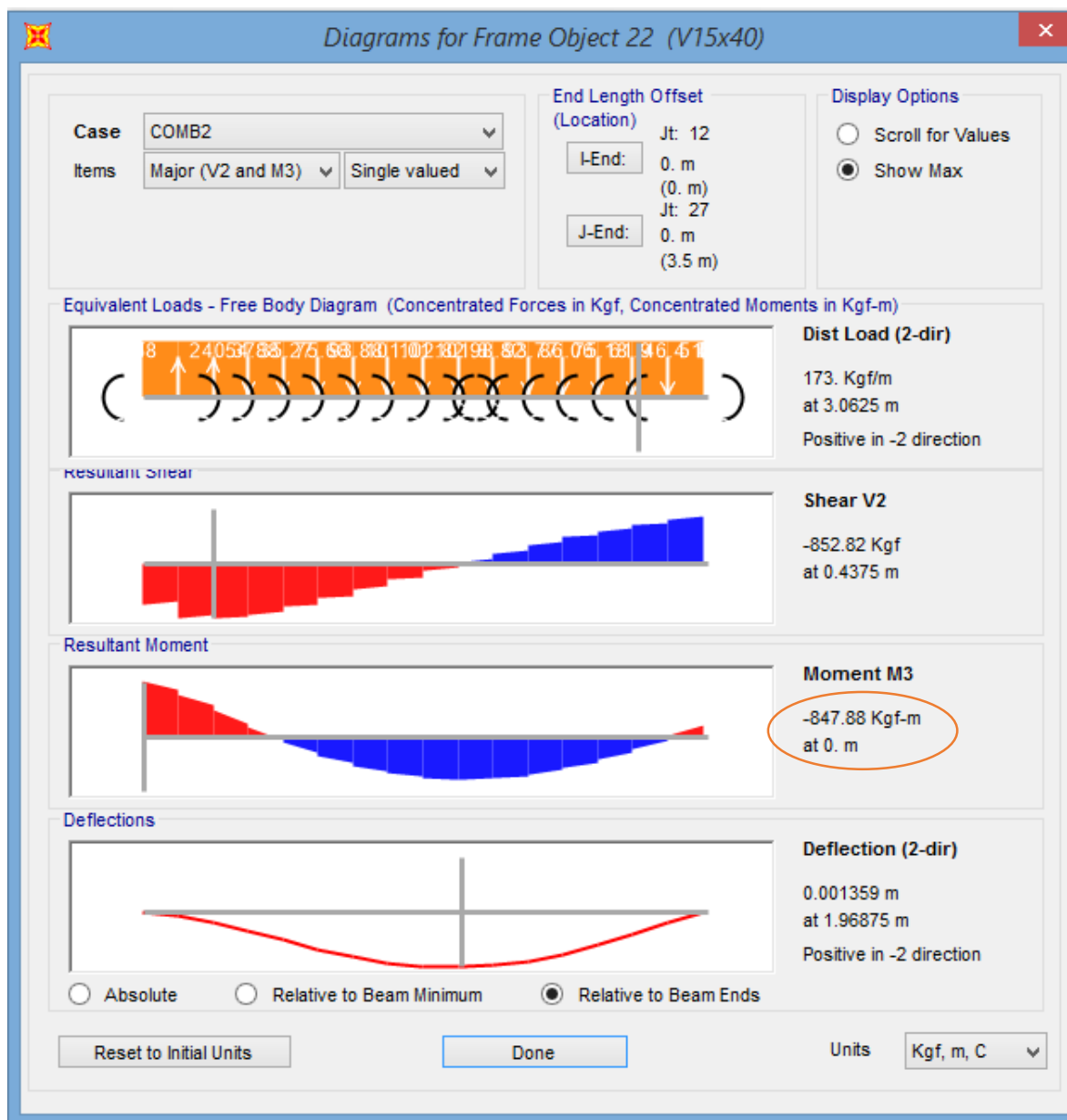


Ilustración 5 Momento máx. de Diseño Fuente Geovanny Sánchez Quesada

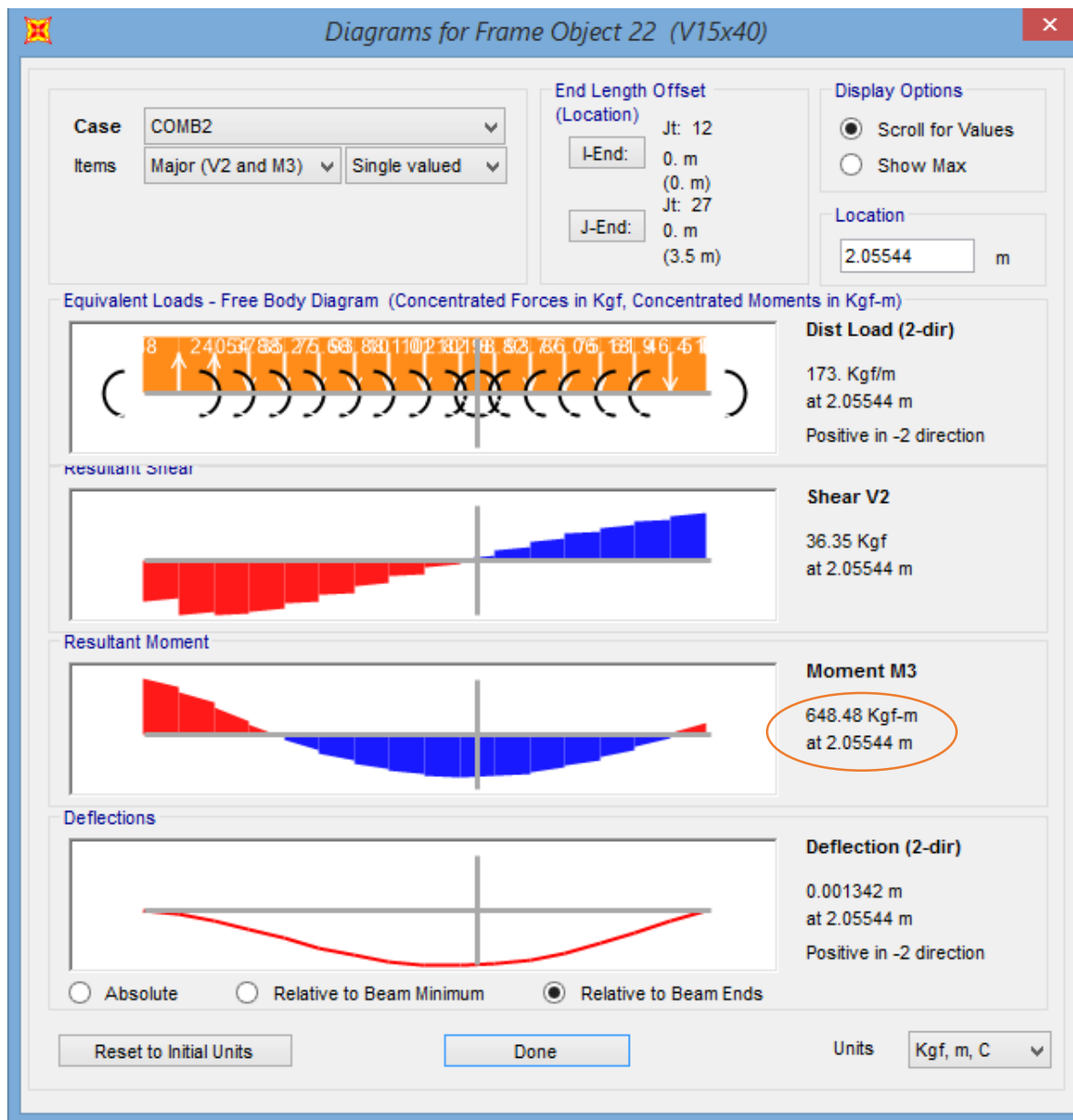
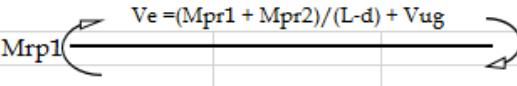


Ilustración 6 Momento min de Diseño Fuente Geovanny Sánchez Quesada

Diseño a cortante

ELEMENTO: Viga 15 x 40					
REFUERZO DE CORTANTE POR CONFINAMIENTO POR SISMO					
En anterior cortante hay que compararlo con el obtenido como sigue antes de escoger el acero de estribos					
CSCR 9.6.1-e, $V_e = (M_{pr1} + M_{pr2}) / (L-d) + V_{ug}$					
Datos; (kg,cm)					
L =	350 cm	b =	15 cm	Fy (kg/cm ²) =	4,200
d =	35 cm	Øs =	0.75	Fyv (kg/cm ²) =	2,800
Vu de Gravedad	Lado Izq	Lado Der		f'c (kg/cm ²) =	245
Dead	50	50			
CP	22	22			
CT	35	35			
Reacciones Vug	93	93			
<div style="text-align: center;"> $V_e = (M_{pr1} + M_{pr2}) / (L-d) + V_{ug}$ </div>					
Desplazamiento Derecho:					Ec. 9-18 $M_{pr2} = A_s f_y (d-a/2)$
			a	d-a/2	Mpr i
As sup-izq:	2.58 cm ²	3.47	33.27	450,582	
As inf-izq:	2.58 cm ²	3.47	33.27	450,582	
As sup-der:	2.58 cm ²	3.47	33.27	450,582	
As inf-der:	2.58 cm ²	3.47	33.27	450,582	

Vug: Cortante a d/2 producido por F grav y Empuje tierra o líquidos asociados con Combo Ec. 6-3						
	V c/lado calculados para desplazamiento derecho e izquierdo				% Vsis/Vtot	
V desplaz-der:	2,861 kg	Ve izq:	2,768 kg	Ve der:	2,954 kg	97%
V desplaz-izq:	2,861 kg	Ve izq:	2,954 kg	Ve der:	2,768 kg	97%
Cortantes de diseño:		Ve izq rige:	2,954 kg	Ve der rige:	2,954 kg	
Desplazamiento que rige:		izq		der		
Vc=	4,355 kg	De 8.7.1-c CSCR, $V_c = 0$ si $V_{pr} > 50\% V_e$ y si $P_u \leq 0.05 A_g f'_c$				
	lado izq		lado der		$V_u \leq \phi V_n = (\phi V_c + \phi V_s)$	
Vc=	0 kg		0 kg		$V_s = V_u / \phi_v - V_c$	
Demanda Vs=	3,939 kg		3,939 kg		$A_v = (V_u - \phi_v V_c) s / (\phi_v F_{yv} d)$	
Varilla Estribo:	# 3		# 3		$V_s = A_v * (\phi_v F_{yv} d) / s$	
Aro o Gancho: ??	2	(Aro=2, Gancho=1)	2	(Aro=2, Gancho=1)		
Separación:	@ 12.0 cm		@ 12.0 cm			
Av=	1.42 cm ²	Av=	1.42 cm ²			
Capacidad Vs:	11,597 kg		11,597 kg			
Capacidad ØS*Vs:	8,698 kg		8,698 kg			
	CUMPLE		CUMPLE			
Separación d/2=		18 cm				

Tabla 4 Diseño de cortante viga 15 x 40 Fuente Geovanny Sánchez

3.1.4.3 Diseño de viga 20 x 40 cm

FLEXIÓN SIMPLE:	Viga de 20 x 40 +	Viga de 20 x 40 -
Mu= (kg-cm)	51,000	30,000
b cm =	20	20
d cm =	35.0	35.0
H cm =	40	40
f'c= (kg/cm ²)	245	245
Fy flexión= (kg/cm ²)	4,200	4,200
Fy cortante= (kg/cm ²)	4,200	4,200
Øv cortante =	0.75	0.75
ecu =	0.0030	0.0030
Es= (kg/cm ²)	2.10E+06	2.10E+06
β1 =	0.85	0.85
Ø calculado = $(0.90-0.65)/(0.005-e_y)(e_s-0.005) + 0.90$	0.900	0.900
Ø que rige:	0.900	0.900
ρ=	0.0006	0.0003
As calculado con Ø=real, As=ρbd =	0.39 cm ²	0.23 cm ²
As max= 0.025 bd =	17.50 cm ²	17.50 cm ²
As min= max(14/fy bd , 0.8 √(f'c)/Fyf b d) 8.2.3 a-b,C5CR)	2.33 cm ²	2.33 cm ²
1.33 de As calc= (Aplica=?)	NO	NO

Tabla 5 Diseño de viga 20 x 40 cm Fuente Geovanny Sánchez

FLEXIÓN SIMPLE:	Viga de 20 x 40 +	Viga de 20 x 40 -
1.33 de As calc=	0.52 cm ²	0.30 cm ²
As requerido= max(As min, As calc) con Ø final =	2.33 cm ²	2.33 cm ²
Acero As sugerido:	2.58 cm ²	2.58 cm ²
Arreglo sugerido:	2#4	2#4
Inmediato As superior:	2.71 cm ²	2.71 cm ²
Arreglo:	2#3 + 1#4	2#3 + 1#4
Varilla Elegida #	# 4	# 4
Cantidad a colocar de ese # de varilla	2 c/u	2 c/u
Chequeo de aceros Min, Max y Requerido:	OK	OK
pob= ecu B1 f'c / (fy (ecu + fy/Es))	0.02975	0.02975
Relación po / pb = deseable 40-60% max	12.4%	12.4%
ey= Fy/Es =	0.00200	0.00200
a= $a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 M_u }{0.85 f'_c \phi b}}$	0.391	0.229
es= 0.003 * (d-c)/c = debe ser > 0.005	0.22531	0.38603
c/d= (<=0.375)	0.013	0.008

Revisión de sección con el acero colocado:		
a= As Fy / (a f'c b) =	2.60 cm	2.60 cm
c= a/β1 =	3.06 cm	3.06 cm
es= ecu (d - c) / c = transición entre: 0.002 y 0.005	0.0313	0.0313
c/d= (<=0.375) transición entre: 0.6 y 0.375	0.09	0.09
Chequeo controle tensión: c/d<=0.375 o et>0.005, Ø=0.9	OK	OK
Ø Mn=As Fy (d-a/2) =	328,648	328,648
Chequeo Mu<= Ø Mn	644%	1095%

Tabla 6 Diseño de viga 20 x 40 cm Fuente Geovanny Sánchez

Cargas de SAP 2000

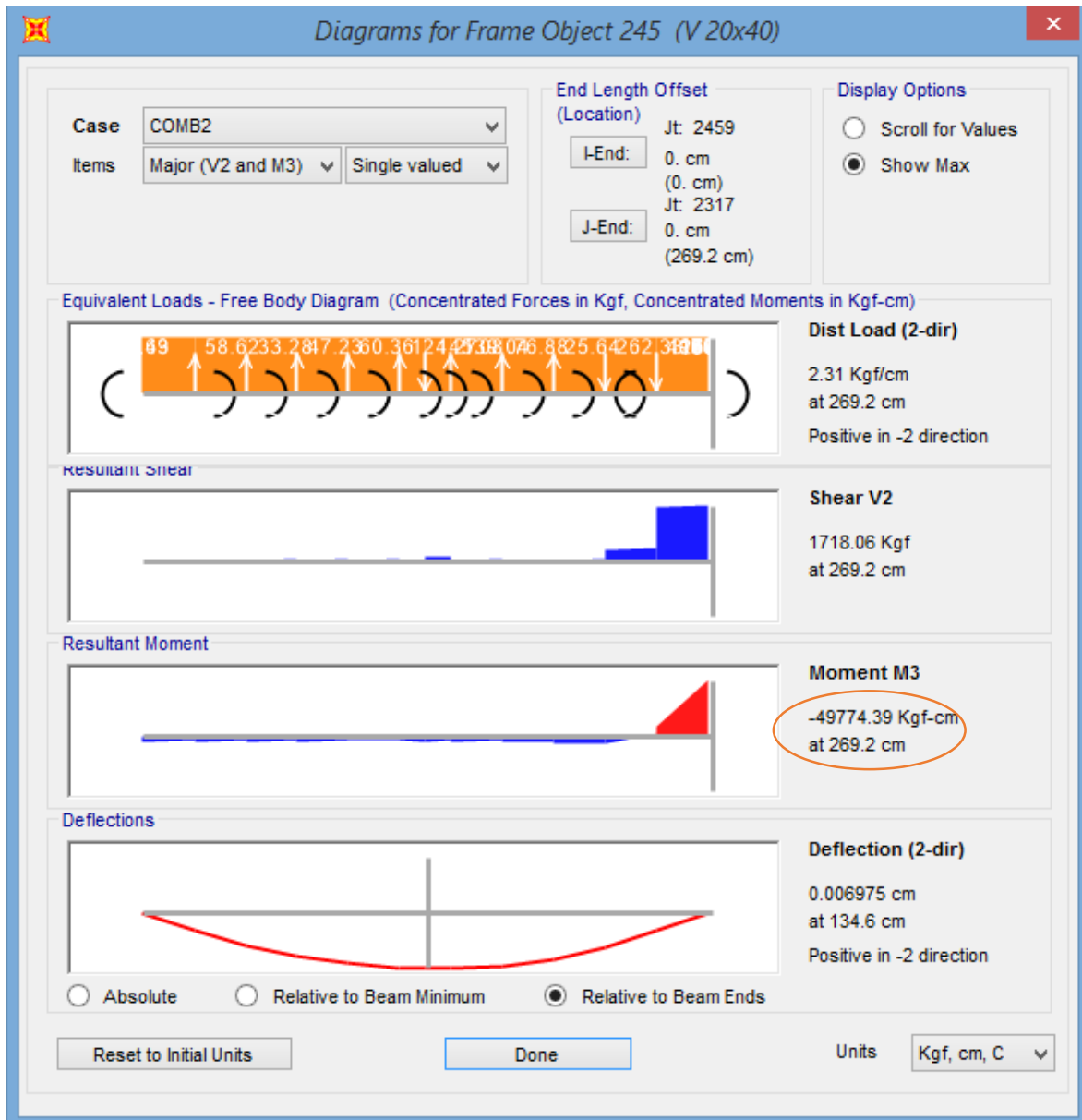


Ilustración 7 Momento máx. Fuente Geovanny Sánchez

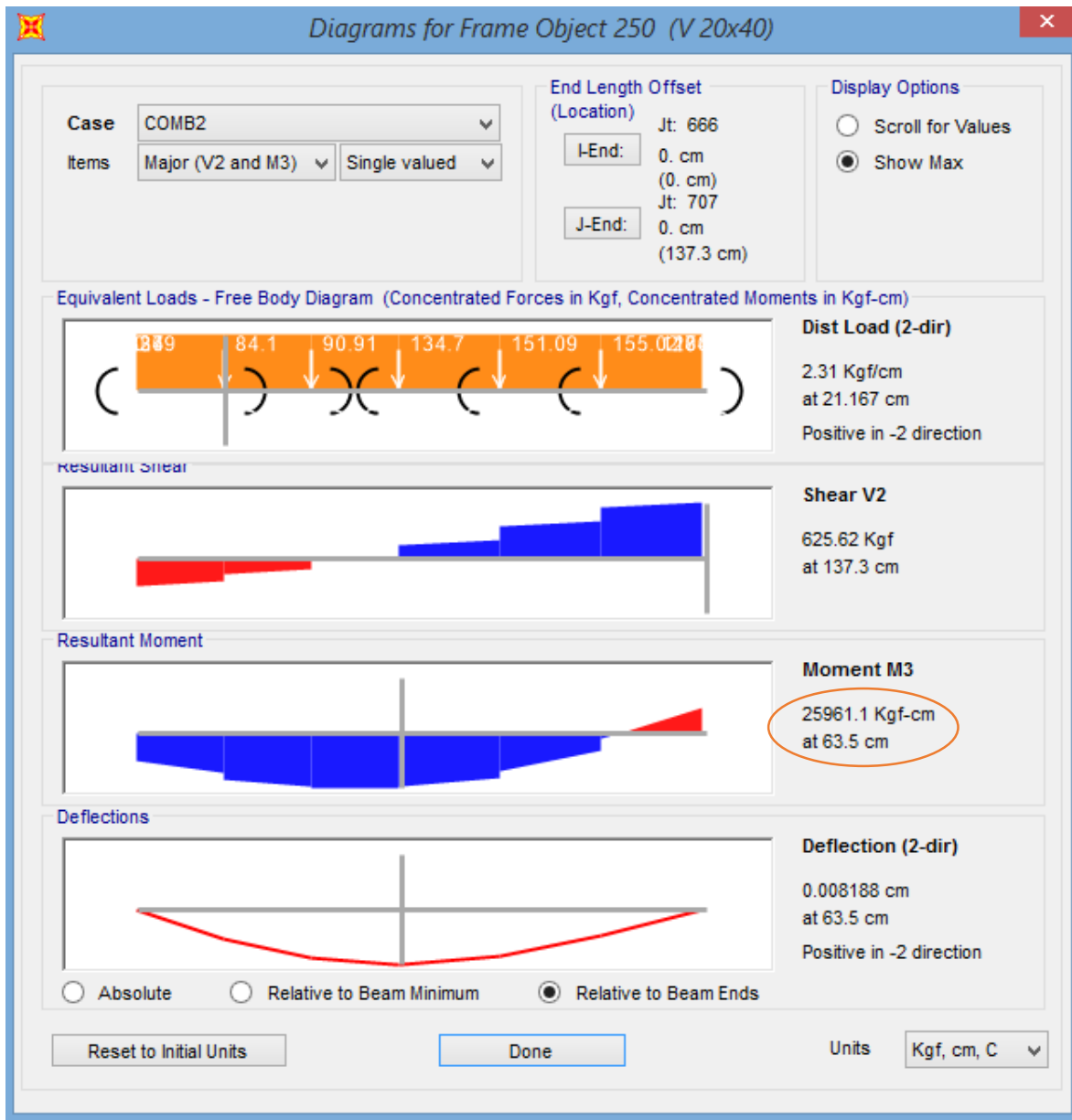


Ilustración 8 Momento min. Fuente Geovanny Sánchez

Diseño a cortante

ELEMENTO: Viga de 20 x 40					
REFUERZO DE CORTANTE POR CONFINAMIENTO POR SISMO					
En anterior cortante hay que compararlo con el obtenido como sigue antes de escoger el acero de estribos					
CSCR 9.6.1-e, $V_e = (M_{pr1} + M_{pr2}) / (L-d) + V_{ug}$					
Datos; (kg,cm)					
L =	350 cm	b =	20 cm	Fy (kg/cm²) =	4,200
d =	35 cm	ø _s =	0.75	Fyv (kg/cm²) =	2,800
Vu de Gravedad	Lado Izq	Lado Der		f'c (kg/cm²) =	245
Dead	60	60			
CP	26	26			
CT	39	39			
Reacciones Vug	110	110			
Desplazamiento Derecho: $M_{rp1} \leftarrow V_e = (M_{pr1} + M_{pr2}) / (L-d) + V_{ug} \rightarrow$ Ec. 9-18 $M_{rp2} = A_s f_y (d-a/2)$					
			a	d-a/2	Mpr i
As sup-izq:	2.58 cm²	2.60	33.70	456,455	
As inf-izq:	2.58 cm²	2.60	33.70	456,455	
As sup-der:	2.58 cm²	2.60	33.70	456,455	
As inf-der:	2.58 cm²	2.60	33.70	456,455	

Vug: Cortante a d/2 producido por F grav y Empuje tierra o líquidos asociados con Combo Ec. 6-3					
	V c/lado calculados para desplazamiento derecho e izquierdo			% Vsis/Vtot	
V desplaz-der:	2,898 kg	Ve izq:	2,788 kg	Ve der:	3,008 kg
V desplaz-izq:	2,898 kg	Ve izq:	3,008 kg	Ve der:	2,788 kg
Cortantes de diseño:		Ve izq rige:	3,008 kg	Ve der rige:	3,008 kg
Desplazamiento que rige:		izq		der	
Vc =	5,807 kg	De 8.7.1-c CSCR, Vc=0 si Vpr > 50% Ve y si Pu <= 0.05 Ag f'c			
	lado izq		lado der	$V_u \leq \phi V_n = (\phi V_c + \phi V_s)$	
Vc =	0 kg		0 kg	$V_s = V_u / \phi_v - V_c$	
Demanda Vs =	4,011 kg		4,011 kg	$A_v = (V_u - \phi_v V_c) s / (\phi_v F_{yv} d)$	
Varilla Estribo:	# 3		# 3	$V_s = A_v * (\phi_v F_{yv} d) / s$	
Aro o Gancho: ??	2	(Aro=2, Gancho=1)	2	(Aro=2, Gancho=1)	
Separación:	@ 12 cm		@ 12 cm		
Av =	1.42 cm²	Av =	1.42 cm²		
Capacidad Vs:	11,597 kg		11,597 kg		
Capacidad ØS*Vs:	8,698 kg		8,698 kg		
	CUMPLE		CUMPLE		
Separación d/2 =		18 cm			

Tabla 7 Diseño cortante Fuente Geovanny Sánchez.

3.1.4.4 Diseño de viga 20 x 50 cm

FLEXIÓN SIMPLE:	Viga de 20 x 50 +	Viga de 20 x 50 -
Mu= (kg-cm)	45,100	127,300
b cm =	20	20
d cm =	45	45
H cm =	50	50
f'c= (kg/cm ²)	245	245
Fy flexión= (kg/cm ²)	4,200	4,200
Fy cortante= (kg/cm ²)	4,200	4,200
Øv cortante =	0.75	0.75
ecu =	0.0030	0.0030
Es= (kg/cm ²)	2.10E+06	2.10E+06
β1 =	0.85	0.85
Ø calculado = $(0.90-0.65)/(0.005-ey) (es-0.005) + 0.90$	0.900	0.900
Ø que rige:	0.900	0.900
ρ=	0.0003	0.0008
As calculado con Ø=real, As=ρbd =	0.27 cm ²	0.75 cm ²
As max= 0.025 bd =	22.50 cm ²	22.50 cm ²
As min= max(14/fy bd , 0.8 √(fc)/Fyf b d) 8.2.3 a-b,CSCR)	3.00 cm ²	3.00 cm ²
1.33 de As calc= (Aplica=?)	NO	NO

Tabla 8 Diseño de viga 20 x 50 cm Fuente Geovanny Sánchez

FLEXIÓN SIMPLE:	Viga de 20 x 50 +	Viga de 20 x 50 -
1.33 de As calc=	0.35 cm ²	1.00 cm ²
As requerido= max(As min, As calc) con Ø final =	3.00 cm ²	3.00 cm ²
Acero As sugerido:	3.29 cm ²	3.29 cm ²
Arreglo sugerido:	2#4 + 1#3	2#4 + 1#3
Inmediato As superior:	3.42 cm ²	3.42 cm ²
Arreglo:	2#3 + 1#5	2#3 + 1#5
Varilla Elegida #	# 5	# 5
Cantidad a colocar de ese # de varilla	2 c/u	2 c/u
Chequeo de aceros Min, Max y Requerido:	OK	OK
$p_{ob} = \frac{e c u B_1 f'_c}{(f_y (e c u + f_y / E_s))}$	0.02975	0.02975
Relación $p_o / p_b =$ deseable 40-60% max	12.3 %	12.3 %
$e_y = F_y / E_s =$	0.00200	0.00200
$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 M_u }{0.85 f'_c \phi b}}$	0.268	0.761
$e_s = 0.003 * (d - c) / c =$ debe ser > 0.005	0.42491	0.14777
$c / d = (<=0.375)$	0.007	0.020

FLEXIÓN SIMPLE:	Viga de 20 x 50 +	Viga de 20 x 50 -
Revisión de sección con el acero colocado:		
$a = A_s F_y / (a f'_c b) =$	3.32 cm	3.32 cm
$c = a / \beta_1 =$	3.90 cm	3.90 cm
$e_s = e c u (d - c) / c =$ transición entre: 0.002 y 0.005	0.0316	0.0316
$c / d = (<=0.375)$ transición entre: 0.6 y 0.375	0.09	0.09
Chequeo controle tensión: $c / d <= 0.375$ o $e_t > 0.005$, $\phi = 0.9$	OK	OK
$\phi M_n = A_s F_y (d - a / 2) =$	539,000	539,000
Chequeo $\mu <= \phi M_n$	1195%	423%

Tabla 9 Diseño de viga 20 x 50 cm Fuente Geovanny Sánchez

Cargas de SAP 2000

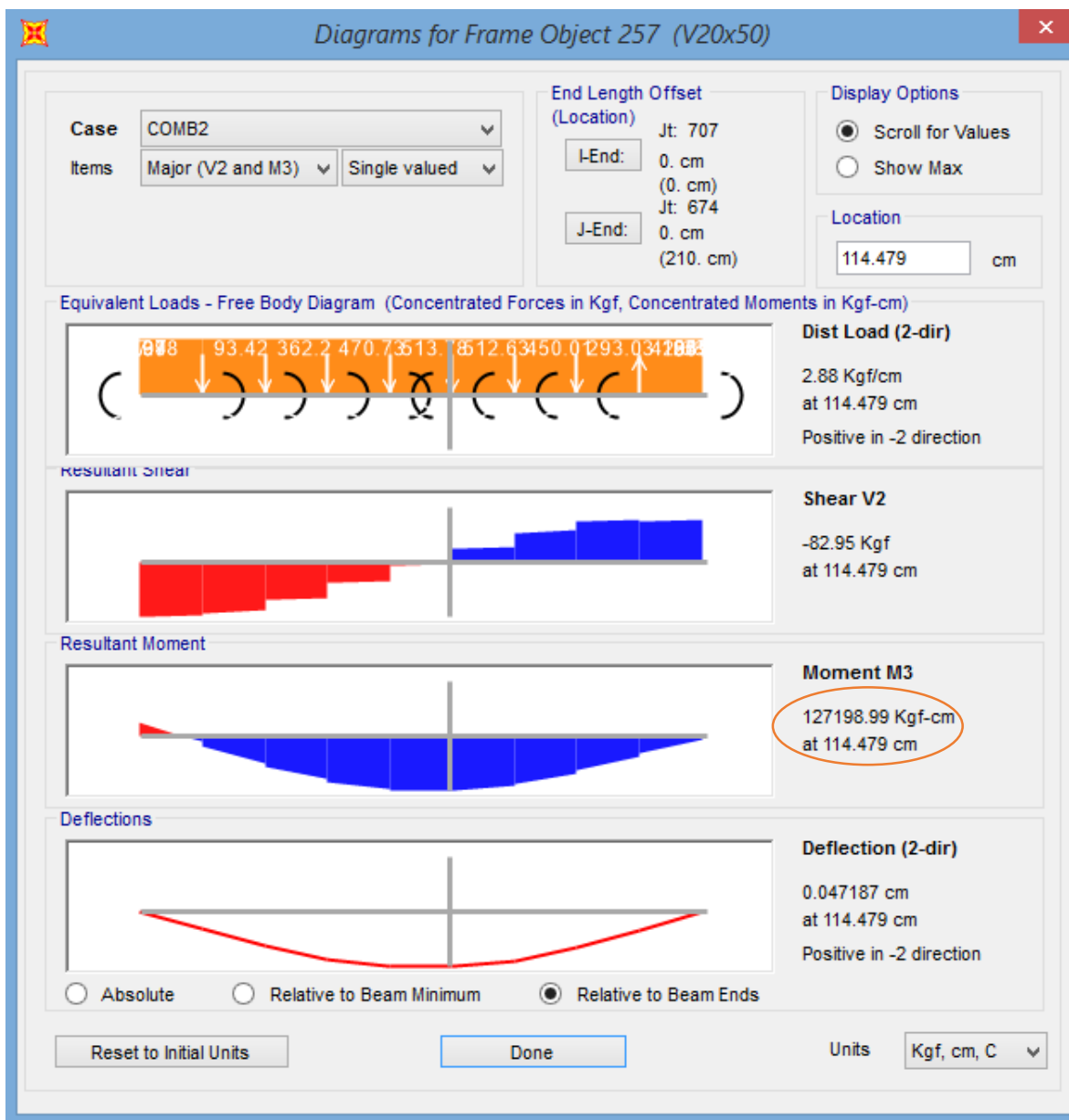


Tabla 10 Momento máx. Fuente Geovanny Sánchez

Diseño a cortante

ELEMENTO: Viga de 20 x 50					
REFUERZO DE CORTANTE POR CONFINAMIENTO POR SISMO					
En anterior cortante hay que compararlo con el obtenido como sigue antes de escoger el acero de estribos					
CSCR 9.6.1-e, $V_e = (M_{pr1} + M_{pr2}) / (L-d) + V_{ug}$					
Datos; (kg,cm)					
L =	210 cm	b =	20 cm	Fy (kg/cm ²) =	4,200
d =	45 cm	Øs =	0.75	Fyv (kg/cm ²) =	2,800
Vu de Gravedad	Lado Izq	Lado Der		f'c (kg/cm ²) =	245
Dead	60	60			
CP	26	26			
CT	16	16			
Reacciones Vug	98	98			
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between;"> <div>Desplazamiento Derecho: M_{pr1}</div> <div> $\xleftarrow{V_e = (M_{pr1} + M_{pr2}) / (L-d) + V_{ug}}$ </div> <div>Ec. 9-18 $M_{pr2} = A_s f_y (d-a/2)$</div> </div>					
			a	d-a/2	Mpr i
As sup-izq:	2.58 cm ²	2.60	43.70	591,905	
As inf-izq:	2.58 cm ²	2.60	43.70	591,905	
As sup-der:	2.58 cm ²	2.60	43.70	591,905	
As inf-der:	2.58 cm ²	2.60	43.70	591,905	

Vug: Cortante a d/2 producido por F grav y Empuje tierra o líquidos asociados con Combo Ec. 6-3						
		V c/lado calculados para desplazamiento derecho e izquierdo			% Vsis/Vtot	
V desplaz-der:	7,175 kg	Ve izq:	7,076 kg	Ve der:	7,273 kg	99%
V desplaz-izq:	7,175 kg	Ve izq:	7,273 kg	Ve der:	7,076 kg	99%
Cortantes de diseño:		Ve izq rige:	7,273 kg	Ve der rige:	7,273 kg	
Desplazamiento que rige:		izq		der		
Vc=	7,466 kg	De 8.7.1-c CSCR, Vc=0 si Vpr > 50% Ve y si Pu <=0.05 Ag fc				
	lado izq		lado der	$V_u \leq \phi V_n = (\phi V_c + \phi V_s)$		
Vc=	0 kg		0 kg	$V_s=V_u/\phi_v-V_c$		
Demanda Vs=	9,697 kg		9,697 kg	$A_v= (V_u - \phi_v V_c) s / (\phi_v F_{yv} d)$		
Varilla Estribo:	# 3		# 3	$V_s= A_v * (\phi_v F_{yv} d) / s$		
Aro o Gancho: ??	3	(Aro=2, Gancho=1)	3	(Aro=2, Gancho=1)		
Separación:	@ 17.0 cm		@ 17.0 cm			
Av=	2.13 cm2	Av=	2.13 cm2			
Capacidad Vs:	15,787 kg		15,787 kg			
Capacidad Øs*Vs:	11,840 kg		11,840 kg			
	CUMPLE		CUMPLE			
Separación d/2=		23 cm				

Tabla 11 Diseño por cortante Viga 20 x 50 Fuente Geovanny Sánchez

3.1.5 Diseño de columnas

3.1.5.1 Diseño de columna de 25cm x 25 cm

DIAGRAMA DE INTERACCIÓN COL RECTANGULAR					Mu (T-m)	Pu (Ton)
5 Niveles de acero en dir "h"					0.60	4.63
13/11/2016					0.60	5.20
Unidades kg-cm-cm²					0.50	5.20
Es=	2.10E+06	kg/cm²			0.48	4.42
ec	0.0030				0.38	2.23
B, cm	25	Ag	625		0.36	3.67
H, cm	25				0.31	3.61
fc, kg/cm²	245				0.25	2.01
fy, kg/cm²	4200	ey= fy/Es	0.002000		0.24	2.36
recub al Aro	3.50	cm			0.20	7.72
# var Aro	# 3	db aro	0.95		0.20	7.72
d max	19.92	db Long	1.27		0.18	5.98
CAPA	Cant Unid	# var	As	di (cm)	0.18	3.39
1	3	# 4	3.87	5.09	0.15	2.79
2	0	# 4	0.00	0.00	0.15	2.79
3	2	# 4	2.58	12.50	0.14	1.05
4	0	# 4	0.00	0.00	0.11	5.47
5	3	# 4	3.87	19.92	0.10	3.74
As total:			10.32		0.08	1.20
Cantidad de capas a usar:			3		0.07	0.54
Revisión de $1\% \leq \%As \leq 6\%$			1.65%	OK	0.06	1.19
					0.05	0.98
					0.05	0.98
					0.03	4.12

capas: C1 C2 C3 C4 C5

Ilustración 9 Datos de columna Fuente Geovanny Sánchez

Se revisa que el Ast cumpla lo siguiente $1\% \leq \%Ast \leq 6\%$

$$\frac{As_{total}}{Ag} = \frac{7,74}{625} = 1,24\% \text{ Cumple}$$

Para calcular los c se hace lo siguiente:

$c = eu / (eu + es) * d$ de donde igual por triángulos semejantes, se tiene que $es = eu (d-c) / c$ convenientemente $es = eu * (c-d) / c$ con negativos tensión y positivos compresión en el acero.

Donde β_1 es igual a 0.85, ya que el concreto es menor a 280 kg/cm^2

Valores de c/d a evaluar valor de cb para cuando el acero más alejado de la cara de compresión fluye y la fibra de compresión $ec = 0.003$

Donde se tiene $0.85 * f'_c = 0.85 * 245 = 208,25$ y un $cb/d = 0.0030 / (0.0030 + 0.0020) = 0.60$

Donde se generan varios puntos c, para ir formando el diagrama de interacción

Donde se puede generar la siguiente tabla:

CALCULOS, NO ES NECESARIO DATOS HACIA ABAJO

$c = eu / (eu + es) * d$ de donde igual por triángulos semejantes tenemos $es = eu (d-c) / c$

convenientemente $es = eu * (c-d) / c$ con negativos tensión y positivos compresión en el acero

$\beta_1 = 0.85 - 0.05 (f'_c - 281.7) / 70.42 =$

0.85

Valores de c/d a evaluar

valor de cb para cuando el acero más alejado de la cara de compresión fluye y la fibra de compresión $ec = 0.003$

$0.85 * f'_c =$	208.25
$cb/d =$	0.60

Deformaciones unitarias en el acero

			As	1	2	3	4	5	
			d	5.09	0.00	12.50	0.00	19.92	
c/d	c	a		es	es	es	es	es	Ø
Tracción pura									
			1	-0.00200	0.00000	-0.00200	0.00000	-0.00200	0.90
0.01	0.20	0.17	2	-0.07360	0.00000	-0.18530	0.00000	-0.29700	0.90
0.05	1.00	0.85	3	-0.01232	0.00000	-0.03466	0.00000	-0.05700	0.90
0.14	2.82	2.40	4	-0.00241	0.00000	-0.01029	0.00000	-0.01818	0.90
0.23	4.65	3.95	5	-0.00028	0.00000	-0.00507	0.00000	-0.00986	0.90
0.33	6.47	5.50	6	0.00064	0.00000	-0.00279	0.00000	-0.00623	0.90
0.42	8.30	7.05	7	0.00116	0.00000	-0.00152	0.00000	-0.00420	0.83
0.55	0.51	10.12	8	0.00149	0.00000	-0.00070	0.00000	-0.00290	0.73
cb/d	0.60	11.95	9	0.00172	0.00000	-0.00014	0.00000	-0.00200	0.65
0.60	0.70	13.94	10	0.00191	0.00000	0.00031	0.00000	-0.00129	0.65
	0.80	15.93	11	0.00204	0.00000	0.00065	0.00000	-0.00075	0.65
	0.90	17.92	12	0.00215	0.00000	0.00091	0.00000	-0.00033	0.65
	1.00	19.92	13	0.00223	0.00000	0.00112	0.00000	0.00000	0.65
	1.10	21.91	14	0.00230	0.00000	0.00129	0.00000	0.00027	0.65
	1.20	23.90	15	0.00236	0.00000	0.00143	0.00000	0.00050	0.65
Compresión pura			16	0.00200	0.00000	0.00200	0.00000	0.00200	0.65
es=0	19.92	16.93	17	0.00223	0.00000	0.00112	0.00000	0.00000	0.65
es=ey/2	14.94	12.70	18	0.00198	0.00000	0.00049	0.00000	-0.00100	0.65

Tabla 12 Deformaciones Unitarias Fuente Geovanny Sanchez

Para el c/d son la cantidad de puntos que uno quiera generar para realizar el diagrama de interacción.

Para el cálculo de c se multiplica el c/d* dmax calculado en el principio, de igual manera, se calcula el **a** multiplicando c* β1.

Para obtener los valores de **es**, se utiliza la siguiente fórmula $\frac{ec*(c-d)}{c}$

Para general, los valores de Ø, se tiene la siguiente fórmula, calculada para el fs del acero más alejado de la cara de compresión

$\left(\frac{0.90-0.65}{0.005-ey}\right) * (abs(es) - 0.005) + 0.90$ para los valores de Ø si da menor que 0.65, se utiliza 0.65 y si da mayor a 0.90, se utiliza 0.90 y si da valores intermedios se utilizan esos resultados.

Para el cálculo de los esfuerzos en el acero y las fuerzas, se realiza la siguiente tabla.

Esfuerzos en el acero $fs = es * Es \leq fy$						Fuerzas en el Acero. $Fs = fs * As$				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	fs-0.85fc	fs-0.85fc	fs-0.85fc	fs-0.85fc	fs-0.85fc	5.09	0.00	12.50	0.00	19.92
	fs-0.85fc	fs-0.85fc	fs-0.85fc	fs-0.85fc	fs-0.85fc	7.42	12.50	0.00	12.50	-7.42
1	-4,200.0	0.0	-4,200.0	0.0	-4,200.0	-10.836	0	-10.836	0	-10.836
2	-4,200.0	0.0	-4,200.0	0.0	-4,200.0	-10.836	0	-10.836	0	-10.836
3	-4,200.0	0.0	-4,200.0	0.0	-4,200.0	-10.836	0	-10.836	0	-10.836
4	-4,200.0	0.0	-4,200.0	0.0	-4,200.0	-10.836	0	-10.836	0	-10.836
5	-594.0	0.0	-4,200.0	0.0	-4,200.0	-1,533	0	-10.836	0	-10.836
6	1,142.2	0.0	-4,200.0	0.0	-4,200.0	2,947	0	-10.836	0	-10.836
7	2,231.1	0.0	-3,190.3	0.0	-4,200.0	5,756	0	-8,231	0	-10.836
8	2,927.3	0.0	-1,479.0	0.0	-4,200.0	7,552	0	-3,816	0	-10.836
9	3,410.7	0.0	-290.5	0.0	-4,200.0	8,800	0	-750	0	-10.836
10	3,793.7	0.0	442.7	0.0	-2,700.0	9,788	0	1,142	0	-6,966
11	3,991.8	0.0	1,148.9	0.0	-1,575.0	10,299	0	2,964	0	-4,064
12	3,991.8	0.0	1,698.1	0.0	-700.0	10,299	0	4,381	0	-1,806
13	3,991.8	0.0	2,137.4	0.0	0.0	10,299	0	5,515	0	0
14	3,991.8	0.0	2,496.9	0.0	364.5	10,299	0	6,442	0	940
15	3,991.8	0.0	2,796.5	0.0	841.8	10,299	0	7,215	0	2,172
16	3,991.8	0.0	3,991.8	0.0	3,991.8	10,299	0	10,299	0	10,299
es=0	3,991.8	0.0	2,137.4	0.0	0.0	10,299	0	5,515	0	0
es=ey/2	3,946.9	0.0	819.3	0.0	-2,100.0	10,183	0	2,114	0	-5,418

Tabla 13Fuerzas en el Acero Fuente Geovanny Sanchez

Para generar lo esfuerzos

Si el valor de **es** es menor o igual a 0.002, se multiplica el (es * 2.10E+06) y si **es** es mayor a 0, se le tiene que restar 0.85*f'c, de igual manera, para las otras celdas

Cálculo de fuerzas

Las fuerzas se obtienen de multiplicar los esfuerzos por es As de su capa respectiva.

Sumatorias de fuerzas

		Acero	Concreto	F neta	Momento	ordenados para gráfico				
		Suma F				T-m	Ton	T-m	Ton	ØPn
		Fs	Fc			ØMn	ØPn	ØMn	ØPn	
Tpura	1	-32,508	0	-32,508	0	0.00	-29.26	0.00	-29.26	-29.26
	2	-32,508	881	-31,627	10,942	0.10	-28.46	0.10	-28.46	-28.46
	3	-32,508	4,407	-28,101	53,217	0.48	-25.29	0.48	-25.29	-25.29
	4	-32,508	12,485	-20,023	141,093	1.27	-18.02	1.27	-18.02	-18.02
	5	-23,205	20,564	-2,641	285,419	2.57	-2.38	2.57	-2.38	-2.38
	6	-18,725	28,642	9,917	381,440	3.43	8.93	3.43	8.93	8.93
	7	-13,311	36,721	23,410	452,542	3.77	19.51	3.77	19.51	19.51
	8	-7,099	44,799	37,700	503,595	3.65	27.34	3.65	27.34	27.34
	9	-2,786	52,878	50,092	538,042	3.50	32.56	3.50	32.56	32.56
	10	3,964	61,691	65,655	529,866	3.44	42.68	3.44	42.68	42.68
	11	9,199	70,504	79,703	510,407	3.32	51.81	3.40	47.43	47.43
	12	12,874	79,317	92,191	477,023	3.10	59.92	3.32	51.81	51.81
	13	15,813	88,130	103,943	432,069	2.81	67.56	3.10	59.92	59.92
	14	17,681	96,943	114,624	378,615	2.46	74.51	2.81	67.56	67.56
Cpura	15	19,685	105,756	125,442	308,085	2.00	81.54	2.81	67.56	67.56
	16	30,896	130,156	161,052	0	0.00	104.68	2.46	74.51	74.51
	17	15,813	88,130	103,943	432,069	2.81	67.56	2.00	81.54	81.54
	18	6,879	66,098	72,977	522,321	3.40	47.43	0.00	104.68	83.75

(revisa en las de compresión que no pase la cota máx)

cota max 83.75

Tabla 14 Ordenadas para Grafico Fuente Geovanny Sanchez

Fs es la sumatoria de las fuerzas de cada fila para la F neta, se suman el Fs + Fc, para calcular el momento $f'c * \left(\left(\frac{H}{2} \right) - \left(\frac{a}{2} \right) \right)$, el ØMn es multiplicar el Mn por Ø calculado y dividido entre 100000 y para el ØPn es exactamente lo mismo, lo que cambia es que se divide entre 1000.

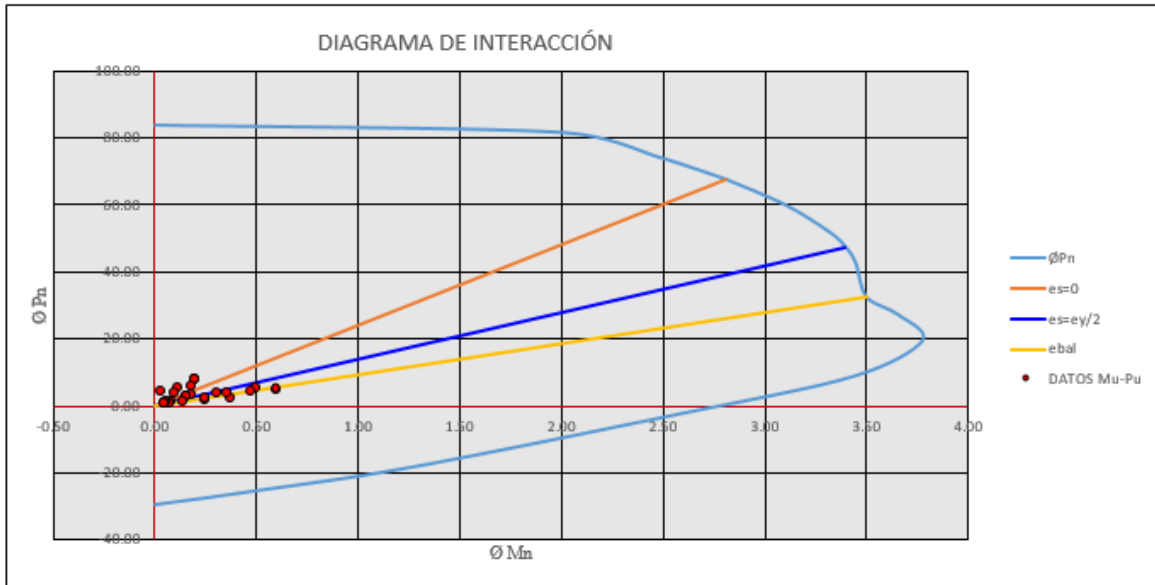


Ilustración 10 Diagrama de interacción Fuente Geovanny Sánchez

3.1.5.2 Diseño de columna 15 x 40 cm

DIAGRAMA DE INTERACCIÓN COL RECTANGULAR

5 Niveles de acero en dir "h"

13/11/2016

Unidades kg-cm-cm²

Es= 2.10E+06 kg/cm²

ec 0.0030

B, cm 15 Ag 600

H, cm 40

Fc, kg/cm² 245

fy, kg/cm² 4200 ey= fy/Es 0.002000

recub al Aro 3.50 cm

var Aro # 3 db aro 0.95

d max 34.92 db Long 1.27

CAPA	Cant Unid	# var	As	di (cm)
------	-----------	-------	----	---------

1	2	# 4	2.58	5.09
---	---	-----	------	------

2	0	# 4	0.00	0.00
---	---	-----	------	------

3	2	# 4	2.58	20.00
---	---	-----	------	-------

4	0	# 4	0.00	0.00
---	---	-----	------	------

5	2	# 4	2.58	34.92
---	---	-----	------	-------

As total: 7.74

Cantidad de capas a usar: 3

Revisión de $1\% \leq \rho_{ast} \leq 6\%$	1.29%	OK
--	-------	----

Diagrama de interacción col rectangular. Muestra un rectángulo con dimensiones H y B. Se indican las capas de acero (C1 a C5) y la distancia di. Se muestra la cara de compresión y la cara de tensión.

Capas: C1 C2 C3 C4 C5

Mu (T-m)	Pu (Ton)
----------	----------

0.29	5.21
------	------

0.29	5.21
------	------

0.26	4.62
------	------

0.24	4.47
------	------

0.21	4.02
------	------

0.21	3.80
------	------

0.19	3.87
------	------

0.15	3.08
------	------

0.13	2.47
------	------

0.11	2.31
------	------

0.08	1.87
------	------

0.07	1.71
------	------

0.07	1.71
------	------

0.04	2.86
------	------

0.04	2.86
------	------

0.03	2.46
------	------

0.03	0.21
------	------

0.03	0.67
------	------

0.03	2.55
------	------

0.03	0.94
------	------

0.02	2.10
------	------

0.02	2.14
------	------

0.02	2.22
------	------

0.02	0.58
------	------

--	--

--	--

3.1.5.4 Diseño de columna 20 x 40 cm

DIAGRAMA DE INTERACCIÓN COL RECTANGULAR					Mu (T-m)	Pu (Ton)
5 Niveles de acero en dir "h"					0.80	12.01
13/11/2016					0.80	12.01
Unidades kg-cm-cm²					0.58	8.55
Es=	2.10E+06	kg/cm²			0.58	11.64
ec	0.0030				0.53	9.40
B, cm	20	Ag	800		0.39	7.08
H, cm	40				0.36	8.17
f'c, kg/cm²	245				0.33	6.74
fy, kg/cm²	4200	ey= fy/Es	0.002000		0.30	4.44
recub al Aro	3.50	cm			0.09	0.97
# var Aro	# 3	db aro	0.95		0.08	4.06
d max	34.92	db Long	1.27		0.06	3.90
CAPA	Cant Unid	# var	As	di (cm)	0.06	2.78
1	3	# 4	3.87	5.09	0.04	8.76
2	0	# 4	0.00	0.00	0.04	6.14
3	2	# 4	2.58	20.00	0.04	5.98
4	0	# 4	0.00	0.00	0.04	2.67
5	3	# 4	3.87	34.92	0.05	1.23
As total:			10.32		0.05	1.07
Cantidad de capas a usar:			3		0.06	5.31
Revisión de $1\% \leq \%A_{st} \leq 6\%$			1.29%	OK	0.07	5.46
					0.08	8.76
					0.08	8.60
					0.08	3.85

Diagrama de una columna rectangular de 20x40 cm. Se muestran las dimensiones H=40 cm y B=20 cm. Se indican las capas de acero C1, C2, C3, C4 y C5. Se muestra el diámetro de la barra de acero di. Se indica la cara de compresión y la cara de tensión.

capa compresión

B

H

di

capa tensión

Capas:	C1	C2	C3	C4	C5

Esfuerzos en el acero $f_s = e s \cdot E_s \leq f_y$						Fuerzas en el Acero. $F_s = f_s \cdot A_s$				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	$f_s - 0.85 f_c$	$f_s - 0.85 f_c$	$f_s - 0.85 f_c$	$f_s - 0.85 f_c$	$f_s - 0.85 f_c$	5.09	0.00	20.00	0.00	34.92
	$f_s - 0.85 f_c$	$f_s - 0.85 f_c$	$f_s - 0.85 f_c$	$f_s - 0.85 f_c$	$f_s - 0.85 f_c$	14.92	20.00	0.00	20.00	-14.92
1	-4,200.0	0.0	-4,200.0	0.0	-4,200.0	-21,672	0	-10,836	0	-21,672
2	-4,200.0	0.0	-4,200.0	0.0	-4,200.0	-21,672	0	-10,836	0	-21,672
3	-4,200.0	0.0	-4,200.0	0.0	-4,200.0	-21,672	0	-10,836	0	-21,672
4	-176.7	0.0	-4,200.0	0.0	-4,200.0	-912	0	-10,836	0	-21,672
5	2,159.5	0.0	-4,200.0	0.0	-4,200.0	11,143	0	-10,836	0	-21,672
6	3,268.6	0.0	-4,200.0	0.0	-4,200.0	16,866	0	-10,836	0	-21,672
7	3,889.7	0.0	-2,361.0	0.0	-4,200.0	20,071	0	-6,091	0	-21,672
8	3,991.8	0.0	-799.2	0.0	-4,200.0	20,597	0	-2,062	0	-21,672
9	3,991.8	0.0	77.1	0.0	-4,200.0	20,597	0	199	0	-21,672
10	3,991.8	0.0	936.4	0.0	-2,700.0	20,597	0	2,416	0	-13,932
11	3,991.8	0.0	1,580.8	0.0	-1,575.0	20,597	0	4,078	0	-8,127
12	3,991.8	0.0	2,082.0	0.0	-700.0	20,597	0	5,372	0	-3,612
13	3,991.8	0.0	2,483.0	0.0	0.0	20,597	0	6,406	0	0
14	3,991.8	0.0	2,811.1	0.0	364.5	20,597	0	7,253	0	1,881
15	3,991.8	0.0	3,084.4	0.0	841.8	20,597	0	7,958	0	4,343
16	3,991.8	0.0	3,991.8	0.0	3,991.8	20,597	0	10,299	0	20,597
es=0	3,991.8	0.0	2,483.0	0.0	0.0	20,597	0	6,406	0	0
es=ey/2	3,991.8	0.0	1,280.1	0.0	-2,100.0	20,597	0	3,303	0	-10,836

Acero					ordenados para gráfico				
Suma F		Concreto		Momento	T-m	Ton	T-m	Ton	OPn
Fs	Fc	F neta	Fc		ØMn	ØPn	ØMn	ØPn	
1	-54,180	0	-54,180	0	0.00	-48.76	0.00	-48.76	-48.76
2	-54,180	1,236	-52,944	24,538	0.22	-47.65	0.22	-47.65	-47.65
3	-54,180	6,180	-48,000	119,022	1.07	-43.20	1.07	-43.20	-43.20
4	-33,420	17,511	-15,909	623,052	5.61	-14.32	5.61	-14.32	-14.32
5	-21,365	28,842	7,477	966,409	8.70	6.73	8.70	6.73	6.73
6	-15,642	40,173	24,530	1,184,506	10.66	22.08	10.66	22.08	22.08
7	-7,693	51,503	43,811	1,334,221	11.12	36.51	11.12	36.51	36.51
8	-3,137	62,834	59,697	1,413,165	10.25	43.29	10.25	43.29	43.29
9	-876	74,165	73,289	1,453,430	9.45	47.64	9.45	47.64	47.64
10	9,081	86,525	95,607	1,346,758	8.75	62.14	8.75	62.14	62.14
11	16,549	98,886	115,435	1,232,261	8.01	75.03	8.39	68.75	68.75
12	22,357	111,247	133,604	1,100,322	7.15	86.84	8.01	75.03	75.03
13	27,004	123,608	150,611	945,166	6.14	97.90	7.15	86.84	86.84
14	29,731	135,969	165,699	779,149	5.06	107.70	6.14	97.90	97.90
15	32,899	148,329	181,228	567,767	3.69	117.80	6.14	97.90	97.90
16	51,494	166,600	218,094	0	0.00	141.76	5.06	107.70	107.70
17	27,004	123,608	150,611	945,166	6.14	97.90	3.69	117.80	113.41
18	13,064	92,706	105,770	1,291,209	8.39	68.75	0.00	141.76	113.41

(revisa en las de compresión que no pase la cota máx)

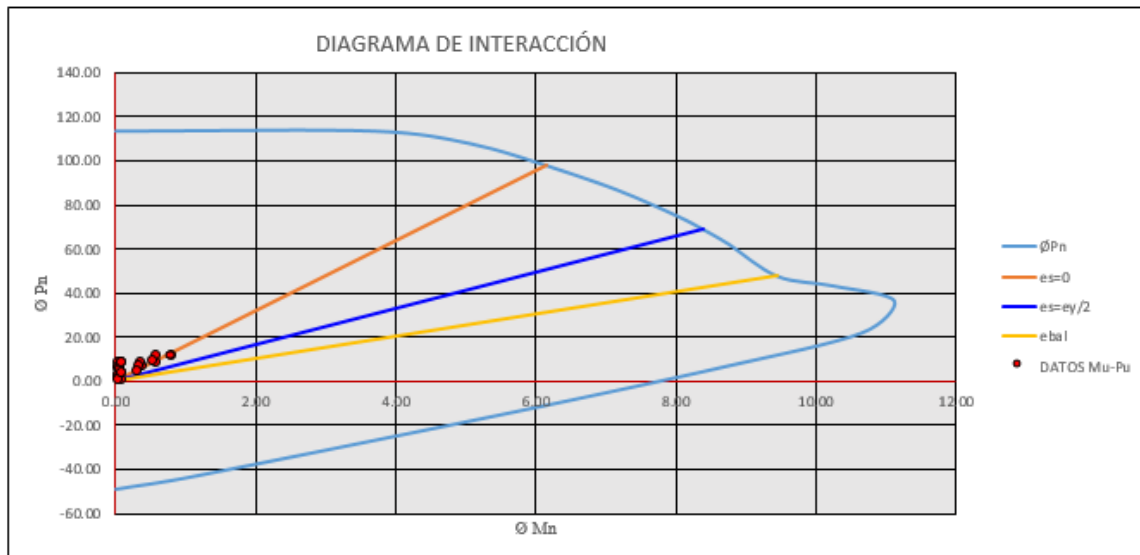


Ilustración 14 Fuerzas Ordenadas Diagrama Fuente Geovanny Sánchez

3.1.6 Diseño de la losa de entre piso

Se propone una losa de 15 cm con un $b = 100$ cm, $d = 10$ cm, $f'c = 245$ kg/cm²

$$As = \frac{0.85 * f'c * b * d}{fy} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{Mu}{0.85 * \theta * f'c * b * d^2} \right)}$$

$$As = \frac{0.85 * 245 * 100 * 10}{2800} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{251000}{0.85 * 0.90 * 245 * 100 * 10^2} \right)}$$

$$As = 10.73 \text{ cm}^2$$

Se revisa el acero mínimo requerido

$$As_{\min} = 0.002 * b * h = 0.002 * 100 * 15 = 3 \text{ cm}^2$$

Se utiliza el que haya dado un mayor valor = 10.73 cm^2

Para definir el acero de refuerzo se realiza lo siguiente:

$$\frac{100}{A_{\min}} * Ab = \frac{100}{10.73} * 1.29 = 12.01 \approx 12 \text{ cm en el sentido M11 parte corta de la losa}$$

Cálculo del acero en M22 parte larga

$$As = \frac{0.85 * f'c * b * d}{fy} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{Mu}{0.85 * \theta * f'c * b * d^2} \right)}$$

$$As = \frac{0.85 * 245 * 100 * 10}{2800} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{122500}{0.85 * 0.90 * 245 * 100 * 10^2} \right)}$$

$$As = 5.031 \text{ cm}^2$$

Se revisa el acero mínimo requerido

$$As_{\min} = 0.002 * b * h = 0.002 * 100 * 15 = 3 \text{ cm}^2$$

Se utiliza el que haya dado un mayor valor = 5.031 cm^2

Para definir el acero de refuerzo se realiza lo siguiente

$$\frac{100}{A_{min}} * Ab = \frac{100}{5.031} * 1.29 = 25.63 \approx 20\text{cm en el sentido M22}$$

Se propone colocar maya # 4 en la parte corta @ 12 cm y en su sentido largo @ 20cm y en ambas caras de la losa.

Revisión de cortante

$$\theta V_c = \theta(0.53) * \sqrt{f'c} * b * d = \theta(0.53) * \sqrt{245} * 100 * 10 = 6340 \text{ Kg cual es mayor que } 1216 \text{ kg de Vu. Cumple}$$

Revisión de flexiones en la losa

$$\text{Espesor } H_{min} = \frac{L}{200} = \frac{100}{200} = 5 \text{ cm}$$

Para la longitud de anclaje se utilizará

$$8db = 10 \text{ cm}$$

$$15 \text{ cm}$$

$$\frac{f_y * db}{16 * \sqrt{f'c}} = \frac{2800 * 1.27}{16 * \sqrt{245}} = 15 \text{ cm}$$

Para la longitud de anclaje se utilizará 15 cm y un gancho de 12db.

Lar cargas fueron obtenidas de los siguientes imágenes

Para momento M22

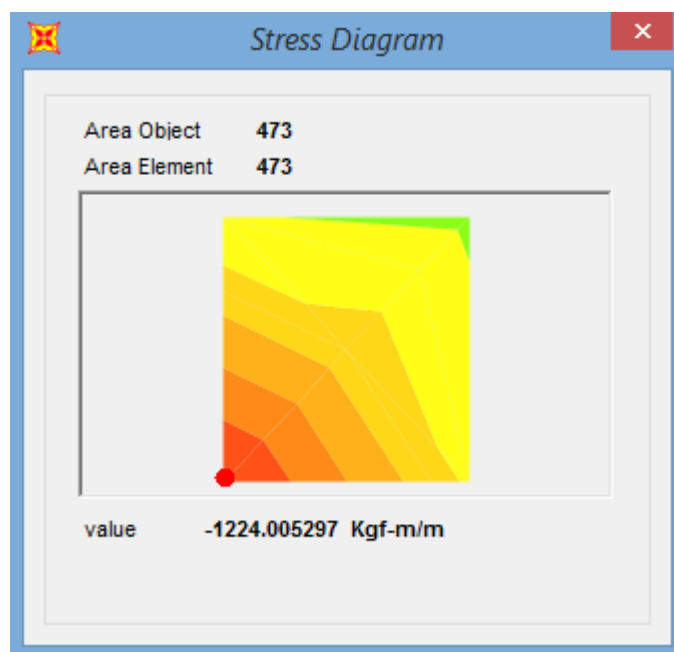
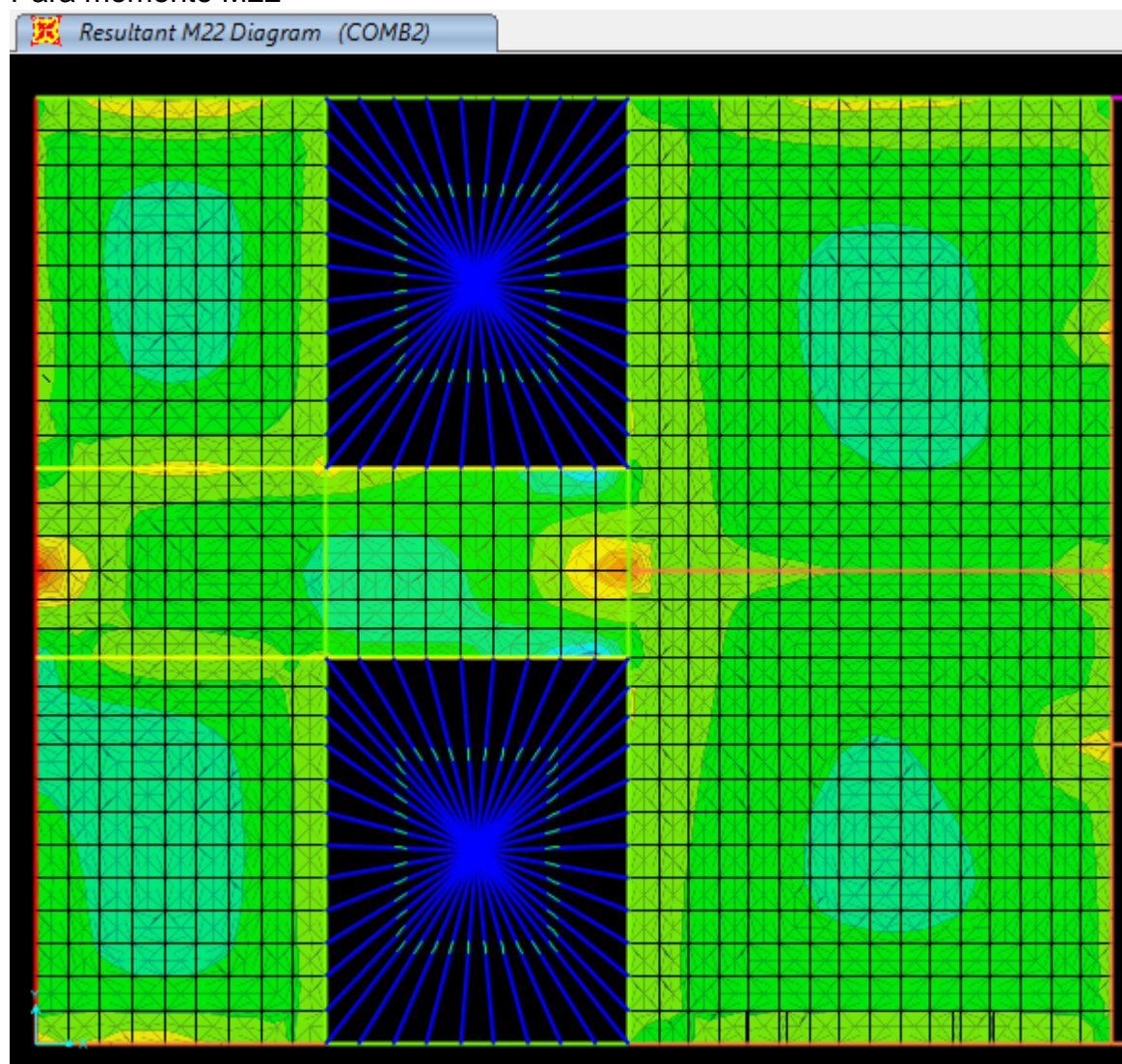


Ilustración 15 Momento máx. M22 Fuente Geovanny Sanchez

Para momento M11

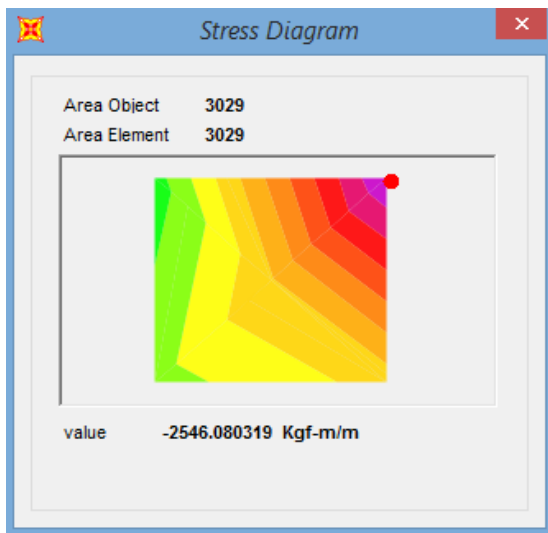
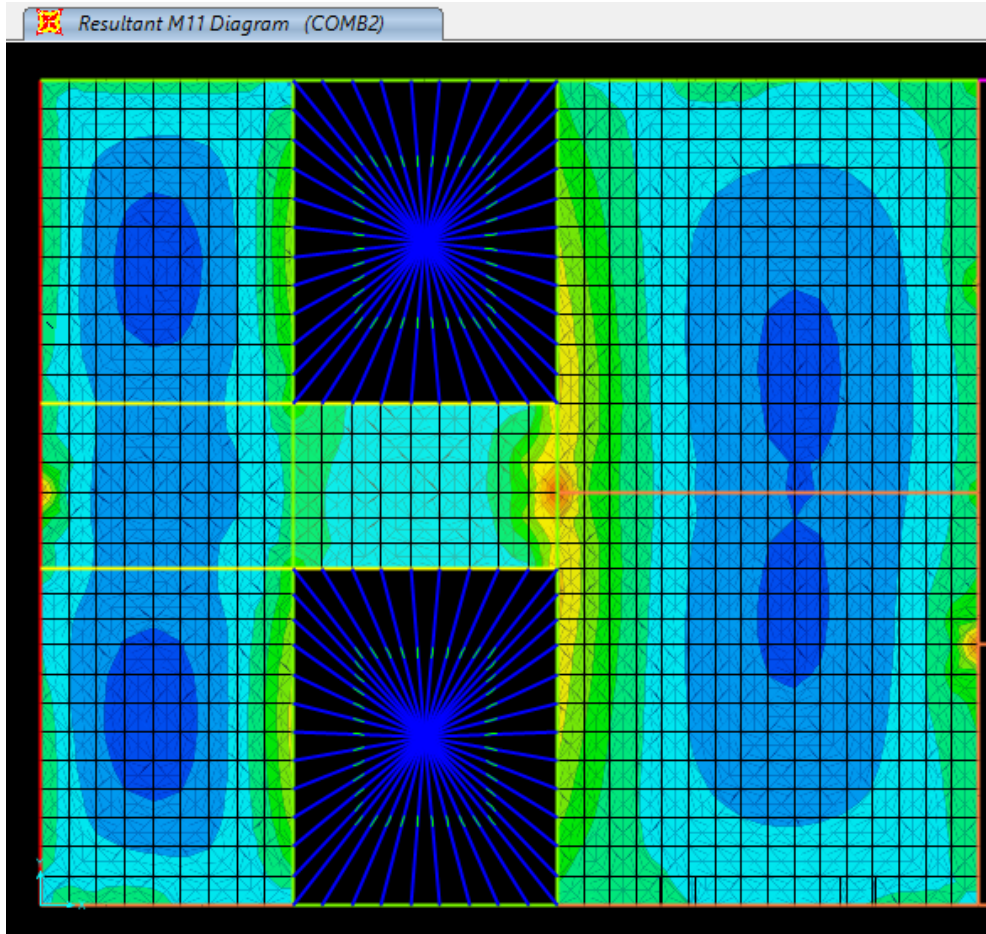


Ilustración 16 Momento máx. en M11 Fuente Geovanny Sánchez

3.1.7 Diseño de techo

El análisis de larguero de techo definirá las cargas que lleguen al elemento estructural del techo, sea una cercha o vigas portantes.

La cubierta transmite su peso al elemento cuerda o larguero (denominado larguero a veces), el peso de la cubierta actúa en la dirección de la gravedad, mientras que el efecto de presiones, como la del viento, actúa por definición, perpendiculares a la superficie de la cubierta.

La fuerza equivalente de viento puede tener sentido, llegando al larguero (presión) o saliendo del mismo (succión), hay que analizar al elemento larguero O como tal, las cargas que soporta y su capacidad y revisión de la sección propuesta para ver si cumple con los requerimientos de capacidad (resistencia y pandeo) y de servicio (deflexiones). Como es usual que los cielos rasos sean suspendidos o guindados directamente de los largueros, es mediante angulares galvanizados en los casos de cielos de Gypsum o similares, se considerará que al larguero tributan las siguientes cargas:

Cargas típicas de diseño

Cargas permanentes

Cubierta de techo 7 kg/m²

Cargas sobre la cubierta 36 kg/m²

Carga temporales

Según CSCR - 2010 40 kg/m²

Carga de viento

Según código de 78.29 kg/m²

construcción iterando

Se calculan los siguientes datos

Pendiente del techo en fracción: h/L	0.60	fracc
Ángulo de la pendiente del techo (θ):	$\theta =$	30.96 Grd 0.54 Rad
Factor de forma: XX.12, techo de frente, C: 1,2 sen θ -0,4, C:	0.217	Para presión
Factor de forma: XX.12, techo de frente, C: 0.4	0.400	Para succión
Fuerza del viento, XX.13: $w_x = Q \times C \times U$	17.02	kg/m ²
Fuerza del viento, XX.13: $w_x = Q \times C \times U$	31.32	kg/m ²

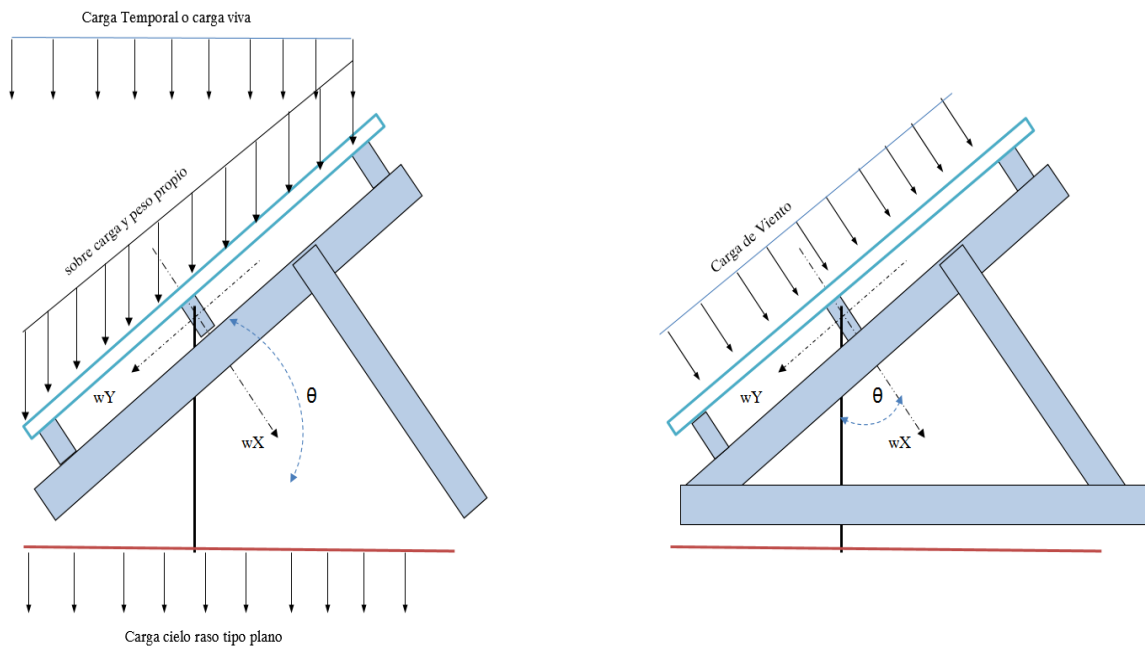


Ilustración 17 Esquemas de Diseño Fuente Geovanny Sánchez

Para el esquema anteriores se tiene que:

El M_x es función del W_y , hace el D_y

El M_y es función de W_x , hace el D_x

La fuerza para el larguero es:

En el eje $X = P \cdot \cos \theta + F$ viento

En el eje $Y = P \cdot \sin \theta$

La reacción en el larguero desde la cubierta

La cubierta es como una viga continua de varios tramos cuyos apoyos son los largueros.

El ACI permite calcular el último tramo de una viga continua como $R = 1.15 wL$

Casos de apoyos usuales para el diseño de largueros

CASO	Deflexión:			
1	0.01302	$*qL^4/EI$	Viga 1 L, Dx centro de vano	$\cos(\theta)= 0.857$
2	0.00540	$*qL^4/EI$	Viga 2 L, Dx vano	$\text{seno}(\theta)= 0.514$
3	0.00690	$*qL^4/EI$	Viga 3 L, Dx vano exterior	
CASO	Coeficientes de momentos máximos			
1	0.12500	$*wL^2$	para 1 luz para L tramo	
2	0.12500	$*wL^2$	para 2 luces, para L tramo	
3	0.10000	$*wL^2$	para 3 luces, para L tramo	

CARGAS APLICADAS Se toma como si la cubierta fuera una viga continua con la reacción máxima de 1.10 qL

wcp (kg/m)		1.460	72.20	kg/ml	sentido gravedad
wcielo	Cielo Inclinado?	NO	14.79	kg/ml	sentido gravedad
wct (kg/m)		1.460	57.59	kg/ml	sentido gravedad
w peso propio			8.92	kg/ml	sentido gravedad
w presión viento (kg/m)		1.460	28.58	kg/ml	sentido X
wW succión viento (kg/m)		1.460	52.58	kg/ml	sentido X

Separación entre un larguero y otro:	1.15	m
Separación entre los tornillos de sujeción de lámina de cubierta:	0.50	m
Distancia entre apoyos del larguero viga-viga o cercha-cercha	3.90	m
Cantidad de vanos que forma el LARGUERO en dirección "Y" por tensores:	1	
Coeficiente de momento máximo en Mux para deflex en Y	0.125	
	0	
Coeficiente de momento Muy para deflexión en X	0.125	
Largo del larguero para la Deflexión en X:	3.90	

Luz libre para deflexiones en la dirección Y (m)

3.90

Se obtienen las siguientes cargas

	CP	CT	W pres	W succ
wx=	82.24	49.38	28.58	52.58
wy=	49.34	29.63		

Se propone utilizar un tubo de 2" x 4" en 2.37 mm

Características del tubo

Sx	50.33	cm ³	rx =	6.63
Sy	22.48	cm ³	Elxx=	1.06E+09
Fy	2,400	(kg/cm ²)	Elyy=	1.24E+08 cm
Ixx	503.00	cm ⁴	$1.76*\sqrt{(E/fy)}$ =	52.06
Iyy	59.19	cm ⁴	Lp=	345.36
Φb	0.90			
Área	11.43	cm ²		

Tubo 50x100x2.37 mm

Módulo elasticidad (kg/cm ²)	2.10E+06	(kg/cm ²)
ΦMny (kgm)	485.57	(kgm)
Muy mayor:	381.31	(kgm)
ΦMnx (kgm)	1,087.13	(kgm)
Mux mayor	202.71	(kgm)

Diseño último de elemento:

	Deflex X		Deflex Y		
	Wux(kg/m)	Muy(kgm)	Wuy(kg/m)	Mux(kgm)	Ec. Interacc
COMBINACIÓN DE CARGA					
1,4 CP	115.1	218.9	69.1	131.3	0.57
1,2CP + 0,5CT	123.4	234.6	74.0	140.7	0.61
1,2CP + 1,6CT + 0,8Wpresion	200.6	381.3	106.6	202.7	0.97
1,2CP + 1,6CT + 0,8Wsucción	135.6	257.9	106.6	202.7	0.72
1,2CP + 1,3Wpresión + 0,5CT	160.5	305.2	74.0	140.7	0.76
1,2CP + 1,3Wsucción + 0,5CT	55.0	104.6	74.0	140.7	0.34
0,9CP + 1,3Wpresión	111.2	211.3	44.4	84.4	0.51
0,9CP + 1,3Wsucción	5.7	10.8	44.4	84.4	0.10

En todas las anteriores cumple la ecuación de interacción que tiene que ser menor a 1

Tomando en cuenta que todo lo anterior cumple, se utilizará un tubo de 2" x 4" en 2.37mm para los clavadores de techo.

Para el diseño de la cercha, el momento máximo es de $215 \text{ kg/m}^2 = 21500 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Por lo tanto } \frac{Mu}{\theta fy} = S = \frac{21500}{2160} = 10 \text{ cm}^3$$

Se propone utilizar tubo de 2" x 4" en 2.37mm para confeccionar la cercha el diseño realizado en los clavadores, las cerchas son las más críticas, por ende, en la otra estructura de techo cumple.

3.1.8. Conexión columna cercha

Se tienen las siguientes reacciones

$$R_y = 5300 \text{ Kg}$$

$$R_x = 2555 \text{ Kg}$$

Para la capacidad de tensión

Las varillas propuestas son # 4 grado 60, pero como llevan una parte roscada, se tomó como si fuera una varilla #3.

$$\Theta P_n = \Theta A_v F_y = 0.90 \cdot 4 \cdot 0.71 \cdot 4200 = 10735 \text{ Kg}$$

Capacidad a cortante

$$\Theta V_n = \Theta A_v (0.60 F_y) = 0.90 \cdot 4 \cdot 0.71 \cdot 0.60 \cdot 4200 = 6442 \text{ Kg}$$

Ecuación de interacción

$$\frac{P_u}{\Theta P_n} = \frac{V_u}{\Theta V_n} = \frac{2555}{10735} = \frac{5300}{6441} = 1.1 \text{ OK}$$

Capacidad de la soldadura

$$\Theta R_n = \Theta (0.6 F_y) w_L = 0.75 \cdot 0.6 \cdot 4200 \cdot 0.707 \cdot 20 \cdot 0.31 = 8285 \text{ Kg}$$

La fuerza que tiene que resistir la soldadura es de 5885 Kg, por lo tanto, la soldadura cumple con 8285 Kg.

Capacidad de la placa

$$\Theta R_n = \Theta (2.4 \cdot d_E) F_y = 0.75 \cdot 2.4 \cdot 1.27 \cdot 0.48 \cdot 4060 = 4455, \text{ el cual es mayor que la reacción en x que es de } 2555 \text{ Kg.}$$

En compresión da un resultado de 130 Kg*cm con 112 Kg*cm, lo cual cumple.

3.1.9 Diseño de tanque

Para el diseño de la losa.

Se tiene un momento máximo en M22 de 1800kg-m/m, se propone un

$$b = 100 \text{ cm} \quad d = 15 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Cálculo de acero mínimo

$$A_{smin} = \frac{14}{f_y} * b * d = \frac{14}{4200} * 100 * 15 = 5 \text{ cm}^2$$

$$0.002 * b * h = 0.002 * 100 * 20 = 4 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{0.85 * f'_c * b * d}{f_y} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{Mu}{0.85 * \theta * f'_c * b * d^2} \right)}$$

$$A_s = \frac{0.85 * 245 * 100 * 15}{4200} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{180000}{0.85 * 0.90 * 245 * 100 * 15^2} \right)}$$

$$A_s = 3.3 \text{ cm}^2$$

El acero que rige es el mayor, es decir, 5 cm²

Para una separación

$$\frac{100}{A_{min}} * A_b = \frac{100}{5} * 1.29 = 25 \text{ cm se propone @ 20cm para el acero longitudinal}$$

Momento en M11 SAP 2000

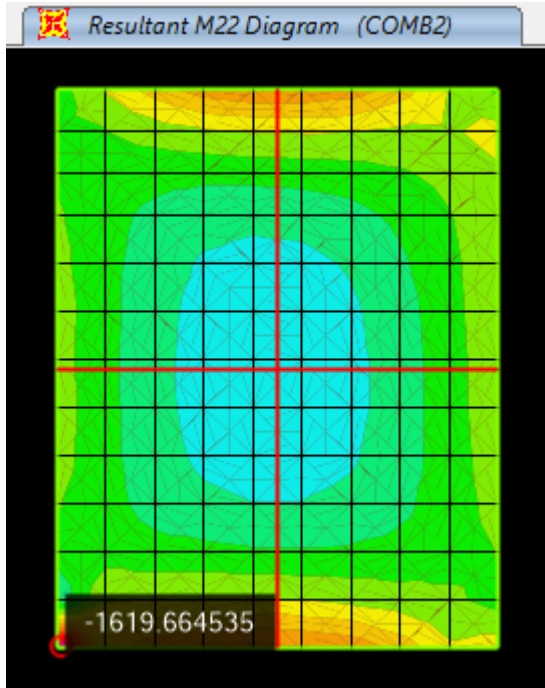


Ilustración 18 Mmax en M22 Fuente Geovanny Sánchez

Para el M11 acero transversal

Cálculo de acero mínimo

$$A_{smin} = \frac{14}{f_y} * b * d = \frac{14}{4200} * 100 * 15 = 5 \text{ cm}^2$$

$$0.002 * b * h = 0.002 * 100 * 20 = 4 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{0.85 * f'_c * b * d}{f_y} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{Mu}{0.85 * \theta * f'_c * b * d^2} \right)}$$

$$A_s = \frac{0.85 * 245 * 100 * 15}{4200} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{77000}{0.85 * 0.90 * 245 * 100 * 15^2} \right)}$$

$$A_s = 1.4 \text{ cm}^2$$

El acero que rige es el mayor, es decir, 5 cm²

Para una separación

$$\frac{100}{A_{min}} * Ab = \frac{100}{5} * 1.29 = 25 \text{ cm se propone @ 20cm para el acero transversal}$$

Momento para M11 SAP 2000

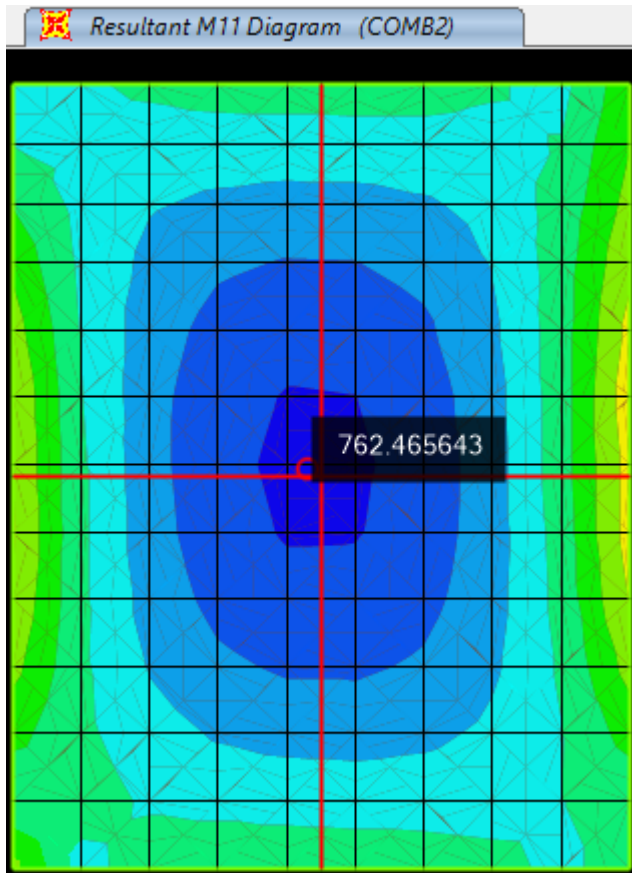


Ilustración 19 Momento máx. para M11 fuente Giovanni

Se propone utilizar maya # 4 @ 20 cm en ambas direcciones y ambas caras de la losa.

Paredes de tanque

Se tiene un momento máximo en M22 de 1700kg-m/m se propone un

$$b = 100 \text{ cm} \quad d = 15 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Cálculo de acero mínimo

$$A_{smin} = \frac{14}{f_y} * b * d = \frac{14}{4200} * 100 * 15 = 5 \text{ cm}^2$$

$$0.002 * b * h = 0.002 * 100 * 20 = 4 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{0.85 * f'_c * b * d}{f_y} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{Mu}{0.85 * \theta * f'_c * b * d^2} \right)}$$

$$A_s = \frac{0.85 * 245 * 100 * 15}{4200} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{170000}{0.85 * 0.90 * 245 * 100 * 15^2} \right)}$$

$$A_s = 3.1 \text{ cm}^2$$

El acero que rige es el mayor, es decir, 5 cm²

Para una separación

$$\frac{100}{A_{min}} * A_b = \frac{100}{5} * 1.29 = 25 \text{ cm se propone @ 20cm para el acero longitudinal}$$

Momento M22 de SAP 2000

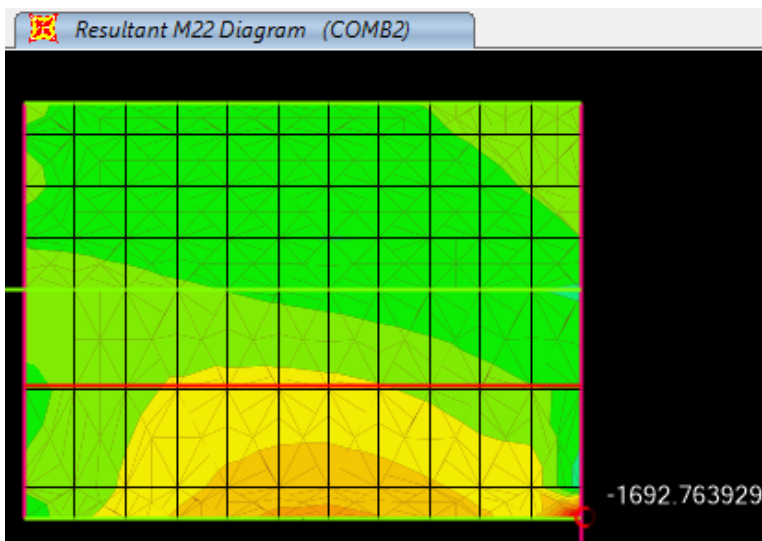


Ilustración 20 M22 Max Fuente Geovanny Sanchez

Para el M11 acero transversal

Cálculo de acero mínimo

$$A_{smin} = \frac{14}{f_y} * b * d = \frac{14}{4200} * 100 * 15 = 5 \text{ cm}^2$$

$$0.002 * b * h = 0.002 * 100 * 20 = 4 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{0.85 * f'_c * b * d}{f_y} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{Mu}{0.85 * \theta * f'_c * b * d^2} \right)}$$

$$A_s = \frac{0.85 * 245 * 100 * 15}{4200} * 1 - \sqrt{1 - 2 * \left(\frac{35000}{0.85 * 0.90 * 245 * 100 * 15^2} \right)}$$

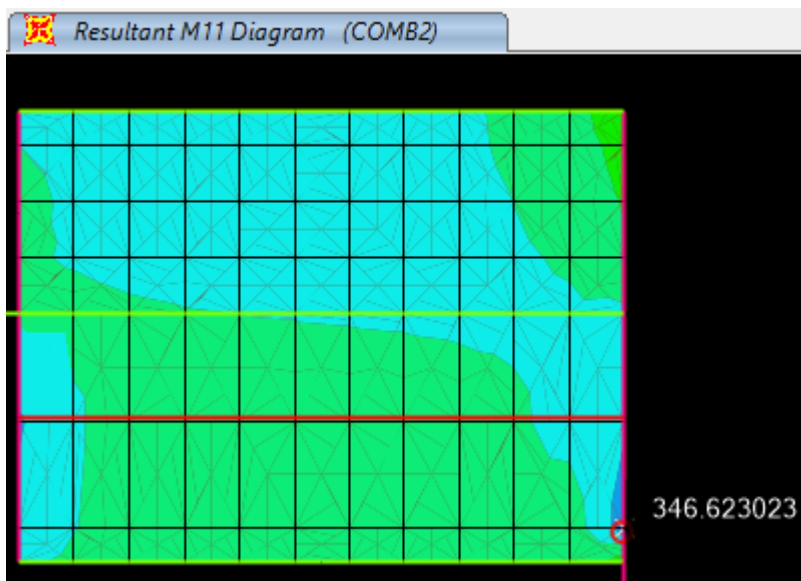
$$A_s = 0.76 \text{ cm}^2$$

El acero que rige es el mayor, es decir, 5 cm²

Para una separación

$$\frac{100}{A_{min}} * A_b = \frac{100}{5} * 1.29 = 25 \text{ cm se propone @ 20cm para el acero transversal}$$

Momento para M11 SAP 2000



Se propone malla # 4 @ 20cm ambas direcciones y en ambas caras de la pared.

3.1.10 Diseño de paredes de mampostería

MURO DE MAMPOSTERÍA CON CORTANTE EN SU PLANO									
Edificio AyA		Elemento: Muro		23/08/2017					
MATERIALES:		DATOS DEL MURO							
f'm (kg/cm ²)	100	Longitud del muro:	3.43 m	Long celda:	15.8 cm				
f'yv (kg/cm ²)	4,200	Ancho del muro:	15.0 cm	Espesor:	2.5 cm				
Mampostería Clase:	A	Altura H del muro:	3.70 m	Suelo/Zona:	S3	Z3			
Usa Ø de ACI	NO	H/t=	24.67	OK	Ductild Asignada:	1.5			
fmax=	0.80	f'm	a/c=	0.80	9.7.2				
REFUERZO DEL MURO:									
Varilla Vertical:	Cantidad	Varillas	Fy	Diam Permitido	As Horizontal del muro:				
Varilla 1 celda	1 Unid	# 3	4,200	OK	Varillas	Separación			
Varilla 2 Celda	1 Unid	# 3	4,200	OK	# 3	@ 0.60 m			
Varilla penúltima Celda	1 Unid	# 3	4,200	OK	Av cm ² /var efectivo	As horz Total			
Varilla última Celda	1 Unid	# 3	4,200	OK	0.71	4.38			
Separación resto varilla	1 Unid	# 3	4,200	@ 0.60 m	Elemento de borde por 18.10.6.2				
Largo Nucleo extremo	0.40 m	Cant var Vert	9.00	δu= 0.05 cm					
As vert Total	6.39	criterio > que 76.22 cm							
						c=	119.45	N/A	
Aceros Mínimos: 9.3.3 CSCR y 9.7.2-c									
Asv min ambas direcciones 0.002*Ag=	10.29	Requerido	10.77	Check	Sv (del Vert) :	@ 60 cm	Check		
Asv min Vertical = 0.0007*Ahoriz =	3.60		4.38	OK	Sv max:	@ 80 cm	OK		
Asv min Horizontal = 0.0007*Avvert =	3.89		6.39	OK	Sh (del Horiz) :	@ 60 cm			
					Sh max:	@ 45 cm	NO OK		
9.7.4									
l para L menor = b t ³ / 12	96.469			Ae=	3.553 cm ²	Area Celda:	208 cm ²		
h/r = donde r=√(I/A), para L menor	85.45	(relativo a 99)		Ag=	5.145	Area semirelleno:	3.553 cm ²		
Fact-correco-Esbeltez: 1 - [h / (140 r)] ² si (h/r>99) ó (70 r / H) ² si (h/r<=99)				0.627	Ec. 9.19 y 9.20				
SI PARA TODO RELLENO Y NO PARA PARCIAL RELLENO				NO	DIRECCION DEL SISMO: X				
El acero horizontal embebido en concreto:				NO	Es=	2.10E+06	PERIODO FND	0.09	
** El bloque es apilado, afecta Ash mínimo				NO	emu=	0.00300	FED(μ=1)=	1.992	
S= l / c = 1/6 b L ² cm ³				458.301	ey= Fy/Es =	0.002000	FED(μ asignada)=	1.535	
bw = t - bi (b de la celda vacía) ó t =				5.00	d=	3.33 m	RelFed u=1/u asign=	1.298	
				d'v= (ACI 530)	343 cm	d'=	0.10 m		
RESISTENCIA AXIAL: CSCR-10, 9.7.4									
Po= 0.85 f'm (Ae - As) + fy As	310.53								
Ø*Pn = 0.8 * Ø*Po * Fact-correco	93.53								
ΦPn >= Pu	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CAPACIDAD A FLEXIÓN: 100 % Relleno = Mn ≥ 1.8 Mcr y fr= 1.06 √f'm ó 15, Parcialmente Relleno = Mn ≥ 3 Mcr y fr= 0.67 √f'm ó 9									
Mu (Ton m)	0.223	0.223	0.198	0.134	0.109	0.066	0.049	0.046	
Vu, análisis (Ton)	7.142	7.142	6.891	3.954	3.702	0.507	0.350	0.183	
Pu (Ton)	14.736	1.570	4.850	11.456	1.570	24.301	17.839	14.845	
Sc=0.2*f'm (8.6.5-c)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	
P/A+Mc/I=	2.94	0.38	1.01	2.27	0.34	4.75	3.48	2.90	
Ocupa o no Elem de Bordo:	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
φ flex-axial: (tabla 9.1 CSCR-10)	0.74	0.79	0.78	0.75	0.79	0.70	0.72	0.74	
φ flex-axial: que rige	0.74	0.79	0.78	0.75	0.79	0.70	0.72	0.74	
fr	Ec. 9.50 y 9.51	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	
Mcr= S fr =	Ec. 9.49	30.71	30.71	30.71	30.71	30.71	30.71	30.71	
Rige: 3* (Mcr = S fr) =	9.7.2-b	92.12	92.12	92.12	92.12	92.12	92.12	92.12	

Ilustración 21 Diseño en mampostería Fuente Geovanny Sánchez

ACERO MÁXIMO A FLEXIÓN:		$p_{max} = [\Omega f_m e_{mu} / (a e_y + e_{mu}) - P_u / (b d \phi)] / [f_y \cdot k]$				-y-				$M/(Vd) \geq 1.0$ es $\alpha = 4$, $M/(Vd) < 1.0$ es $\alpha = 1.5$				CSCR (9.7.7)	
$\Omega =$ ver pag 220-22 Klingner		0.723	0.723	0.723	0.723	0.723	0.723	0.723	0.723	0.723	0.723	0.723	0.723	0.723	0.723
$M/(Vd) =$ 9.7.7		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.04	0.04	0.08	0.08	0.08
Alfa: $\alpha =$ SI		4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
$k = (\alpha e_y - e_{mu}) / (\alpha e_y + e_{mu}) =$		0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
$p_{max} =$		0.00878	0.01016	0.00981	0.00912	0.01016	0.00777	0.00845	0.00876	0.00845	0.00877	0.00845	0.00876	0.00876	0.00876
$A_s \text{ max} = p_{max} b d =$		36.1 cm ²	41.8 cm ²	40.4 cm ²	37.5 cm ²	41.8 cm ²	32.0 cm ²	34.8 cm ²	36.1 cm ²	32.0 cm ²	34.8 cm ²	32.0 cm ²	34.8 cm ²	34.8 cm ²	36.1 cm ²
$A_s \text{ flex} \leq A_s \text{ max} =$		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CAPACIDAD A CORTANTE		9.7.5 $V_u \leq \phi V_n$, $V_n = V_m + V_s, V_m = \{ [1 - 0.44(M_u/(V_u d))] \sqrt{f_m} + 0.25 (P_u / A_g) \} \cdot d \cdot b_w$, donde $M_u/(V_u d)$ debe ser ≤ 1.0													
Tabla 9.1		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
V_u de flexión del análisis		7.14	7.14	6.89	3.95	3.70	0.51	0.35	0.18	3.70	0.51	0.35	0.18	0.35	0.18
V_u diseño = V_u análisis * FED($\mu=1$)/FED(μ asignada)		9.27	9.27	8.95	5.13	4.81	0.66	0.45	0.24	4.81	0.66	0.45	0.24	0.66	0.24
$V_m = \{ [1 - 0.44(M_u/(V_u d))] \sqrt{f_m} + 0.25 (P_u / A_g) \} \cdot d \cdot b_w$ Ec:9 24		18.33	17.23	17.51	18.05	17.23	18.96	18.40	17.96	17.23	18.96	18.40	17.96	18.40	17.96
Factor $M_u/(V_u d) =$		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.032	0.06	0.01	0.03	0.032	0.06	0.03	0.06
$z =$ Ec.9-25 y 9-26		1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
(1) $V_n \text{ max (ton)} = z \cdot \sqrt{f_m} d \cdot b$		27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44
$V_{sh} = F \cdot A_{seh} f_y d / Sh$ (Ton): Ec. 9.23		4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26
(2) V_n de cálculo $V_m + V_s$		22.59	21.49	21.77	22.31	21.49	23.22	22.66	22.22	21.49	23.22	22.66	22.22	22.66	22.22
ϕV_n que rige: compara (1) con (2)		13.55	12.89	13.06	13.39	12.90	13.93	13.60	13.33	12.90	13.93	13.60	13.33	13.60	13.33
$V_u \leq \phi V_n$		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Factor $M_u/(V_u d) =$		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.032	0.06	0.01	0.03	0.032	0.06	0.03	0.06
$z =$ Ec.9-25 y 9-26		1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
(1) $V_n \text{ max (ton)} = z \cdot \sqrt{f_m} d \cdot b$		27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44	27.44
$V_{sh} = F \cdot A_{seh} f_y d / Sh$ (Ton): Ec. 9.23		4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26
(2) V_n de cálculo $V_m + V_s$		22.59	21.49	21.77	22.31	21.49	23.22	22.66	22.22	21.49	23.22	22.66	22.22	22.66	22.22
ϕV_n que rige: compara (1) con (2)		13.55	12.89	13.06	13.39	12.90	13.93	13.60	13.33	12.90	13.93	13.60	13.33	13.60	13.33
$V_u \leq \phi V_n$		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Ilustración 22 Diseño en mampostería Fuente Geovanny Sanchez

Para las paredes donde no interactúen con los tanques, se puede ir con el diseño anterior ya que están sometidas a menos cargas.

Para las paredes donde interactúen con los tanques, se tiene que rellenar todas las celdas y se mantiene la misma distribución de acero.

3.1.10 Diseño de cimientos

Se tomó, para el diseño de la cimentación, una carga de 49 toneladas como la más crítica, el cual no lo suministró el programa Safe.

$$Q = 49000 \text{ kg/m}$$

$$M = \frac{ql^2}{16} = \frac{49000 \cdot 6.86^2}{16} = 144120 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

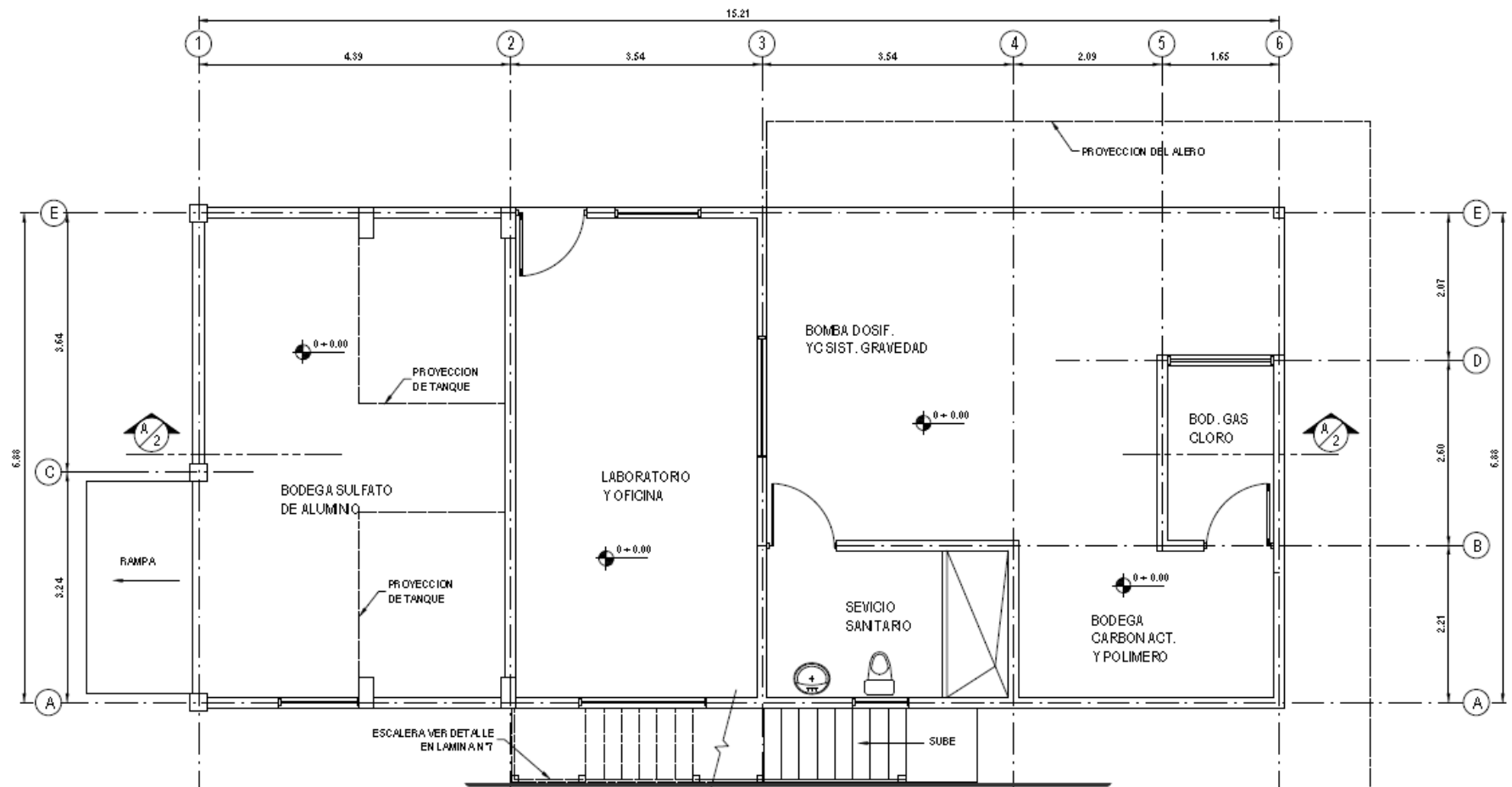
$$\frac{M}{0.9f_yd} = A_s = 11\text{cm}$$

Por lo tanto, se propone utilizar 6 varillas # 5, pero por la configuración que tiene se propone 8 # 5.

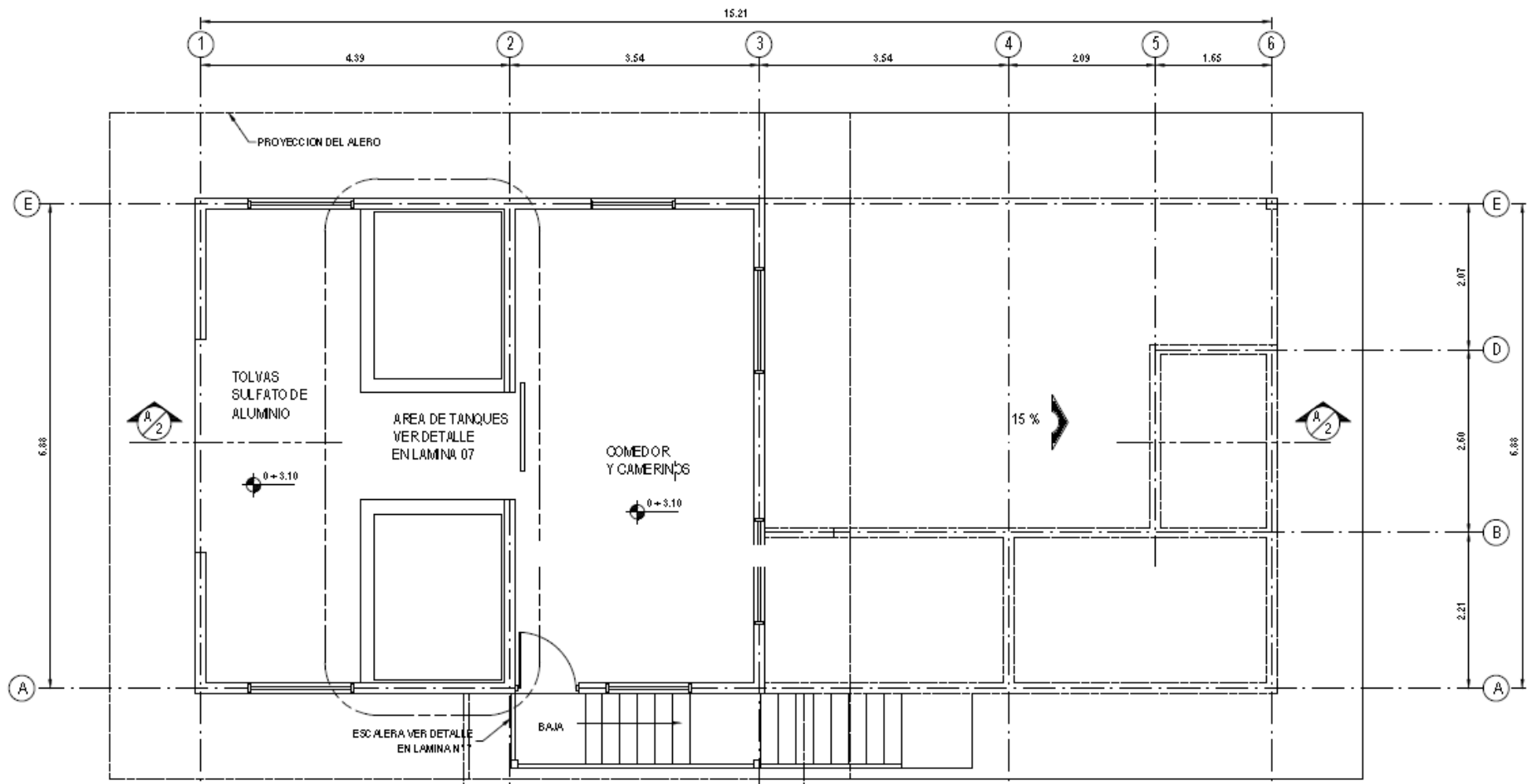
Para el acero trasversal se propone aros # 4 a cada 15 cm.

CAPÍTULO 4. PROPUESTA

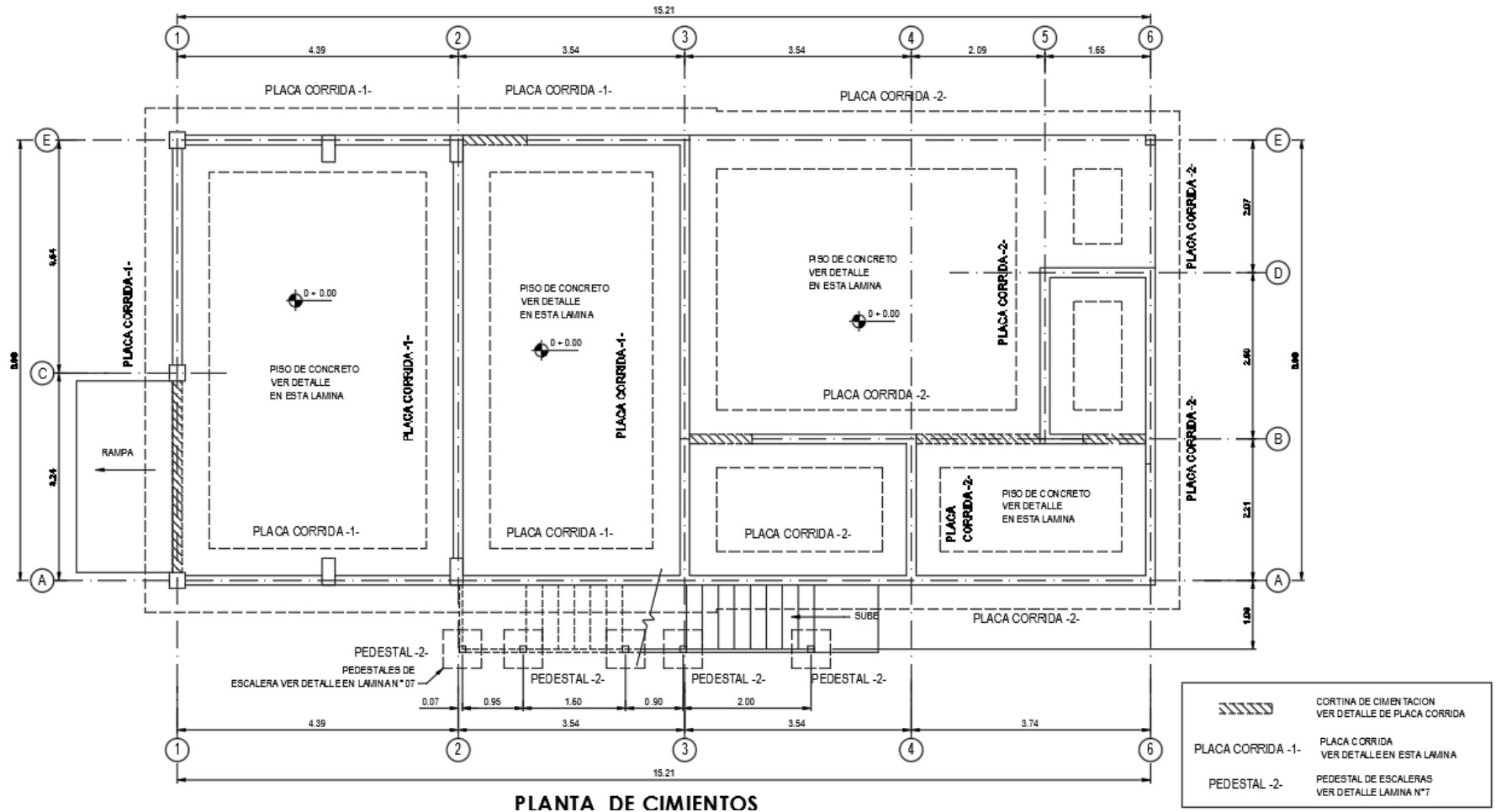
4.1 Distribución arquitectónica de la primera planta.



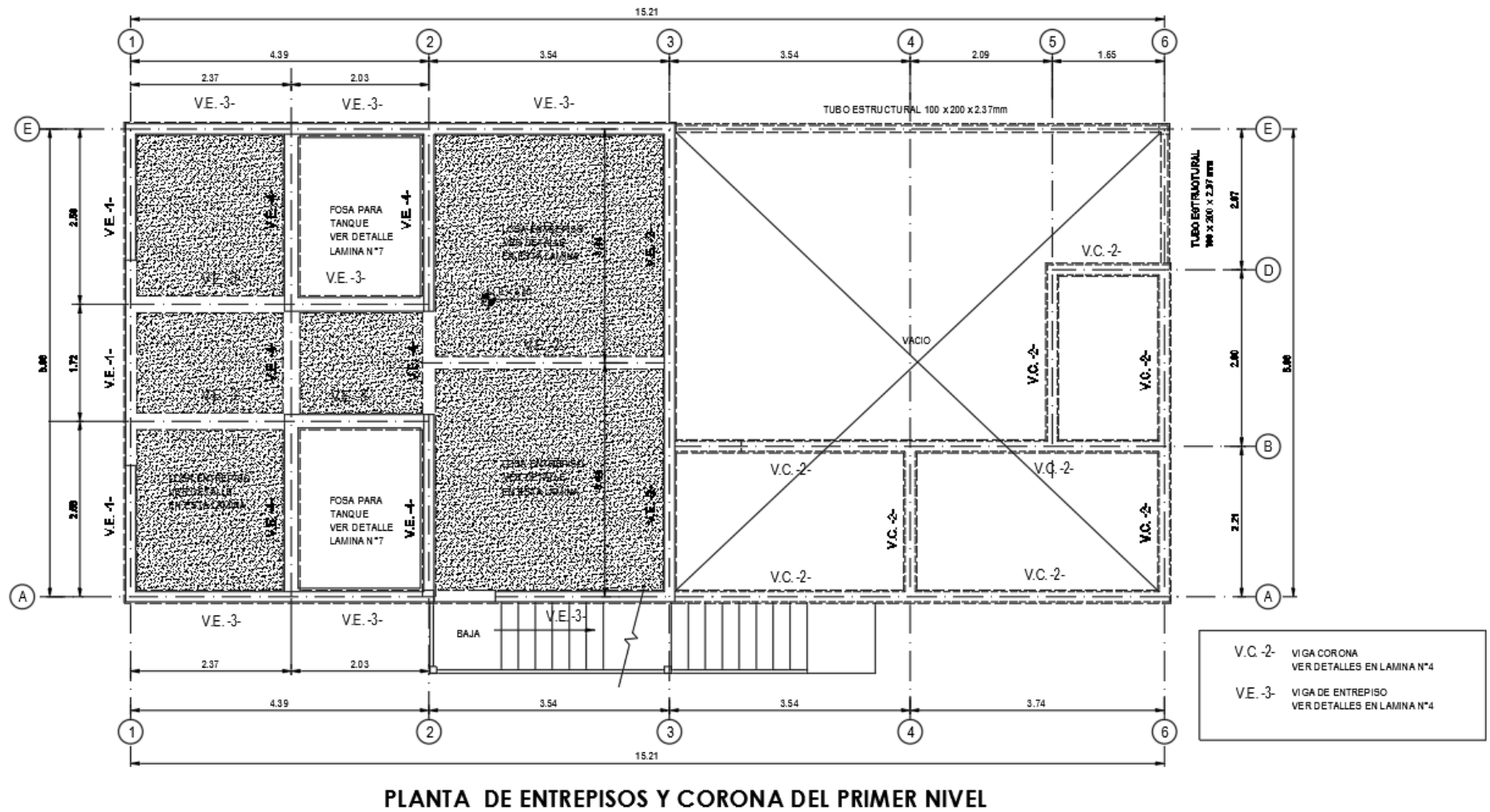
4.2 Distribución arquitectónica segundo nivel



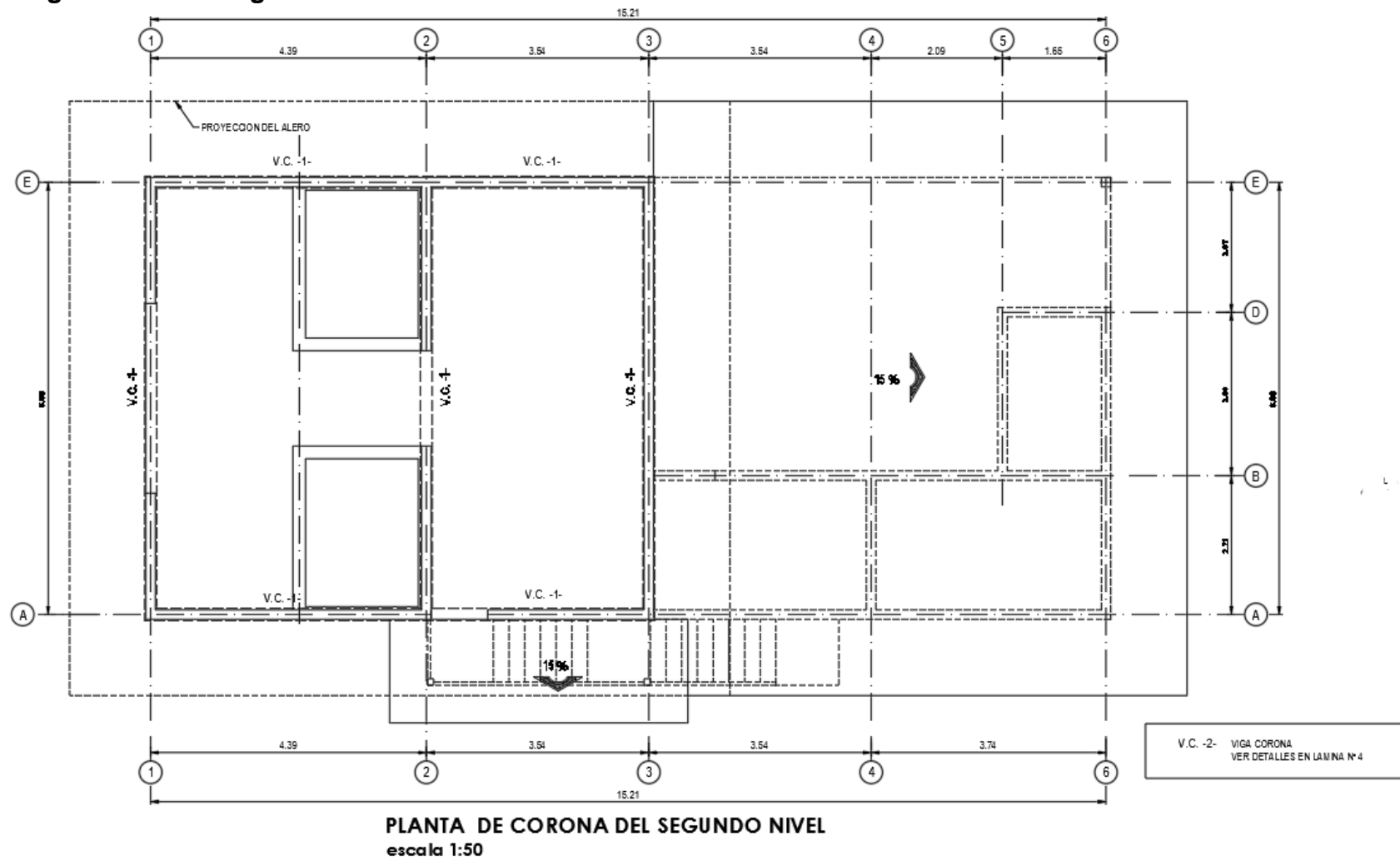
4.3 Plata de cimientos.



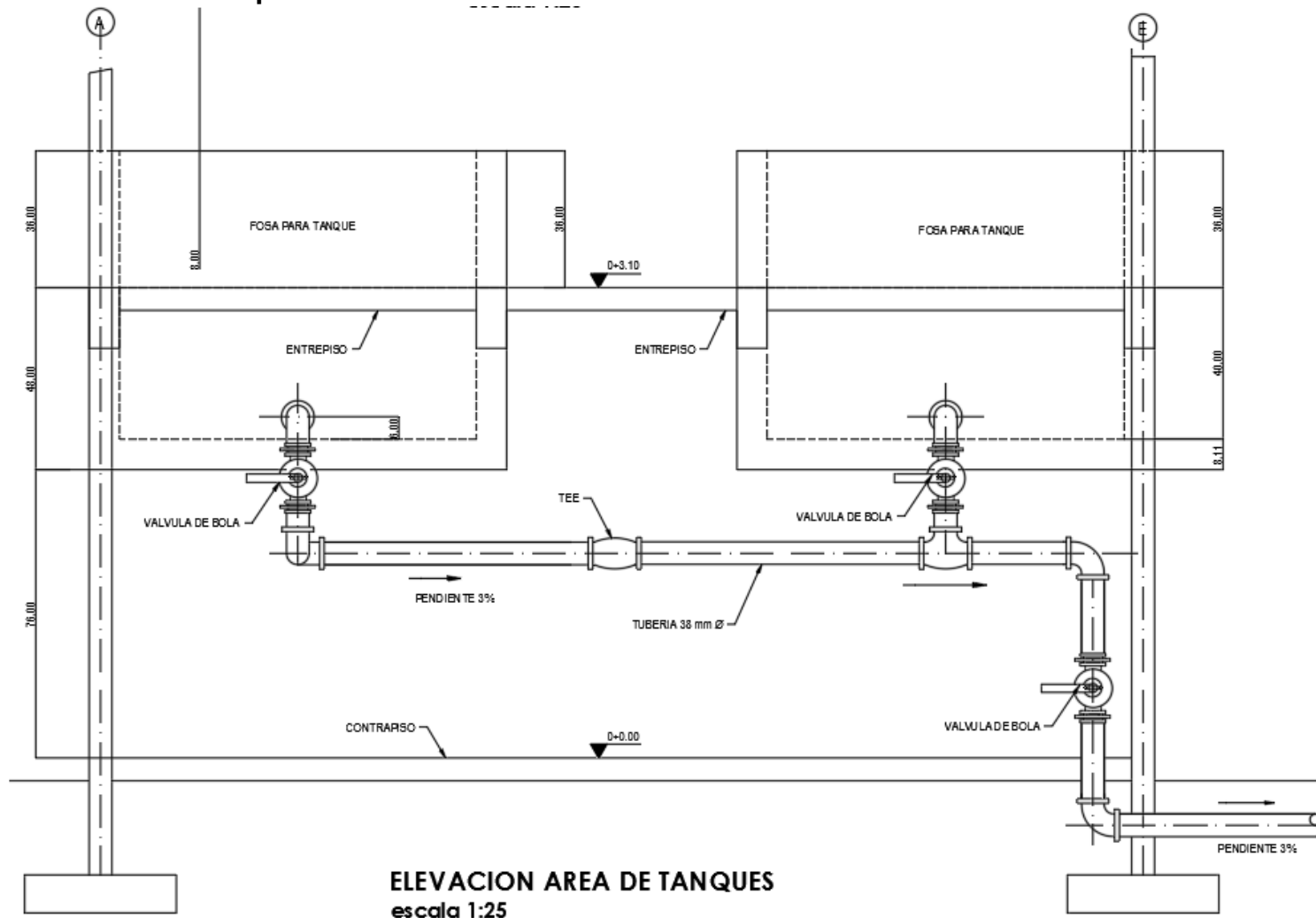
4.4 Planta de entre piso y viga corona primer nivel.



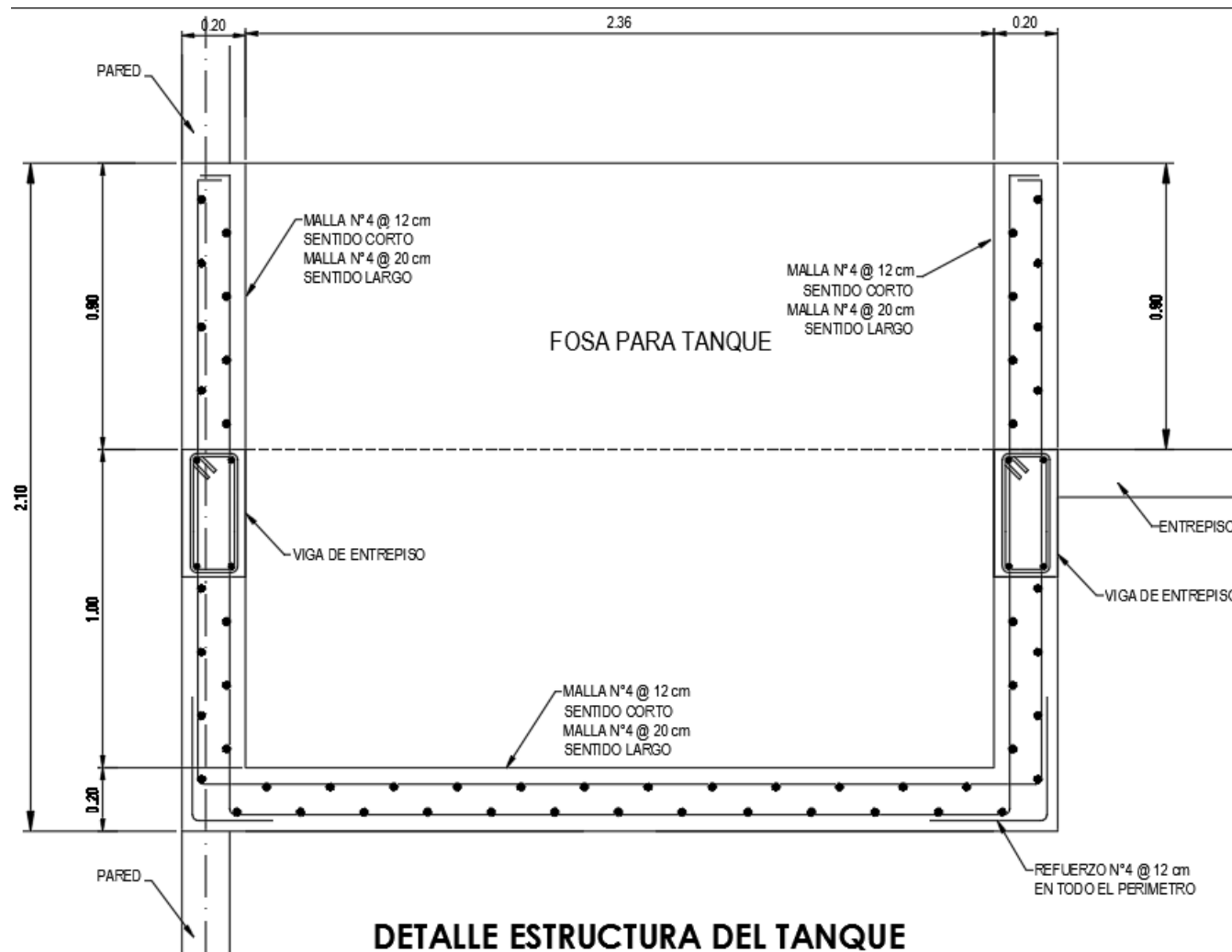
4.5 Viga de amarre segundo nivel



4.6 Vista de los tanques

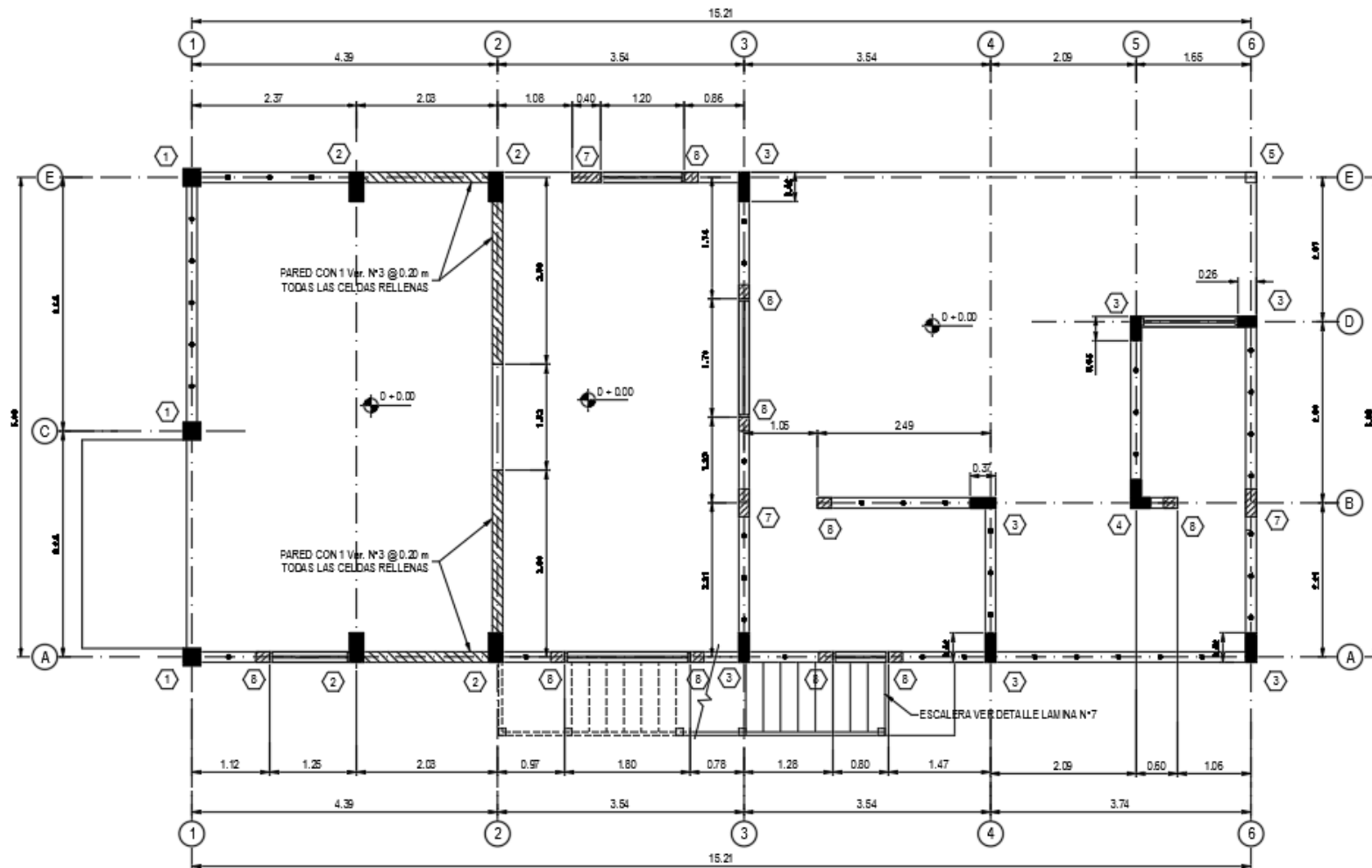


4.7 Detalle estructural del tanque



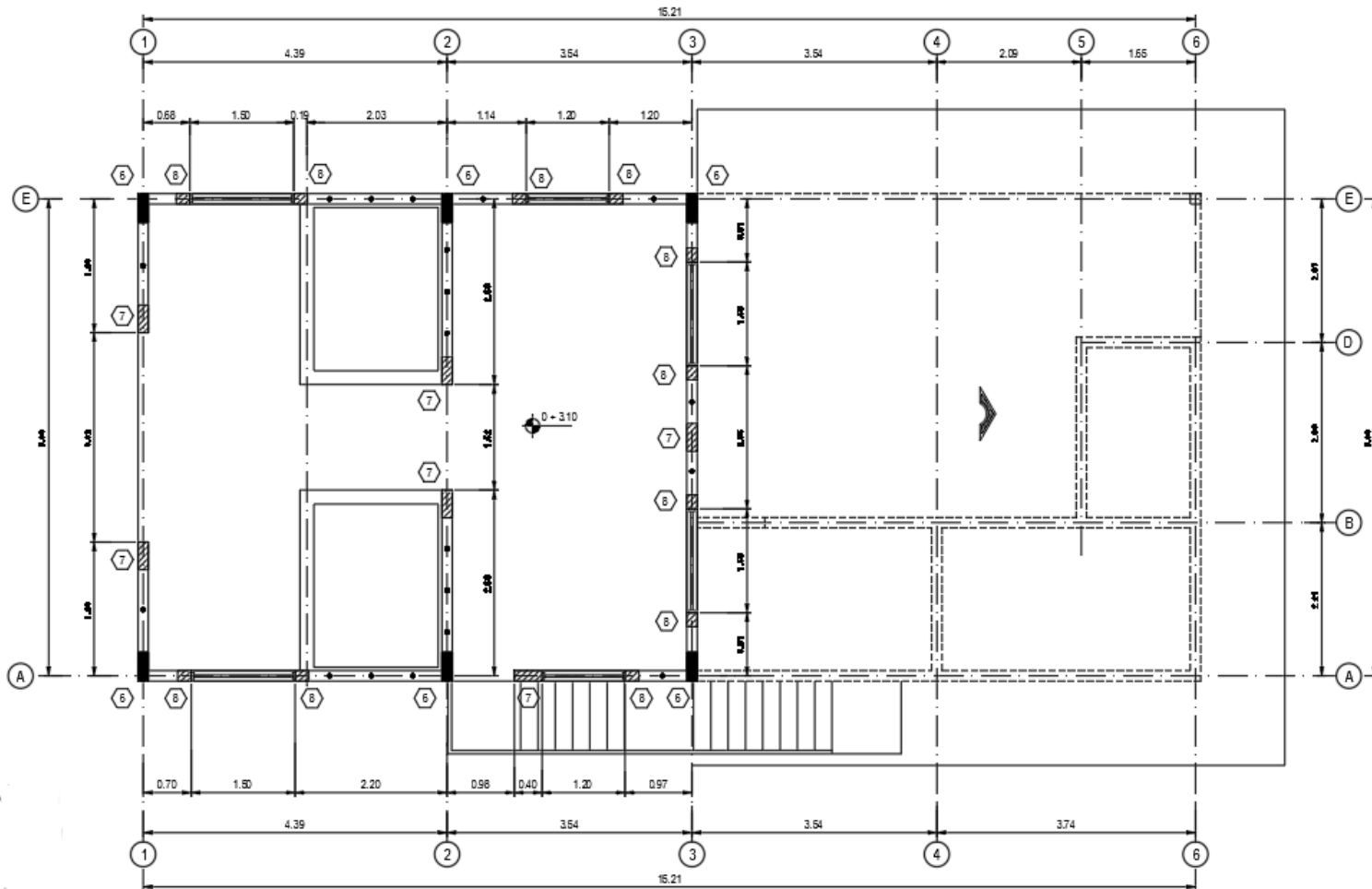
DETALLE ESTRUCTURA DEL TANQUE
escala 1:15

4.8 Distribución de columnas primer nivel



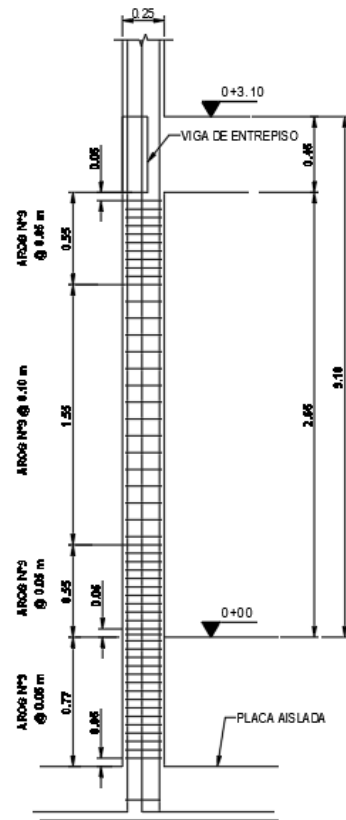
PLANTA PRIMER NIVEL DE COLUMNAS Y MOCHETAS

4.9 Distribución de columnas segundo nivel

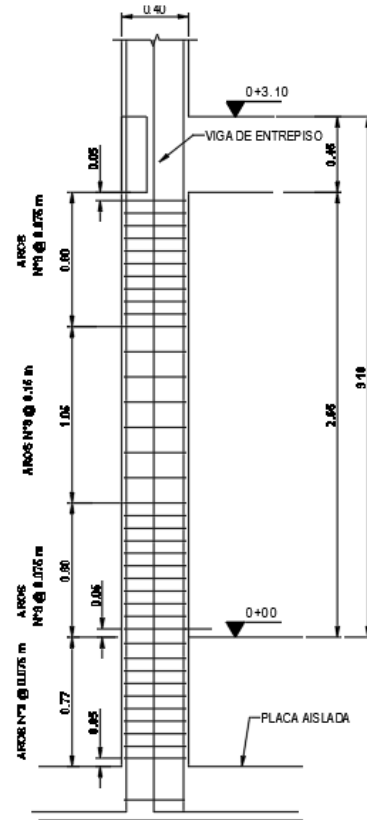


PLANTA SEGUNDO NIVEL DE COLUMNAS Y MOCHETAS
escala 1:50

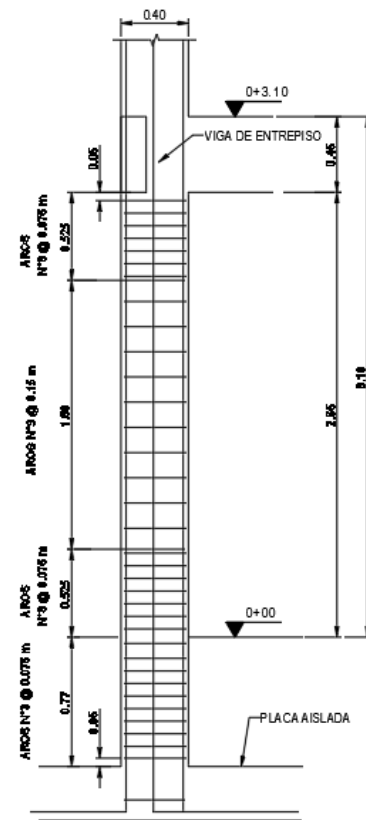
4.10 Distribución de aros columnas



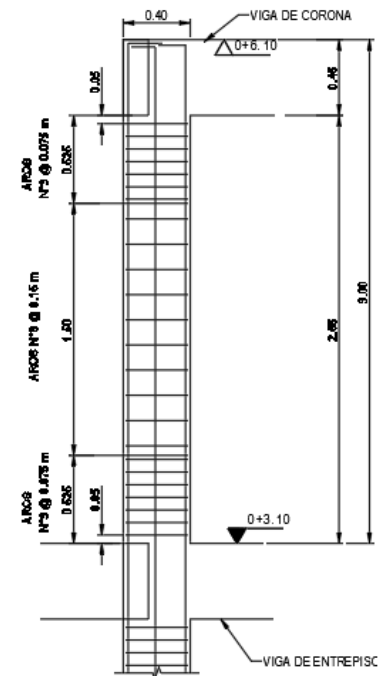
**DETALLE DISTRIBUCION
AROS EN COLUMNA -1-
escala 1:25**



**DETALLE DISTRIBUCION
AROS EN COLUMNA -2-
escala 1:25**

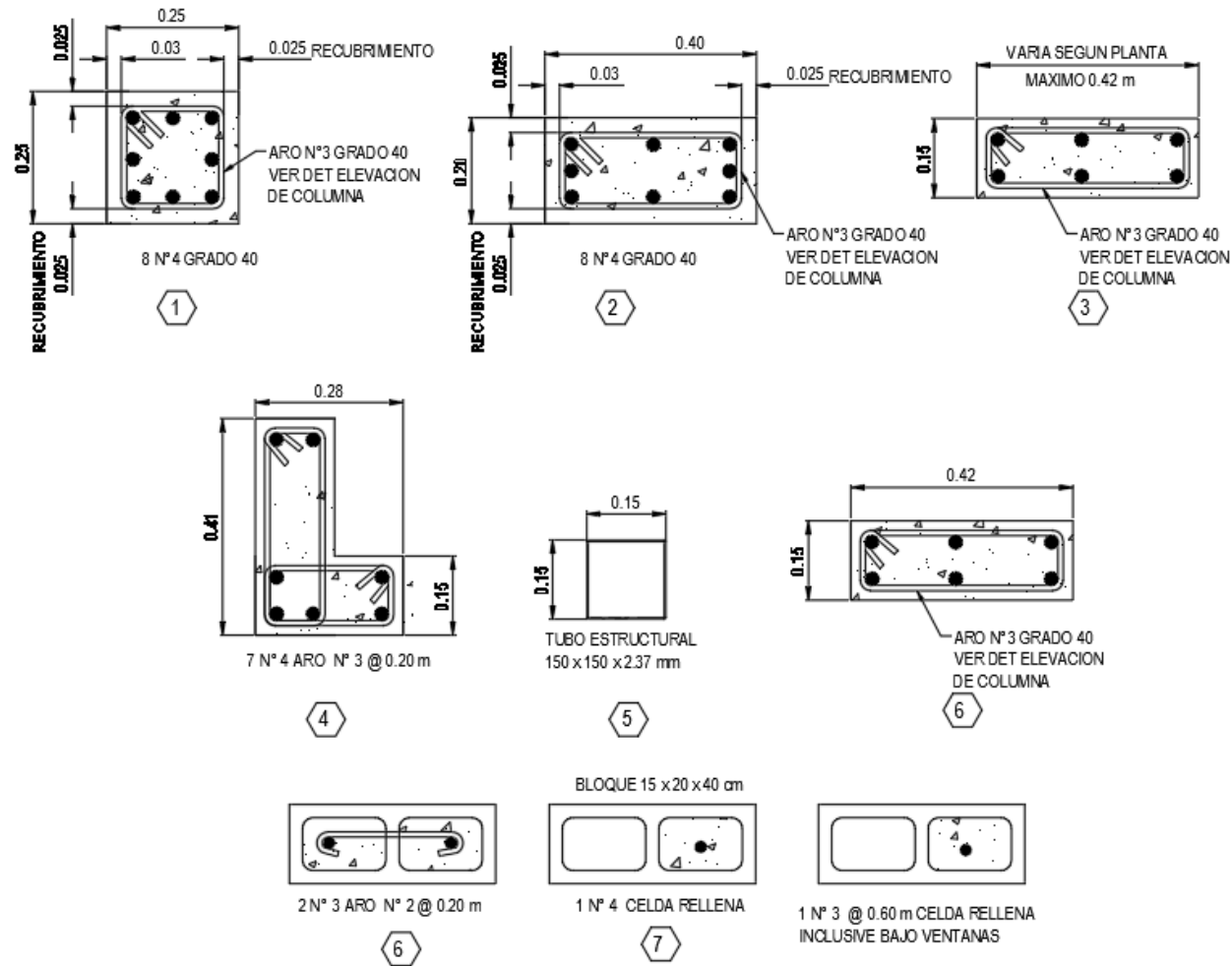


**DETALLE DISTRIBUCION
AROS EN COLUMNA -3-
escala 1:25**



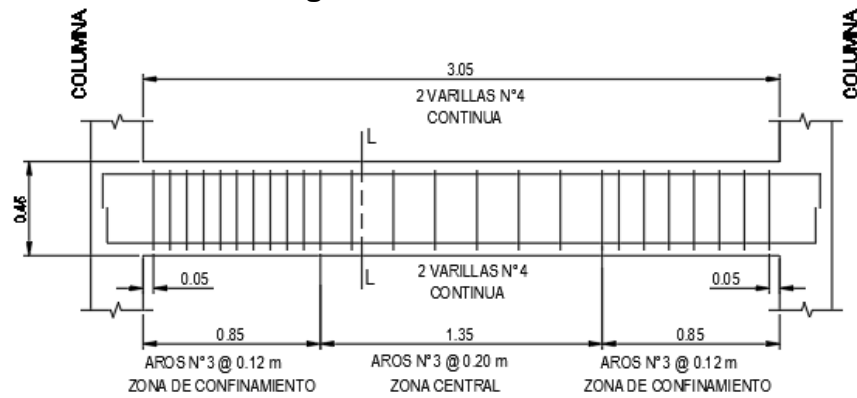
**DETALLE DISTRIBUCION
AROS EN COLUMNA -6-
escala 1:25**

4.11 Detalle de columna

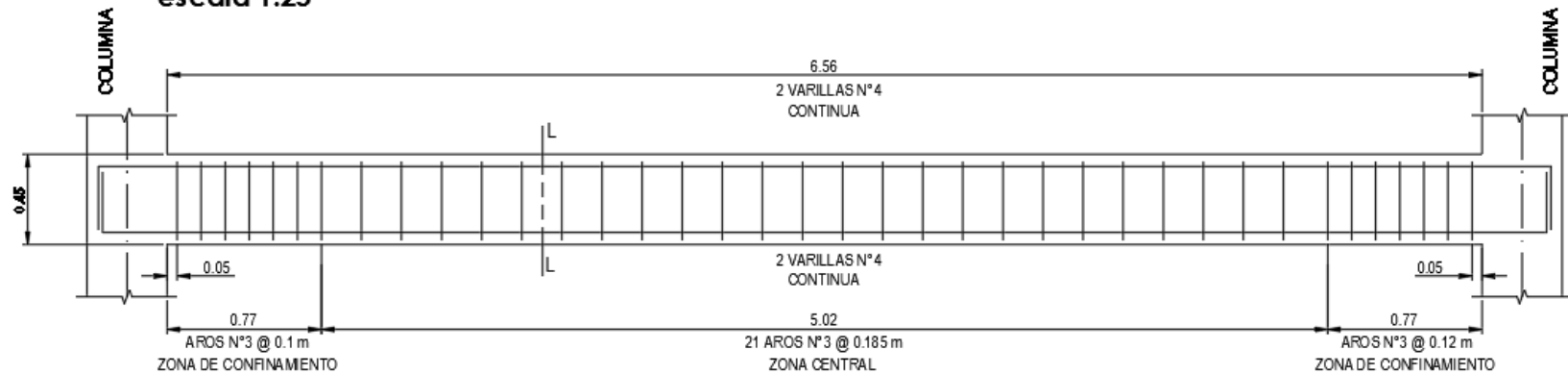


DETALLE DE COLUMNAS Y MOCHETAS
 escala 1:10

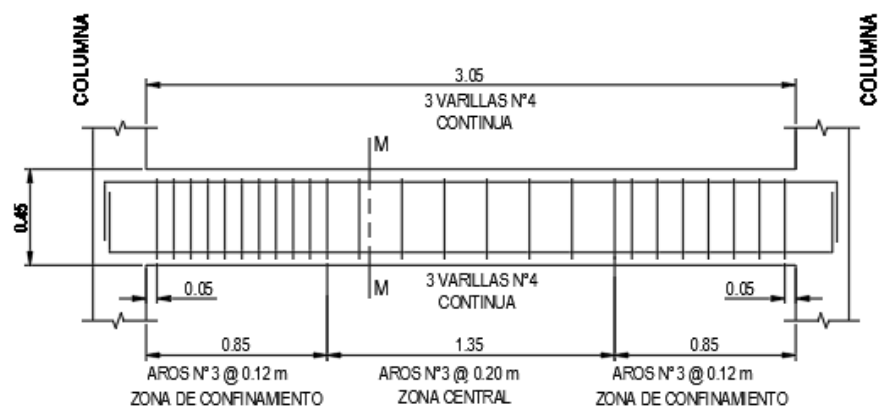
4.12 Detalle de aros de viga



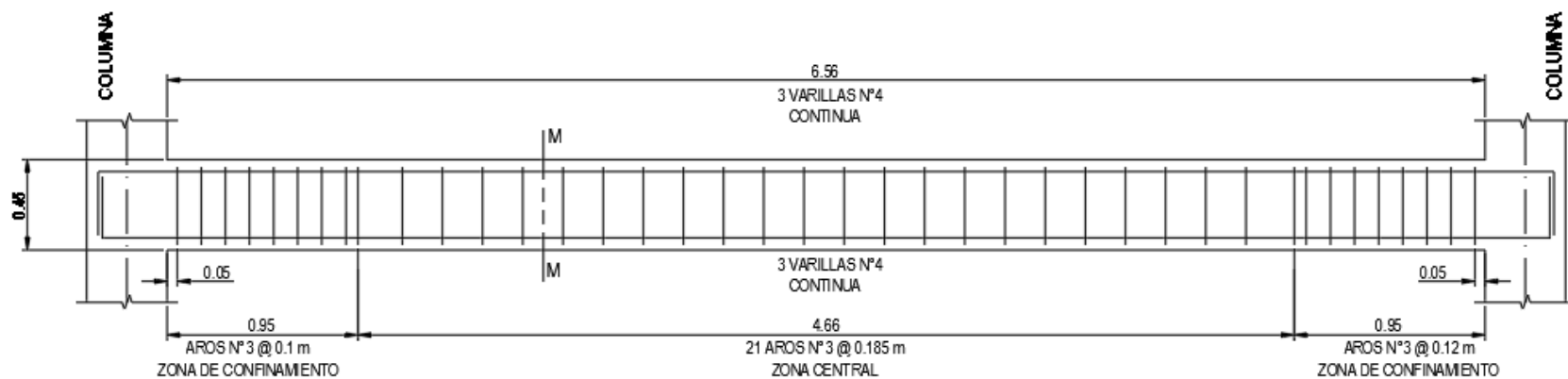
SECCION LONGITUDINAL VIGA VE-1
escala 1:25



SECCION LONGITUDINAL VIGA VE-2
escala 1:25

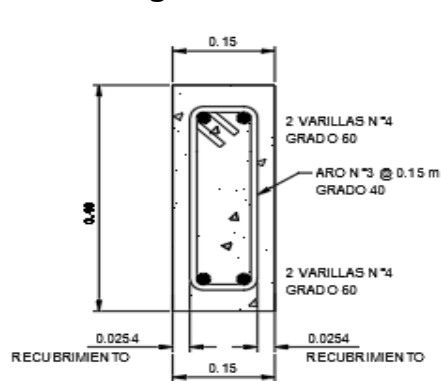


SECCION LONGITUDINAL VIGA VE-3
escala 1:25

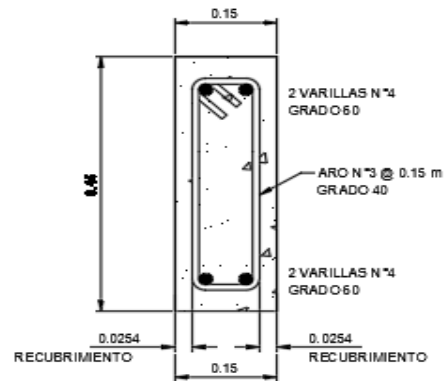


SECCION LONGITUDINAL VIGA VE-4
escala 1:25

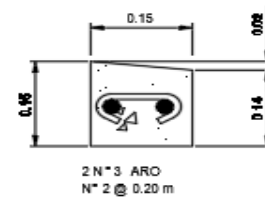
4.13 Detalle de vigas



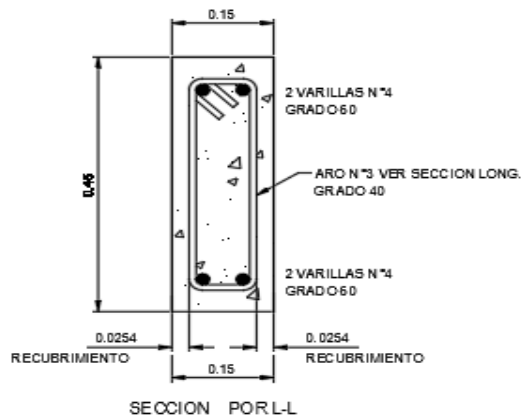
VIGA CORONA V.C. -1-
escala 1:7.5



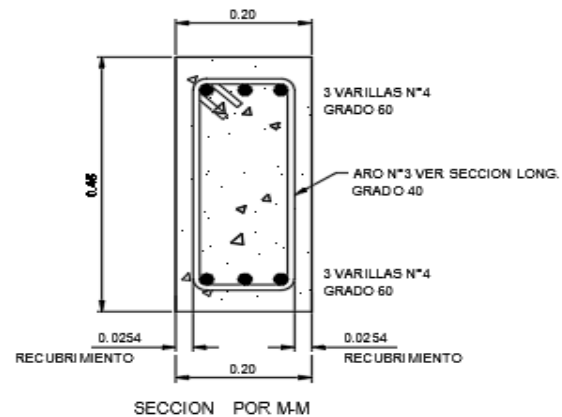
VIGA CORONA V.C. -2-
escala 1:7.5



VIGA BANQUINA
escala 1:7.5

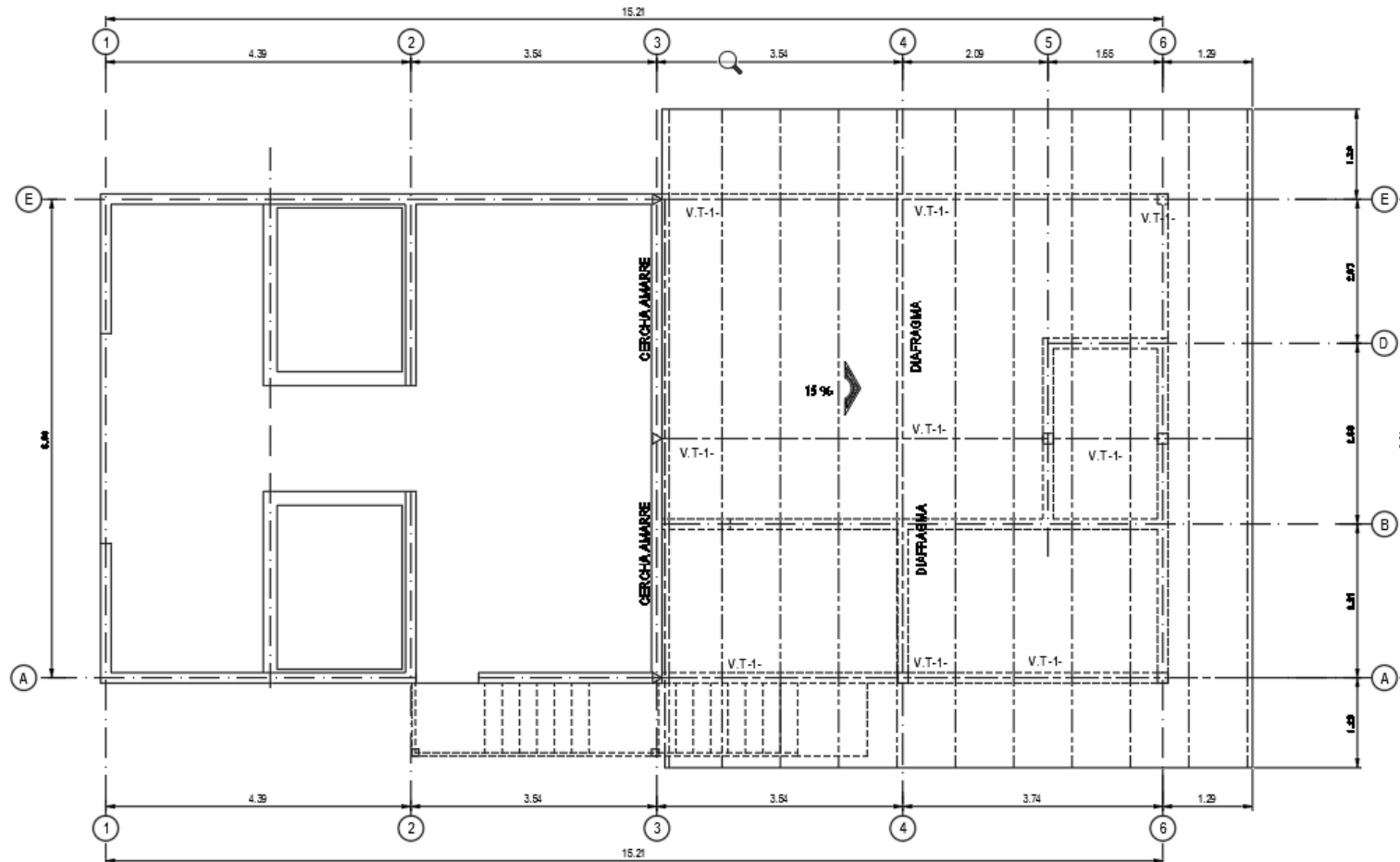


VIGA ENTREPISO V.E. -1- Y V.E.-2-
escala 1:7.5



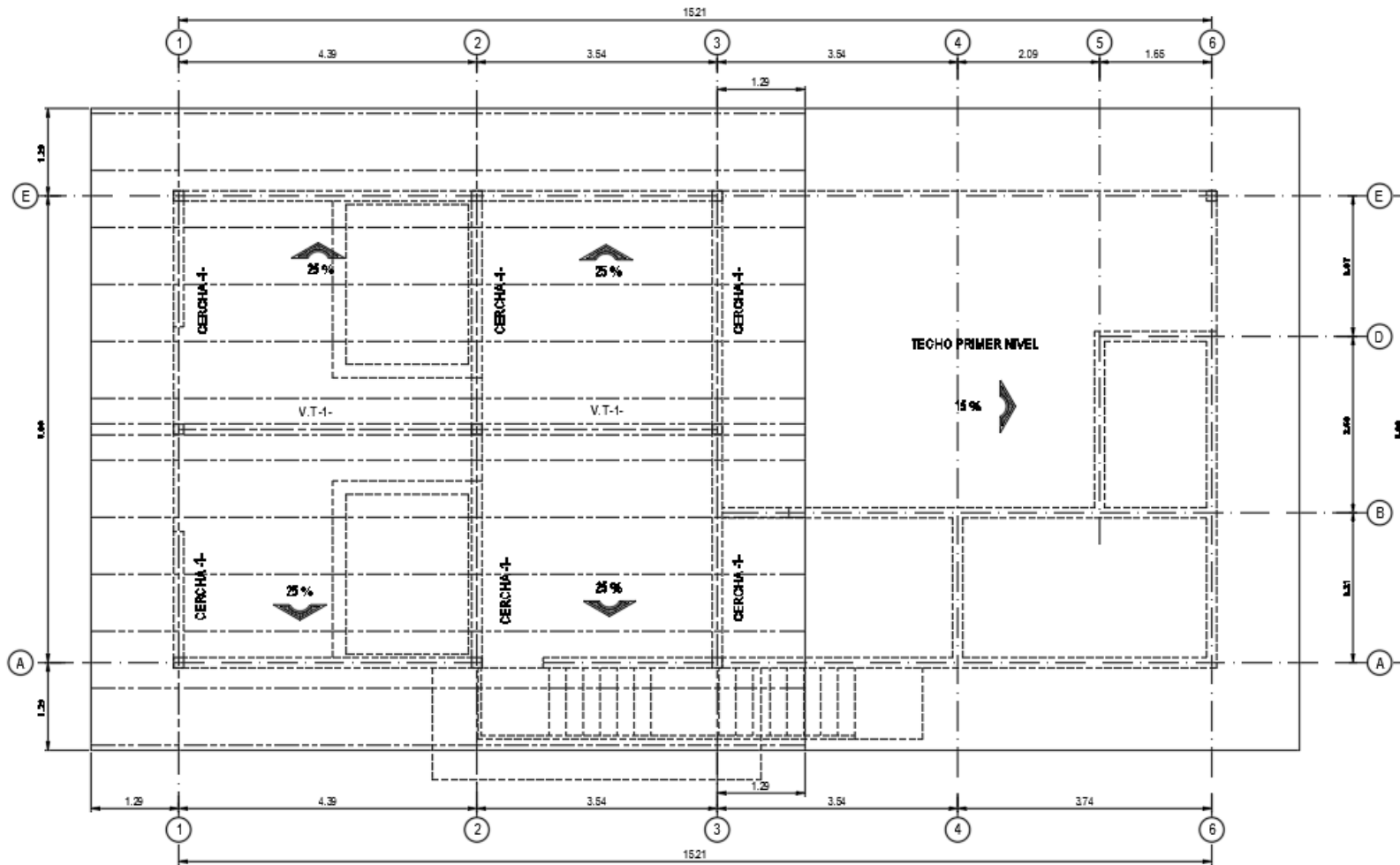
VIGA ENTREPISO V.E. -3- Y V.E.-4-
escala 1:7.5

4.14 Planta estructural de techo primer nivel



PLANTA ESTRUCTURAL DE TECHOS PRIMER NIVEL
escala 1:50

4.15 Planta estructural de techo primer nivel



PLANTA ESTRUCTURAL DE TECHOS SEGUNDO NIVEL
escala 1:50

CONCLUSIONES

Se diseñó el sistema hidráulico con base en los datos suministrados por el ingeniero del A y A, en los cuales cabe resaltar que el caudal estimado para dicho sistema fue de 20 l/m, el cual a la hora de realizar el diseño, la tubería quedó sobre el diseño contemplando un aumento de caudal a futuro.

Se realizó la distribución idónea de los sistemas y áreas comunes del edificio, tomando en cuenta las visitas realizadas a otras plantas potabilizadoras para poder optimizar las distribuciones.

Se elaboró el análisis estructural con base en el método dinámico, respaldando todos los cálculos realizados en hojas de cálculo en Excel y el modelado del edificio en el programa SAP 2000 y contemplando todas las normas estipuladas en el código sísmico de Costa Rica.

BIBLIOGRAFÍAS

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (2010). "Código Sísmico de Costa Rica 2010". Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (2013). "Comentarios al Código Sísmico de Costa Rica 2010". Editorial Tecnológica de Costa Rica.

American Concrete Institute (2014). "Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14) Comentario a Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318R-14)". Comité 318, Capítulo de Costa Rica.

Asociación Costarricense de Geotecnia, Comisión Código de Cimentaciones de Costa Rica (2012). "Código de Cimentaciones de Costa Rica". Editorial Tecnológica de Costa Rica, Segunda Edición.

American Concrete Institute (2012). "Especificaciones para Concreto Estructural (Versión en español y en sistema métrico)". Comité ACI 301S-10, Capítulo de Costa Rica.

Braja M. Das (2006). "Principios de Ingeniería de Cimentaciones". Thomson, Quinta Edición.

American Concrete Institute, Structural Engineering Institute, The Masonry Society (2005). "Building Code Requirements for Masonry Structures and Commentary". Comité ACI 530-05/ASCE 6-05/TMS 602-05.

American Concrete Institute, Structural Engineering Institute, The Masonry Society (2005). "Specification for Masonry Structures and Commentary". Comité ACI 530.1-05/ASCE 5-05/TMS 402-05.

T. Paulay, M.J.N. Priestley (1992). "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings". Editorial John Wiley & Sons, Inc.

Robert R. Schneider, Walter L. Dickey (1994). "Reinforced Masonry Design". Editorial Prentice Hall, Tercera edición.

James E. Amrhein (1994). "Reinforced Masonry Engineering Handbook Clay and Concrete Masonry". Quinta Edición actualizada.

American Concrete Institute (2002). "Requisitos Esenciales para Edificios de Concreto Reforzado, Para Edificios de Tamaño y Altura Limitados, Basado en ACI 318-02". Editorial ACI International Publication Series IPS-1.

Nawy E. (2005). "Reinforced Concrete a Fundamental Approach ACI 318-05". Editorial Pearson, Quinta Edición.

Nilson A. (1994). "Diseño de Estructuras de Concreto". Editorial Mc Graw Hill, Undécima Edición.

Ávila, G. S. (1997). *Hidráulica General*. México: Editorial Limusa S A.

Arquitectos, C. F. (1996). *Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en edificaciones*. San José: Editorial del TEC.

Saldarriaga, J. G. (2001). *Hidráulica de tuberías*. Colombia: Mc Graw Hill

