



GUÍA DE PRE-DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

A. Miranda
D. Teruel



unitec[®]
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

“Agradezco y dedico este proyecto a Dios que ha sido fiel en todo momento guiando mis pasos, dándome fortaleza a lo largo de mi vida y permitiéndome cumplir mis metas por su misericordia.

Al ser quien me dio la vida, mi mamá, pieza indispensable en mi crecimiento personal y quien es dueña de mis triunfos; y a mis hermanos, quienes me han acompañado e inspirado a lograr esta meta.”

Andrea Miranda

“Les dedico esta tesis a mis padres, por todo el esfuerzo, cariño y apoyo incondicional que han dedicado para que yo pueda llegar a este punto. Los amo papás, ¡lo logramos!”

David Teruel

Agradecemos a nuestros asesores y a cada una de las personas que fueron parte del desarrollo de esta guía.

TABLA DE CONTENIDO

| CAPÍTULO | CONTENIDO | PÁGINA |
|-----------|---|--------|
| 01 | Pre-dimensionamiento estructural | P.16 |
| | Principales Materiales Estructurales..... | P.20 |
| | Principales Sistemas Estructurales..... | P.32 |
| | Cargas Estructurales..... | P.33 |
| | Transmisión de Cargas..... | P.38 |
| | Elementos Estructurales Básicos..... | P.39 |
| | Retículas..... | P.64 |
| | Categorización de Edificaciones..... | P.68 |
| 02 | Categoría A | |
| | Edificaciones de 1 nivel..... | P.73 |
| | A1. Vivienda..... | P.74 |
| | A2. Centro Comercial..... | P.76 |
| | A3. Plaza Comercial..... | P.80 |
| | A4. Vivienda de madera..... | P.83 |
| 03 | Categoría B | |
| | Edificaciones de 2 a 4 niveles..... | P.89 |
| | B1. Vivienda..... | P.90 |
| | B2. Centro Educativo..... | P.99 |
| | B3. Centro Comercial..... | P.104 |
| | B4. Edificio Residencial..... | P.110 |
| | B5. Hospital..... | P.116 |

| CAPÍTULO | CONTENIDO | PÁGINA |
|-----------|---|--------------|
| | B6. Centro Comercial..... | P.120 |
| | B7. Hotel..... | P.127 |
| 04 | Categoría C | |
| | Edificaciones de 5 o más niveles..... | P.131 |
| | C1. Hospital..... | P.132 |
| | C2. Universidad..... | P.139 |
| | C3. Clúster..... | P.143 |
| | C4. Hotel..... | P.149 |
| | C5. Hotel..... | P.152 |
| 05 | Categoría D | |
| | Grandes Claros..... | P.158 |
| | D1. Gimnasio Escolar..... | P.159 |
| | D2. Nave Industrial..... | P.160 |
| | D3. Sala de Cine..... | P.161 |
| | D4. Salón de Convenciones..... | P.163 |
| 06 | Mega-estructuras..... | P.166 |
| | Tipos de Mega-Estructuras..... | P.168 |
| | Vigas Celosías..... | P.168 |
| | Estructuras Espaciales..... | P.171 |
| | Tenso-Estructuras..... | P.184 |
| | Estructuras Neumáticas..... | P.194 |
| | Estructuras Laminadas o Cáscara..... | P.200 |
| | Arco..... | P.206 |
| | Terminal de Transporte de Santa Cruz de Yojoa..... | P.209 |

| CAPÍTULO | CONTENIDO | PÁGINA |
|-----------|-----------------------------------|--------|
| 07 | Voladizos | P.218 |
| | Viga Voladizo de Concreto..... | P.219 |
| | Viga Voladizo de Acero..... | P.221 |
| | Referentes..... | P.225 |
| 08 | Muros de Contención | P.229 |
| | Piscina Olímpica..... | P.230 |
| | Sótano..... | P.232 |
| 09 | Columnas Excéntricas | P.235 |
| | Referentes..... | P.237 |
| 10 | Glosario | P.253 |
| | Memoria de Cálculo | P.260 |

PRÓLOGO

La Guía de Pre-dimensionamiento Estructural, cuyo enfoque es primordialmente académico, brinda la pauta en la propuesta de soluciones estructurales de los proyectos arquitectónicos desarrollados en los diferentes niveles de la carrera de Arquitectura, convirtiéndose en una ayuda idónea para el estudiante.

Este documento se centra en el pre-dimensionamiento de elementos estructurales básicos mediante el desarrollo de escenarios arquitectónicos que permitan la toma de decisiones adecuadas y con lógica estructural de las soluciones propuestas, permitiendo que el estudiante tenga una idea del dimensionamiento aproximado de las estructuras bajo los escenarios que aquí se plantean. más no pretende realizar un cálculo final de los mismos ni explicar el proceso de cálculo.

Su implementación es conveniente desde el inicio de las asignaturas de Diseño Arquitectónico cuando el estudiante comienza a conocer el comportamiento estructural y su desarrollo.











¿CÓMO LEER ESTE DOCUMENTO? —

Para lograr una adecuada comprensión del contenido de la presente Guía de Pre-dimensionamiento Estructural dirigido a estudiantes de Arquitectura, se organiza su contenido por medio de una simbología de colores indicando el tipo de información: clasificación,

en caso de que el tema contenga una gama específica de elementos; y notas o recordatorios, destacando datos e información relevante alusivo al tema en cuestión.

A continuación, se ejemplifica la forma de lectura de la guía:

Colores asignados por capítulo

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  CAPÍTULO 01 |  CAPÍTULO 03 |  CAPÍTULO 05 |  CAPÍTULO 07 |  CAPÍTULO 09 |
|  CAPÍTULO 02 |  CAPÍTULO 04 |  CAPÍTULO 06 |  CAPÍTULO 08 |  GLOSARIO Y MEMORIA DE CÁLCULO |

TÍTULO O NOMBRE DEL TEMA TRATADO

Desarrollo del tema, dando una breve introducción o definición del mismo. La línea mostrada abajo, también puede aparecer al lado del título, tal como se muestra al inicio de esta página.

NOMBRE DEL SUBTÍTULO (SIEMPRE DENTRO DEL MISMO TEMA)

NOMBRE DEL SUBTEMA

Cuando un tema, sub-tema o elemento estructural se puede clasificar en diferentes tipos, la enumeración de dichos elementos aparece dentro de un recuadro, acompañado de una viñeta (una letra o del mismo color del capítulo en estudio), por ejemplo, en el Capítulo 08:

- A** Elemento A **B** Elemento B **C** Elemento C **D** Elemento D

A. ELEMENTO A

Debajo del título de enumeración, se presenta el desarrollo o descripción del elemento enumerado.

ELEMENTO A

Otra opción de enumeración y para definición de conceptos.

Este tipo de enumeración puede ir acompañada por una ilustración que permita una mejor comprensión del elemento descrito.

NOTA

Contiene información relevante, sugerencias o recordatorios alusivos al tema en cuestión.

Al inicio de cada capítulo mostrará el título de nota como se muestra en la parte superior. Para el resto, únicamente se empleará un cuadro de anotaciones con el color asignado al capítulo.

Cuando se quiera agregar datos de aclaración del tema tratado, aparece un recuadro gris.

CAPÍTULOS Y SU CATEGORIZACIÓN

La información presentada se ha organizado en 9 capítulos, siendo el primero de ellos dedicado a presentar información teórica introductoria y básica para la comprensión de los capítulos siguientes.

Los capítulos 2 al 6 presentan escenarios arquitectónicos donde se propone el pre-dimensionamiento de sus elementos estructurales básicos, categorizados de acuerdo al tipo de edificación.

Cada categoría presenta un rango de 3 a 7 ejemplos de proyecto que pueden diferir por tipología, tipo de suelo o por sistema constructivo aplicado.

Estos capítulos se categorizan de la siguiente manera:

A Edificaciones de 1 nivel

D Edificaciones claros mayores a 9m

B Edificaciones de 2-4 niveles

E Mega-estructuras

C Edificaciones con 5 o más niveles

Así mismo, los escenarios arquitectónicos presentan una viñeta del color del capítulo al lado derecho de la sección “Datos del Proyecto” con el número página donde se ubica el desarrollo del procedimiento en la memoria de cálculo, como se muestra a continuación en ejemplo para el capítulo 1, ejercicio A1:

A1. VIVIENDA

DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|----------------------|-----------------|
| 1 | Tipo de suelo | Arcilloso |
| 2 | Niveles | 1 |
| 3 | Altura de nivel | 4.37 metros |
| 4 | Material estructural | Concreto armado |
| 5 | Metros cuadrados | 61.00 |

Procedimiento de cálculo de pre-dimensión:

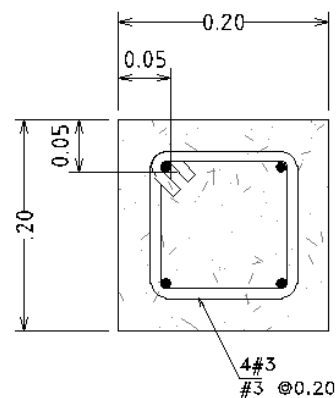
Pág. 260

Cada propuesta de pre-dimensionamiento de la sección “Pre-dimensionamiento de Elementos” en cada escenario, indica el recurso, tabla o ecuación aplicada en cada paso planteado por medio de una viñeta que indica el número de tabla, fórmula o ecuación implementada y la página donde esta se encuentra, de la siguiente manera:

1. COLUMNA CL1

Columna de concreto armado con dimensión transversal de 0.20x0.20m.

Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.
Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52



Los capítulos 7 y 8, también presentan escenarios arquitectónicos para elementos específicos como voladizos y muros de contención.

El capítulo 9 desarrolla el tema de columnas excéntricas presentando referentes de proyectos donde se han logrado soluciones estructurales acertadas por medio de esta tipología de columnas.

Esta guía también incluye un glosario al final de sus páginas y la memoria de cálculo estructural que contiene los procedimientos descritos de forma detallada, desarrollados para el pre-dimensionamiento de los elementos propuestos en los capítulos 2 al 5.

CAPÍTULO 1

PRE-DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL

| | |
|--------------------------------------|-------|
| Pre-dimensionamiento Estructural | P. 16 |
| Principales Materiales Estructurales | P. 20 |
| Principales Sistemas Estructurales | P. 32 |
| Cargas Estructurales | P. 33 |
| Transmisión de Cargas | P. 38 |
| Elementos Estructurales Básicos | P. 39 |
| Retículas | P. 64 |
| Categorización de Edificaciones | P. 68 |

01

PRE-DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL

El pre-dimensionamiento estructural es una etapa dentro del diseño arquitectónico que permite obtener magnitudes orientativas en cuanto a dimensiones o características de un elemento que conforma la estructura de la obra.

Su importancia radica en prever desde el proyecto arquitectónico los espacios adecuados para los elementos estructurales, la

propuesta de soluciones con una lógica y proporción adecuada a los requerimientos del proyecto, y en lograr una valoración preliminar muy ajustada de las cantidades de obra estructural, toman en cuenta recomendaciones estipuladas por normas estructurales establecidas nacional e internacionalmente.

DATOS PRINCIPALES EN EL PROCESO:

Como datos principales para iniciar el desarrollo del pre-dimensionamiento de los elementos estructurales, se deben establecer:

NOTA

El pre-dimensionamiento deberá ser comprobado posteriormente mediante un cálculo de diseño estructural exhaustivo por parte de especialistas en el área.

A. TIPOLOGÍA DE EDIFICACIÓN

Cuando se habla de la tipología de una edificación se refiere a la semejanza de un conjunto de edificios de acuerdo a su uso, pudiendo ser:



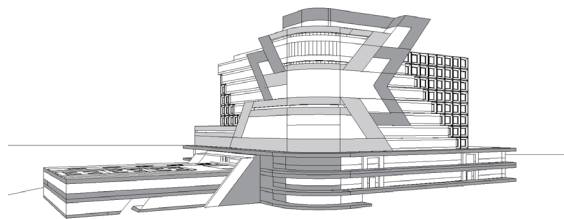
Residencial



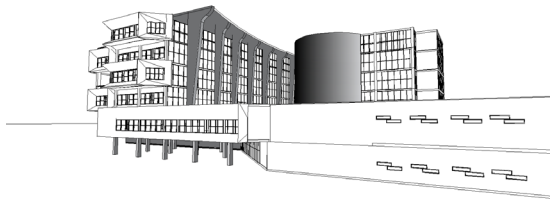
Educativo



Comercial



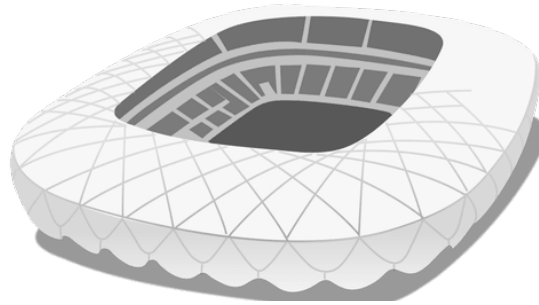
Hotelero



Hospitalario



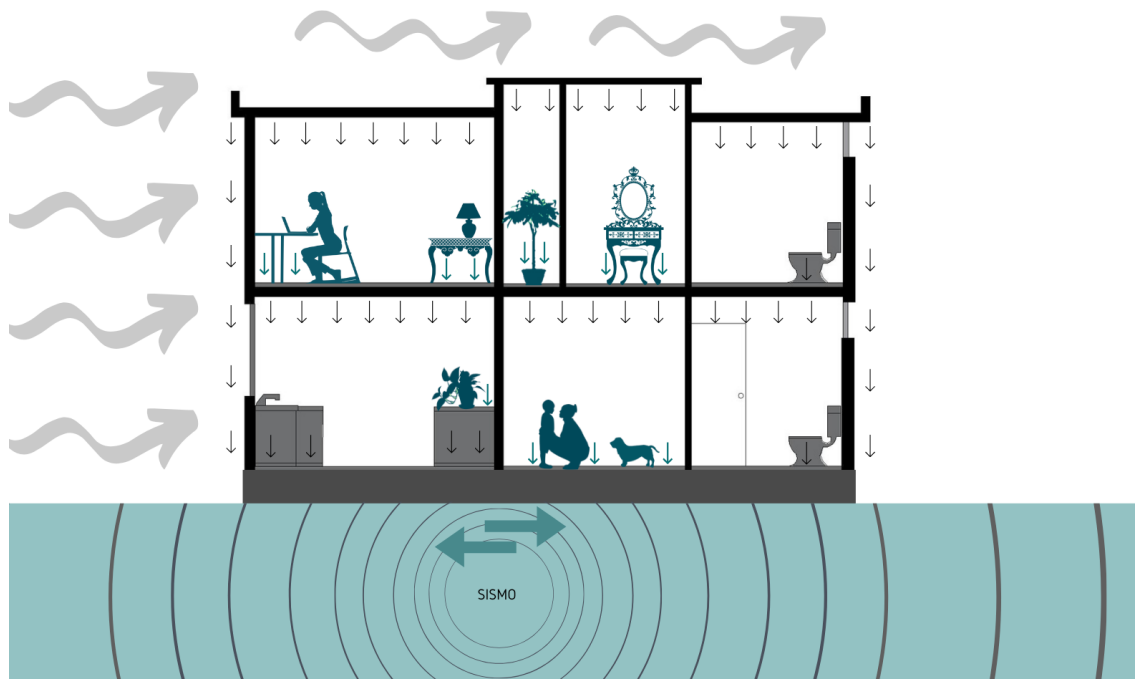
Corporativo



Deportivo

B. CARGAS ESTRUCTURALES

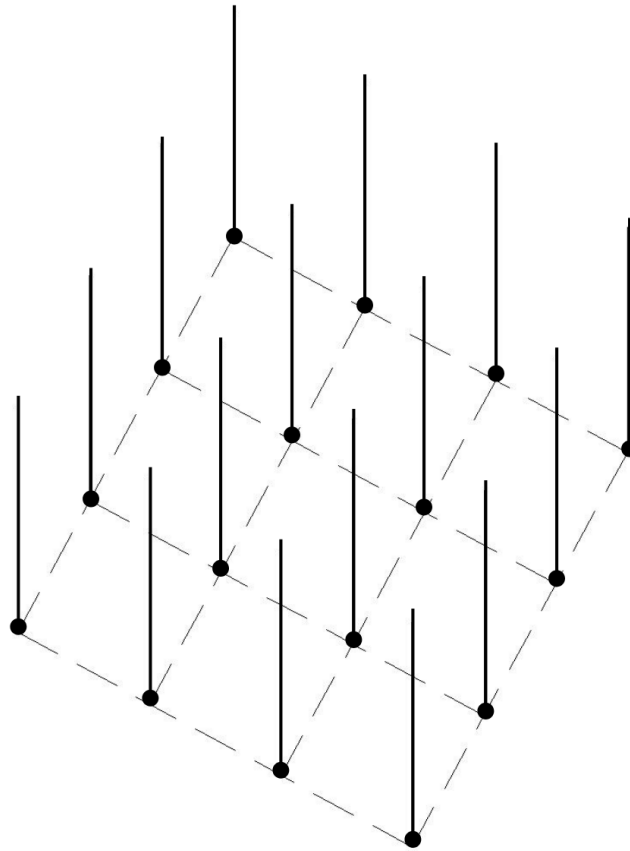
Las cargas estructurales son los esfuerzos a los que son sometidos los elementos estructurales, llamados cargas estructurales y se clasifican en cargas vivas, muertas, de viento y de sismo. Todos estos tipos de cargas se abordan con mayor profundidad en la página 33 de esta guía.



- Carga viva
- Carga muerta
- Carga de viento
- Carga de sismo

C. RETÍCULA ESTRUCTURAL

Determina los puntos y líneas de apoyo principales en un sistema estructural.



D. MATERIALES ESTRUCTURALES

Al momento de seleccionar el material con el que se elaboraran los elementos estructurales de un proyecto se debe tomar en cuenta sus propiedades físicas.

Los materiales comunmente utilizados son:



Acero



Madera



Concreto

Al considerarse, deben tomarse en cuenta las propiedades físicas de los mismos.

ELEMENTOS A CONSIDERAR

Tanto en el diseño como en el pre-dimensionamiento estructural, se hace importante conocer las propiedades generales y estructurales particulares de los materiales, para, de acuerdo a ellas, elegir el material adecuado a las necesidades estructurales y arquitectónicas del proyecto.

PROPIEDADES ESTRUCTURALES

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1 Resistencia a la deformación | Es la capacidad de un material para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir defromaciones permanentes o deteriorarse de algún modo. |
| 2 Dureza | Es la resistencia del material al corte de la superficie, raspaduras, abrasión o desgaste. |
| 3 Uniformidad física | Se refiere al efecto de cristalización en los metales, las vetas y nudos de la madera, y el agrietamiento del concreto. |

PROPIEDADES GENERALES

- | | |
|------------------------|--|
| 1 Forma del material | Natural, remoldeada o reconstituida. |
| 2 Peso | Como contribuyente el peso del material a las cargas gravitacionales de la estructura. |
| 3 Expansión térmica | Relacionado con los cambios dimensionales debidos a las variaciones de temperatura. |
| 4 Resistencia al fuego | Refiriéndose a la combustibilidad, conductividad, y el comportamiento general del material a altas temperaturas. |
| 5 Durabilidad | Siendo importante su resistencia al clima o al deterioro. |
| 6 Apariencia | Puede ser natural o modificada |

7 Disponibilidad en el mercado

Es importante conocer los materiales que se encuentran en la zona del proyecto, pues la disponibilidad del mismo, repercute en el presupuesto y en el tiempo de adquisición de él.

MATERIALES ESTRUCTURALES

ACERO

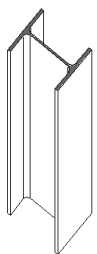
El acero como material estructural se ha fabricado desde hace 100 años, tratándose fundamentalmente de una aleación de hierro y carbono.

La industria de la construcción ha estandarizado ciertos elementos de acero con formas y propiedades conocidas con el fin de facilitar a los calculistas, productores y constructores, el hablar un mismo lenguaje.

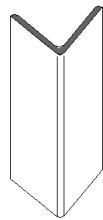
NOTA

Recientemente se han realizado mejoras en la producción del acero mediante el desarrollo de tecnologías computacionales y maquinaria que ha permitido ampliar su gama de calidad en la fabricación y rapidez en la construcción, en su adaptabilidad, ligereza y resistencia.

Dentro de la estandarización se encuentran perfiles estructurales de secciones W, I, H, L T y C, siendo entre estos, el perfil W el más utilizado en columnas y vigas a nivel nacional debido a su disponibilidad en el mercado.



Perfil W



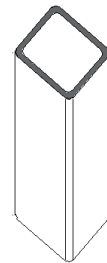
Perfil L



Tubo Circular



Perfil C



Tubo Rectangular

Otro elemento estructural fabricado con acero son las vigas celosías o joist (ver pág. 46), implementadas en edificaciones con grandes claros debido a que no se utilizan perfiles estructurales pesados, pues, se forma en su mayoría, de tubos estructurales o ángulos laminados.

¿CUÁNDO CONVIENE IMPLEMENTAR ESTRUCTURAS DE ACERO?

En edificaciones que requieren grandes claros

En edificios multiniveles y de estructuras de torres

Cuando se requiere gran rapidéz de construcción

Cuando el edificio debe cimentarse en suelos difíciles

En edificios que deban construirse en zonas de alta sismicidad

Cuando se pretende dar formas audaces con apariencia excepcional y grata

VENTAJAS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

Debido a sus propiedades físicas y mecánicas, el acero se convierte en un material estructural que presenta muchas ventajas que otros materiales no:

ALTA RESISTENCIA

Su alta resistencia en relación a su peso, permite la elaboración de estructuras ligeras, las cuales, aumentarían en su dimensión si no fueran fabricadas de acero. Su alta resistencia a la compresión y tracción permite que las vigas tengan una notable resistencia a la flexión.

MATERIAL UNIFORME

Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo como es en el caso de las estructuras de concreto reforzado.

LARGA VIDA ÚTIL

Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado, tendrá una indefinida vida útil.

DUCTILIDAD

Es la propiedad que tiene un material de soportar grandes deformaciones sin fallar.

RAPIDEZ DE MONTAJE

Al tratarse de piezas pre-fabricadas, el montaje de la estructura se vuelve rápido, ahorrando tiempo de construcción.

DESVENTAJAS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

A pesar de sus grandes ventajas, sus propiedades físicas y mecánicas, también causan ciertas desventajas a considerar:

CORROSIÓN

Es el principal inconveniente del acero, pues, al encontrarse a la intemperie se corroe con facilidad.

ENDOTÉRMIA

Propaga fácilmente el calor debido a las propiedades físicas de la materia, por lo que, en caso de incendio, las altas temperaturas se propagaran fácilmente por la estructura, provocando que falle fácilmente.

MADERA

La construcción con madera brinda un impacto positivo en el usuario final quien encuentra en este material sensaciones de comodidad y confort, además de precios asequibles.

Como material de construcción en Honduras se emplea en la carpintería de taller, en la estructura de viviendas unifamiliares y como cubierta en luces intermedias, sin embargo, en países como Alemania, se han desarrollado grandes obras mediante madera laminada.

Tabla 1. Usos de la madera en la construcción

| Área de construcción | Elemento estructural | | |
|----------------------|----------------------|-----------|------------|
| En la carpintería: | Marcos | Persianas | Puertas |
| | Ventanas | Escaleras | Enchapes |
| | Barandales | Pisos | |
| En la estructura: | Techos horizontales | Graderías | Entramados |
| | Vigas | Columnas | Pilotes |
| | Arcos | Vigas | |

CONSIDERACIONES PARA EN EL USO DE LA MADERA

La madera requiere tratamientos para resistir el ataque de los microorganismos, temperaturas e insectos, prolongando la vida de la misma.

El tratamiento de la madera dependerá de la especie a tratar, el uso que se le dará a la madera y las condiciones de trabajo que vaya a soportar.

TRATAMIENTOS POSIBLES

- 1 **Eliminación de savia** Elimina la savia de la madera mediante un lavado interno con agua o vapor.
- 2 **Secado** Evita el progreso de los hongos, humedad y pudriciones. Además, reduce su peso y aumenta su resistencia.
- 3 **Envejecimiento artificial** Consiste en acelerar artificialmente la transformación de los componentes de la madera para alcanzar las condiciones de estabilidad en maderas antiguas.
- 4 **Tratamientos superficiales** Dentro de ellos se encuentra la carbonización superficial, el pintado que sirva como impermeabilizante, y el revestimiento con clavos.
- 5 **Tratamientos por inmersión** Se sumerge la madera por un periodo de tiempo determinado en un baño líquido antiséptico.
- 6 **Tratamientos por inyección** Es el más eficaz. Se fuerza a entrar un líquido antiséptico en los poros de la madera.
- 7 **Protección contra el fuego** La madera se quema pero no es inflamable y puede retardarse su combustión.

Las propiedades de la madera varían de acuerdo a la especie, factores ambientales y la humedad de la misma, dependiendo de esta última, el volumen de la madera.

La madera es uno de los materiales más antiguos de la historia, siendo la madera de pino, la más empleada en la construcción actualmente en Honduras por ser la más abundante.

CLASIFICACIÓN DE LAS MADERAS

La madera empleada en la construcción se clasifica en diferentes grupos:

- A** Maderas duras **B** Maderas blandas **C** Madera artificial

A. MADERAS DURAS

Son resistentes y proceden normalmente de árboles que tienen un crecimiento lento, en Honduras, se encuentra una gran cantidad de especies maderables que producen madera de densidad dura o pesada.

La madera dura implementada en la construcción, también puede sub-clasificarse en:

1 No estructurales

MADERAS NO ESTRUCTURALES



Arce



Cerezo



Ébano



Encino



Hormigo



Masica



Nogal



Redondo o
Magnolia

2 Estructurales

Son los tipos de maderas duras o pesadas que solamente se implementan en la construcción de mobiliario interior, acabados interiores, pisos y carpintería.

MADERAS ESTRUCTURALES

Son las maderas duras o pesadas que se implementan en la construcción de elementos estructurales (ver tabla 1), y así mismo, en ebanistería, pisos y acabados.

Las maderas duras en Honduras más empleadas en estructuras son:



Barba de Jolóte



Ciruelillo



Cortéz



Cumbillo o Alméndro



Granadillo rojo



Paleto



Roble



Rosita



Santa María



San Juan Guayapeño o Primavera



Teca

NOTA

La mayoría de estas especies pertenecen al bosque húmedo de Honduras, principalmente ubicados en la zona norte del país.

Las especies como el Encino, Guayacán, Primavera y Cortéz, han sido protegidas en el bosque húmedo tropical.

Dentro de las maderas duras estructurales, la especie San Juan Guayapeño, mejor conocido como Primavera, y la madera de Teca, son implementados en la construcción de mobiliario exterior, puentes, construcciones marinas o puertiarías

y pilotes debido a su alta resistencia a la humedad y a los insectos.

El Paleta también es implementado en la construcción de postes, puentes y pilotes.

B. MADERAS BLANDAS

Cuentan con una resistencia más blanda debido al crecimiento rápido de las especies, provocando que la venta de la misma sea más económica.

Las maderas blandas son implementadas en la construcción de mobiliario interior, acabados interiores y en la carpintería, elaborando marcos de puertas y ventanas.

En Honduras se encuentran las siguientes maderas blandas:



Abeto



Castaño



Caoba



Cedro



Cedrillo



Ciprés



Laurel Negro



Piojo



Pino



Sangre Real

C. MADERAS ARTIFICIALES

Producida mediante virutas o láminas adecuadamente combinadas. Dentro de esta clasificación se encuentra el contrachapado, aglomerado, tableros de fibra.



Contrachapada



Aglomerada



De fibra



Laminada

Cada especie de madera presenta un color característico que depende del color de las paredes celulares y de las sustancias contenidas en el lumen de la pared celular.

Todas las maderas sufren variaciones de color por exposición a la luz, siendo estas variaciones más acusadas de unas maderas a otras.

PROPIEDADES PRINCIPALES DE LA MADERA

- 1** Dureza

Se refiere a su peso específico y a la resistencia que opone a la penetración de otros cuerpos tales como clavos, tornillos, al rayado y al desgaste.
- 2** Densidad

Refiriéndose a su resistencia siendo sometida a procesos de flexión o compresión.
- 3** Higroscopidad

Es cuando absorbe o bien, desprende humedad por capilaridad.
- 4** Conductividad

Térmica y eléctrica, sirviendo como aislante térmico gracias a su porosidad y densidad.
- 5** Textura

Se refiere a las características físicas que presenta, tal como su color y patrones.

Es recomendable investigar puntualmente la madera que se desea implementar en el diseño arquitectónico para conocer de manera detallada sus características, propiedades y usos.

VENTAJAS DE LA MADERA

- Se obtiene fácilmente.
- Su costo es menor comparado a otros materiales como el acero
- Tiene gran resistencia a la compresión, tracción y cortante teniendo en cuenta su poco peso.
- Mala conductora del calor y de la electricidad.
- Es fácil de labrar, con excepción de las maderas muy duras.
- Puede ser producida en piezas con dimensiones estructurales de cualquier tamaño.
- Es reutilizable.

DESVENTAJAS DE LA MADERA

- Es combustible, por lo que debe evitarse el fuego.
- Puede sufrir cambios higrométricos que la hagan cambiar de volumen y resistencia al ser un material orgánico.
- Al no tratarse y curarse de manera adecuada, puede descomponerse y ser atacada por organismos vivos.
- Falta de homogeneidad.

CONCRETO

El concreto es un material compuesto empleado en construcción, formado por un aglomerante al que se le añade materiales áridos, agua y aditivos en caso de ser necesarios.

El aglomerante por excelencia del concreto es el cemento (usualmente cemento Portland), además de este se mezcla con agua, agregado fino (arena) y agregado grueso (grava), en algunos casos se le adiciona otras sustancias para acelerar el proceso de endurecimiento o aumentar su capacidad de resistencia.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CONCRETO

- 1 **Densidad** Alrededor de 2350 kg/m³.
- 2 **Resistencia a la compresión** De 150 a 500 kg/cm² dependiendo de la mezcla.
- 3 **Resistencia a la tracción** Un décimo de la resistencia a la compresión.
- 4 **Tiempo de fraguado** Aproximadamente 28 días, dependiendo de factores exteriores.
- 5 **Tiempo de endurecimiento** Progresivo, dependiendo de la temperatura y humedad.

En la siguiente tabla se detalla la evolución de la resistencia a compresión de un hormigón tomando como unidad de resistencia a 28 días.

El concreto comienza a secar entre 30 y 45 minutos después de la mezcla y el reposo en los moldes, logrando su dureza inicial a las 10 y 12 horas, alcanzando su resistencia máxima hasta los 28 días.

Tabla 2. Evolución de la resistencia a compresión de un concreto Portland normal

| Evolución de la resistencia a compresión | | | | | |
|--|-----|------|------|------|------|
| Edad del hormigón en días | 3 | 7 | 28 | 90 | 360 |
| Resistencia a compresión | 0.4 | 0.65 | 1.00 | 1.20 | 1.35 |

APLICABILIDAD DEL CONCRETO

El concreto puede ser útil en:

- 1 **Obras viales** Puentes vehiculares, puentes peatonales, sobre carpetas, puertos y muelles, tuberías y conducciones, cerchas y túneles.
- 2 **Edificaciones** Fachadas, cubiertas, paneles acústicos, losas, estructuras singulares, vigas y columnas.
- 3 **Mobiliario** Mobiliario exterior, interior y esculturas.

DESVENTAJAS DEL CONCRETO

El concreto puede presentar las siguientes desventajas:

POCA RESISTENCIA A TRACCIÓN

Aunque el acero se coloca de manera que absorba los esfuerzos, la formación de grietas suele ser inevitable.

REQUIERE ENCOFRADO

El costo del encofrado puede alcanzar 1/3 del costo total de la obra.

INEFICIENTE AL CUBRIR GRANDES CLAROS

Es ineficiente cuando se trata de cubrir grandes luces porque requiere de mayores secciones y aumenta el peso propio de la obra, modificando su diseño.

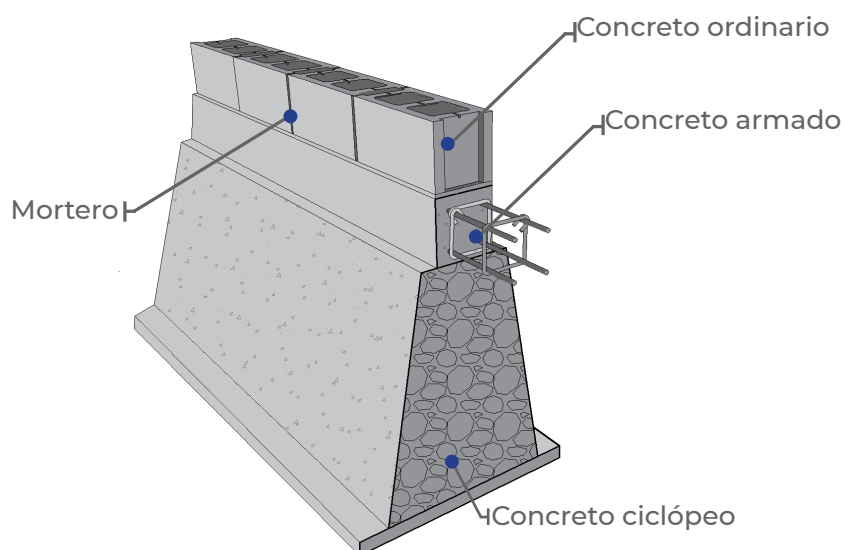
CONSTANTE CONTROL

Requiere permanente control de calidad.

DEFORMACIONES

Presenta deformaciones variables con el tiempo, las deflexiones en los elementos se incrementan con el tiempo.

TIPOS DE CONCRETO



La institución española (EHE) menciona la siguiente clasificación:

Tabla 3. Tipos de hormigón

| Nomenclatura | Descripción |
|----------------------------|--|
| Concreto ordinario | Es el material obtenido al mezclar cemento portland, agua y áridos de varios tamaños. |
| Concreto en masa | Es el concreto que no contiene armaduras de acero en su interior. Es apto para resistir esfuerzos de compresión. |
| Concreto armado | Es el que contiene en su interior armaduras de acero. Este hormigón por su mezcla resiste esfuerzos de compresión y tracción. |
| Concreto pre-tensado | En su interior contiene armadura de acero especial tensionadas a la tracción antes del vertido del concreto. |
| Concreto pos-tensado | Es el que su interior contiene una armadura de acero especial sometida a tracción posteriormente al fraguado y endurecido del concreto. |
| Concreto auto-compactante | Trabaja bajo el efecto de aditivos superplastificantes, el cual se compacta por su propio peso sin necesidad de usar la vibración. Se utiliza para grandes represas. |
| Mortero | Consta de una mezcla de cemento, agua y arena, sin adicionar árido grueso. |
| Concreto ciclópeo | Contiene grandes piedras embebidas en su interior de dimensión no inferior a 30cm. |
| Concreto sin fino | Es el que solo tiene árido grueso, no contiene arena. |
| Concreto aireado o celular | se obtiene incorporando a la mezcla aire u otros gases derivados de reacciones químicas, resultado de hormigón de baja densidad (peso). |
| Concreto de alta densidad | Fabricado con áridos de densidades superiores a los habituales. El pesado se utiliza para blindar estructuras y proteger frente a la radiación. |

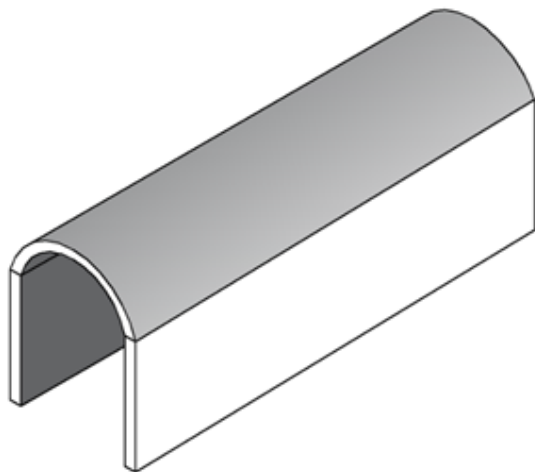
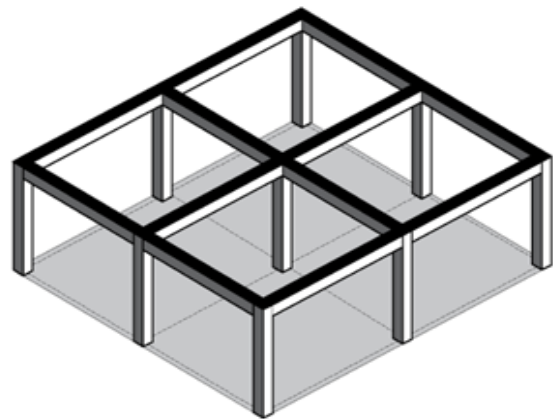
PRINCIPALES SISTEMAS ESTRUCTURALES

Un sistema estructural, es el modelo físico que sirve de marco para los elementos estructurales.

Pueden clasificarse por su campo de actuación, sistema de trabajo y por material.

1. SISTEMA APORTICADO

Consta de una serie de pórticos dispuestos en un mismo sentido. Es el sistema más utilizado, se puede realizar de concreto, madera o acero.

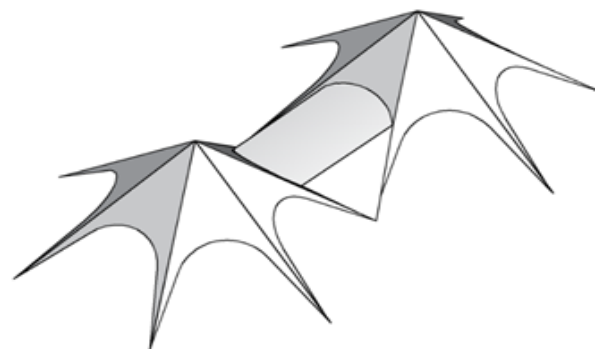


2. SISTEMA ABOVEDADO

Consta de bóvedas que centran las cargas en arcos reforzados por pilastras o contrafuertes.

3. TENSO-ESTRUCTURA

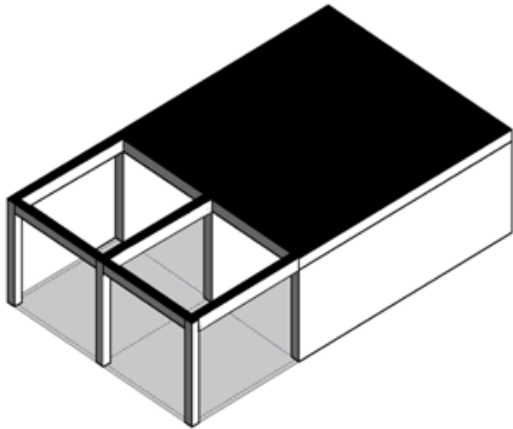
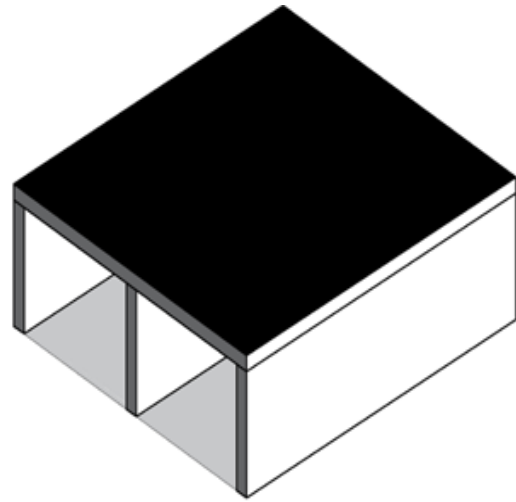
Son los sistemas que trabajan a tracción, o mediante cables de acero.



4. SISTEMA DE MURO CORTANTE

Consta de paredes de concreto armado que ocupan una mayor dimensión en una dirección en comparación con su ancho, genera gran resistencia y rigidez ante movimientos laterales.

Este sistema es acompañado por losas pos-tensadas, eliminando las vigas.



5. SISTEMA MIXTO

Es un sistema que utiliza una combinación de propiedades anteriormente mencionadas.

CARGAS ESTRUCTURALES

Representan las cargas aplicadas a diferentes elementos de la estructura , y se clasifican en:

1 Cargas estáticas

3 Cargas accidentales

2 Cargas distribuídas

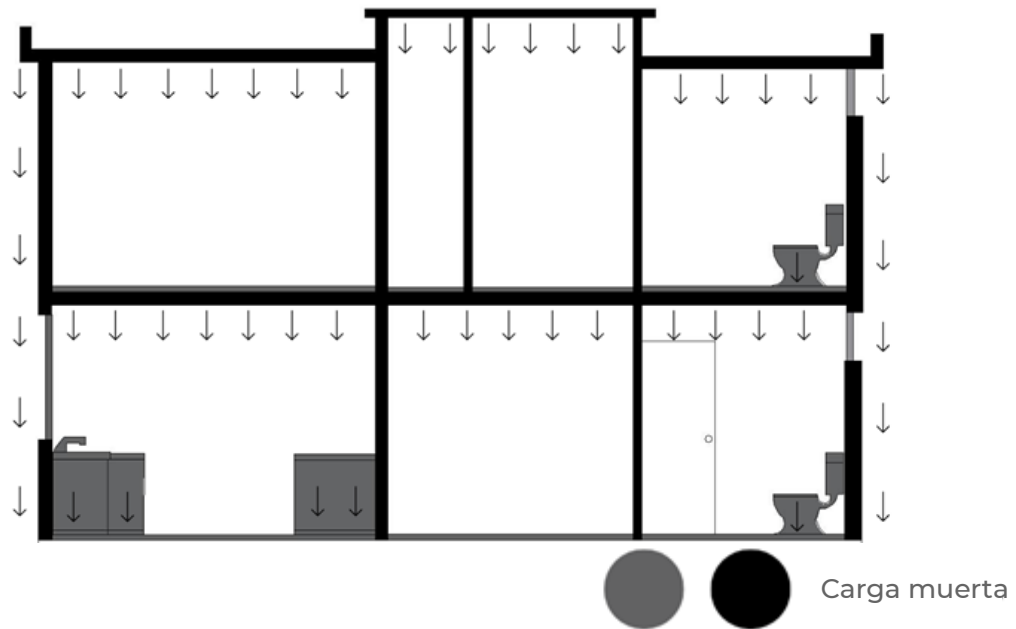
CARGAS ESTÁTICAS

Son cargas aplicadas gradualmente y se consideran constantes luego de ser aplicadas.

Estas se subdividen en vivas (accidentales) o muertas (permanentes).

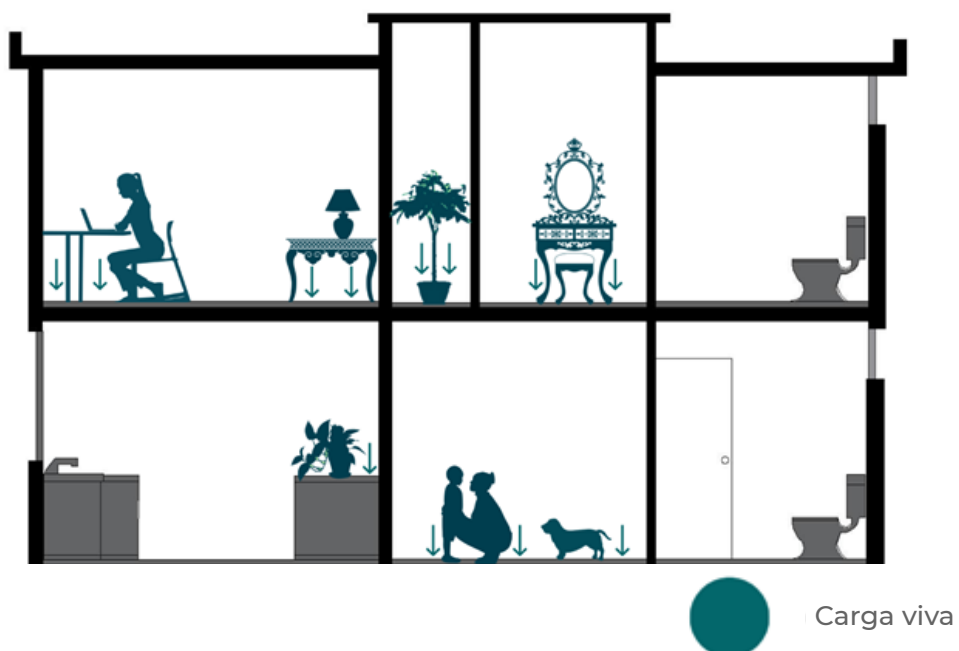
1. CARGA MUERTA

Son estáticas, que actúan hacia abajo en sentido vertical, generadas por el peso propio, tanto de elementos estructurales, como no estructurales como, por ejemplo, accesorios y el equipo permanentemente fijo.



2. CARGA VIVA

Incluye toda carga móvil producidas por el uso de la edificación; resultan del peso de las personas, muebles, material almacenado y otros elementos en movimiento.



NORMATIVAS DE CARGAS ESTRUCTURALES

En Honduras se encuentra un documento que estipula las cargas anteriores, llamado Código Hondureño de la Construcción (CHOC), siendo el más reciente, el CHOC-08. Unificando las cargas vivas y muertas recomendadas en dicho documento, se encuentran las siguientes cargas distribuídas según el tipo de uso de la edificación:

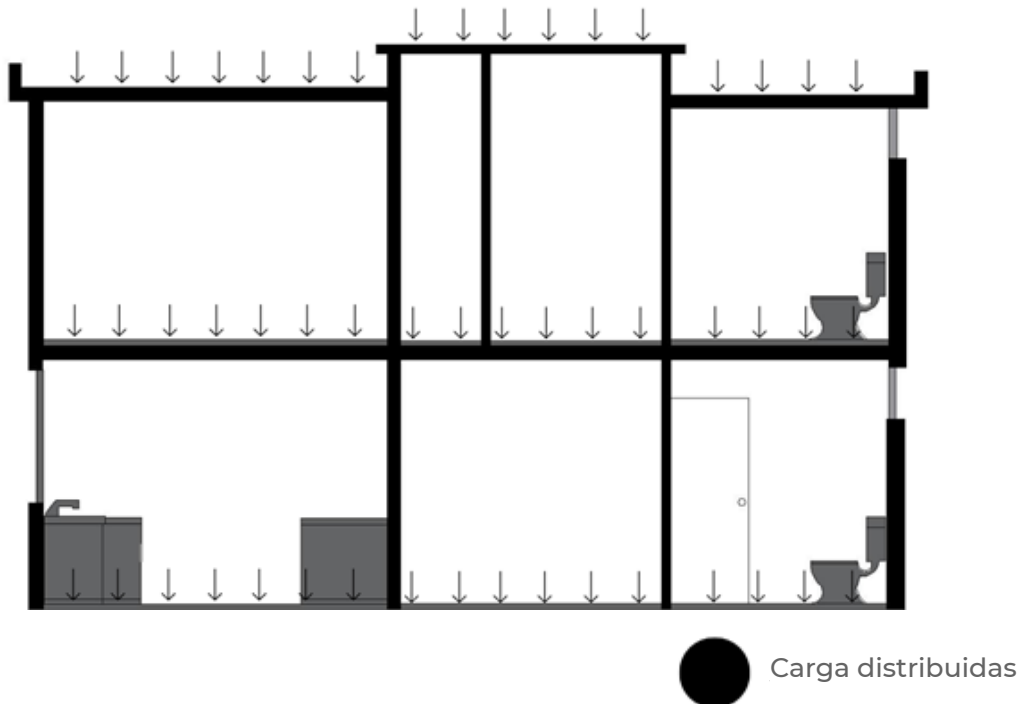
Tabla 4. Cargas uniformes o distribuídas basado en el CHOC-08

| Grupo | Ocupación o uso | Carga distribuída Kg/m ² |
|-----------------------------|---|--|
| 1 | Área de reuniones públicas y auditorios con asientos fijos | 300 |
| | Cuarto de lecturas en bibliotecas | |
| | Cormisas y marquesinas | |
| | Aulas de clases o talleres | |
| | Estacionamiento de automóviles privados | |
| | Fábrica de equipo liviano | |
| | Cuartos divisorios de hospitales | |
| | Oficinas | |
| <hr/> | | |
| 2 | Áreas residenciales, balcones y terrazas | 600 |
| | Áreas de reuniones públicas y auditorios con asientos móviles | |
| | Escenarios y plataformas | |
| | Cuarto de libros en bibliotecas | |
| | Almacenes y bodegas livianos | |
| | Estacionamientos o talleres en general | |
| | Fábricas de maquinaria pesada | |
| | Imprentas | |
| Puentes y pasarelas | | |
| Salidas en lugares públicos | | |
| Tiendas | | |
| <hr/> | | |
| 3 | Aceras y calles de entrada | 1200 |
| | Armerías | |
| | Bodegas y almacenes de equipo pesado | |

El CHOC-08, también contiene las especificaciones de cargas vivas, muertas, cargas de sismo y viento.

CARGAS DISTRIBUÍDAS

Las cargas distribuídas son las que se encuentran repartidas uniformemente o variables en determinada área.



CARGAS ACCIDENTALES

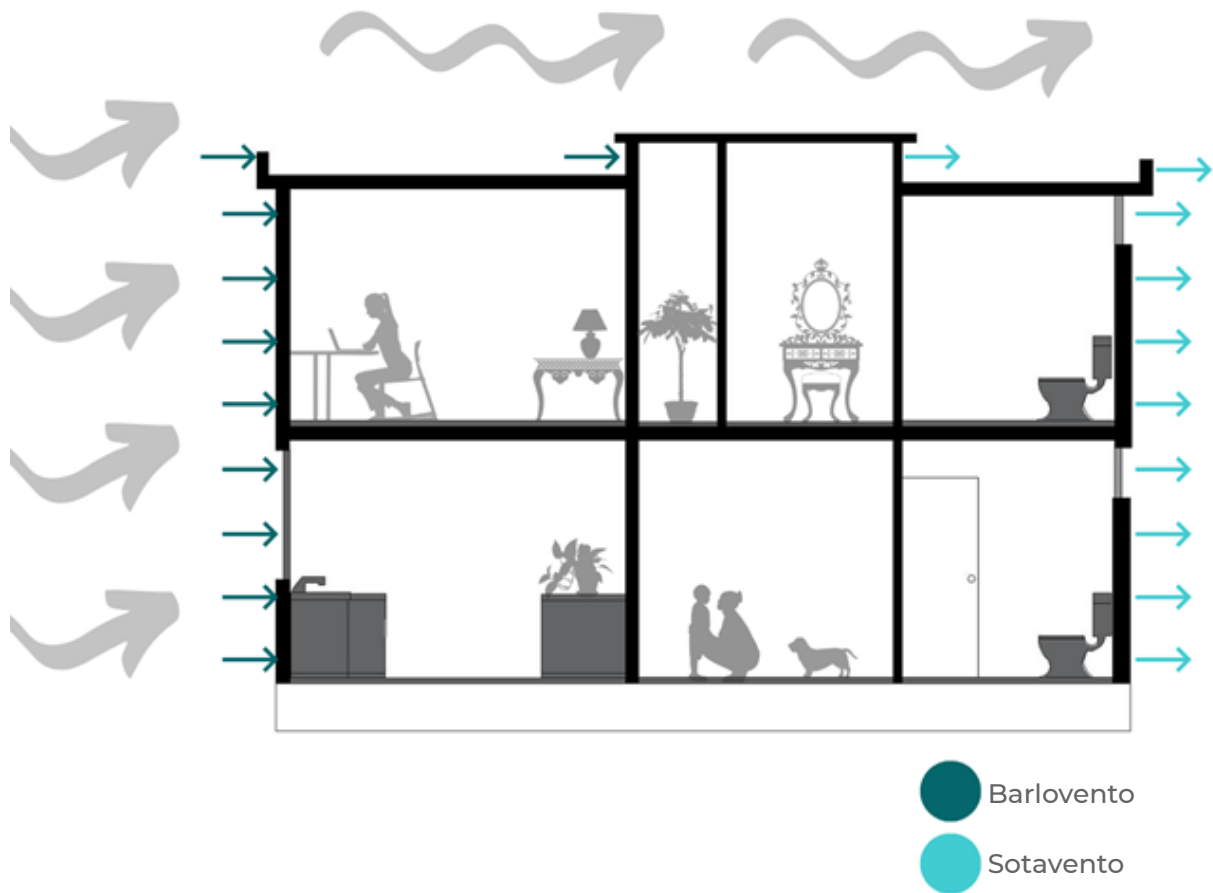
Estas se subdividen en cargas de viento y cargas de sismo.

1. CARGAS DE VIENTO

Son las fuerzas ejercidas por la energía cinética de una masa de aire en movimiento que actúa sobre la construcción cuando la misma se halla interpuesta en su desplazamiento.

La estructura, los componentes y los revestimientos de una edificación deben diseñarse para resistir el deslizamiento, el levantamiento o el vuelco inducidos por el viento.

La cara de la construcción expuesta al viento (a barlovento) recibirá una presión de la masa del aire, y las caras opuestas (sotavento), una succión en los lados.



2. CARGAS DE SISMO

La acción sísmica es un fenómeno natural impredecible.

Repentinamente se generan desplazamientos del terreno de fundación debido a una brusca liberación de la energía, producida en la corteza terrestre por fractura de las rocas que la componen.

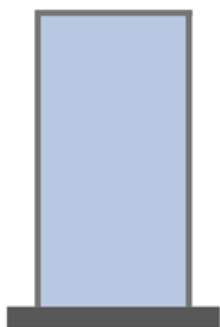
El sismo produce un movimiento vibratorio que sacude los edificios, tanto vertical como horizontalmente.

Debido a esto, el diseño estructural debe considerar pesos y cargas para la determinación de las solicitaciones por sismo.

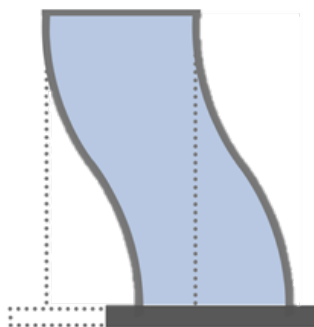
La fuerza horizontal causa un desplazamiento del edificio.

Cuando esta se detiene, el edificio tiende a retornar a su posición original como consecuencia de la elasticidad de los materiales.

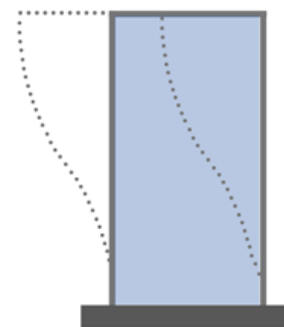
En ese momento comienza un movimiento vibratorio y la estructura oscila deformándose a partir de su posición inicial.



1 Construcción antes de la acción sísmica



2 Construcción bajo la acción sísmica



3 Construcción retornando a su posición inicial

Si se sobrepasa el régimen elástico de algún material, puede deformarse sin tender a recuperar su forma. Si responde frágilmente, la estructura colapsará.

Desde el punto de vista de los materiales de construcción más seguros contra la acción sísmica son los elásticos y coherentes como la madera y el concreto armado.

TRANSMISIÓN DE CARGAS

La estructura de un edificio cumple una función similar al del esqueleto humano, pues este debe:

1 Soportar el peso propio

3 Soportar fuerzas externas

2 Mantener la forma

Así mismo, este peso y carga que la estructura debe soportar, debe lograr transmitirse de un elemento a otro para lograr una estabilidad, por lo tanto, una estructura trabaja tres niveles consecutivos:

1 Recepción de cargas

3 Resistencia de cargas

2 Transmisión de cargas

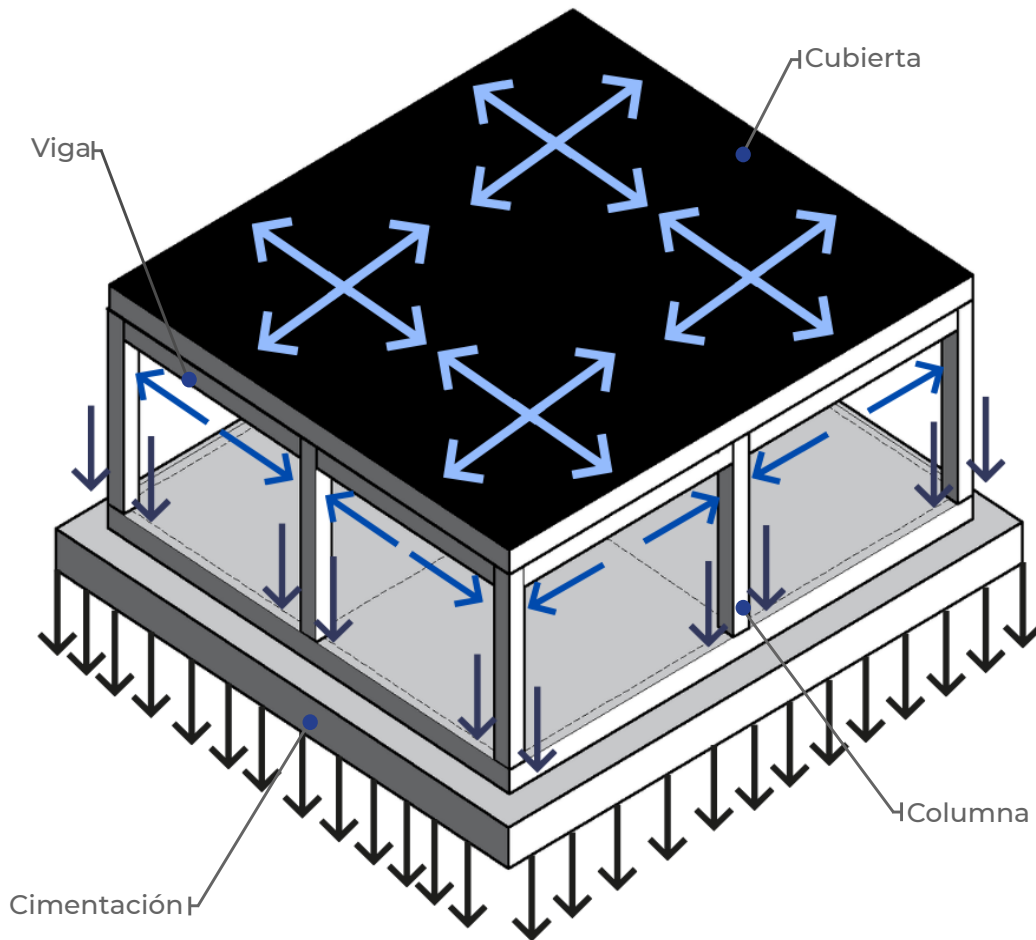
A este proceso se le llama flujo de cargas, que es la base para el diseño de las estructuras.

En este proceso, todas las cargas llegan al suelo a través de elementos superficiales (techos, entrepisos, muros) o lineales (vigas, columnas).

La transmisión de las cargas inicia con la carga superficial que actúa sobre toda la cubierta y entrepisos.

Esta carga se transforma en sobrecarga lineal y se distribuye hacia las viguetas, donde se transforman en sobrecarga concentrada para las vigas.

Desde las vigas, la carga se distribuye a las columnas o muros portantes, según sea el caso, elementos que transmiten la carga concentrada (en el caso de las columnas), o lineal (en muros portantes), hacia la cimentación, que finalmente distribuye las cargas al suelo.



ELEMENTOS ESTRUCTURALES BÁSICOS

Los elementos estructurales básicos en toda construcción son:

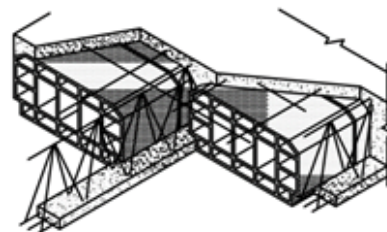
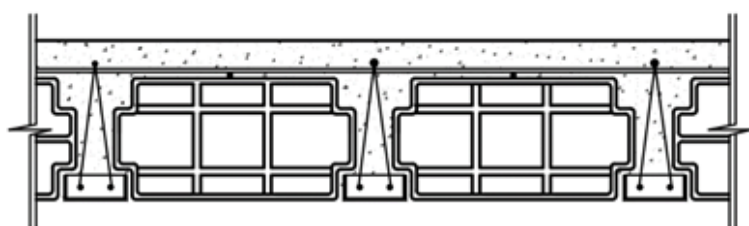
| | | | |
|----------|------------|----------|----------------------|
| A | Entrepisos | D | Muros de contención |
| B | Vigas | E | Circulación Vertical |
| C | Columnas | F | Cimentación |

ENTREPISOS

Las losas de entrepiso se clasifican así:

Tabla 5. Tipos de entrepisos

| Nombre | Descripción |
|-------------------------------------|--|
| Losa tradicional | Sobre una estructura de vigas y columnas de acero o concreto, se vacía in situ la losa de concreto armado según cálculo realizado. |
| Losa con molde (Steel deck) | También llamada losa aligerada, consiste en un molde metálico de geometría trapezoidal que actúa como encofrado y a su vez como parte del refuerzo inferior de la losa, se vierte una capa de concreto sobre este. |
| Sistema de vigueta y bovedilla | Es un sistema de entrepiso que se utiliza viguetas metálicas, entre estas se colocan bovedillas que actúan como moldes o encofrados y pueden ser de arcilla, mortero o con poli estireno expandido. |
| Sistema mixto | Está conformado por viguetas de concreto que se complementa con bovedillas o rellenos de otros materiales. |
| Sistema de elementos pre-fabricados | Se utiliza sobre un sistema estructural de vigas metálicas donde se colocan plataformas pre-fabricadas de distintos materiales como losas pre-tensadas de concreto, paneles compuestos aislados y placas simples de acero. |
| Entrepiso pre-tensado | Consta de viguetas pre-tensadas y bloques de concreto, utilizado en casas o edificaciones pequeñas. |



Sistema de vigueta y bovedilla

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LOSAS

Para el pre-dimensionamiento del espesor de losas de entrepiso, se debe tomar en cuenta si esta será:

1 Losa de concreto reforzado

2 Losa aligerada

LOSA DE CONCRETO REFORZADO

Para el cálculo de pre-dimensionamiento de losa de concreto reforzado se encuentran dos opciones:

1. OPCIÓN A

Las luces de las losas están definidas por las vigas que definen su perímetro, por tanto, la dimensión desconocida es su altura A .

La primera opción es dividir la luz menor por 40, evitando alturas inferiores a 7 cm (en losas de pisos comunes) y 12 cm (en losas que soporten el tráfico de vehículos).

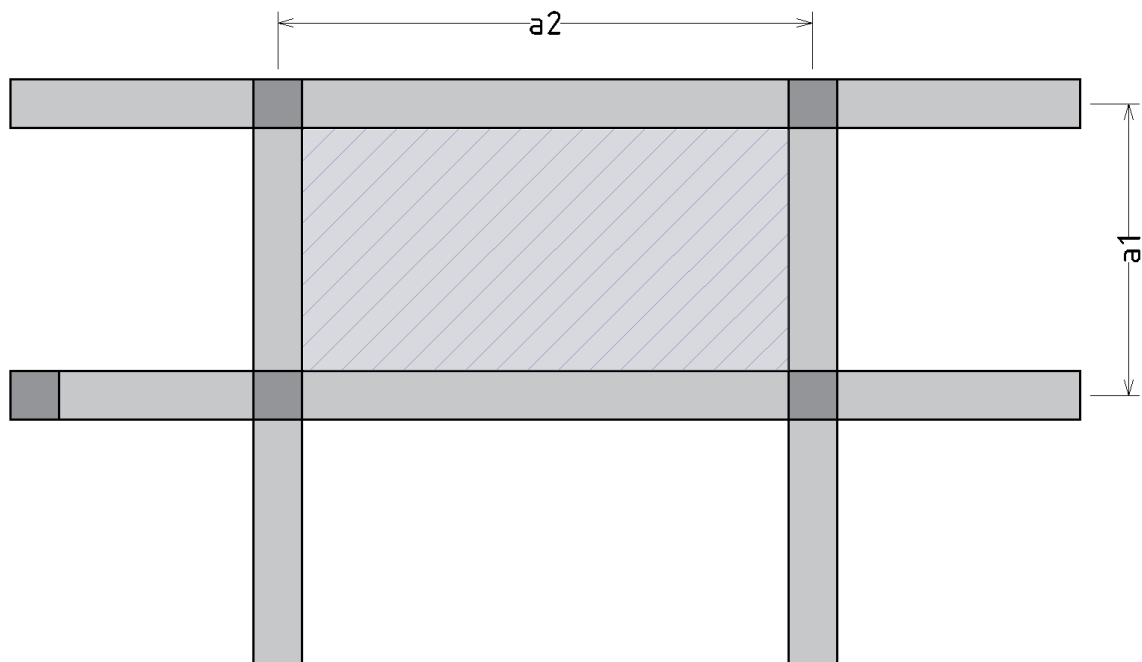
En losas prefabricadas y nervadas, la altura inicial se calcula dividiendo la luz menor por 20.

$$A = \text{menor } a/40$$

Ecuación 1. Pre-dimensionamiento de losa de concreto reforzado

$$A = \text{menor } a/20$$

Ecuación 2. Pre-dimensionamiento de losa prefabricada y nervada



Visualización de las dimensiones de la losa en planta

2. OPCIÓN B

En este caso se divide el perímetro de losa entre 180 y se redondea el resultado al entero superior.

$$e = \frac{\text{perímetro}}{180}$$

Ecuación 3. Pre-dimensionamiento de losa según perímetro

Siendo:

e = Espesor de losa

LOSA ALIGERADA

El peralte de las losas aligeradas se basa en el siguiente criterio ya incluyendo el espesor del ladrillo:

$$e = \frac{L_n}{25}$$

Ecuación 4. Pre-dimensionamiento de losa aligerada

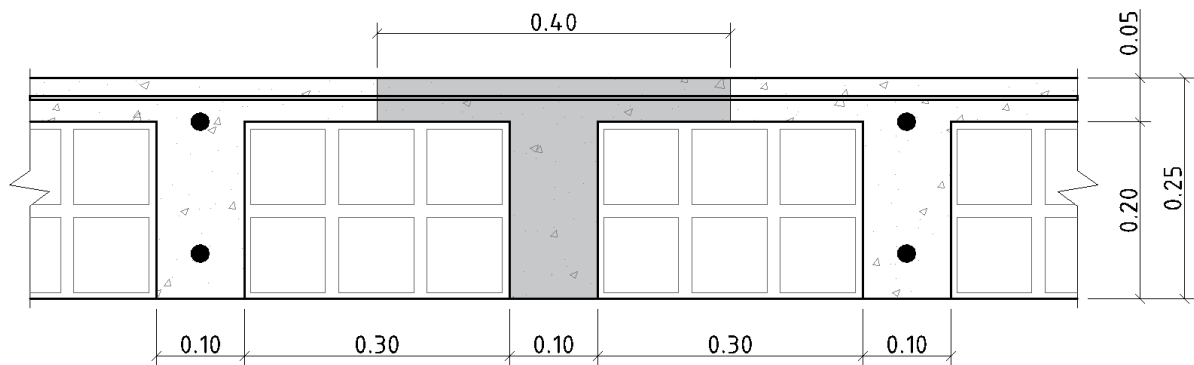
Siendo:

e = Espesor de losa

L_n = Longitud del lado menor de losa

NOTA

El espesor de ladrillos comerciales son 12, 15, 20 y 25 cm + 5 cm de la capa de concreto.



Detalle de losa aligerada $e=25$ cm, bloque de 20 cm.

Tabla 6. Valores comerciales para losas aligeradas

| L_n | e | H (ladrillo) |
|-------|------|--------------|
| 4m | 17cm | 12cm |
| 5m | 20cm | 15cm |
| 6m | 25cm | 20cm |
| 7m | 30cm | 25cm |

VIGAS

Son elementos rectangulares horizontales, proyectados para soportar y transmitir las cargas transversales que se le transfieren hacia los elementos de apoyo, trabajando a flexión.

Las vigas se pueden clasificar según su refuerzo y su forma de apoyo.

Según refuerzo pueden ser:

A Viga de concreto armado

B Vigas Tensadas

C Viga de acero

Según su apoyo pueden ser:

1 Viga empotrada

2 Viga en voladizo

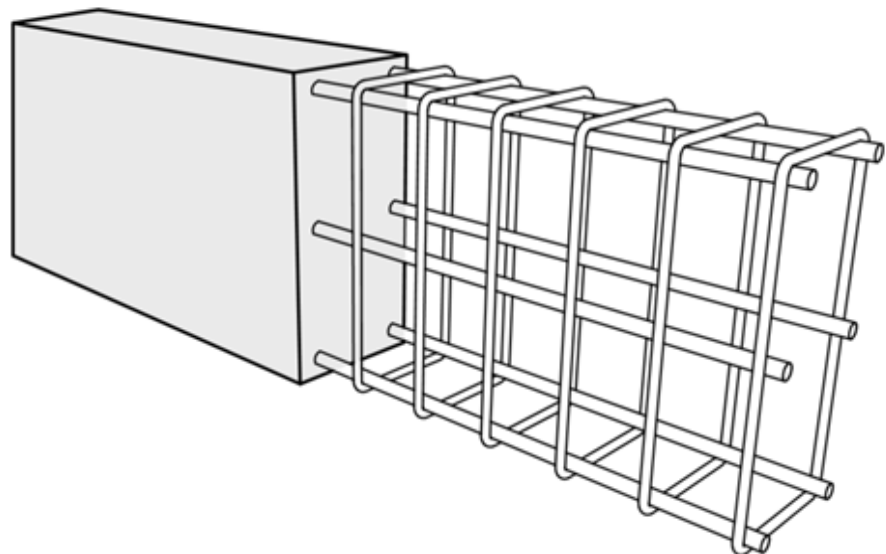
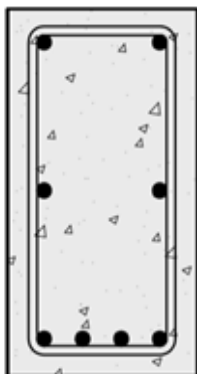
3 Viga simplemente apoyada

VIGAS SEGÚN SU REFUERZO

A. VIGA DE CONCRETO ARMADO

Son las vigas convencionales que se colocan entre pilares o muros.

Estas también pueden servir como cerramiento de muros también denominada como solera superior o inferior según su ubicación. Utilizan acero de refuerzo común.



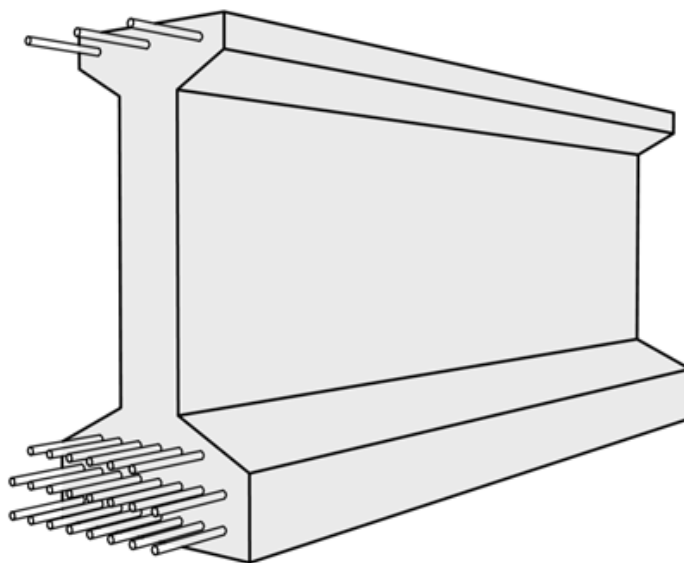
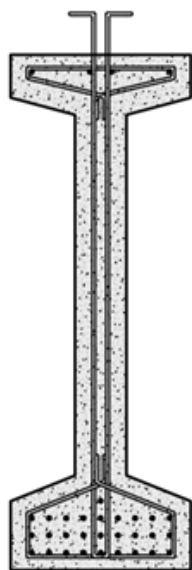
B. VIGA TENSADA

Son las vigas que utilizan acero sometido a fuerte tracción previa o después del hormigonado de la viga.

Las vigas pre-tensadas se utiliza generalmente para claros de dimensiones mayores a los 9 metros como en puentes, y las pos-tensadas en sistemas de construcción con

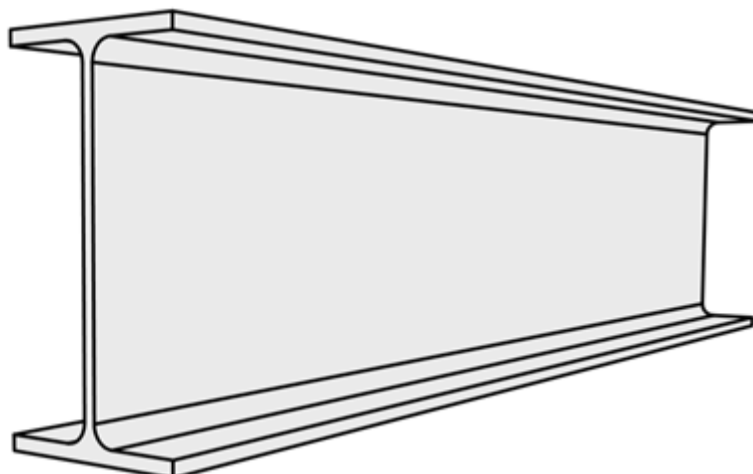
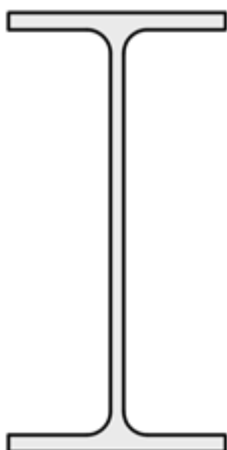
poco espacio de entrepiso u otros sistemas que lo ameriten.

Estas también pueden servir como cerramiento de muros también denominada como solera superior o inferior según su ubicación. Utilizan acero de refuerzo común.



C. VIGA DE ACERO

Son las vigas hechas para un sistema estructural de acero que cumplen la misma función de las vigas de hormigón armado, pero con menos peso propio.



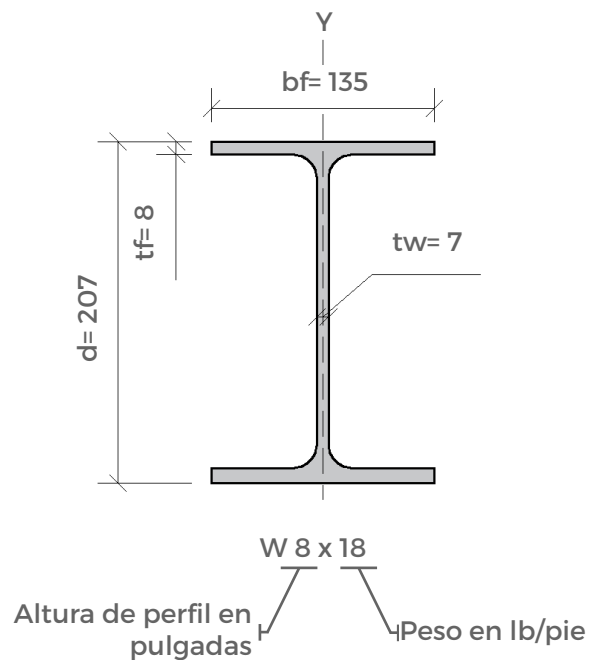
Los perfiles de acero suelen denominarse con dos números, donde el primero indica su altura y el segundo su peso por unidad de longitud.

Por ejemplo, la designación del AISC (Manual de construcción en acero) para un perfil W8x18, indica que se trata de un perfil W de altura aproximada 8" y de peso 18lb/pie.

Las propiedades geométricas de los perfiles de acero, pueden obtenerse de tablas que suministran los fabricantes.

Las dimensiones de las diferentes partes de una sección W se ejemplifican a continuación por medio de un perfil W8x18:

- bf** Ancho de aleta (blind flange)
- d** Altura de perfil
- Y** Eje neutro
- tf** Espesor de aleta (thickness of the flange)
- tw** Espesor de alma (thickness of the web)



Las dos formas de fabricación de un perfil de acero son en caliente, que es cuando la materia prima se calienta hasta hacerla fluir y darle la forma que corresponda, y la fabricación en frío, que son piezas elaboradas con lámina de acero que se sueldan entre sí para formar el perfil.

VIGAS CELOSÍA

Las vigas celosía son estructuras reticulares planas que constan de piezas rectas que están unidas en sus extremos mediante articulaciones.

Se implementan en la construcción de cubiertas y están formadas por cordones, que son los elementos que constituyen las cabezas superior e inferior del elemento, y montantes, que son las barras verticales dispuestas en el alma del elemento; así mismo, los elementos diagonales son dispuestos en el alma de la viga celosía.

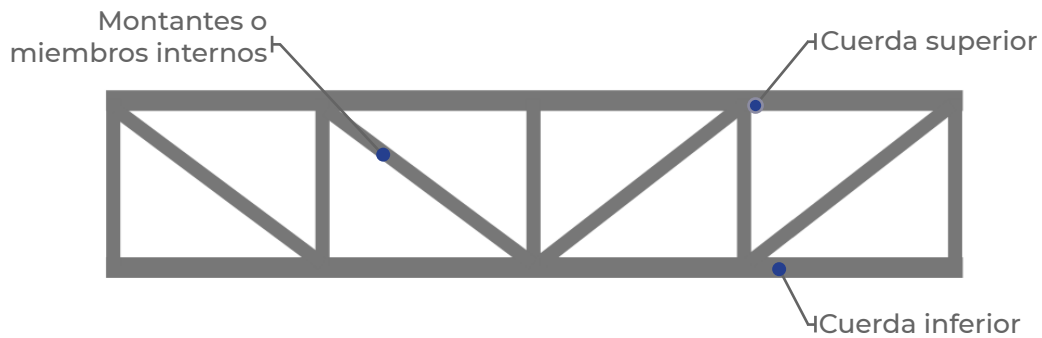
CLASIFICACIÓN DE VIGAS CELOSÍAS

Entre las vigas celosías más implementadas se encuentran:

- 1 Viga Pratt
- 2 Viga Howe
- 3 Viga Warren

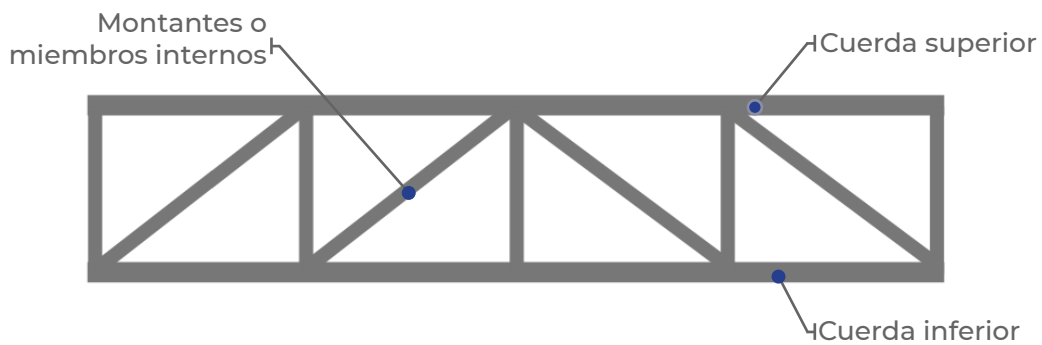
1. Viga Pratt

Compuesta por triángulos rectos en número par, de manera que sus diagonales simétricas y convergen hacia el centro.



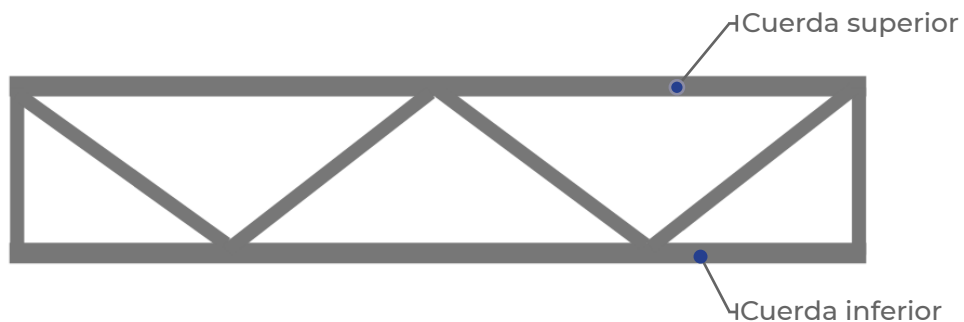
2. Viga Howe

Sus diagonales salen desde el centro.



3. Viga Warren

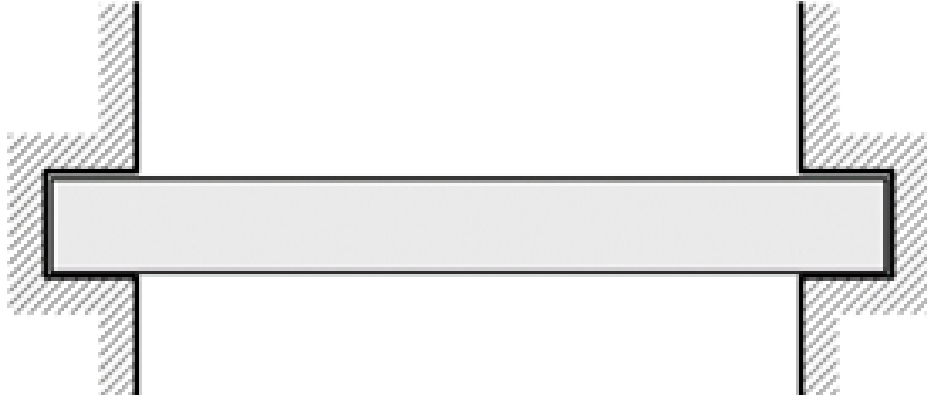
No cuenta con elementos montantes.



VIGAS SEGÚN SU APOYO

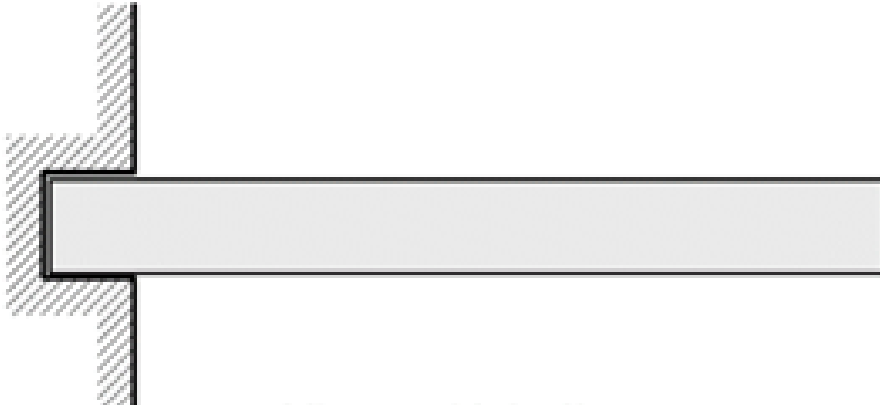
1. VIGA EMPOTRADA

En sus extremos se encuentra empotrada a los elementos verticales.



2. VIGA EN VOLADIZO

Viga empotrada en un extremo y en el otro se comporta como voladizo.



3. VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

Es la que en sus extremos se encuentra empotrada a los elementos verticales.



PRE-DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO

Para el pre-dimensionamiento de vigas, se debe de tener en cuenta la formulas siguientes:

1 Según el tipo de apoyo

2 Según el uso

De estas dos fórmulas se escoge una según la necesidad.
Donde:

h = Altura de viga

L = Longitud mayor del claro

b = Base de la viga (mín. 25 cm)

Siendo b (base) = $0.7 \times h$

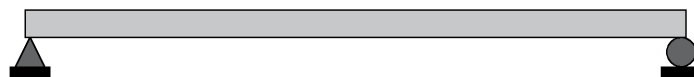
1. PRE-DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO SEGÚN SU TIPO DE APOYO

VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

Fórmula:

$$h=L/8$$

Ecuación 5. Pre-dimensionamiento de viga simplemente apoyada

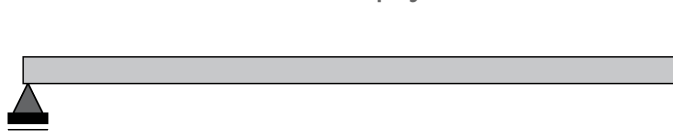


VIGA EMPOTRADA EN UN EXTREMO, SIMPLEMENTE APOYADA EN OTRO

Fórmula:

$$h=L/10$$

Ecuación 6. Pre-dimensionamiento de viga empotrada en un extremo y simplemente apoyada en otro

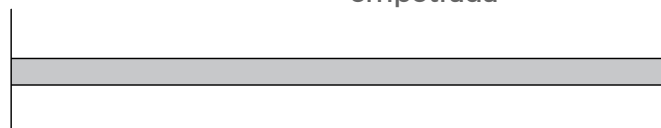


EMPOTRADA

Fórmula:

$$h=L/12$$

Ecuación 7. Pre-dimensionamiento de viga empotrada



2. FÓRMULA PARA PRE-DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO SEGÚN SU USO

Para vigas de concreto también se puede utilizar la siguiente tabla según el uso y ubicación de la misma:

Tabla 7. Pre-dimensionamiento de vigas de concreto según su uso

| Uso de la viga | | Peralte mínimo | | | |
|--|-----------|------------------------------------|---------------------|--------------------------|----------|
| | | Ambos extremos libremente apoyados | Un extremo continuo | Ambos extremos continuos | Voladizo |
| Soporta muros divisorios o está ligada a ellos | En techos | L/12 | L/16 | L/19 | L/5 |
| | En pisos | L/10 | L/13 | L/15 | L/4 |
| No soporta muros divisorios ni está ligada a ellos | En techo | L/18 | L/23 | L/29 | L/7 |
| | En pisos | L/14 | L/18 | L/23 | L/6 |

3. FÓRMULA PARA PRE-DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO EN VOLADIZO

Para voladizos también se puede utilizar la fórmula:

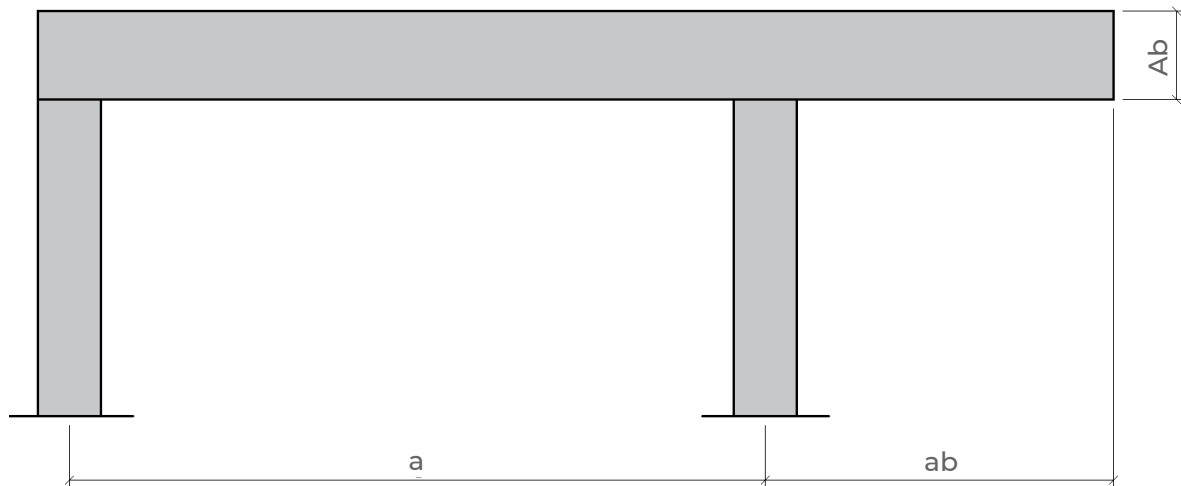
$$Ab = ab/5$$

Ecuación 8. Pre-dimensionamiento de viga de concreto en voladizo

Donde:

Ab = Altura de viga

ab = Distancia de voladizo



COLUMNAS

Es un soporte vertical, de forma alargada, que permite sostener el peso de una estructura y transmitir las cargas a la cimentación.

Estas pueden ser:

1 Columna aislada

2 Columnas adosadas

3 Columnas embebidas

COLUMNA AISLADA

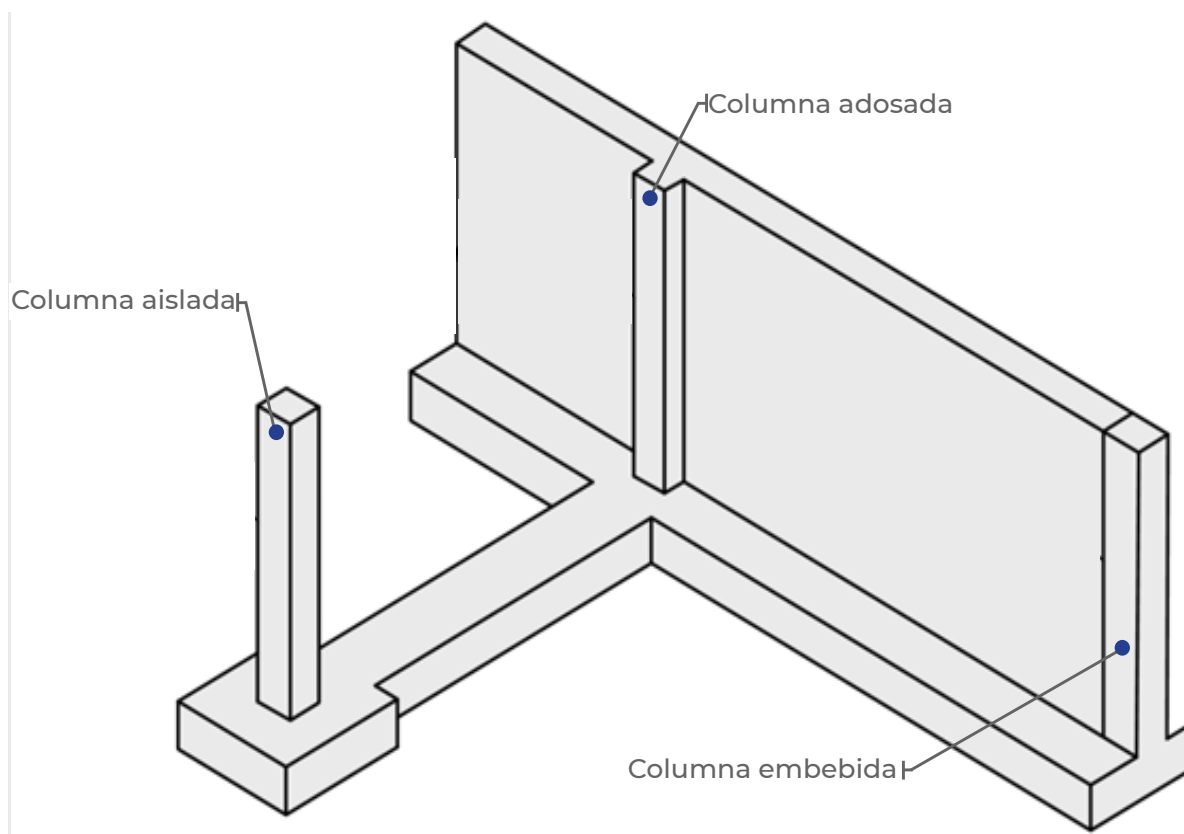
Es la que se encuentra libre y separada de cualquier cuerpo o elemento de la edificación.

COLUMNA ADOSADA

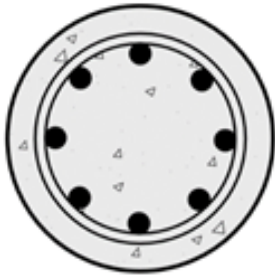
La que esta yuxtapuesta a un muro u otro elemento de la edificación.

COLUMNA EMBEBIDA

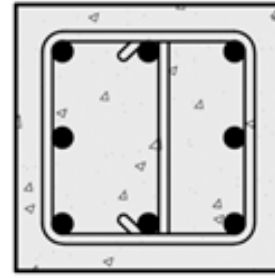
Es la que aparenta estar parcialmente incrustada en el muro u otro cuerpo de la construcción.



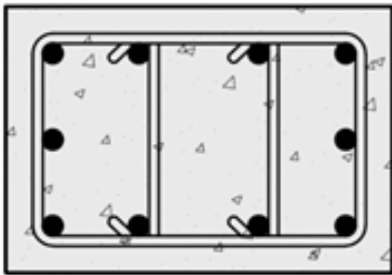
Otra manera de clasificar las columnas es mediante su sección, estas pueden ser:



1 Columna de concreto sección circular



2 Columna concreto de sección cuadrada



3 Columna de sección rectangular



4 Columna de acero

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS DE CONCRETO

Para el pre-dimensionamiento de columnas de concreto se pueden implementar distintos métodos:

1 Método para 3 o más niveles

2 Método según ACI

1. MÉTODO PARA 3 O MÁS NIVELES

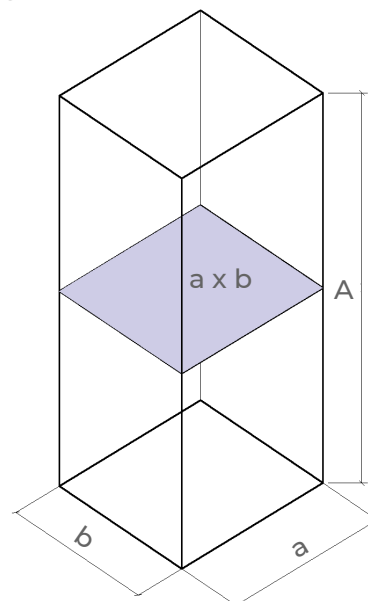
Se recomienda que la dimensión de la sección transversal sea mayor a 19cm. La mayor dimensión de la sección transversal no debe ser superior al doble de la menor dimensión: $b \leq 2a$

La imagen muestra la nomenclatura para las dimensiones en una columna siendo:

A = Altura de columna

a = Ancho de columna

b = Largo de columna



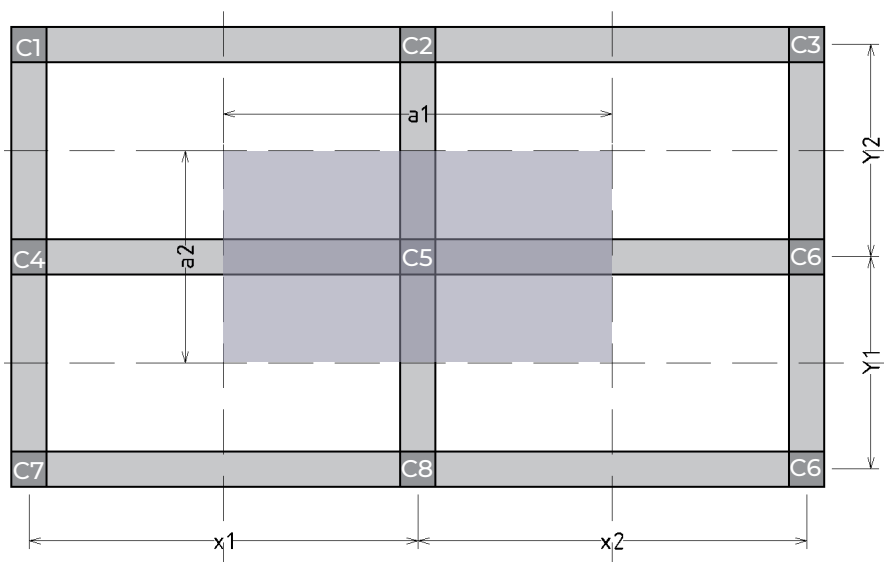
La carga aplicada en una columna, puede ser determinada a partir de la mitad de la distancia entre columnas vecinas.

Para entrepisos se asume una influencia de 1000kgf por cada m², el cual incluye el peso propio, peso de muros, revestimientos y cargas accidentales.

Para la “primera losa”, que se encuentra en contacto con el suelo se asume 500kgf.

Se realiza el cálculo de la columna más crítica de todo el nivel.

El siguiente diagrama muestra el cálculo de área de influencia de la columna C5:



$$A_i = a_1 \times a_2$$

donde:

$$a_1 = \frac{X_1 + X_2}{2}$$

$$a_2 = \frac{Y_1 + Y_2}{2}$$

Siendo:

A_i = Área de Influencia

Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles

Tomando en cuenta que las cargas se acumulan en las columnas desde arriba hacia abajo, se debe de calcular cada columna individualmente utilizando la siguiente tabla:

Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-------------|--|--|--|------------------|---|
| A | Pisos | Área de Influencia del suelo en m ² | Carga generada por la losa en kgf (Primer nivel x 500) | Carga acumulada en el top de la columna en kgf | Áreas: Carga/100 | Dimensiones Ax B en cm (Redondear a 0.5 superior inmediato) |
| B | Techo | A_i | $=B_2 \times 1000lb$ | | | |
| C | 5to | A_i | $=C_2 \times 1000lb$ | $=B_3$ | $=C_4/100$ | $=V_5$ |
| D | 4to | A_i | $=D_2 \times 1000lb$ | $=C_4 + C_3$ | $=D_4/100$ | $=V_5$ |
| E | 3ro | A_i | $=E_2 \times 1000lb$ | $=D_4 + D_3$ | $=E_4/100$ | $=V_5$ |
| F | 2do | A_i | $=F_2 \times 1000lb$ | $=E_4 + E_3$ | $=F_4/100$ | $=V_5$ |
| G | 1ro | A_i | $=G_2 \times 500lb$ | $=F_4 + F_3$ | $=G_4/100$ | $=V_5$ |
| H | Cimentación | | | $=G_4 + G_3$ | | |

2. MÉTODO SEGÚN ACI

Según el método ACI las columnas pueden ser:

COLUMNA CENTRADA

Las cuales son calculadas con la siguiente fórmula:

$$a = \frac{P(\text{servicio})}{0.45 \times f_c}$$

Ecuación 10.
Cálculo de columna centrada

COLUMNA ESQUINADA

También pueden ser columnas excéntricas y son calculadas con la siguiente fórmula:

$$a = \frac{P(\text{servicio})}{0.35 \times f_c}$$

Ecuación 11.
Cálculo de columna esquinada

Donde:

f'_c = Densidad del concreto (kg/m³)

a = Área de la columna

A = Área tributaria

N = Número de pisos

P $P(\text{servicio}) = P \times A \times N$

En el caso de la variable P, sus valores pueden ser:

1 En edificios de categoría A $P=1500 \text{ kg/m}^2$

2 En edificios de categoría B $P=1200 \text{ kg/m}^2$

3 En edificios de categoría C $P=1000 \text{ kg/m}^2$

Usualmente, la densidad del concreto es 2400 kg/m³ para la variable f_c .

Para obtener la y lb :

$$\sqrt{a} = la = lb$$

MUROS DE CONTENCIÓN

Constan de una estructura sólida y rígida que se utiliza para la contención de masas de tierra u otros materiales sueltos. Estos pueden ser de llantas, mampostería, gaviones, concreto reforzado, concreto lanzado, paneles pre-fabricados y de tierra armada.

Estos pueden ser:

1 Muro de gravedad

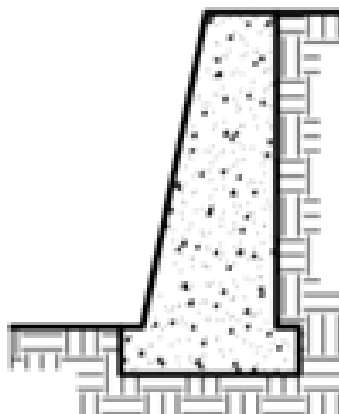
3 Muros de tierra armada

2 Muros estructurales

1. MURO DE GRAVEDAD

Funcionan por compresión de su propio peso y densidad, son de proceso constructivo fácil.

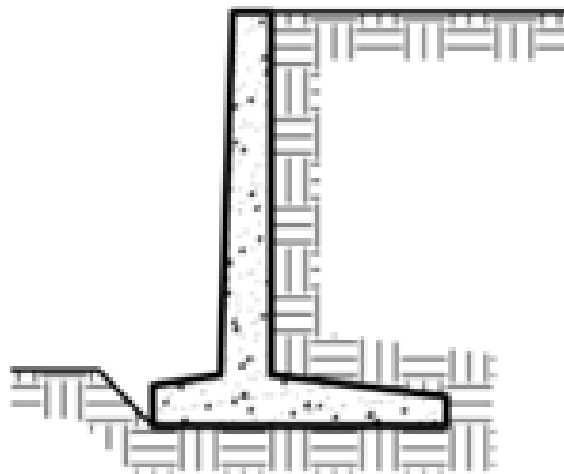
Entre los más comunes se encuentran los gaviones (cubos de cuadrículas de acero galvanizado que se rellena con piedra) y de mampostería (rocas ensambladas o acomodadas entre sí).



2. MURO ESTRUCTURAL

Son muros de concreto reforzado o lanzado. El primero consiste en la utilización de concreto reforzado con barras o mallas de acero.

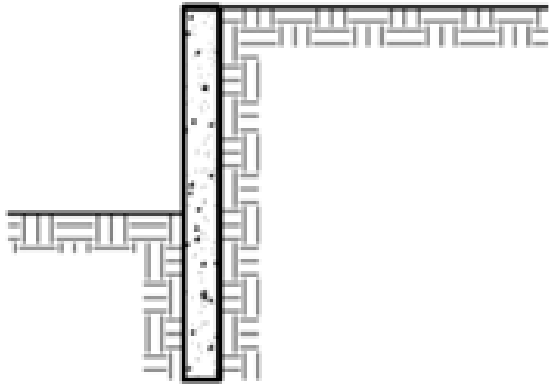
El concreto lanzado es un sistema donde el hormigón se proyecta a velocidad sobre una superficie mediante aire comprimido, este se utiliza para conformar diversos elementos constructivos en las edificaciones.



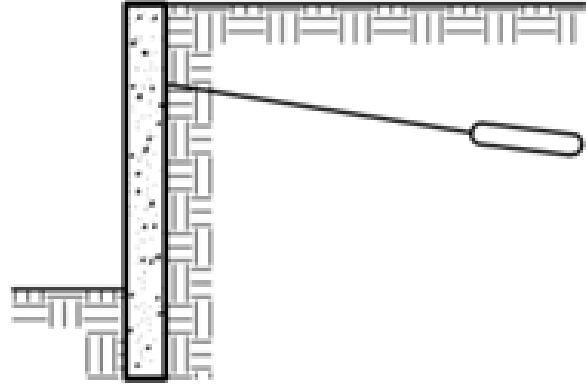
Muro de estructural L

3. MURO DE TIERRA ARMADA

Son los muros con paneles prefabricados comúnmente utilizados en las rampas de puentes vehiculares, estos se anclan a cables pretensados, logra su estabilidad mediante bloques de concreto y geo mallas que controlan la masa de tierra u otro material suelto.



Muro incado en el suelo



Muro anclado en el suelo

CIRCULACIÓN VERTICAL

Son los elementos estructurales que ayudan a la comunicación de varios espacios a distintas alturas y ayuda a los usuarios a desplazarse por las edificaciones, este se subdivide en:

1 Escaleras

2 Rampas

ESCALERA

Las escaleras se conforman por huella, contrahuella y descanso.

Estas se pueden categorizar según su material en:

A Escalera metálica

B Escalera de concreto

Y según su forma en:

1 Escalera en tramos

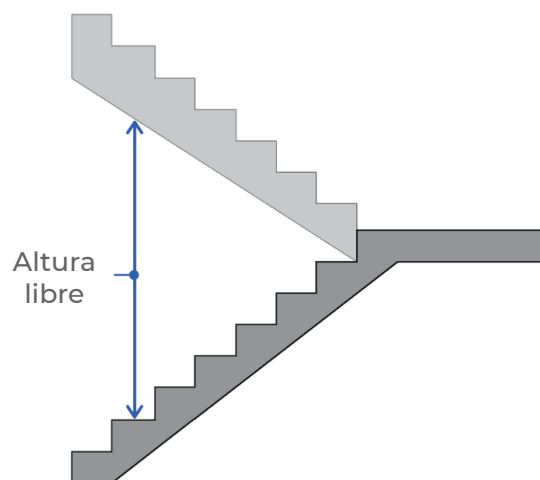
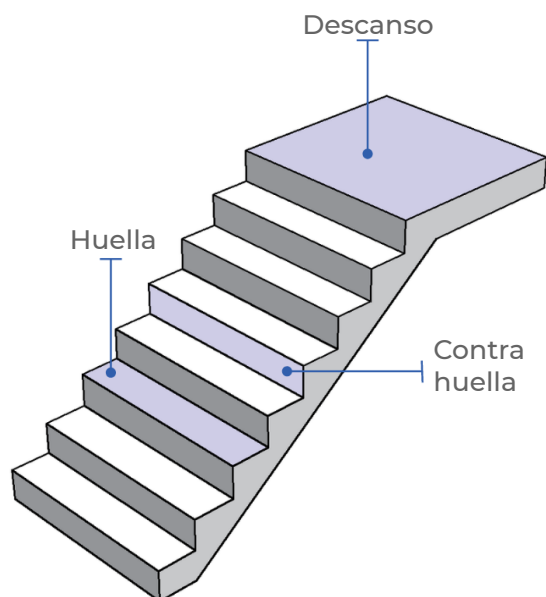
2 Escalera con descansos

3 Escalera cuadrada

4 Escalera caracol

5 Escalera metálica

6 Escalera imperial

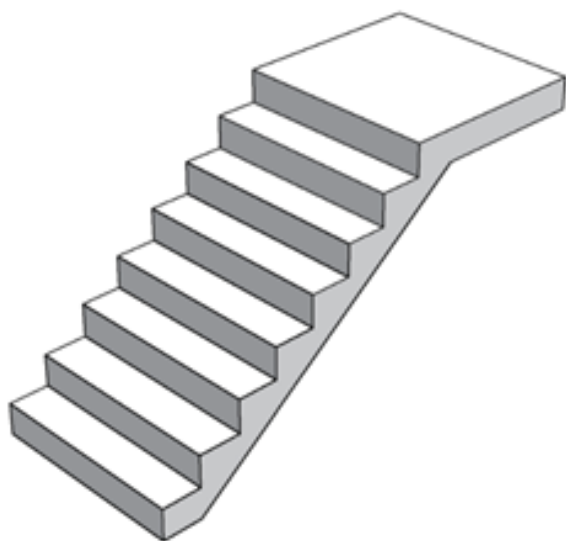


ESCALERAS SEGÚN SU FORMA

Las escaleras según su forma pueden ser:

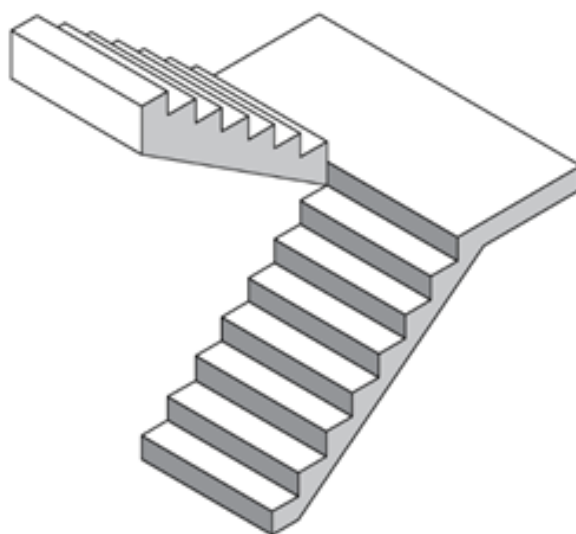
1. ESCALERA EN TRAMOS

Es el tipo de escalera que no tiene giros.



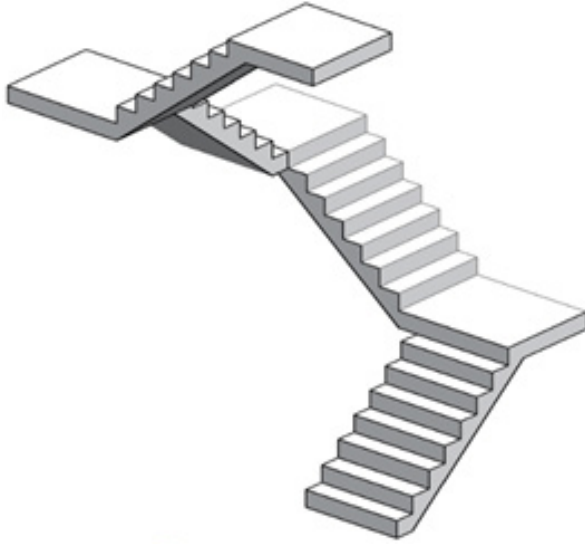
2. ESCALERA CON DESCANSOS

Aquella cuyos tramos están separados por tramos.



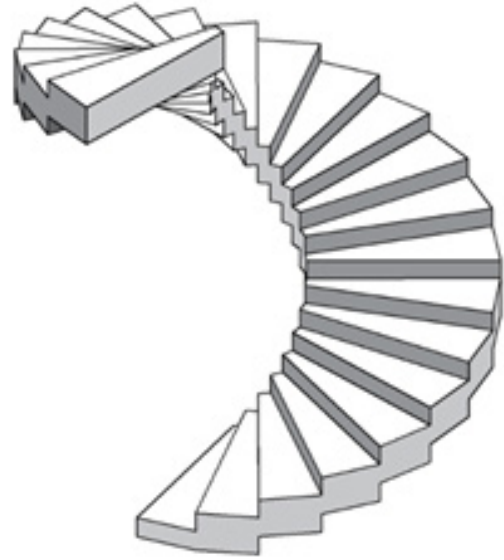
3. ESCALERA CUADRADA

La de tramos iguales por cuatro lados.



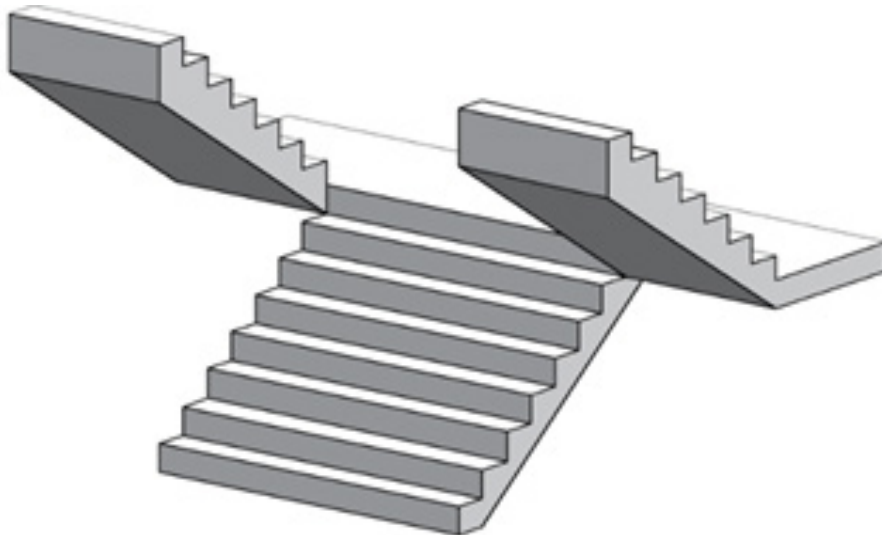
4. ESCALERA CARACOL

Es la que se construye con tramos de forma circular ascendente.



5. ESCALERA IMPERIAL

La que posee un tramo de ida y dos de vuelta más estrechos, paralelos al primero y laterales.



PRE-DIMENSIONAMIENTO ESCALERAS DE CONCRETO

Para el cálculo de las escaleras se tienen tres puntos fundamentales:

- 1 Altura a cubrir
- 2 Altura y cantidad de contrahuellas
- 3 Profundidad de huella

1. ALTURA A CUBRIR

La altura será la dimensión de piso terminado 1 a piso terminado 2.

2. CONTRAHUELLA

La altura de contrahuella puede variar entre 16 y 19 cm. Inicialmente, se asume la altura de la contrahuella, y esta se divide entre la altura a cubrir.

$$u = \frac{A}{c}$$

Donde:

- u = Unidades de contrahuella
- A = Altura a cubrir
- c = Altura de contrahuella asumida

El resultado se redondea a un número entero y este se divide entre la altura a cubrir para encontrar la altura de la contra huella final.

$$ch = \frac{A}{u}$$

Donde:

- ch = Altura de contrahuella
- A = Altura a cubrir
- u = Unidades de contrahuella

3. PROFUNDIDAD DE HUELLA

Para este se desarrolla la siguiente fórmula, en donde p (paso promedio de una persona), equivale a 64 cm.

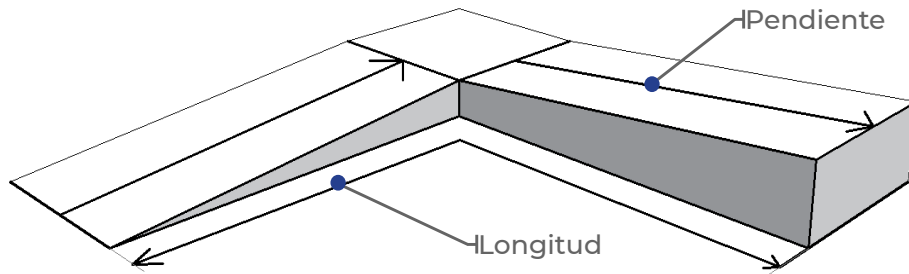
$$2ch + H = p$$

Donde:

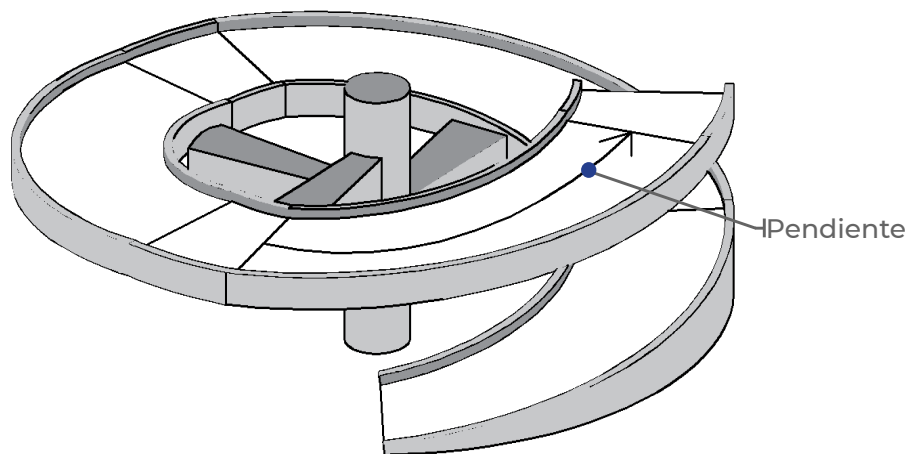
- ch = Unidades de contrahuella
- H = Profundidad de huella
- p = Paso promedio de una persona

RAMPA

Es un plano inclinado con la función de comunicar dos planos de distinto nivel, estas se dividen en rampas planas o helicoidales, y pueden fabricarse metálicas o de concreto.



1 Rampa de plano inclinado



2 Rampa helicoidal

Para conocer la longitud que tendrá la pendiente se implementa la siguiente fórmula:

$$L * \% = h$$

Donde:

% = Pendiente de rampa

h = Altura a cubrir

L = Longitud de rampa

NOTA

El porcentaje de pendiente para una rampa peatonal varía entre el 6% al 12%, siendo lo más adecuado, una pendiente de bajo porcentaje.

Para rampas vehiculares, las pendientes varían entre el 10% al 16%.

CIMENTACIÓN

La cimentación es el conjunto de elementos que soportan la estructura cuyo objetivo es transmitir sus cargas al suelo, distribuyéndolas de forma que no sea superada la presión admisible del mismo.

La cimentación debe de ser proporcionalmente más grande que los elementos soportados (columnas o

muros), teniendo como excepción los suelos rocosos.

Por tanto, su diseño dependerá no solo de las características del edificio, sino también de la naturaleza del terreno.

TIPOS DE SUELOS

Antes de la descripción de los tipos de cimentación, se debe de reconocer la clasificación del suelo y su capacidad portante que es la máxima presión media de contracto entre la cimentación y el terreno.

La clasificación es la siguiente:

1 Arcilloso

Es un terreno pesado, que no filtra el agua con facilidad y es plástico en estado húmedo.



2 Limoso

Es un suelo pegajoso que filtra el agua con rapidez y contiene materia orgánica que se descompone rápido.

Este suelo carece de elasticidad y tiene poca o ninguna resistencia en seco.



3 Arenoso

Suelo ligero que filtra el agua rápidamente. Es áspero y no mancha la mano.

Contiene baja materia orgánica y se compone de partículas minerales que van desde 1/4 de pulgada a 0.002 pulgadas.



4 Rocoso

Formado por grandes granos minerales con diámetros mayores a 1/4 de pulgada.

Las piezas con diámetro mayor a 10 pulgadas se les denomina piedras.



TIPOS DE CIMENTACIÓN

Los tipos de cimentación responden al tipo de estructura utilizada y a la capacidad del suelo, siendo estos los siguientes:

- 1 Cimentación ciclópea
- 2 Cimentación aislada
- 3 Cimentación corrida
- 4 Cimentación por pilotes
- 5 Losa de cimentación

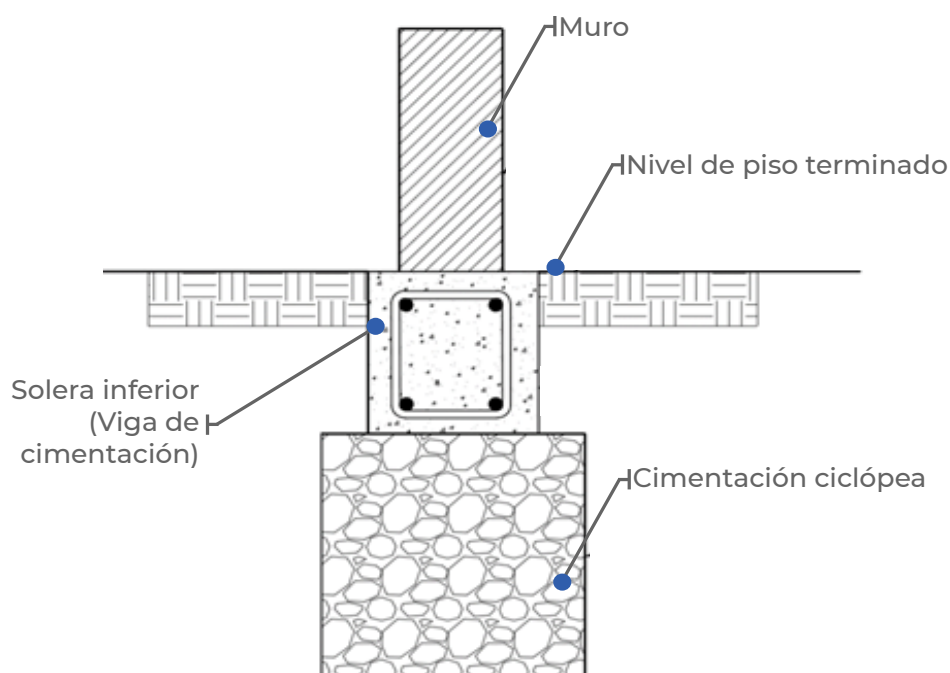
NOTA

Es sumamente importante realizar un estudio geotécnico previo al diseño de la cimentación en cualquier proyecto para conocer la forma y dimensionamiento adecuados según el tipo de suelo del predio.

1. CIMENTACIÓN CICLÓPEA

Es una cimentación rudimentaria que se basa en una mezcla de piedras de distintos tamaños adheridas con una mezcla de hormigón.

Es apta para suelos rocosos y arenosos.



La cimentación ciclópea se utiliza para edificaciones que no contengan grandes cargas, en construcciones de hasta 2 niveles; se colocan debajo de cada muro de manera corrida.

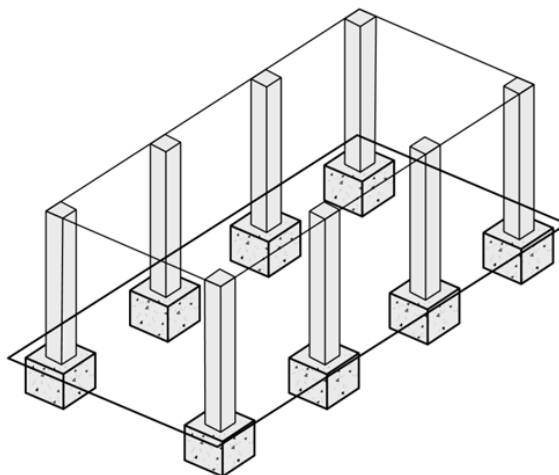
2. CIMENTACIÓN AISLADA

Es el tipo de cimentación superficial que funciona como base de elementos estructurales puntuales como las columnas, por ende, cada columna tendrá su zapata aislada.

Es apto para suelos rocosos con buena capacidad portante.

Se utiliza para todo tipo de construcciones de más de 2 niveles de altura con un sistema estructural adintelado.

Se coloca debajo de cada pilar de manera aislada.



PRE-DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS

Para zapatas aisladas, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{P(\text{servicio})}{K \times q_a} = A(\text{cimiento})$$

Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación

Al sustituir los coeficientes P (servicio), q_a y K , la fórmula es:

$$0.9 \times \frac{204750 \text{ kg}}{19000 \text{ kg/m}^2} = A(\text{cimiento})$$

Siendo entonces:

$$A(\text{cimiento}) = 11.973 \text{ m}^2$$

Donde:

A = Área del cimiento (asumida)

P = Carga axial de servicio (columna)

q_a = Carga admisible del suelo

K = Factor corrección según tipo de suelo

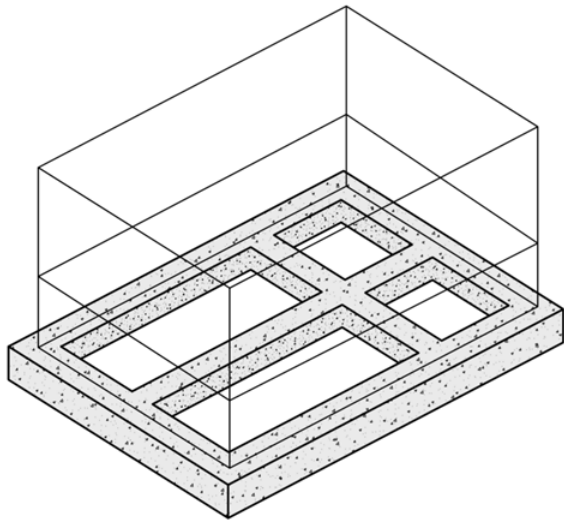
El coeficiente q_a que es la carga admisible del suelo siendo para San Pedro Sula será entre 14000 kg/m^2 a 49000 kg/m^2 .

Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo

| K | Tipo de suelo |
|-----|---------------|
| 0.9 | Rígido |
| 0.8 | Intermedio |
| 0.7 | Arenoso |

3. CIMENTACIÓN CORRIDA

Estructuralmente funciona como una viga flotante que recibe las cargas lineales y puntuales de una estructura.



Es apto para suelos rocosos y arenosos.

Se implementa para muros portantes, o hileras de pilares, usualmente en edificaciones de no más de 2 niveles de altura.

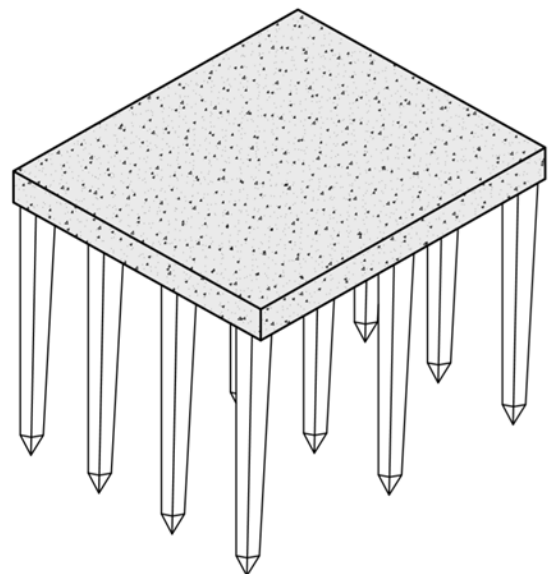
Se coloca debajo de todos los muros y pilares uniéndose entre sí.

4. CIMENTACIÓN POR PILOTES

Se basa en una cimentación con una serie de pilares que buscan llegar a la profundidad del estrato resistente y transmitir las cargas como un conjunto de columnas.

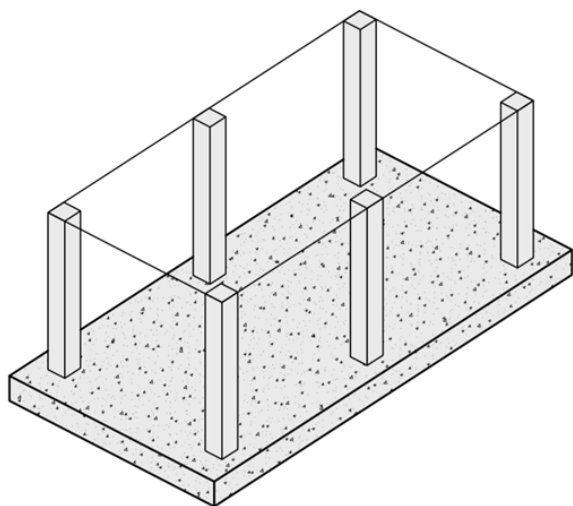
Es apto y comúnmente utilizados para suelos arenosos y arcillosos.

Se implementa para cualquier tipo de estructura, con la condición de tener grandes cargas (edificaciones muy altas) y/o en suelos que no tengan buena capacidad soportante.



5. LOSA DE CIMENTACIÓN

También llamada cimentación en balsa, es la que se visualiza como un cubo de la misma área de la estructura que soporta y transfiere las cargas al suelo de manera uniforme.



Generalmente se mezcla con la cimentación con pilotes en caso de ser necesario.

Es apto y comúnmente utilizados en suelos arenosos y arcillosos.

Se utiliza para cualquier tipo de estructura, con la condición de contar con grandes cargas (edificaciones muy altas) y/o en suelos que no tengan buena capacidad soportante.

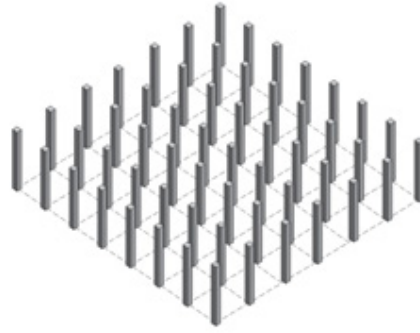
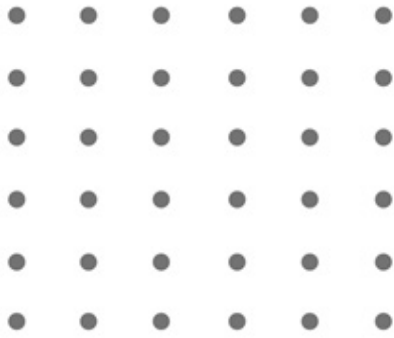
RETÍCULA ESTRUCTURAL

En Arquitectura, la retícula estructural se define por medio del esqueleto del sistema estructural a base de columnas y vigas.

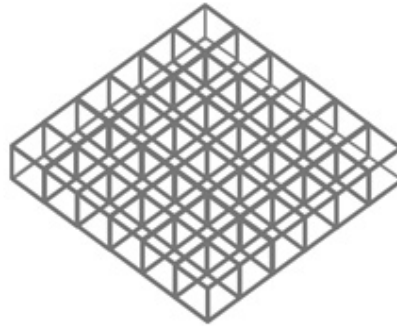
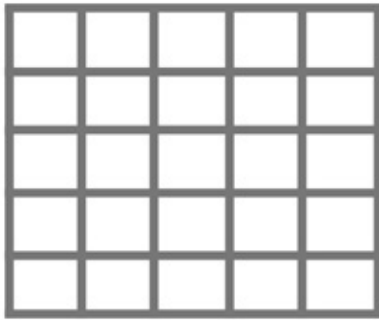
La retícula estructural se genera estableciendo un esquema regular de puntos que definen las intersecciones de dos conjuntos de líneas paralelas, que, al ser proyectadas en la tercera dimensión, genera una serie de unidades espacio-modulares y repetidas.

La disposición de los principales apoyos verticales, no solamente regula la selección de un sistema para cubrir claros, también establece la posibilidad para el ordenamiento de los espacios y sus funciones.

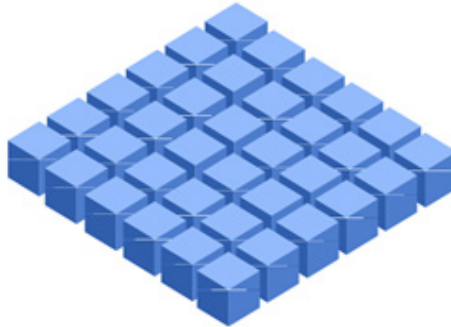
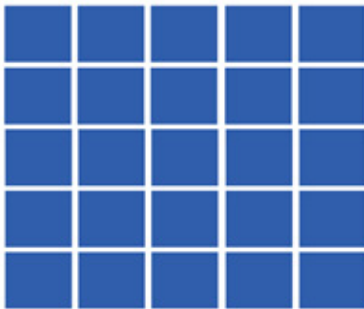
Los principales puntos y líneas de apoyo de un sistema estructural definen típicamente una retícula.



1 Esquema de puntos



2 Intersección de líneas



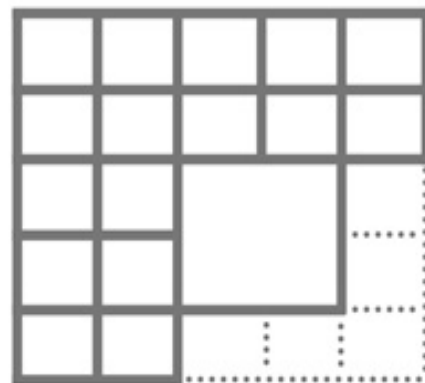
3 Unidades modulares

El orden geométrico de una retícula puede utilizarse como base en la organización funcional y espacial del diseño de un edificio, pero esto no debe limitarlo.

La retícula puede:

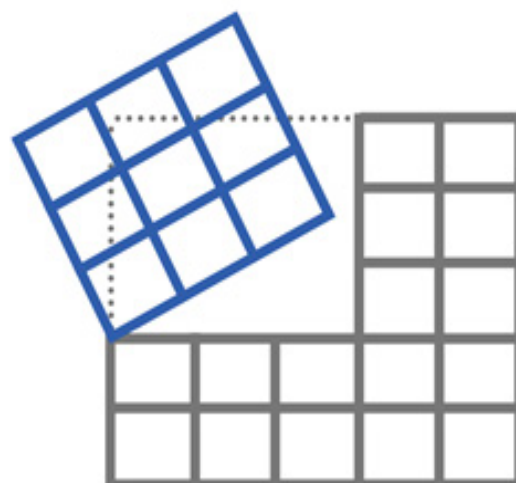
1. MODIFICARSE

Mediante la adición o la sustracción para acomodar necesidades espaciales, como grandes espacios o con condiciones poco comunes.



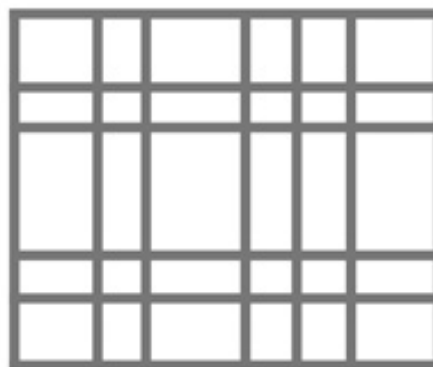
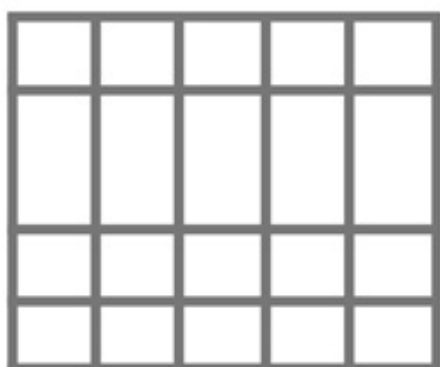
2. DISLOCARSE

Una parte de la retícula puede dislocarse y girarse alrededor de un punto en el patrón básico.



3. SER IRREGULAR

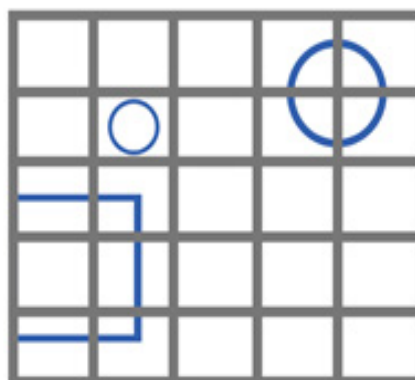
En una o dos direcciones para acomodar los requerimientos de los espacios del programa.



4. SER FLEXIBLE

Ser flexible en su respuesta a los requerimientos programáticos de sus espacios.

Los muros sin carga pueden colocarse de modo que la edificación se adecue a los requerimientos del programa.



5. DESPLAZARSE

Dos retículas paralelas pueden desplazarse una de otra para desarrollar espacios intercurrentes formando una serie de espacios más grandes.

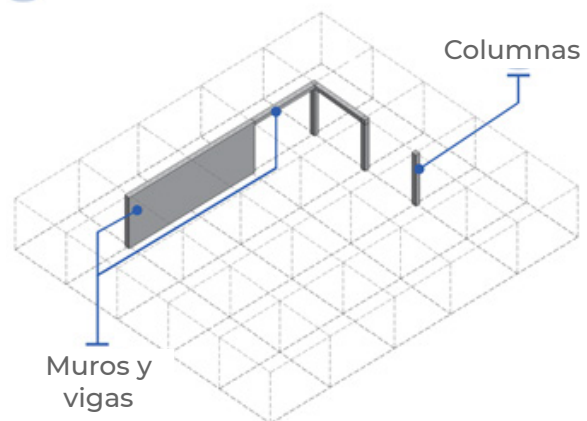
6. APOYARSE

Cuando dos patrones estructurales no se pueden alinear convenientemente, puede usarse un tercer elemento.

7. REPRESENTAR

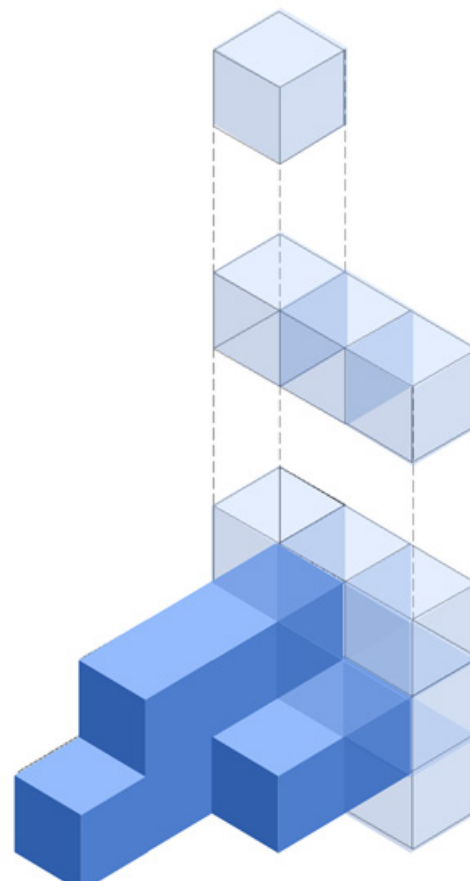
Las líneas de la retícula representan vigas horizontales y muros de carga.

Las intersecciones de las líneas de la retícula representan las ubicaciones de columnas o de cargas gravitacionales concentradas



8. SER REPETIDA

Una unidad estructural básica puede prolongarse lógicamente en sentido vertical a lo largo de los ejes de las columnas y en sentido horizontal a lo largo de las vigas y de los muros de carga.



CATEGORIZACIÓN DE EDIFICACIONES

Uno de los elementos a considerar en el pre-dimensionamiento de los elementos estructurales, son las cargas estructurales, que dependerán del uso o la tipología de la edificación.

En Honduras se encuentra un documento que estipula dichas cargas, llamado Código Hondureño de la Construcción (CHOC), siendo el más reciente, el CHOC-08.

Unificando las cargas vivas y muertas recomendadas en dicho documento, se encuentran las siguientes cargas distribuidas según el tipo de uso de la edificación:

Tabla 10. Cargas uniformes o distribuidas unificadas basado en el CHOC-08

| Grupo | Ocupación o uso | Carga distribuída Kg/m ² |
|--|---|-------------------------------------|
| 1 | Área de reuniones públicas y auditorios con asientos fijos | 300 |
| | Cuarto de lecturas en bibliotecas | |
| | Cormisas y marquesinas | |
| | Aulas de clases o talleres | |
| | Estacionamiento de automóviles privados | |
| | Fábrica de equipo liviano | |
| | Cuartos divisorios de hospitales | |
| | Oficinas | |
| Áreas residenciales, balcones y terrazas | | |
| 2 | Áreas de reuniones públicas y auditorios con asientos móviles | 600 |
| | Escenarios y plataformas | |
| | Cuarto de libros en bibliotecas | |
| | Almacenes y bodegas livianos | |
| | Estacionamientos o talleres en general | |
| | Fábricas de maquinaria pesada | |
| | Imprentas | |
| | Puentes y pasarelas | |
| Salidas en lugares públicos | | |
| Tiendas | 1200 | |
| 3 | | Aceras y calles de entrada |
| Armerías | | |
| | Bodegas y almacenes de equipo pesado | |

De acuerdo a la unificación de cargas desglosada en la tabla 10, los capítulos 2 al 6, se categorizan de la siguiente manera:

- | | |
|--|--|
| A Edificaciones de 1 nivel | D Edificaciones claros mayores a 9m |
| B Edificaciones de 2-4 niveles | E Mega-estructuras |
| C Edificaciones con 5 o más niveles | |

A. EDIFICACIONES DE 1 NIVEL

La categoría de edificaciones de 1 nivel aplica a las siguientes tipologías:

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 Viviendas | 5 Bibliotecas |
| 2 Plazas comerciales | 6 Edificios corporativos |
| 3 Mercados | 7 Centros penitenciarios |
| 4 Centros educativos | 8 Clínicas |

B. EDIFICACIONES DE 2-4 NIVELES

La categoría de edificaciones de 2 a 4 niveles aplica a las siguientes tipologías:

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 1 Edificios residenciales | 5 Hospitales y policlínicos |
| 2 Centros comerciales | 6 Centros penitenciarios |
| 3 Centros educativos | 7 Complejos turísticos |
| 4 Edificios corporativos | |

C. EDIFICACIONES CON MÁS DE 5 NIVELES

La categoría de edificaciones de más de 5 niveles aplica a las siguientes tipologías:

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 1 Edificios residenciales | 5 Hospitales y policlínicos |
| 2 Centros comerciales | 6 Centros penitenciarios |
| 3 Centros educativos | 7 Complejos turísticos |
| 4 Edificios corporativos | |

D. EDIFICACIONES CLAROS MAYORES A 9M

La categoría de edificaciones de claros mayores a 9 metros aplica a las siguientes tipologías:

- | | | | |
|---|-------------------------|---|------------|
| 1 | Cines | 4 | Auditorios |
| 2 | Centros comerciales | 5 | Gimnasios |
| 3 | Centros de convenciones | 6 | Teatros |

E. MEGA-ESTRUCTURAS

La categoría de edificaciones de mega-estructuras aplica a las siguientes tipologías:

- | | | | |
|---|----------------|---|----------|
| 1 | Polideportivos | 3 | Acuarios |
| 2 | Estadios | | |

CAPÍTULO 2

CATEGORÍA A

EDIFICACIONES DE 1 NIVEL

| | |
|---------------------------------------|-------|
| Categoría A. Edificaciones de 1 nivel | P. 73 |
| A1. Vivienda | P. 74 |
| A2. Centro Educativo | P. 76 |
| A3. Plaza Comercial | P. 80 |
| A4. Vivienda de madera | P. 83 |

02

CATEGORÍA A EDIFICACIONES DE 1 NIVEL

Este capítulo consta de propuestas de pre-dimensionamiento para elementos estructurales básicos como estructura de techo, vigas, columnas, castillos, jambas y cimentación en una edificación.

Las dimensiones y especificaciones que se proponen son exclusivas de cada escenario presentado,

respondiendo a las condiciones que se describen en los datos del proyecto, siendo únicamente magnitudes orientativas en cuanto a dimensiones del elemento que puedan servir para afinar un proceso de diseño que, finalmente, habrá de ser ratificado por un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

Los escenarios que encontrarás son:

- 1 Vivienda
- 2 Centro Educativo
- 3 Plaza comercial
- 4 Oficinas

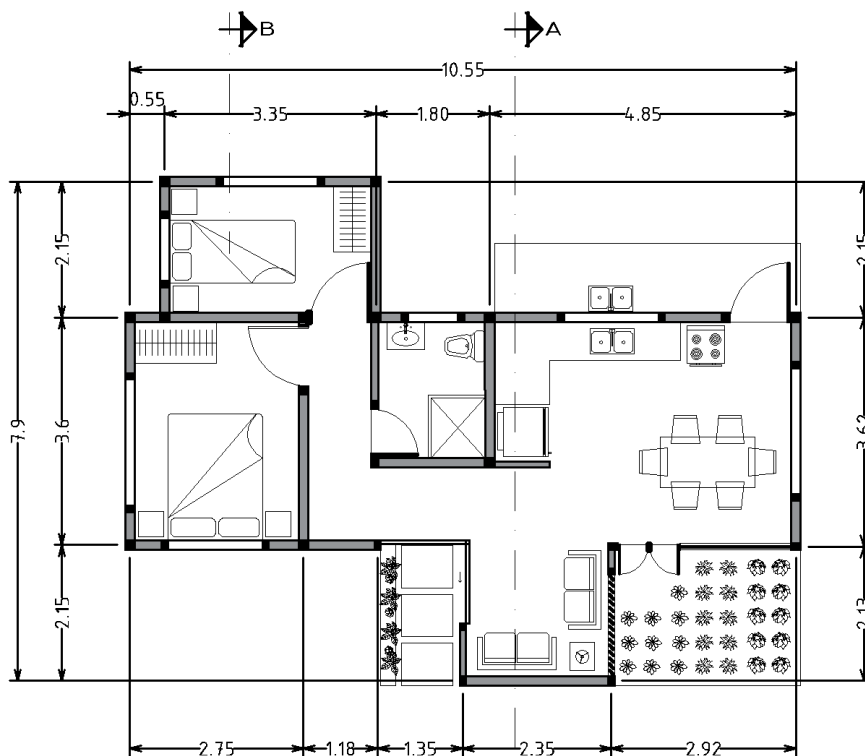
A1. VIVIENDA

DATOS DEL PROYECTO

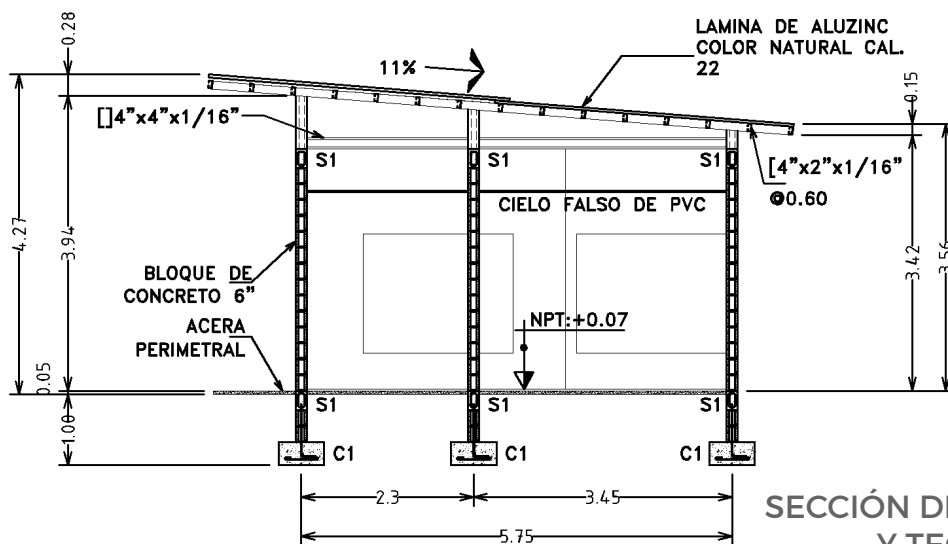
| | | |
|---|----------------------|-----------------|
| 1 | Tipo de suelo | Arcilloso |
| 2 | Niveles | 1 |
| 3 | Altura de nivel | 4.37 metros |
| 4 | Material estructural | Concreto armado |
| 5 | Metros cuadrados | 61.00 |

Procedimiento
de cálculo de
pre-dimensión:

Pág. 260



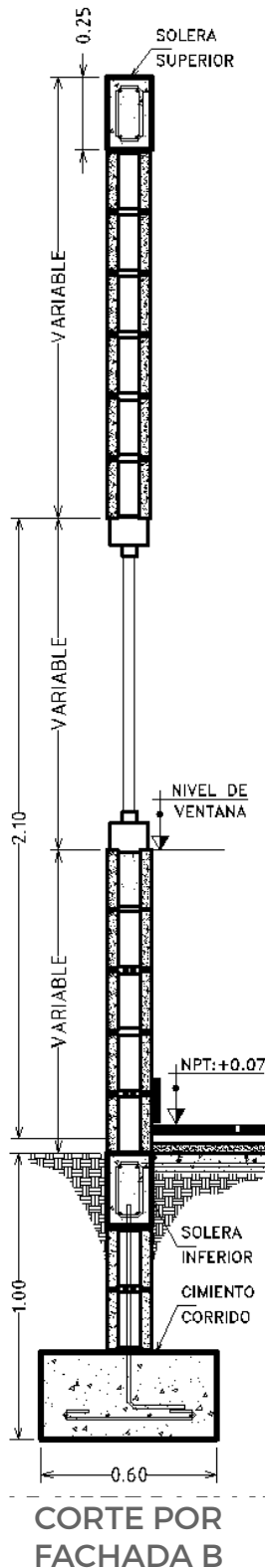
PLANTA ARQUITECTÓNICA



SECCIÓN DE PARED
Y TECHO A-A

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

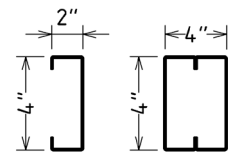


NOTA

Las dimensiones de los elementos y el distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

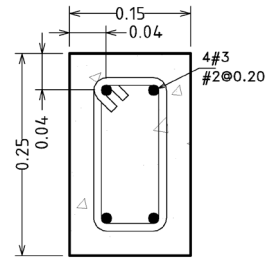
1. ESTRUCTURA DE TECHO

Canaletas metálicas con pendiente mínima del techo del 11%, colocadas a cada 0.60m.



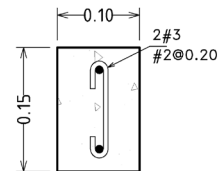
2. SOLERA SUPERIOR S1

De las mismas dimensiones que la solera inferior: 0.25m de alto por el espesor del bloque.

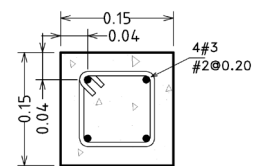


3. CASTILLOS C1 Y JAMBAS

Los castillos cuentan con dimensiones de 0.15 x 0.15 m, y las jambas con ancho de 0.10 x el espesor de pared.

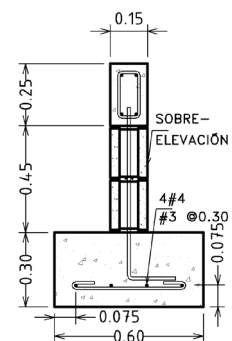


Al ser un proyecto de un nivel con una cubierta ligera no se requieren columnas.



4. CIMENTACIÓN

Consta de un cimiento corrido con un ancho de 0.60m y longitud del muro y altura de 0.30 m, una sobreelavación con bloques de hormigón de 6" y una solera inferior con medidas 0.15 x 0.25 m.



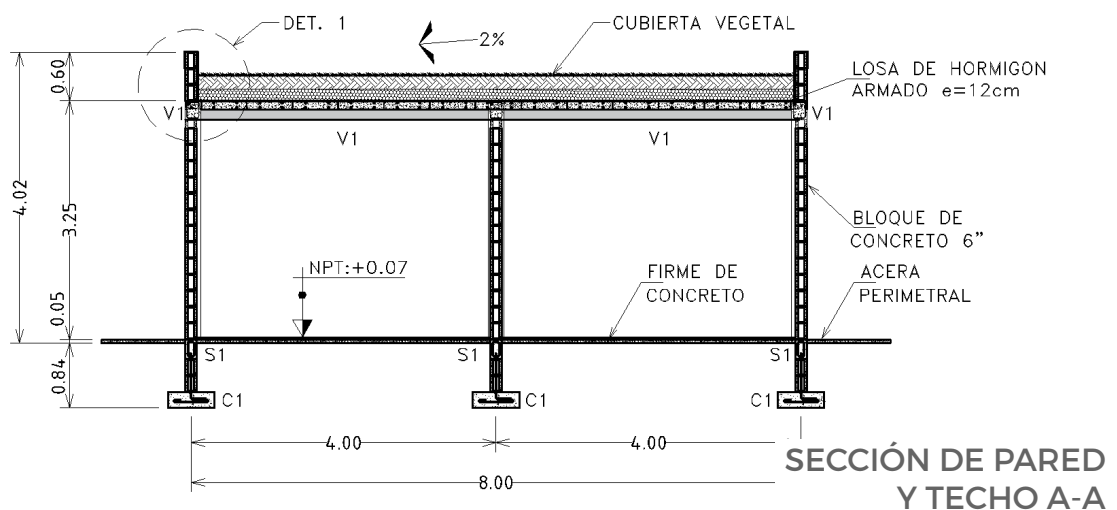
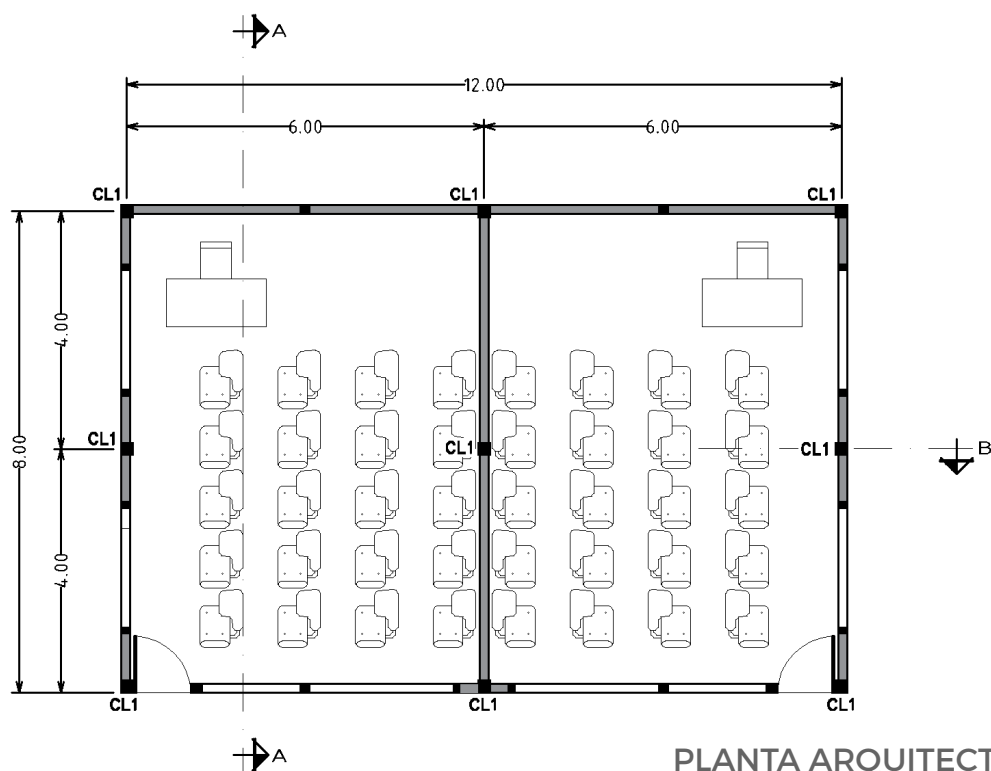
A2. CENTRO EDUCATIVO

DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|----------------------|-------------------|
| 1 | Tipo de suelo | Rocoso |
| 2 | Niveles | 1 |
| 3 | Intercolumnio máximo | 6.00 metros |
| 4 | Material estructural | Concreto armado |
| 5 | Sistema de techo | Losa de entrepiso |
| 6 | Otros | Techo verde |

Procedimiento de cálculo de pre-dimensión:

Pág. 261



PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

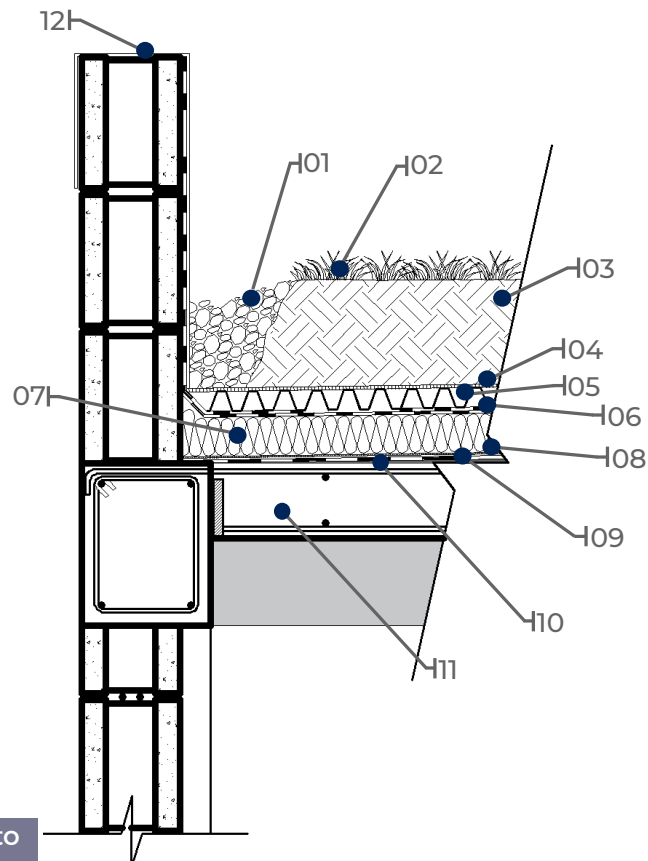
Tomando en cuenta la carga viva de cubierta verde, la cual es 732 kg/m^2 (150 lb/ft^2), así como los datos indicados de proyecto, se proponen los siguientes elementos estructurales:

NOTA

La carga de la losa no afecta el espesor calculado, sino la cantidad de acero que esta llevará.

1. CUBIERTA VEGETAL

| | | | |
|---|----------------------------------|----|--------------------------------|
| 1 | Grava para drenaje | 7 | Aislación térmica 10cm |
| 2 | Vegetación | 8 | Geotextil impermeable 5mm |
| 3 | Sustrato de crecimiento 0.20m | 9 | Membrana impermeabilizante |
| 4 | Lámina geotextil filtrante 0.01m | 10 | Hormigón liviano pendiente 2% |
| 5 | Bandeja de drenaje de agua 25mm | 11 | Losa de hormigón armado e=12mm |
| 6 | Geotextil impermeable 5mm | 12 | Forro de aluzinc 3mm |

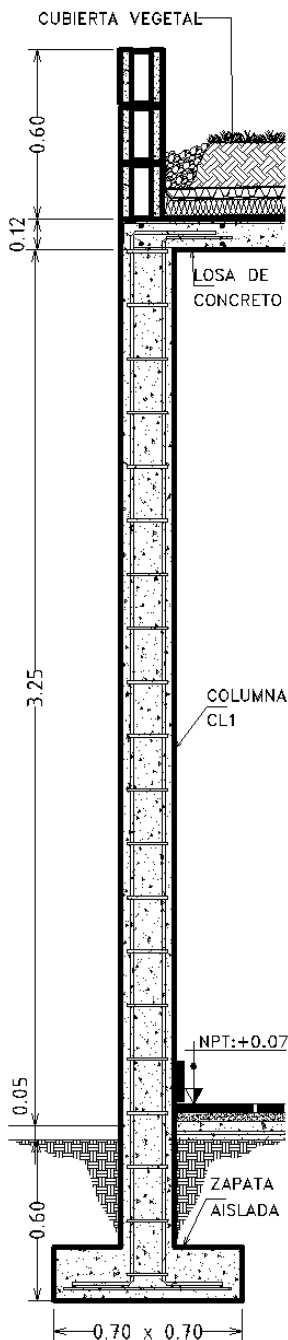


Ecuación 3. Pre-dimensionamiento de losa según perímetro. Pág. 41

DETALLE 1

NOTA

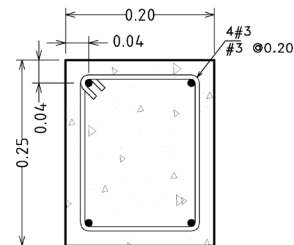
Las dimensiones de los elementos y el distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.



CORTE POR FACHADA B

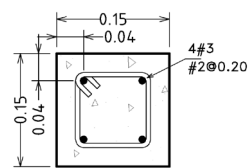
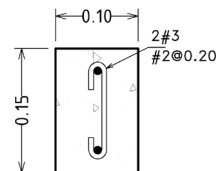
2. VIGA VI

Viga simplemente apoyada de concreto armado con dimensiones de 0.15m en su ancho y 0.25m de peralte.



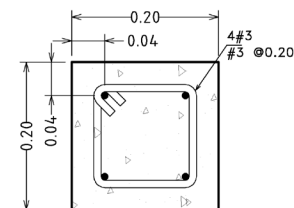
3. CASTILLOS Y JAMBAS

Los castillos cuentan con dimensiones de 0.15 x 0.15 m, y las jambas con ancho de 0.10 x el espesor de pared.



4. COLUMNA CL1

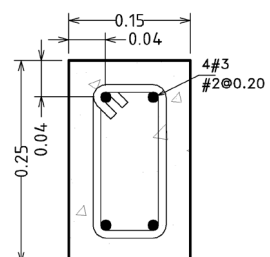
Columna de concreto armado con dimensión transversal de 0.20x0.20m.



Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.
Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52

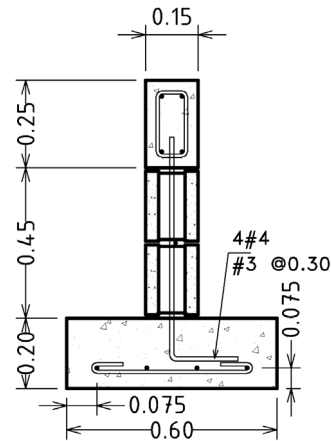
5. SOLERA INFERIOR

Con dimensiones de 0.25m de alto por el espesor del bloque.



6. CIMENTACIÓN

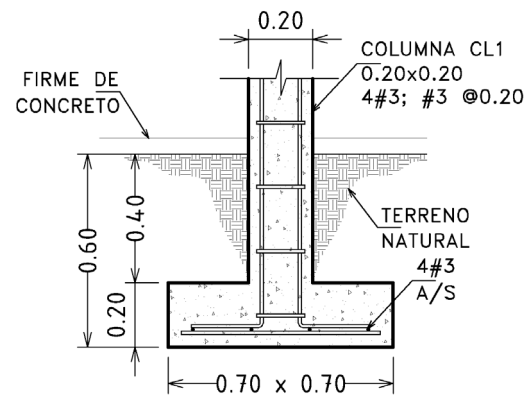
Consta de un cimiento corrido con un ancho de 0.60m y longitud del muro y altura de 0.20 m, una sobreelavación con bloques de hormigón de 6" y una solera inferior con medidas 0.15x0.25 m.



CIMIENTO
CORRIDO

Así mismo se implementan zapatas aisladas con dimensiones de 0.70x0.70m en su sección transversal y un espesor de 0.20m.

La columna CL1 se encuentra anclada a esta zapata.



ZAPATA
AISLADA C1

Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.

Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62

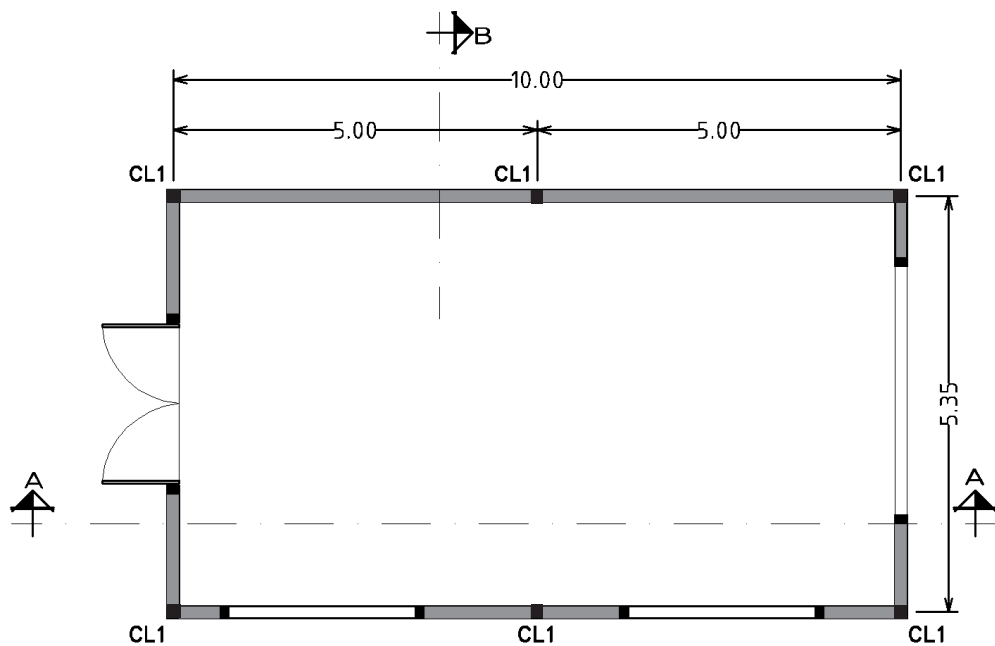
A3. PLAZA COMERCIAL

DATOS DEL PROYECTO

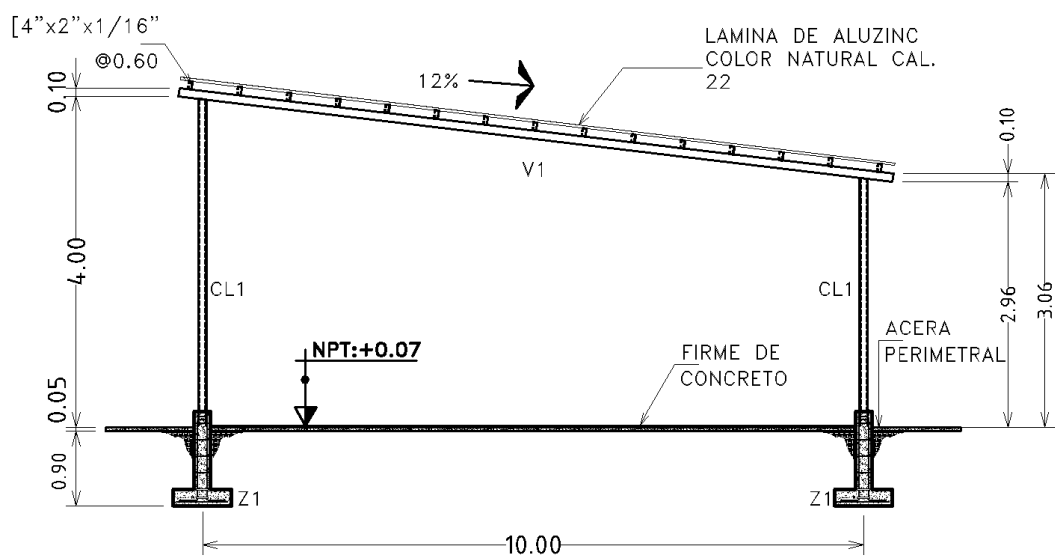
| | | |
|---|----------------------|-------------|
| 1 | Tipo de suelo | Arenoso |
| 2 | Niveles | 1 |
| 3 | Intercolumnio máximo | 5.35 metros |
| 4 | Material estructural | Acero |
| 5 | Sistema de techo | Canaleta |

Procedimiento de cálculo de pre-dimensión:

Pág. 277



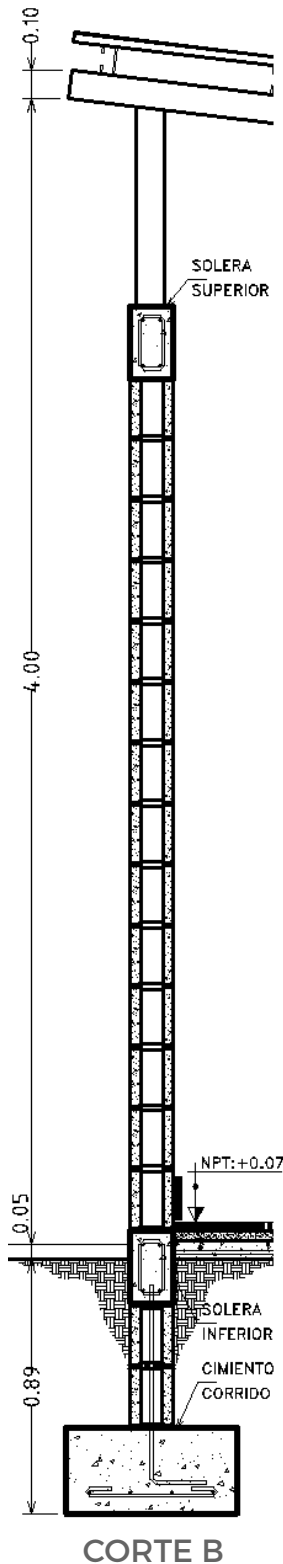
PLANTA ARQUITECTÓNICA



SECCIÓN DE PARED Y TECHO A-A

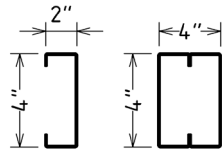
PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:



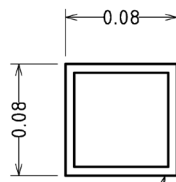
NOTA

Las dimensiones de los elementos y el distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.



1. ESTRUCTURA DE TECHO

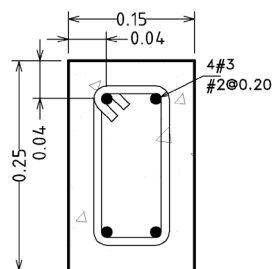
Canaletas metálicas con pendiente mínima del techo del 12%, colocadas a cada 0.60m.



2. VIGA V1

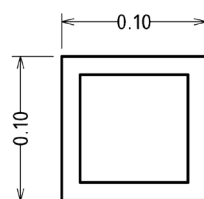
Viga principal fabricada de Tubo Estructural de dimensiones: 3-1/2 x 3-1/2 x 1/4"

VIGA PRINCIPAL
T.E. 3-1/2"x3-1/2"x1/4"



3. SOLERA SUPERIOR

De las mismas dimensiones que la solera inferior: 0.25m de alto por el espesor del bloque.



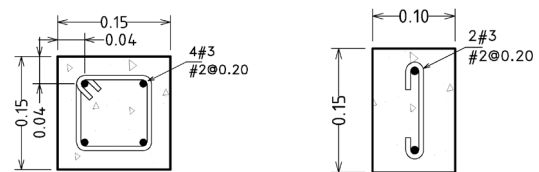
4. COLUMNA CL1

Columna fabricada de Tubo Estructural de dimensiones: 4 x 4 x 1/2"

COLUMNA CL1
T.E. 4"x4"x1/2"

5. CASTILLOS Y JAMBAS

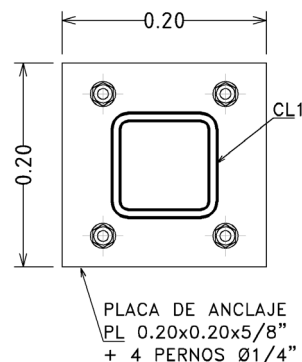
Los castillos cuentan con dimensiones de 0.15 x 0.15 m, y las jambas con ancho de 0.10 x el espesor de pared.



6. PLACA DE ANCLAJE

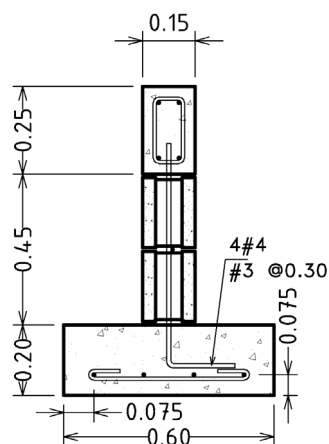
Placa donde se solda la columna CL1, uniendola al pedestal de concreto armado que forma parte de la zapata Z1.

La placa de anclaje se une al pedestal por medio de pernos de acero.



7. CIMIENTO CORRIDO

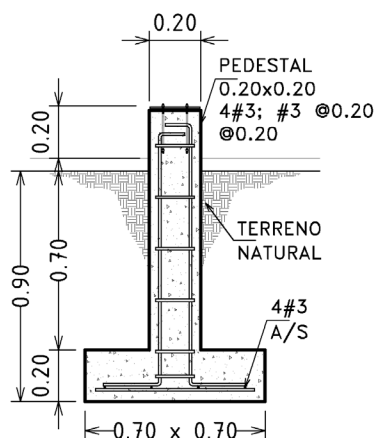
Consta de un cimiento corrido con un ancho de 0.60m y longitud del muro y altura de 0.20 m, una sobreelavación con bloques de hormigón de 6" y una solera inferior con medidas 0.15 x 0.25 m.



8. ZAPATA Z1

Zapata de concreto armado con dimensiones de 0.70x0.70m y un espesor de 0.20m.

Así mismo, un pedestal de dimensiones 0.20x0.20m y una profundidad de 1.4m, sobre saliendo 20cm del nivel de piso.



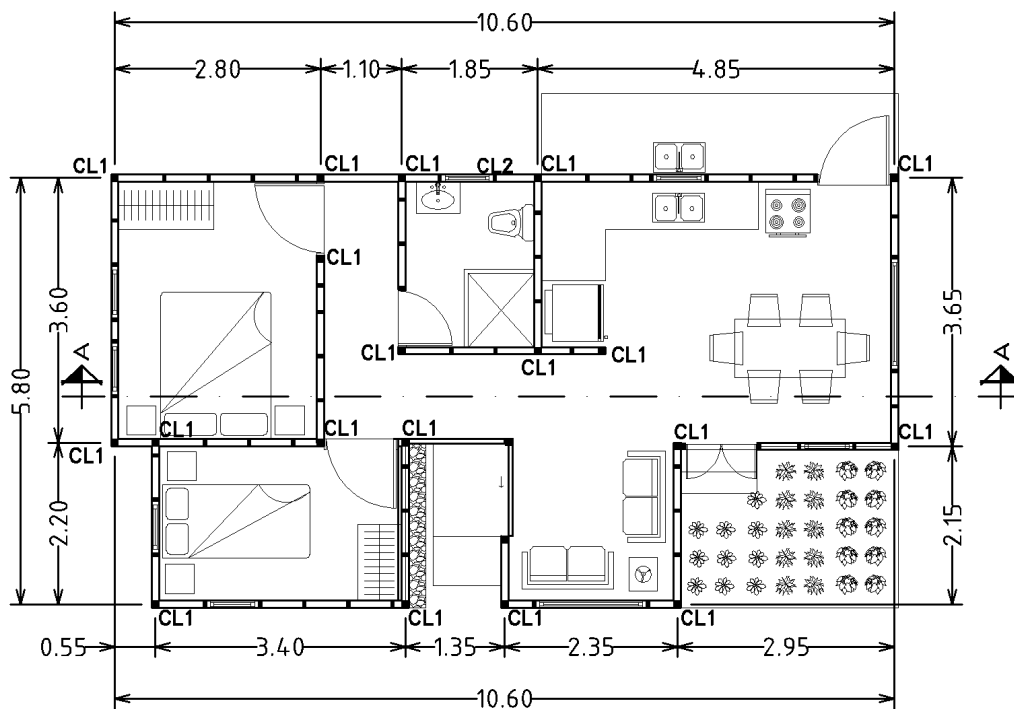
Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.

Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62

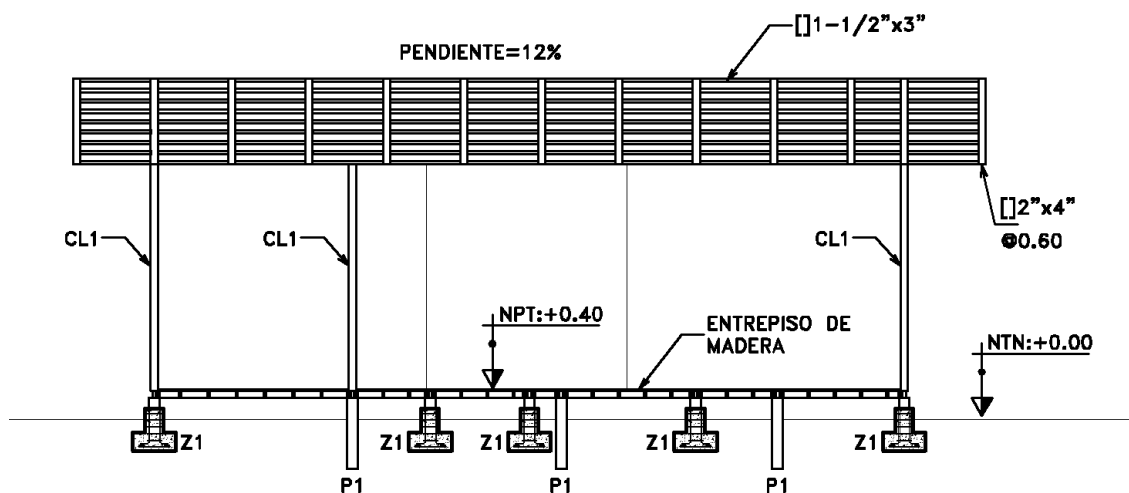
A4. VIVIENDA DE MADERA

DATOS DEL PROYECTO

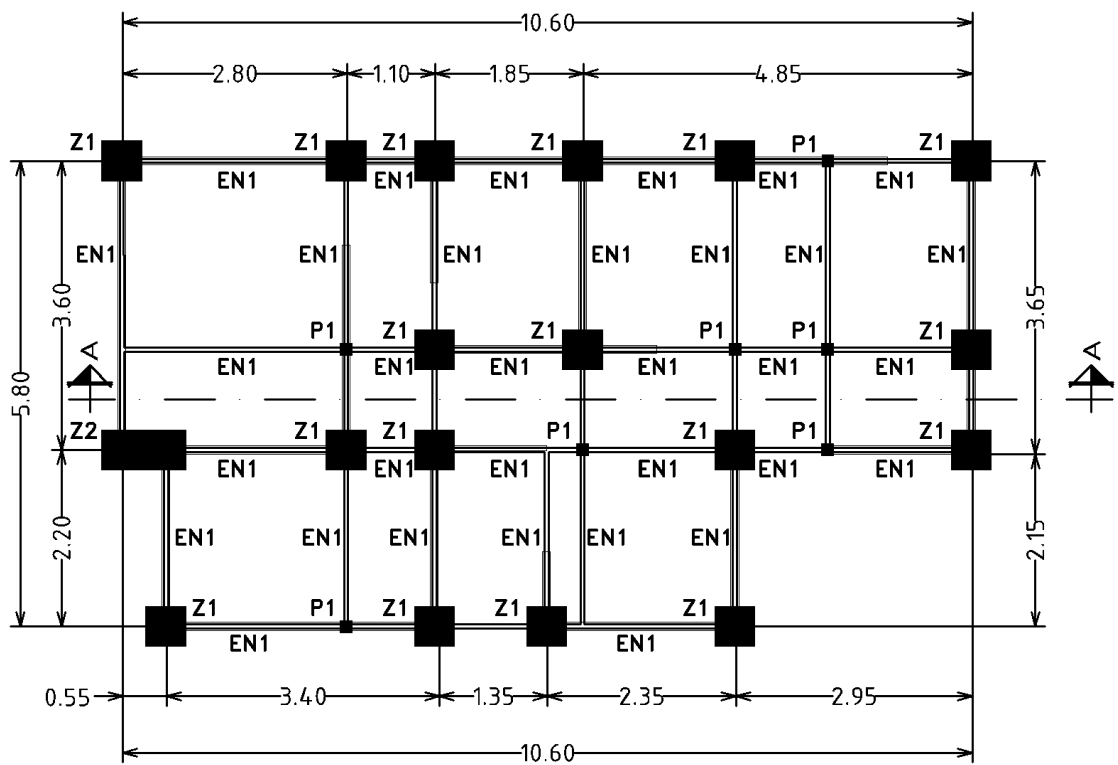
| | | |
|---|----------------------|----------------|
| 1 | Tipo de suelo | Limoso |
| 2 | Niveles | 1 |
| 3 | Intercolumnio máximo | 4.85 metros |
| 4 | Material estructural | Madera |
| 5 | Sistema de techo | Viga y vigueta |



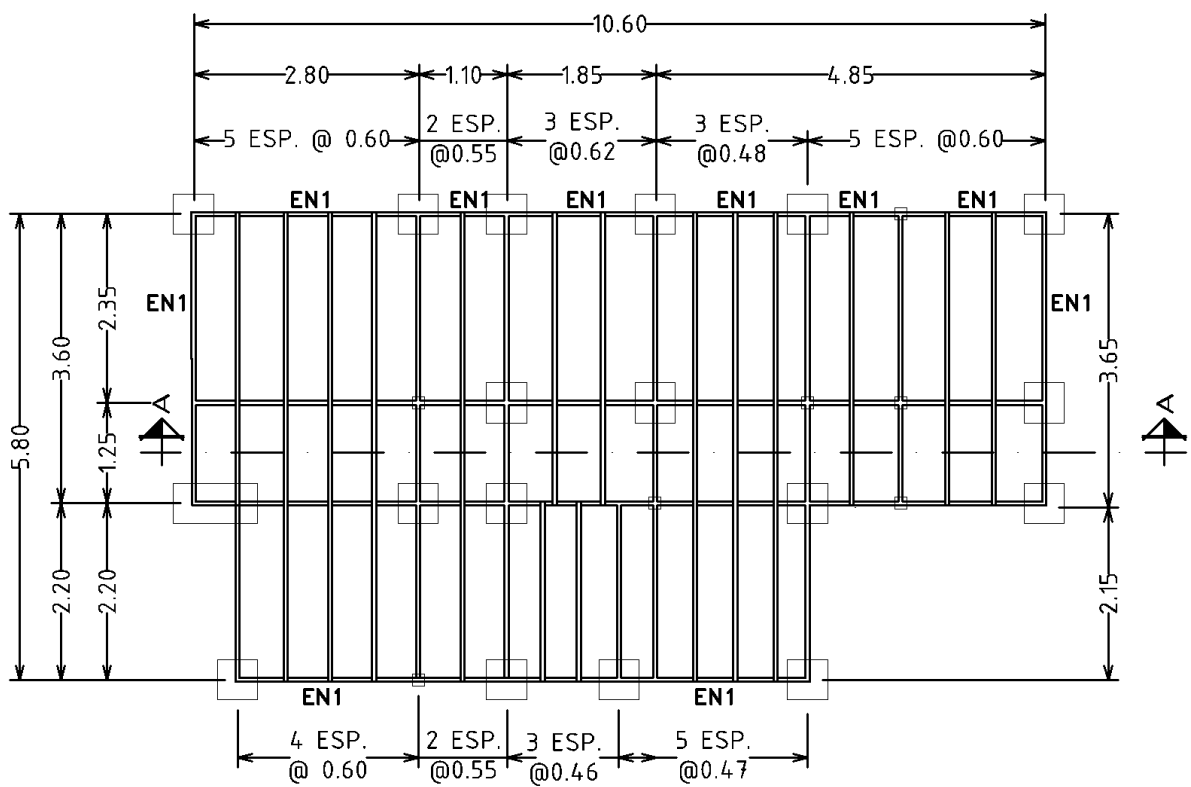
PLANTA ARQUITECTÓNICA



SECCIÓN DE PARED Y TECHO A-A



PLANTA DE CIMENTACIÓN



PLANTA DE ENTREPISO

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

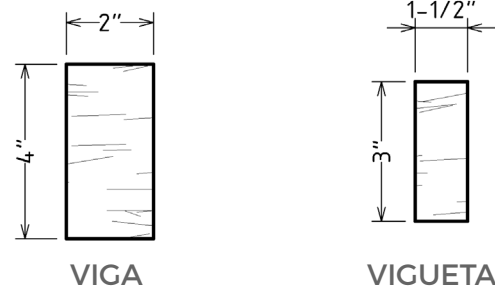
Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

NOTA

Las dimensiones de los elementos y el distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

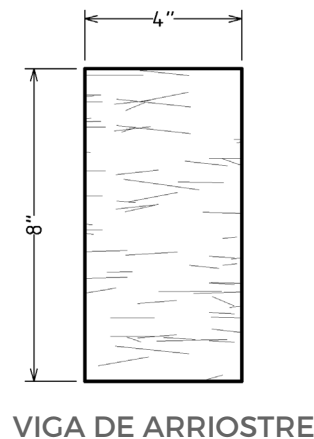
1. ESTRUCTURA DE TECHO

Vigas y viguetas de madera con pendiente mínima del techo del 12%, colocadas creando una retícula de a 0.60 x 1.00m.



2. VIGA DE ARRIOSTRE

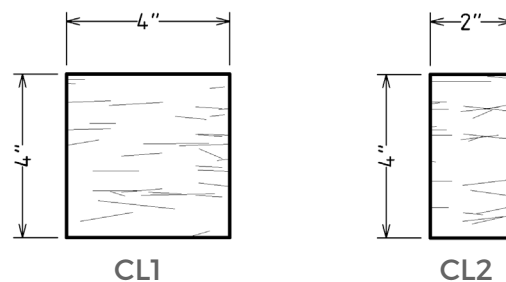
Viga de arriostre que funciona como solera superior, de carga e inferior, fabricada de madera de dimensiones: 4" x 8".



3. COLUMNA CL1 Y CL2

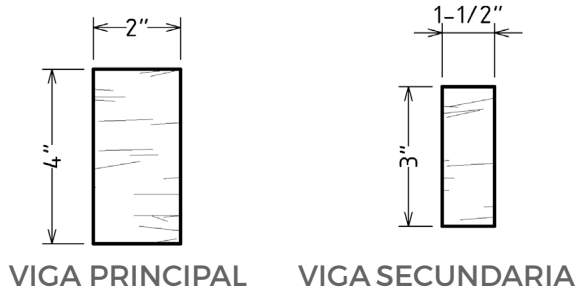
La columna principal CL1 fabricada de madera de dimensiones: 4" x 4".

La columna secundaria CL2, funciona como jamba, fabricada de madera de dimensiones: 2" x 4".



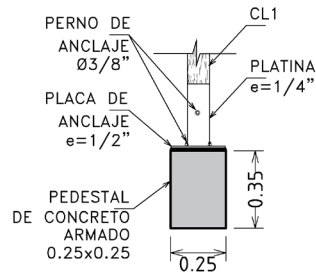
4. ESTRUCTURA DE ENTREPISO

Fabricado de viga principal con dimensiones de 2" x 4", y elemento secundario de dimensiones 1-1/2" x 3".



5. UNIÓN DE COLUMNA A PEDESTAL

Las columnas de madera se encuentran ancladas al pedestal de concreto por medio de placas de anclaje y pernos de acero.

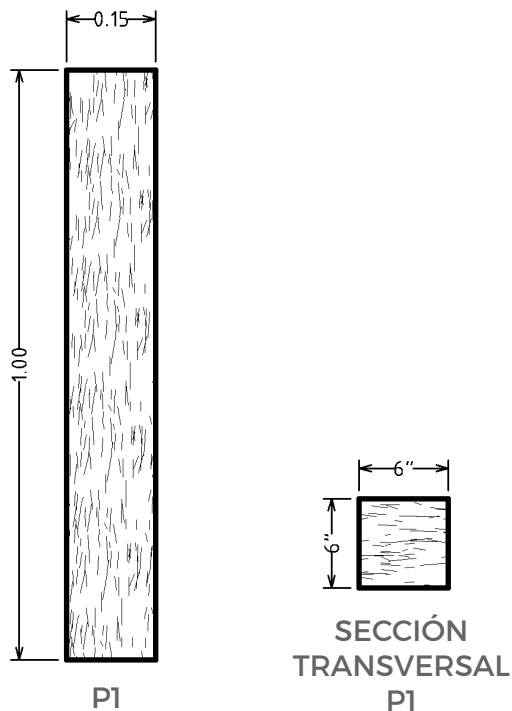


DETALLE DE ANCLAJE DE COLUMNA A PEDESTAL DE CIMENTACIÓN

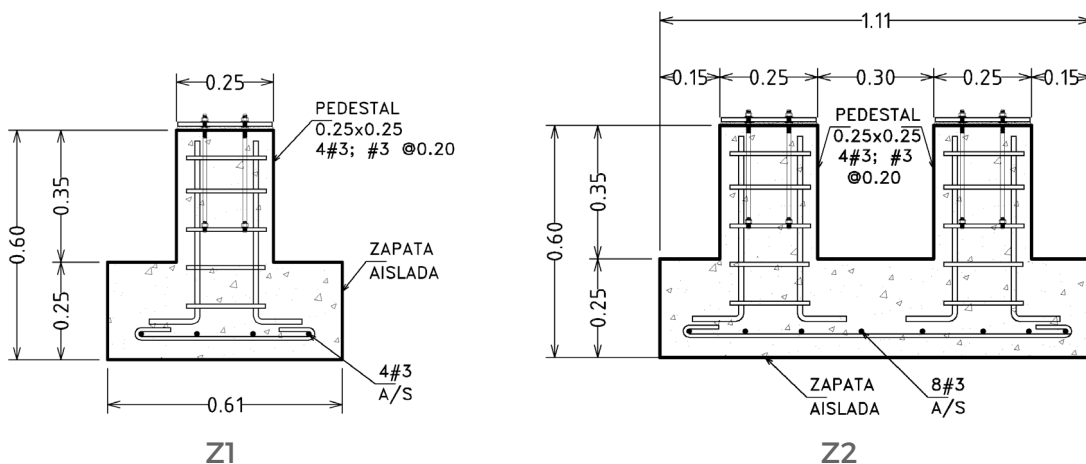
6. CIMENTACIÓN

Se propone implementar pilotes de anclaje P1 fabricados de madera con dimensiones de 6" x 6" y un largo de 1.00m.

De igual manera, se usan dos tipos de zapatas aisladas de concreto armado Z1 y Z2.



Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.
 Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62



CAPÍTULO 3

CATEGORÍA B

EDIFICACIONES DE 2 A 4 NIVELES

| | |
|---|--------|
| Categoría B. Edificaciones de 2 a 4 niveles | P. 89 |
| B1. Vivienda | P. 90 |
| B2. Centro Educativo | P. 99 |
| B3. Centro Comercial | P. 104 |
| B4. Edificio Residencial | P. 110 |
| B5. Hospital | P. 116 |
| B6. Centro Comercial | P. 120 |
| B.7 Hotel | P. 125 |

03

CATEGORÍA B EDIFICACIONES DE 2 A 4 NIVELES

Este capítulo consta de propuestas de pre-dimensionamiento para elementos estructurales básicos en una edificación como cimentación, columnas, castillos y jambas, vigas y estructura de techo.

Las dimensiones que se proponen no son finales, sino, magnitudes orientativas en cuanto a dimensiones del elemento que puedan servir para afinar un proceso de diseño que, finalmente, habrá de ser ratificado por un cálculo exhaustivo.

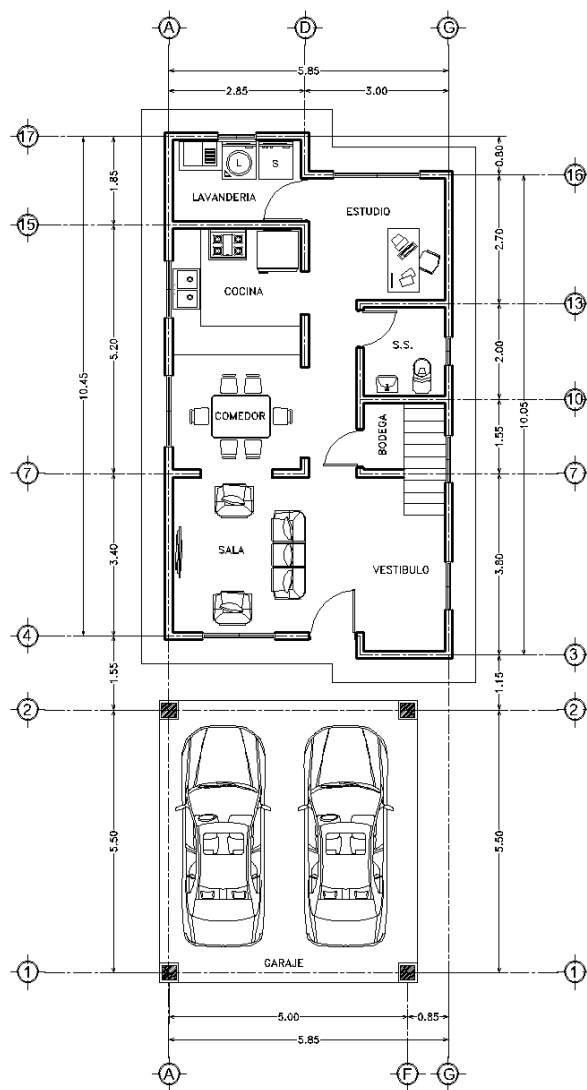
Los escenarios que encontrarás son:

- 1 Vivienda
- 2 Centro educativo
- 3 Centro comercial
- 4 Edificio Residencial
- 5 Hospital
- 6 Hotel

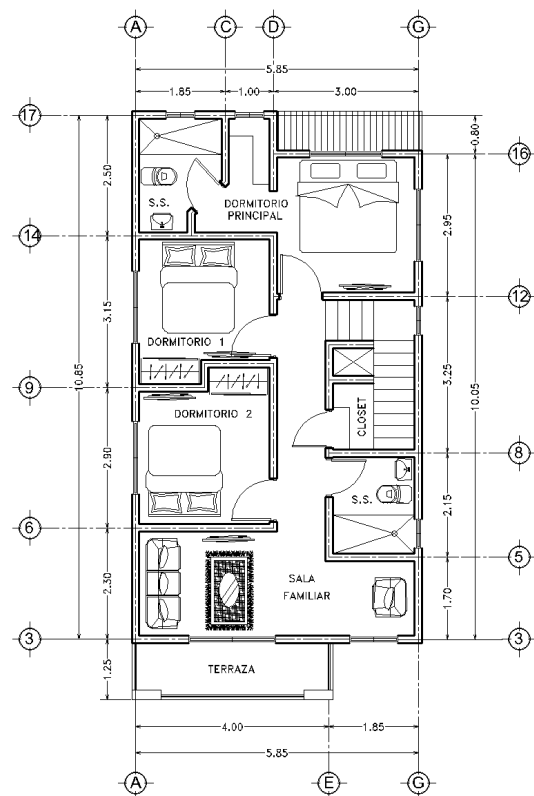
B1. VIVIENDA

DATOS DEL PROYECTO

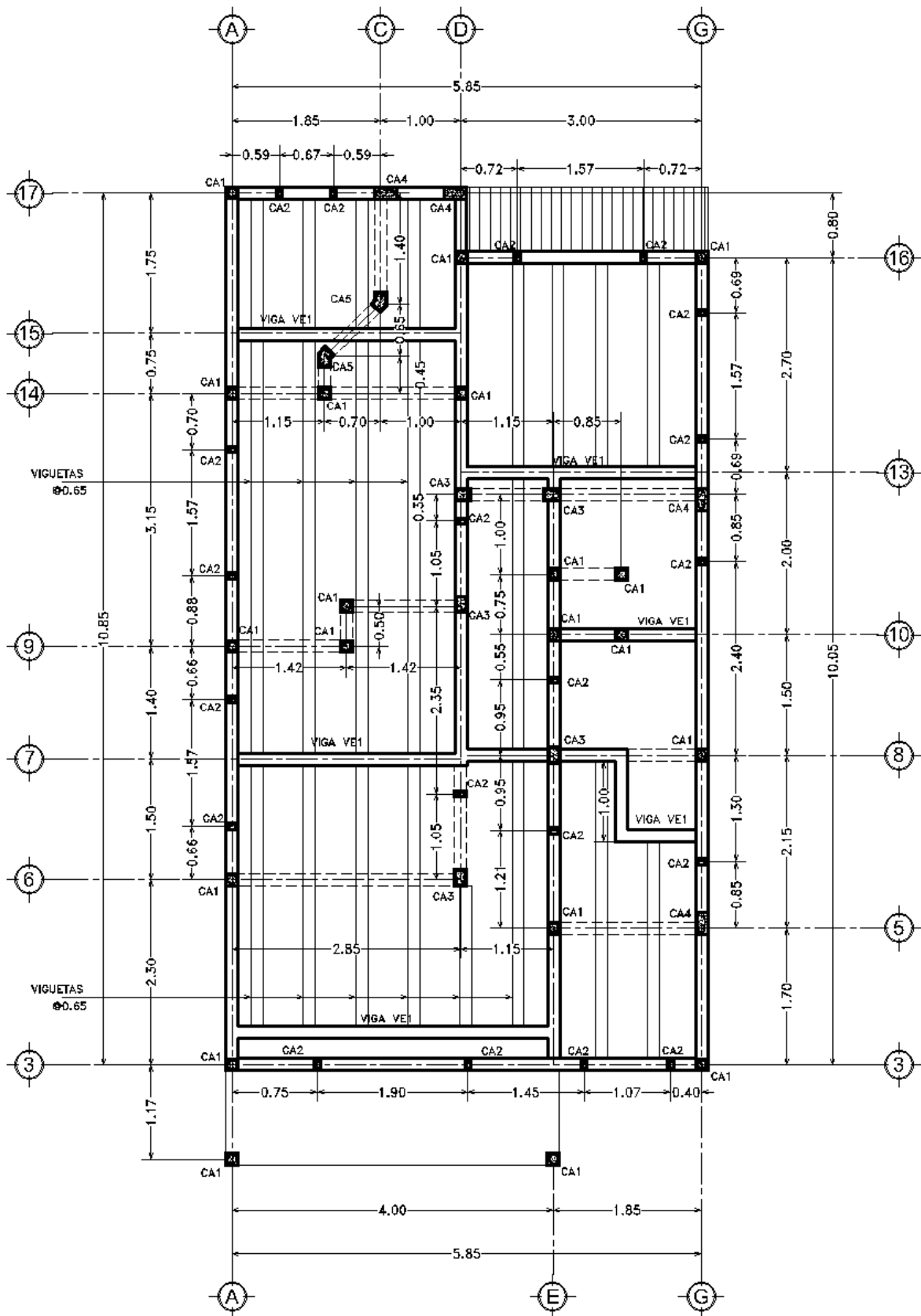
| | | |
|---|----------------------|--------------------------|
| 1 | Tipo de suelo | Limoso |
| 2 | Niveles | 2 |
| 3 | Intercolumnio máximo | 5.50 metros |
| 4 | Material estructural | Concreto armado |
| 5 | Sistema de entepiso | Losa-Vigueta y Bovedilla |
| 6 | Sistema de techo | Canaleta metálica |



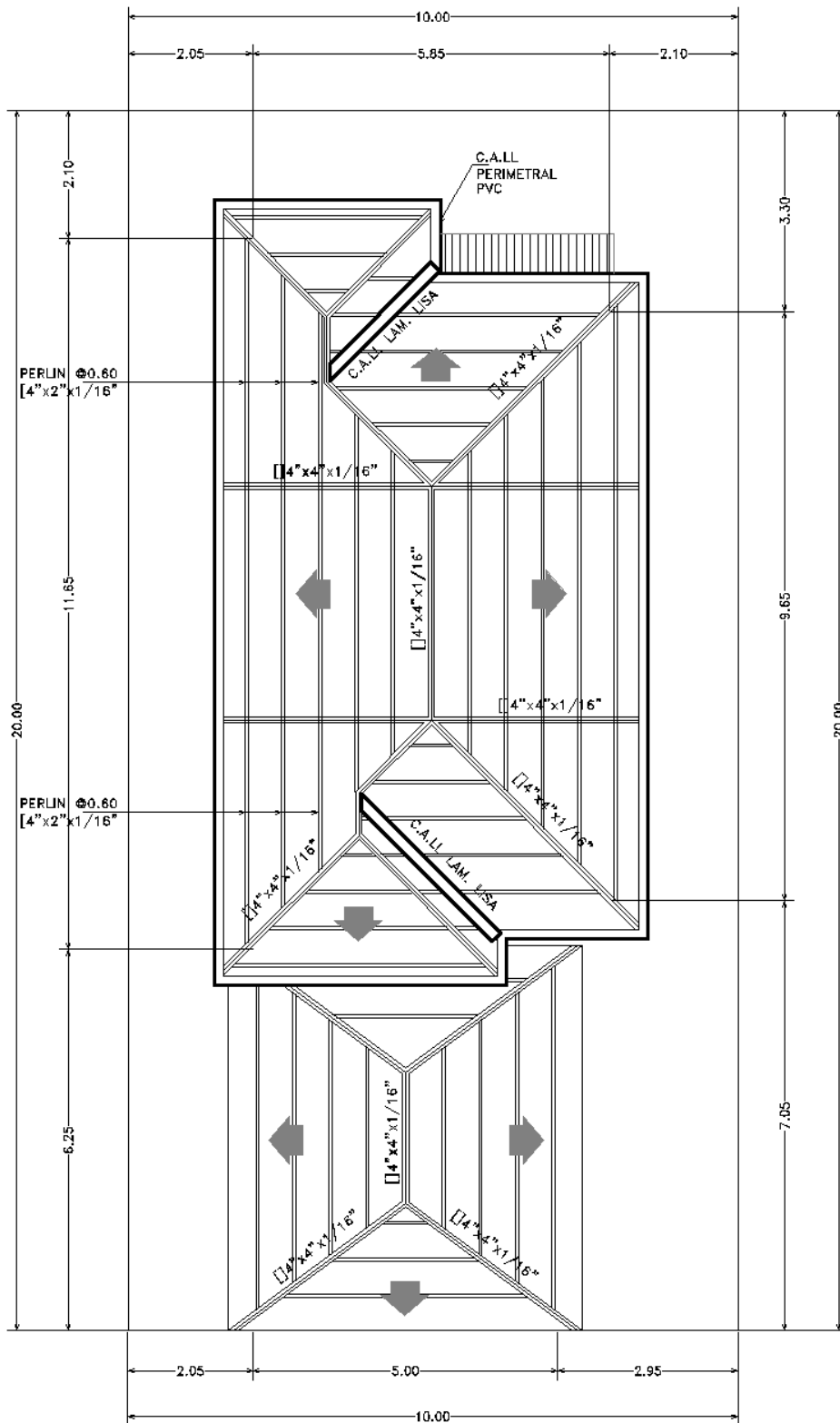
PLANTA ARQUITECTÓNICA DE PRIMER NIVEL



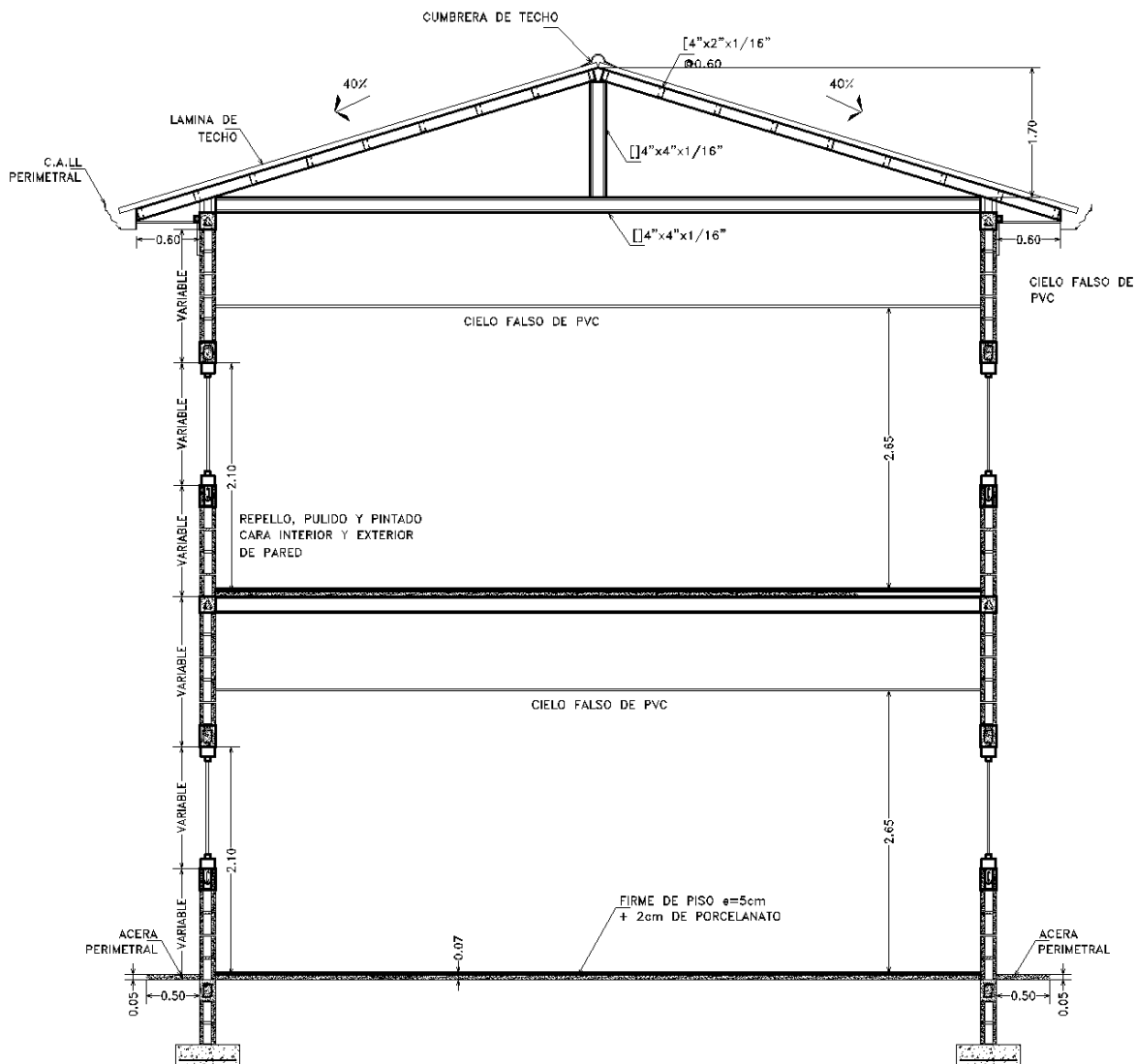
PLANTA ARQUITECTÓNICA DE SEGUNDO NIVEL



PLANTA DE ENTREPISO



PLANTA DE TECHO



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

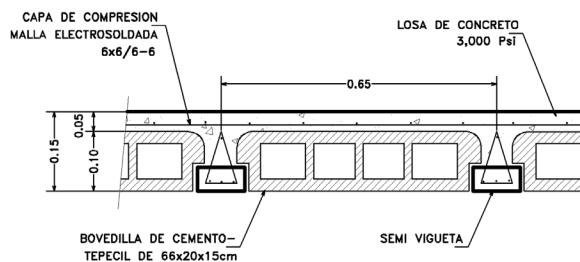
SECCIÓN DE PARED Y TECHO

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

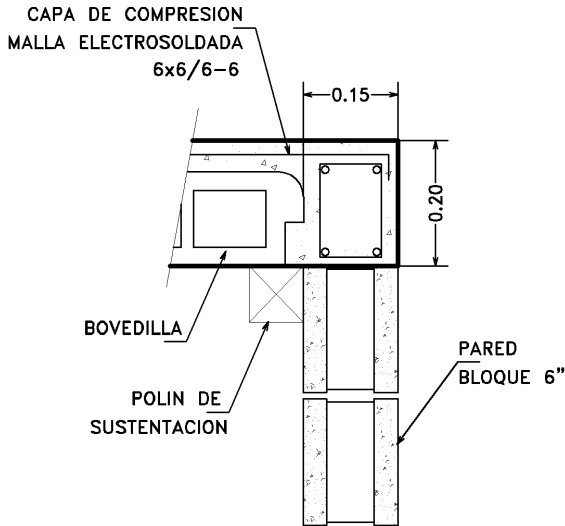
Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

1. LOSA VIGUETA Y BOVEDILLA

El sistema de vigueta y bovedilla está constituido por los elementos portantes que son las viguetas de concreto pre forzado y las bovedillas como elementos aligerantes.



DETALLE LOSA VIGUETA Y BOVEDILLA

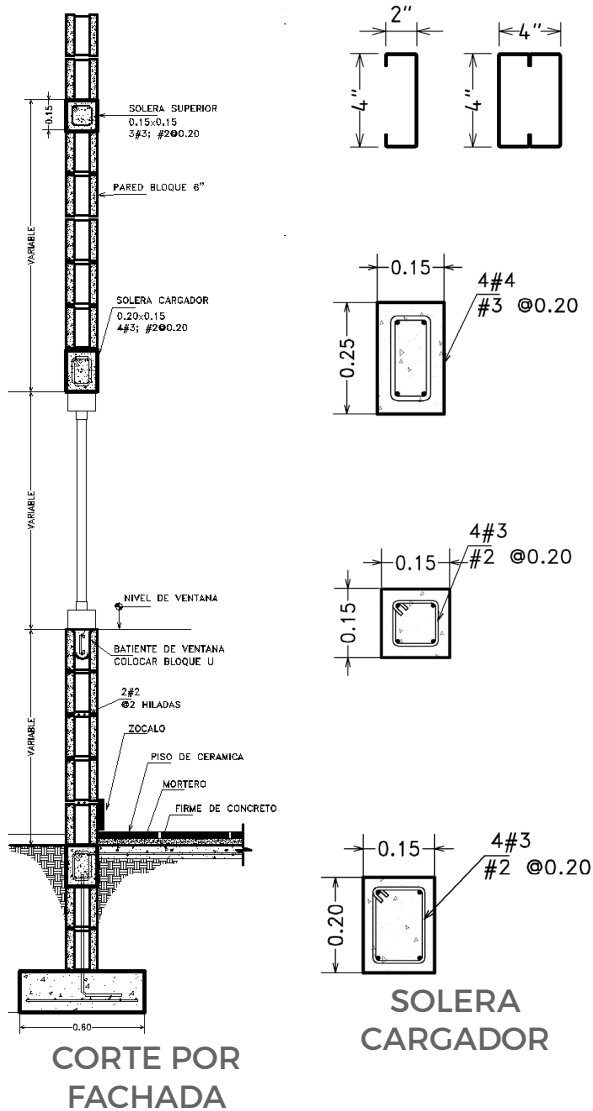


APOYO DE BOVEDILLA SOBRE MURO

2. LOSA VIGUETA Y BOVEDILLA

Con el sistema de vigueta y bovedilla, se pueden cubrir claros hasta de 6.3m.

Ecuación 4. Pre-dimensionamiento de losa aligerada.
 Tabla 6. Valores comerciales para losas aligeradas. Pág. 42



CORTE POR FACHADA

3. ESTRUCTURA DE TECHO

Canaletas metálicas con pendiente mínima del techo del 40%, colocadas a cada 0.60m.

4. VIGA VE1

De las mismas dimensiones que la solera inferior: 0.25m de alto por el espesor del bloque.

5. SOLERA SUPERIOR

Solera superior con dimensiones de 0.15x0.15m.

6. SOLERA CARGADOR

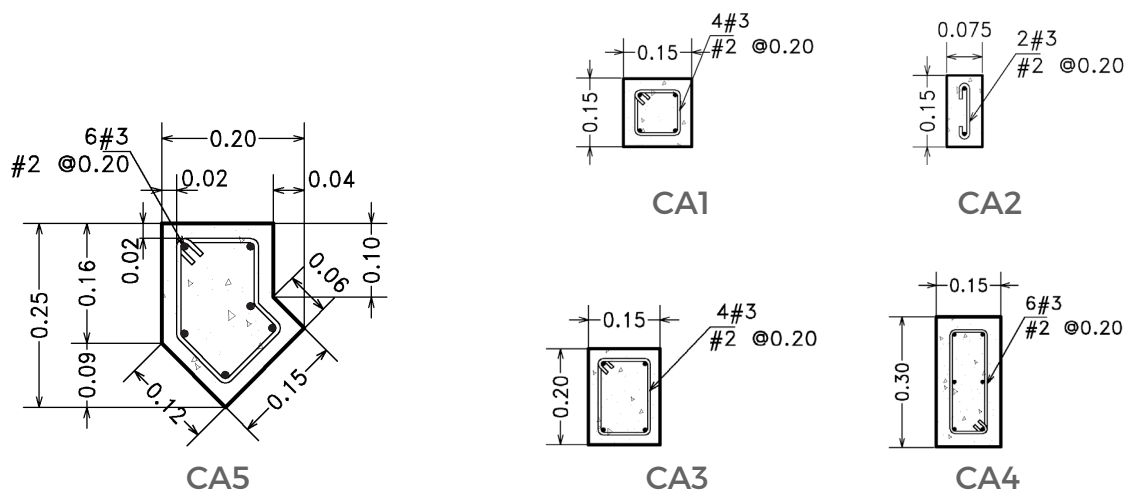
Solera de concreto con dimensiones de 0.20m de alto por el espesor del bloque.

NOTA

Las dimensiones de los elementos y el distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

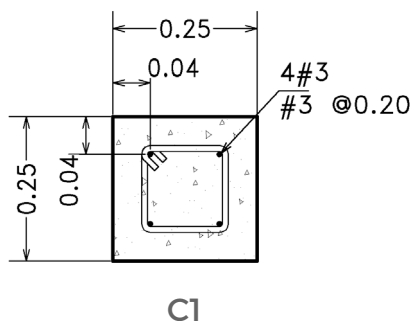
7. CASTILLOS Y JAMBAS

El proyecto cuenta con 1 tipo de jamba llamada CA2, siendo los demás, los castillos.



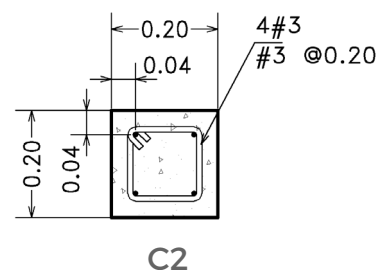
8. COLUMNA C1

Columna de concreto con dimensiones de 0.25x0.25m.



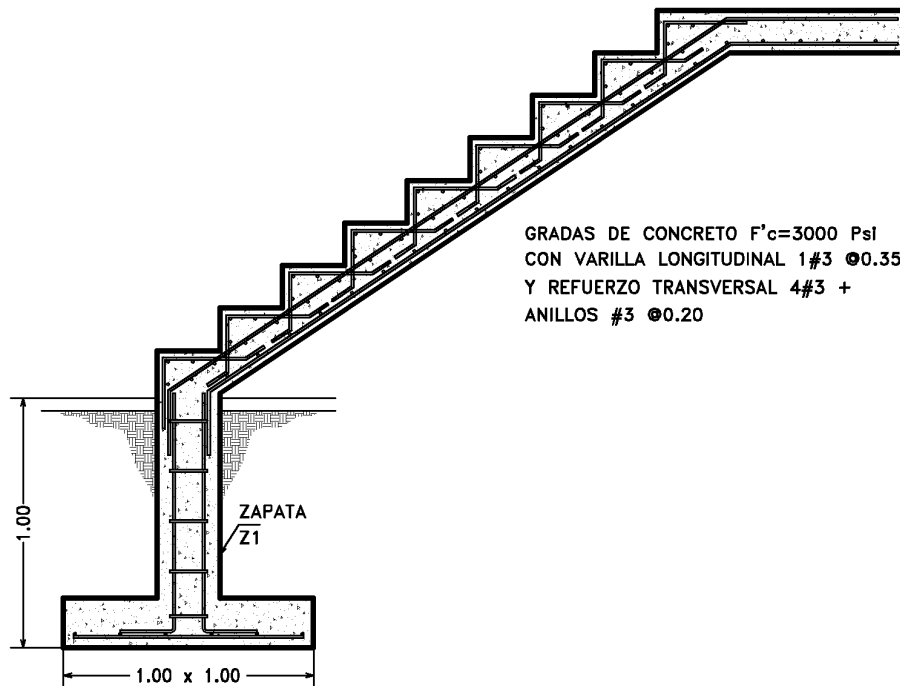
9. COLUMNA C2

Columna de concreto con dimensiones de 0.20x0.20m.



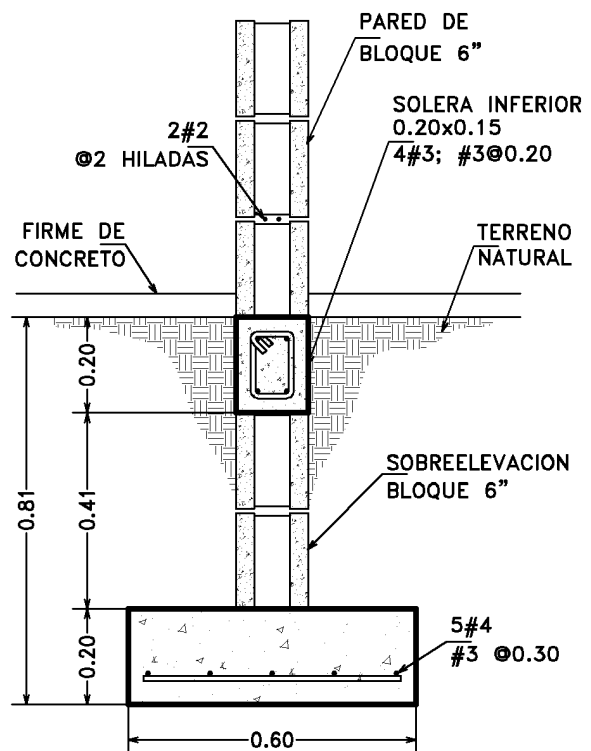
En ambas columnas se aplica:
Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.
Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 47

10. ESCALERA



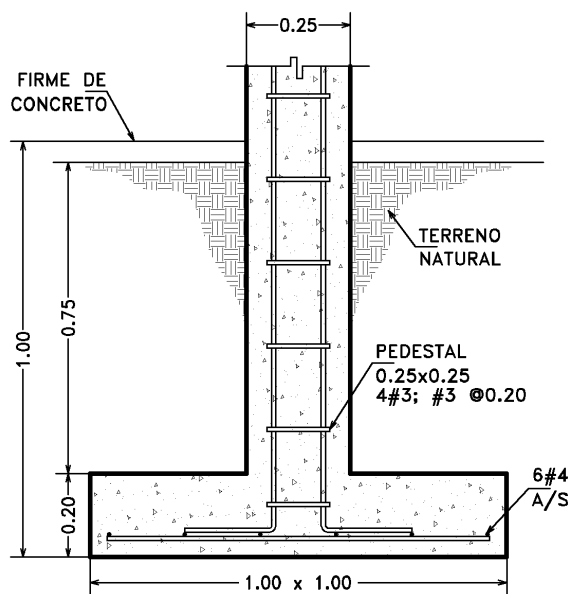
11. CIMENTACIÓN CORRIDA

Consta de un cimiento corrido con un ancho de 0.60 por la longitud del muro y una altura de 0.20 m, una sobreelavación con bloques de hormigón de 6" y una solera inferior con medidas 0.15 x 0.20 m.

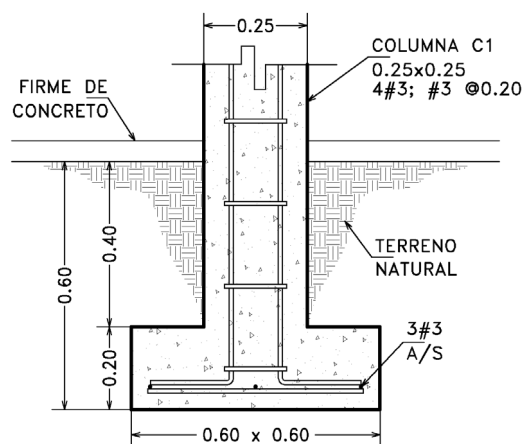


12. ZAPATAS AISLADAS

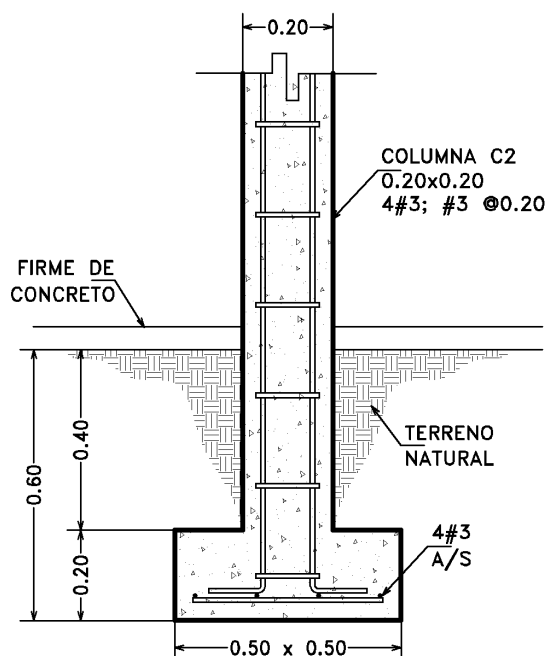
Se implementan tres tipos de zapatas aisladas correspondientes a las columnas C1, C2 y al pedestal de dimensiones 0.25x0.25m.



ZAPATA Z1



ZAPATA Z2



ZAPATA Z3

Se aplica en todas las zapatas aisladas: Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación. Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62

B2. CENTRO EDUCATIVO

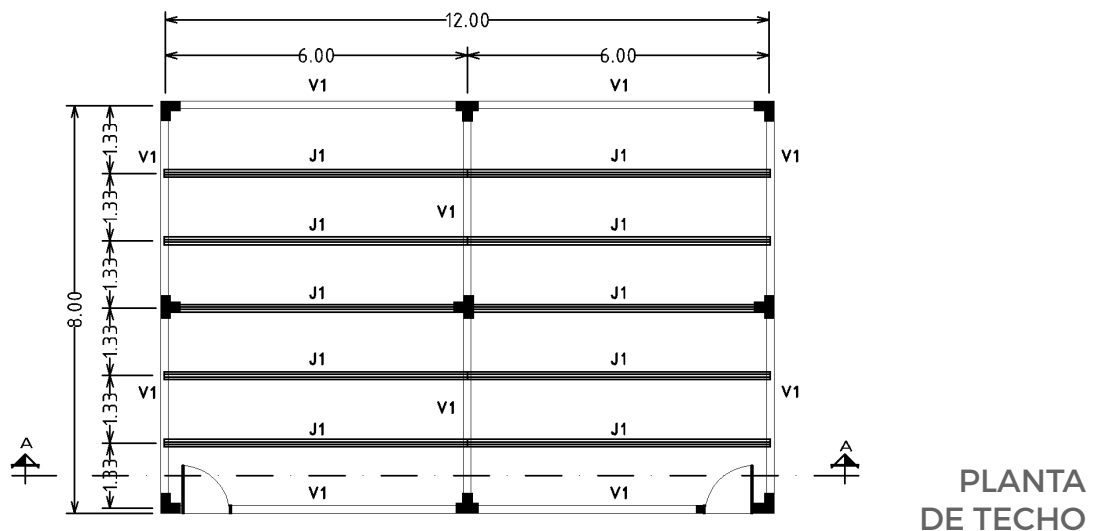
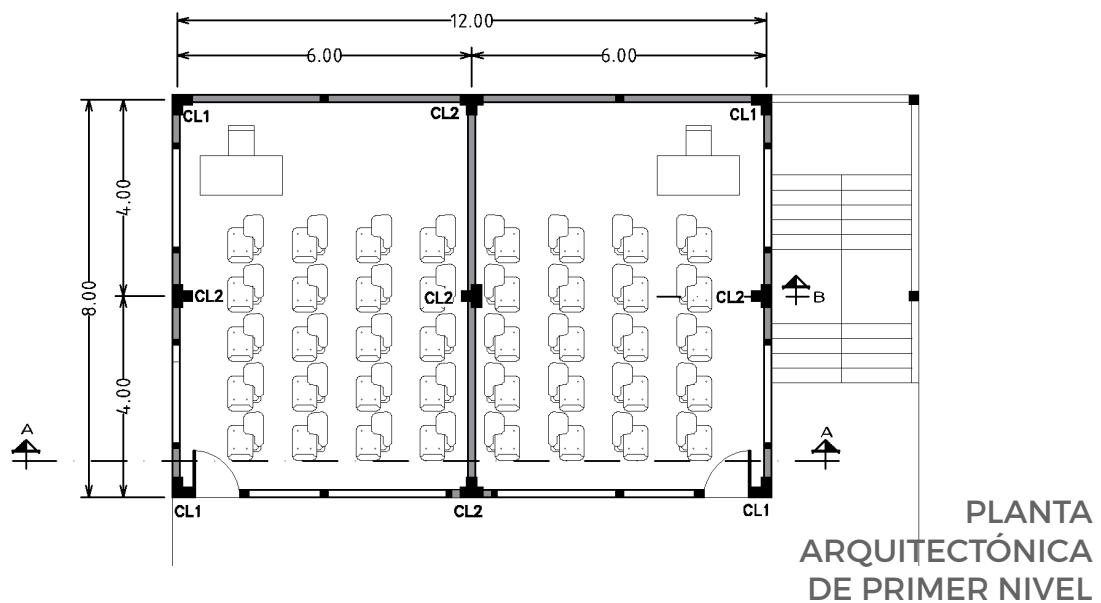
DATOS DEL PROYECTO

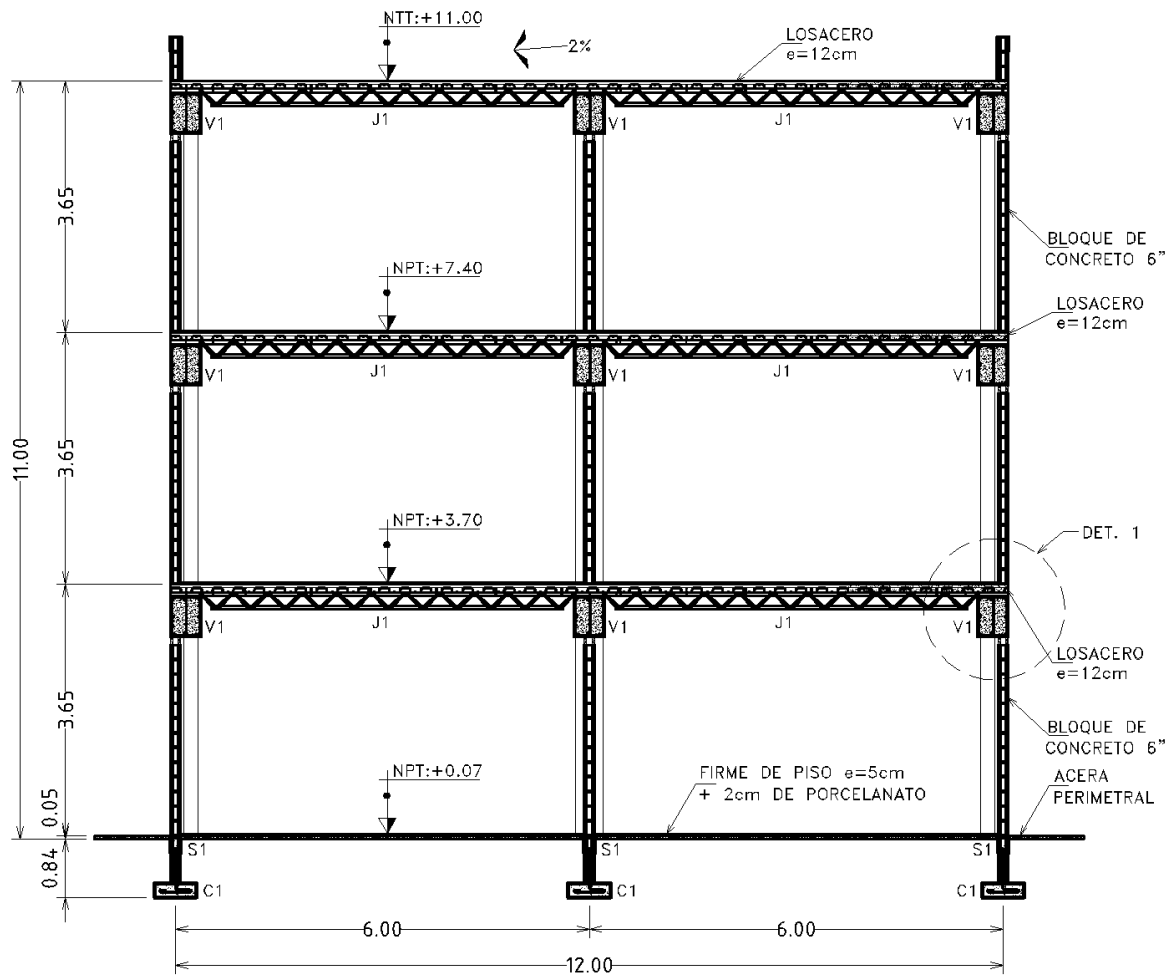
| | | |
|---|----------------------|-------------------------|
| 1 | Tipo de suelo | Rocoso |
| 2 | Niveles | 3 |
| 3 | Intercolumnio máximo | 6.00 metros |
| 4 | Material estructural | Concreto armado y acero |
| 5 | Sistema de entrepiso | Losacero y vigas joist |

Procedimiento de cálculo de pre-dimensión:

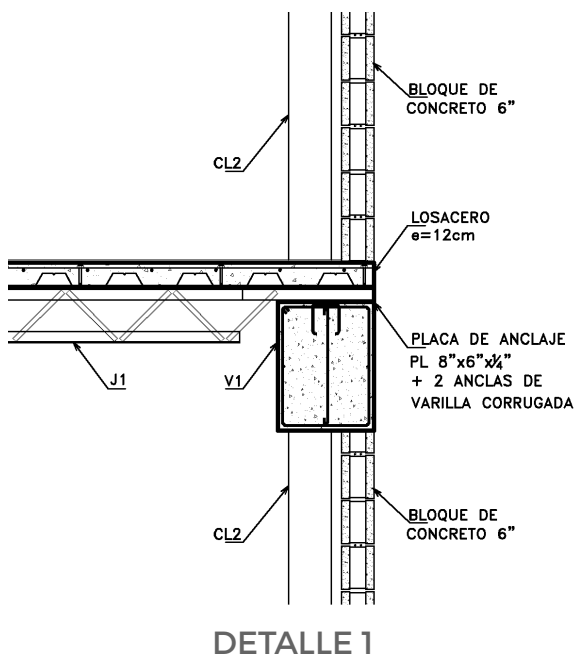
Pág. 262

Para efectos del ejercicio se implementa el mismo módulo de aulas que en el ejercicio A2 del Capítulo 2 (Pág. 76). Únicamente se muestra la planta arquitectónica de primer nivel.





SECCIÓN DE PARED Y TECHO A-A

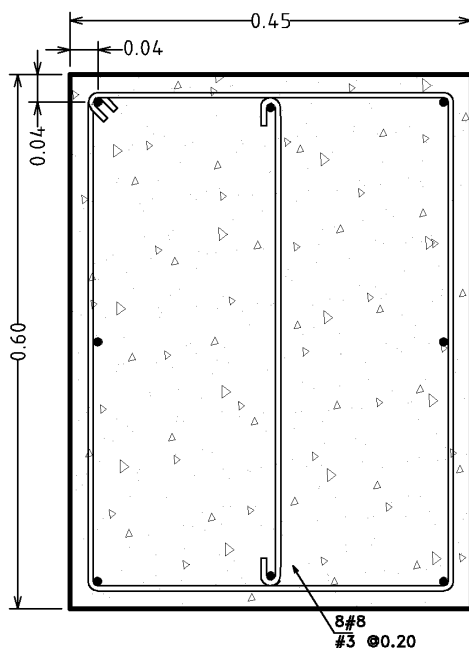
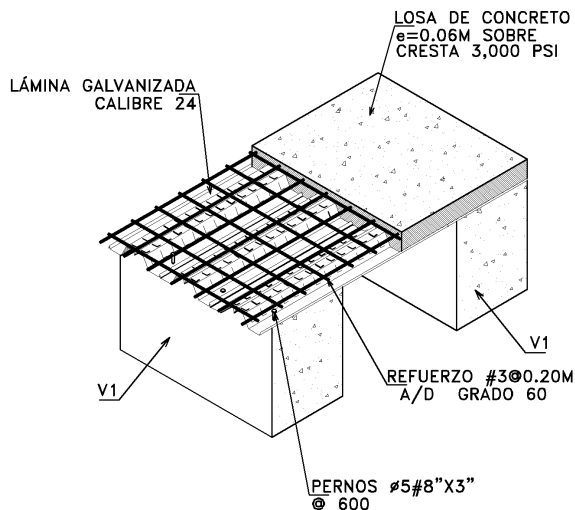
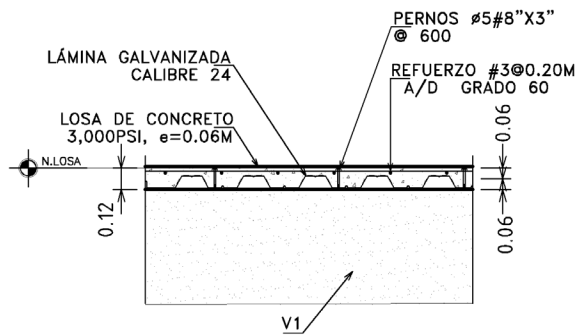


NOTA

Al tener un sistema constructivo de materiales mixtos (acero y concreto), la viga celosía J1, fabricada en acero, debe soldarse a la placa de anclaje que se fija a la viga de concreto V1 por medio de anclas fabricadas de varilla corrugada.

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:



1. LOSA DE ENTREPISO

Al implementarse un sistema de materiales mixtos, lo adecuado es la construcción de losacero de espesor 0.12m como entrepisos, las cuales se fijan a las vigas V1 y J1 por medio de pernos de acero.

Losacero es un sistema de entrepiso metálico formado por una lámina corrugada de acero galvanizado estructural, perfilada para que se produzca un efectivo ajuste mecánico con el concreto, gracias a las muescas especiales que además sustituyen el acero a la tracción de la placa.

Ecuación 3. Pre-dimensionamiento de losa según perímetro. Pág. 41

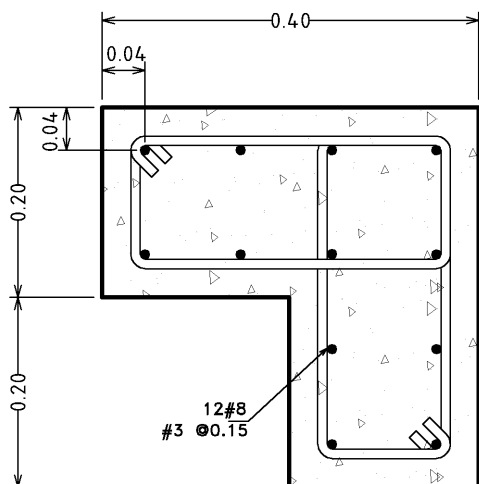
2. VIGA V1

Viga simplemente apoyada de concreto armado con dimensiones de 0.45m en su ancho y 0.60m de peralte.

Ecuación 6. Pre-dimensionamiento de viga de concreto. Pág. 48

NOTA

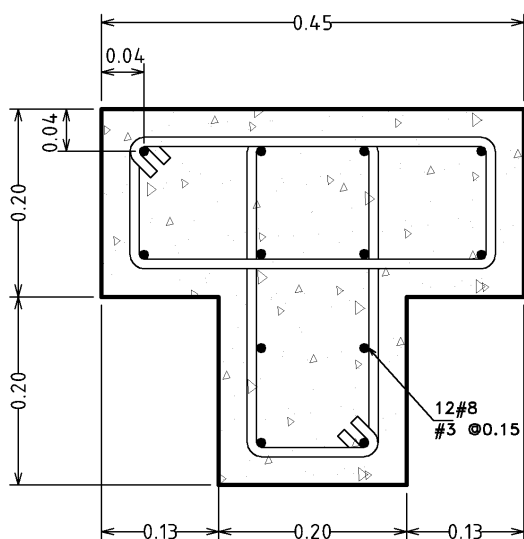
Las dimensiones de los elementos y el distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.



3. COLUMNA CL1

Columna excéntrica forma L de concreto armado con dimensión transversal de 0.40x0.20m, y 0.20x0.20m

Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna. de concreto para 3 o más niveles. Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52

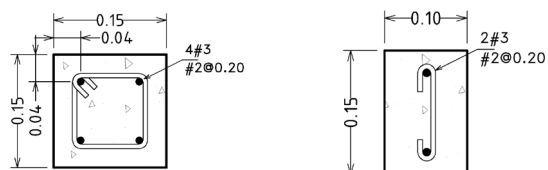


4. COLUMNA CL2

Columna excéntrica forma T de concreto armado con dimensión transversal de 0.45x0.20m, y 0.20x0.20m

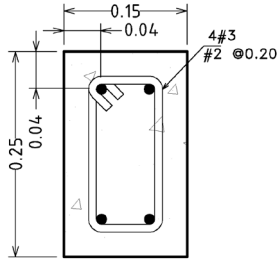
Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna. de concreto para 3 o más niveles. Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52

Se implementan columnas excéntricas con el fin de lograr un mejor soporte para la Viga VI debido a su gran peralte y anchura.



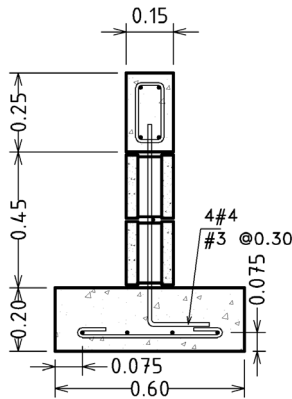
5. CASTILLOS Y JAMBAS

Los castillos cuentan con dimensiones de 0.15 x 0.15 m, y las jambas con ancho de 0.10 x el espesor de pared.



6. SOLERA INFERIOR

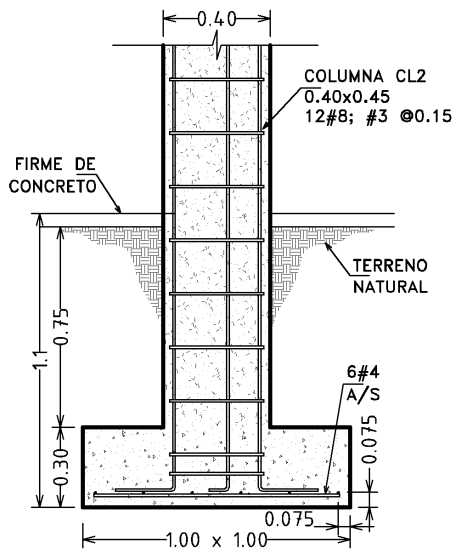
Con dimensiones de 0.25m de alto por el espesor del bloque.



CIMIENTO
CORRIDO

7. CIMENTACIÓN

Consta de un cimiento corrido con ancho de 0.60m por la longitud del muro y una altura de 0.20m, una sobreelavación con bloques de hormigón de 6" y una solera inferior con medidas 0.15x0.25 m.

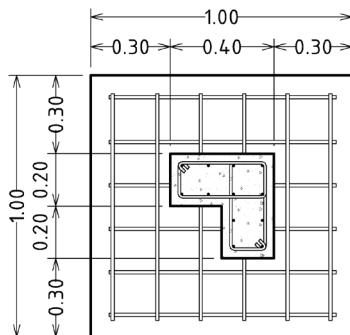


Así mismo se implementan zapatas aisladas con dimensiones de 1.00x1.00m en su sección transversal y un espesor de 0.30m.

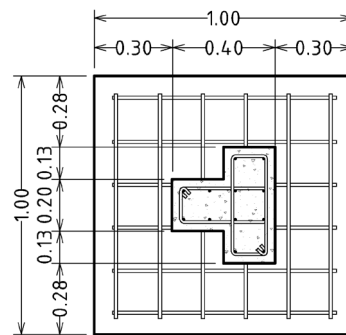
Las columna CL1 y CL2 se encuentran ancladas a esta zapata, tal como se observan.

Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.

Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62



ZAPATA Z1 Y COLUMNA CL1



ZAPATA Z1 Y COLUMNA CL2

B3. CENTRO COMERCIAL

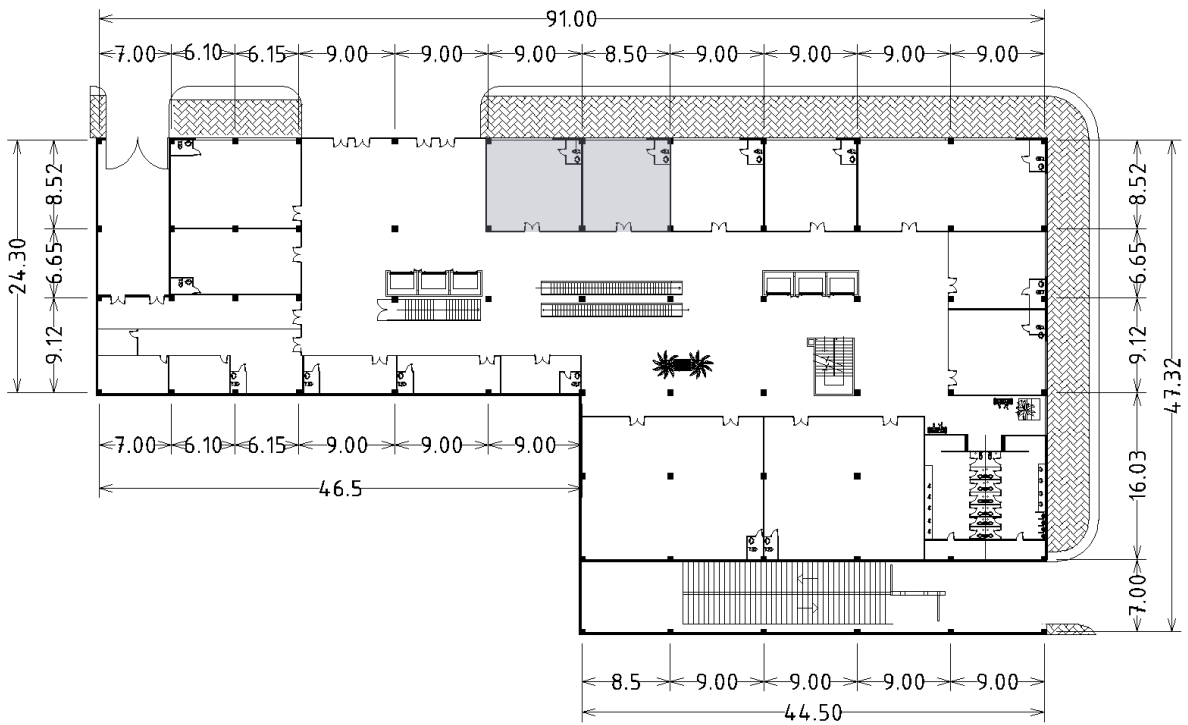
DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|----------------------|----------------------------|
| 1 | Tipo de suelo | Arcilloso |
| 2 | Niveles | 3 |
| 3 | Intercolumnio máximo | 9.00 metros |
| 4 | Material estructural | Concreto armado |
| 5 | Sistema de entepiso | Losa de concreto armado |
| 6 | Otros | Vigas simplemente apoyadas |

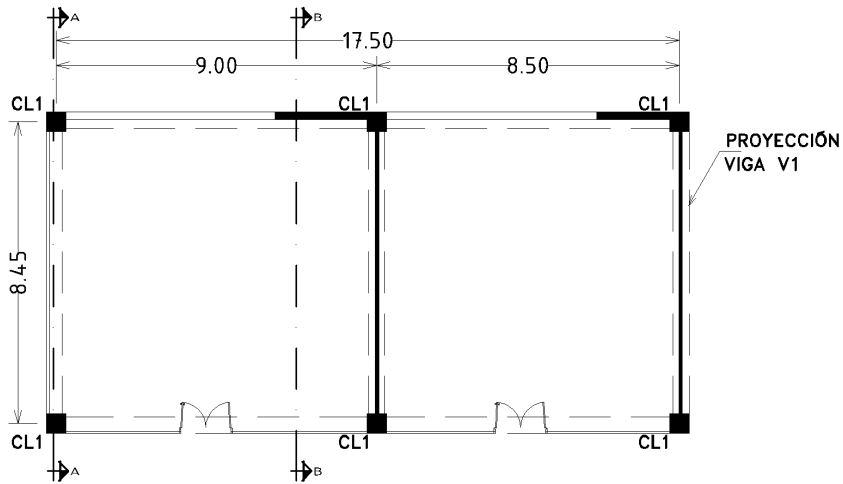
Procedimiento de cálculo de pre-dimensión:

Pág. 264

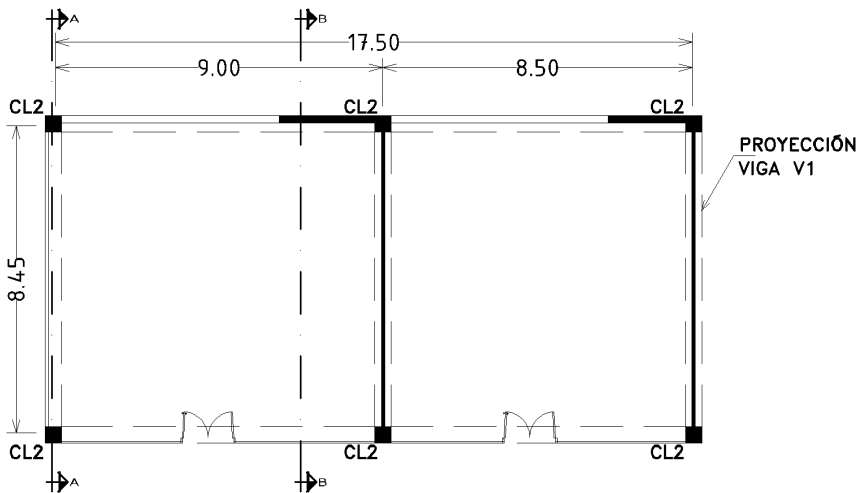
Para efectos del ejercicio únicamente se muestra la planta arquitectónica de primer nivel y se analiza y soluciona estructuralmente el área sombreada.



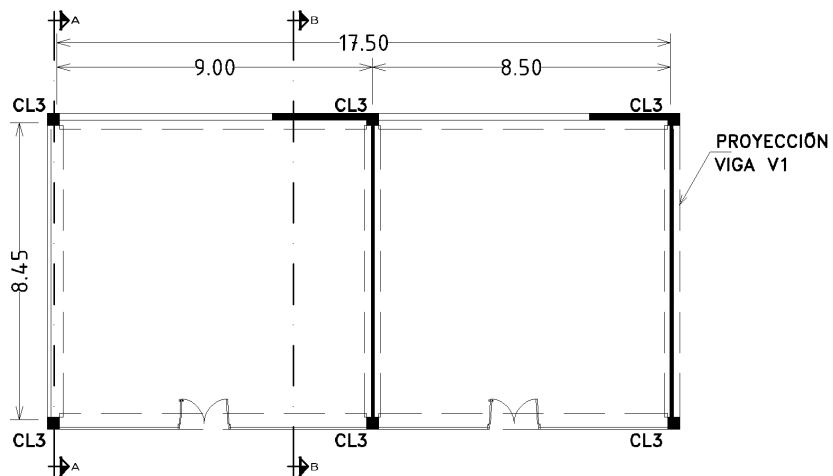
PLANTA ARQUITECTÓNICA DE PRIMER NIVEL



PLANTA ARQUITECTÓNICA
MÓDULO DE PRIMER NIVEL

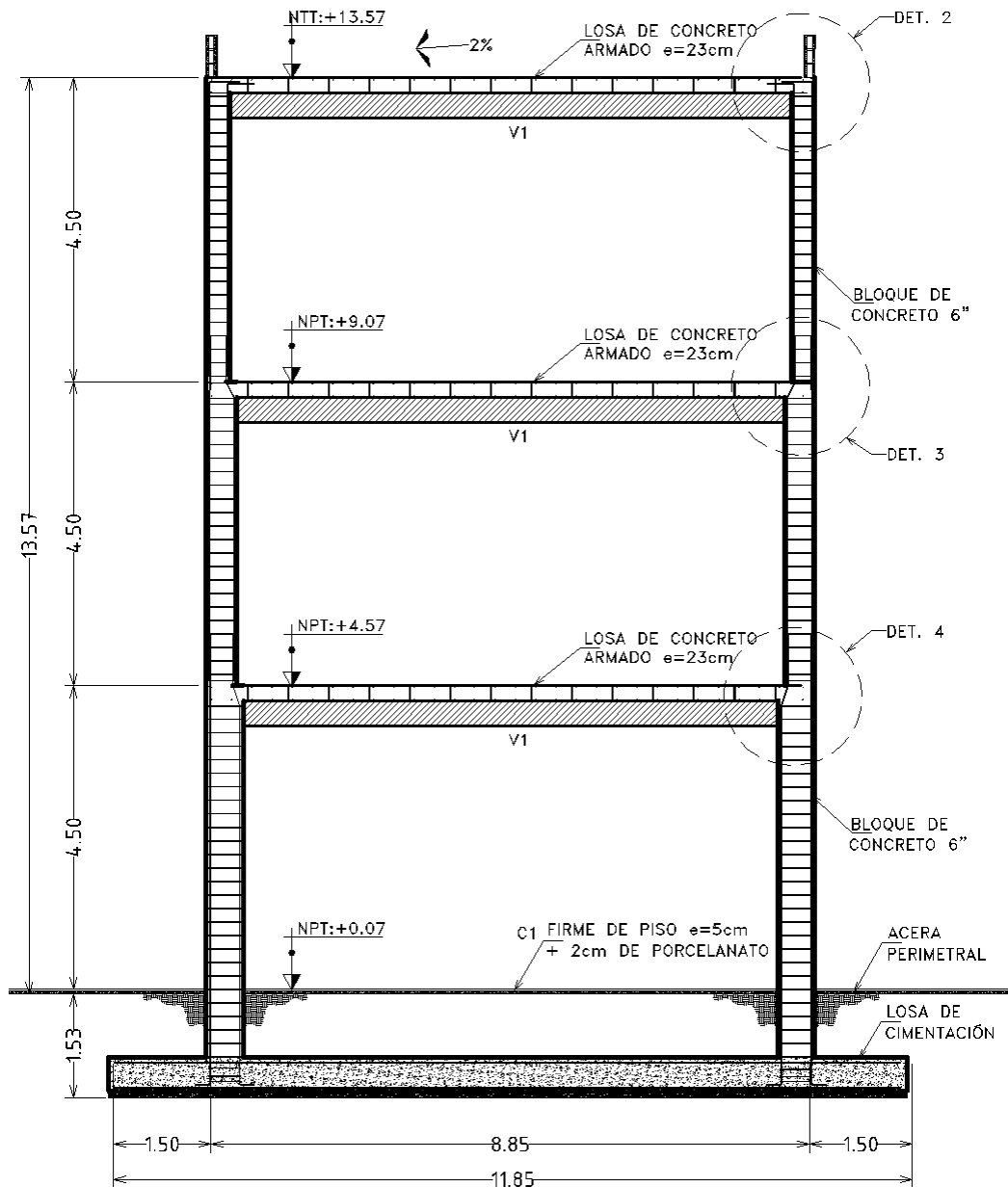


PLANTA ARQUITECTÓNICA
MÓDULO DE SEGUNDO NIVEL

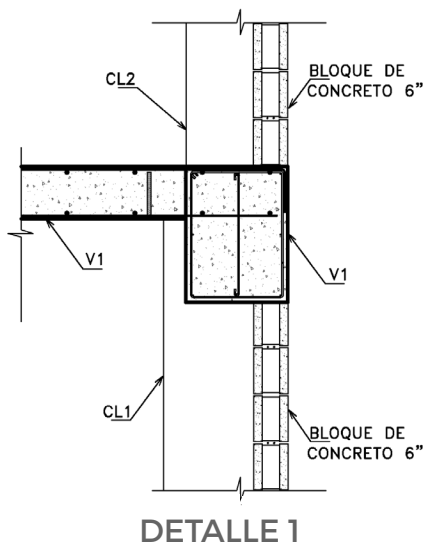


PLANTA ARQUITECTÓNICA
MÓDULO DE TERCER NIVEL

Con el fin de ahorrar material y debido a la reducción de cargas en los niveles superiores, cada nivel cuenta con columnas de secciones que se reducen en cada nivel. Ver detalles estructurales.



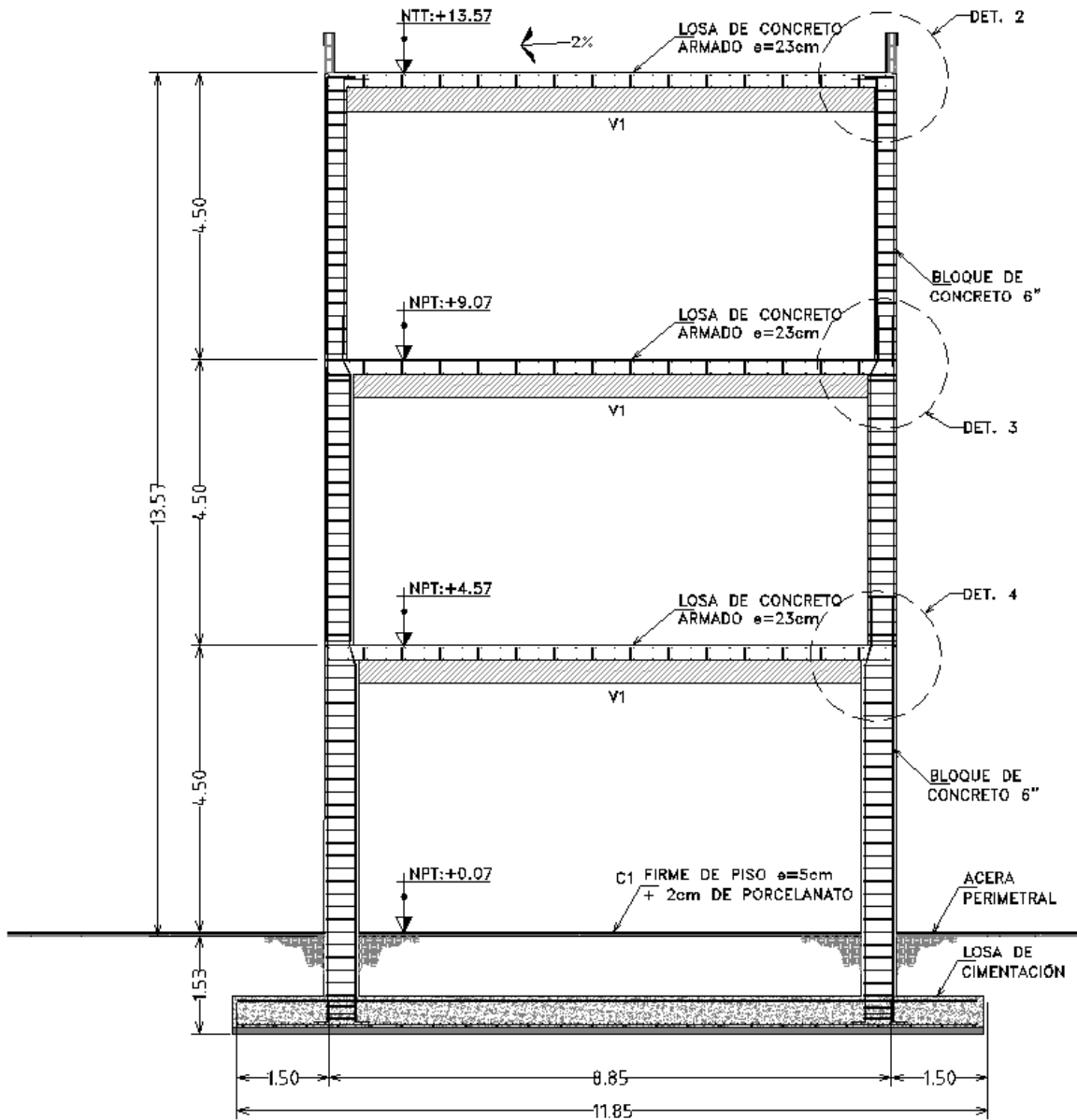
SECCIÓN DE PARED Y TECHO B-B



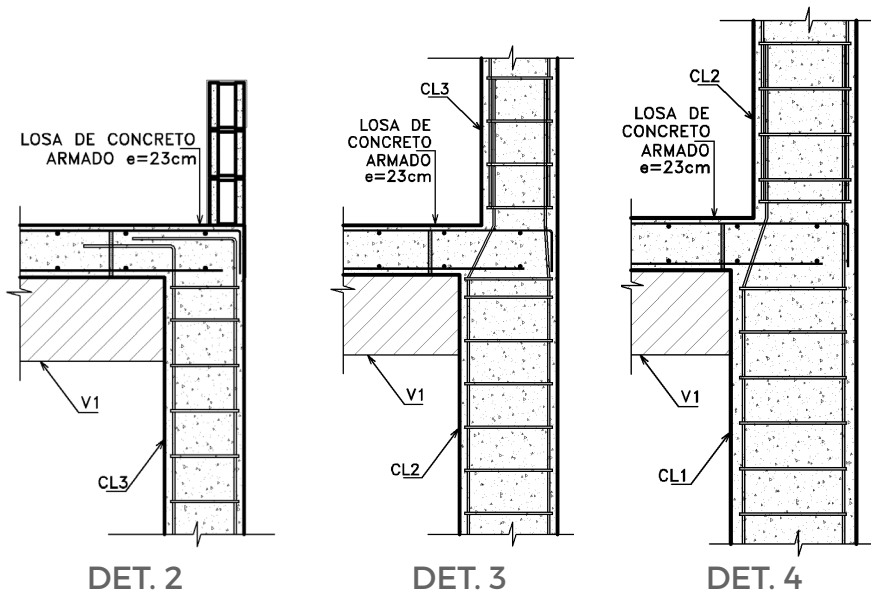
DETALLE 1

El detalle 1 muestra la unión entre la viga V1 y la losa de entresuelo de concreto armado.

Así mismo se observa la proyección de las columnas CL1 y CL2 en segundo plano, y los muros construídos con bloque de concreto de 6".



SECCIÓN DE PARED Y TECHO A-A



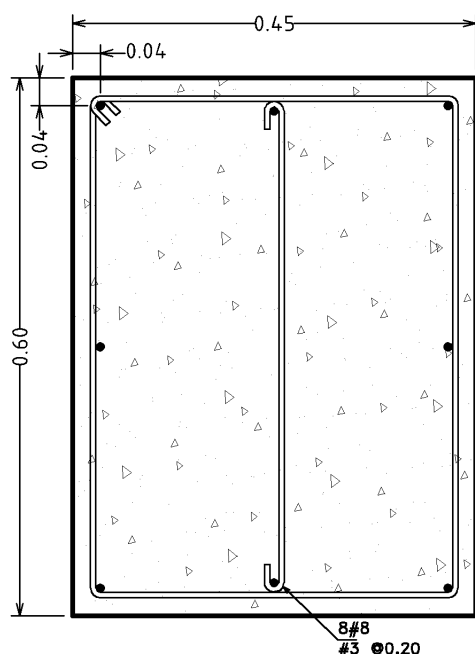
En los detalles 2, 3 y 4, se observan la unión de columnas a la losa de concreto armado y la transición de las columnas.

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

NOTA

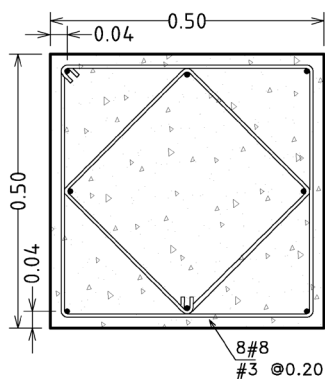
Las dimensiones de los elementos y el distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.



1. VIGA VI

Viga simplemente apoyada de concreto armado con dimensiones de 0.45m en su ancho y 0.60m de peralte.

Tabla 7. Pre-dimensionamiento de viga de concreto según su uso. Pág. 49



2. COLUMNA CL1

Columna de concreto sección cuadrada con dimensiones de 0.50x0.50m.

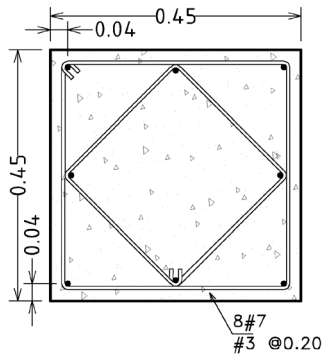
Se ubican en el primer nivel del centro comercial.

Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.
Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52

3. COLUMNA CL2

Columna de concreto sección cuadrada con dimensiones de 0.45x0.45m.

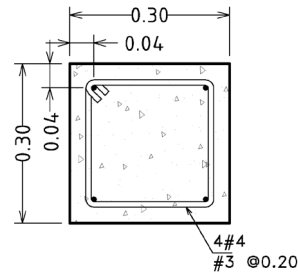
Se ubican en el segundo nivel del centro comercial.



4. COLUMNA CL3

Columna de concreto sección cuadrada con dimensiones de 0.50x0.50m.

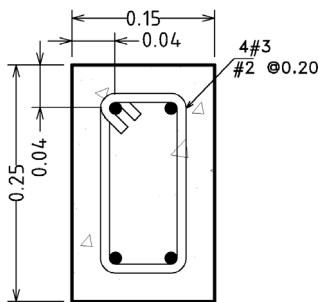
Se ubican en el primer nivel del centro comercial.



En ambas columnas se implementan:

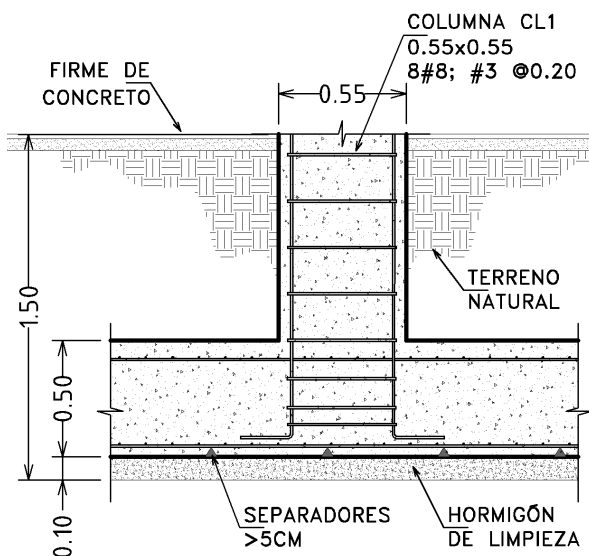
Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.

Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52



5. SOLERA INFERIOR

Con dimensiones de 0.25m de alto por el espesor del bloque.



6. LOSA DE CIMENTACIÓN

Se implementa una losa de cimentación con espesor de 0.50m, a una profundidad de 1.50m.

Así mismo, se propone una capa de hormigón de limpieza de 0.10m.

La columna CL1 se encuentra anclada a esta losa, tal como se observan.

Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.

Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62

B4. EDIFICIO RESIDENCIAL

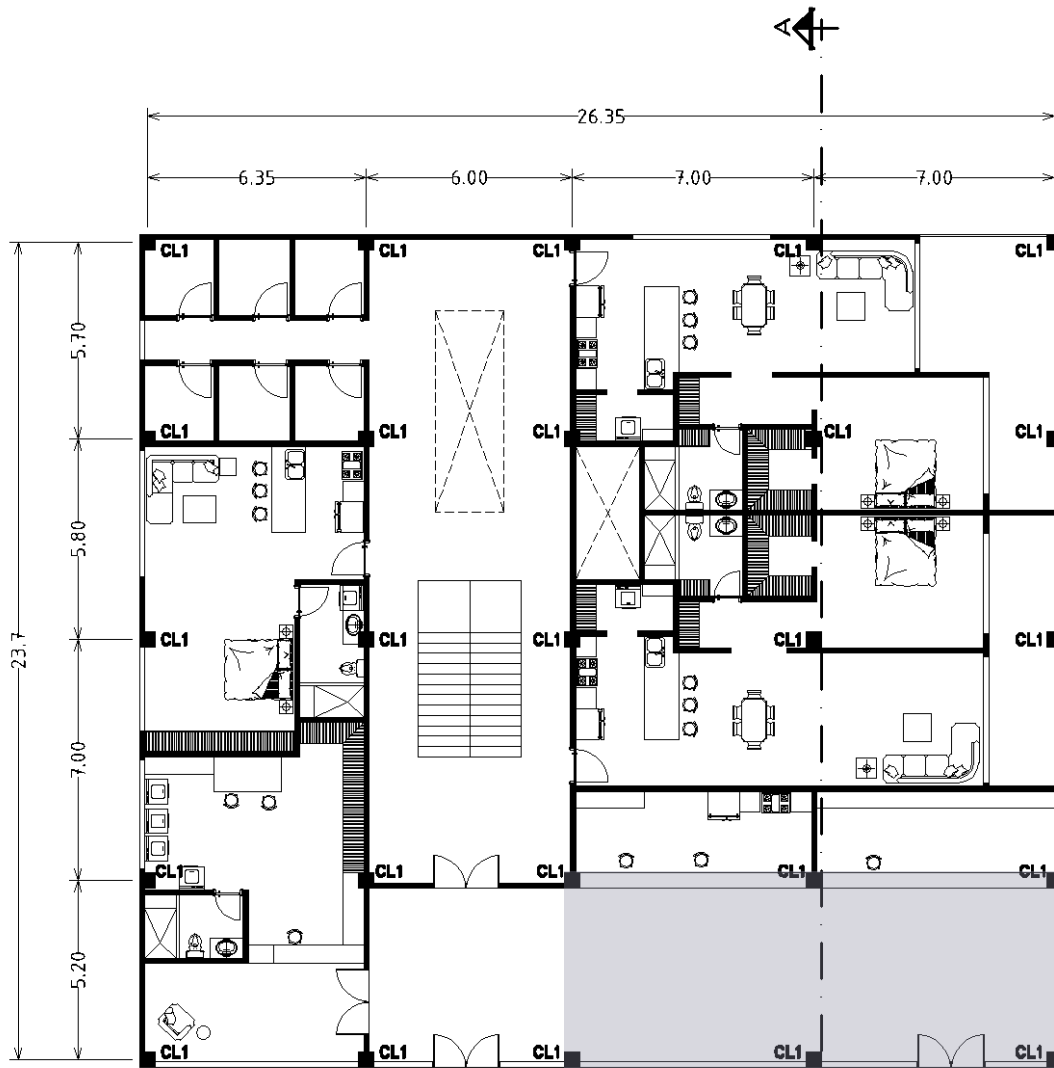
DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|----------------------|-----------------|
| 1 | Tipo de suelo | Limoso |
| 2 | Niveles | 4 |
| 3 | Intercolumnio máximo | 7.00 metros |
| 4 | Material estructural | Concreto armado |
| 5 | Sistema de entrepiso | Losa aligerada |

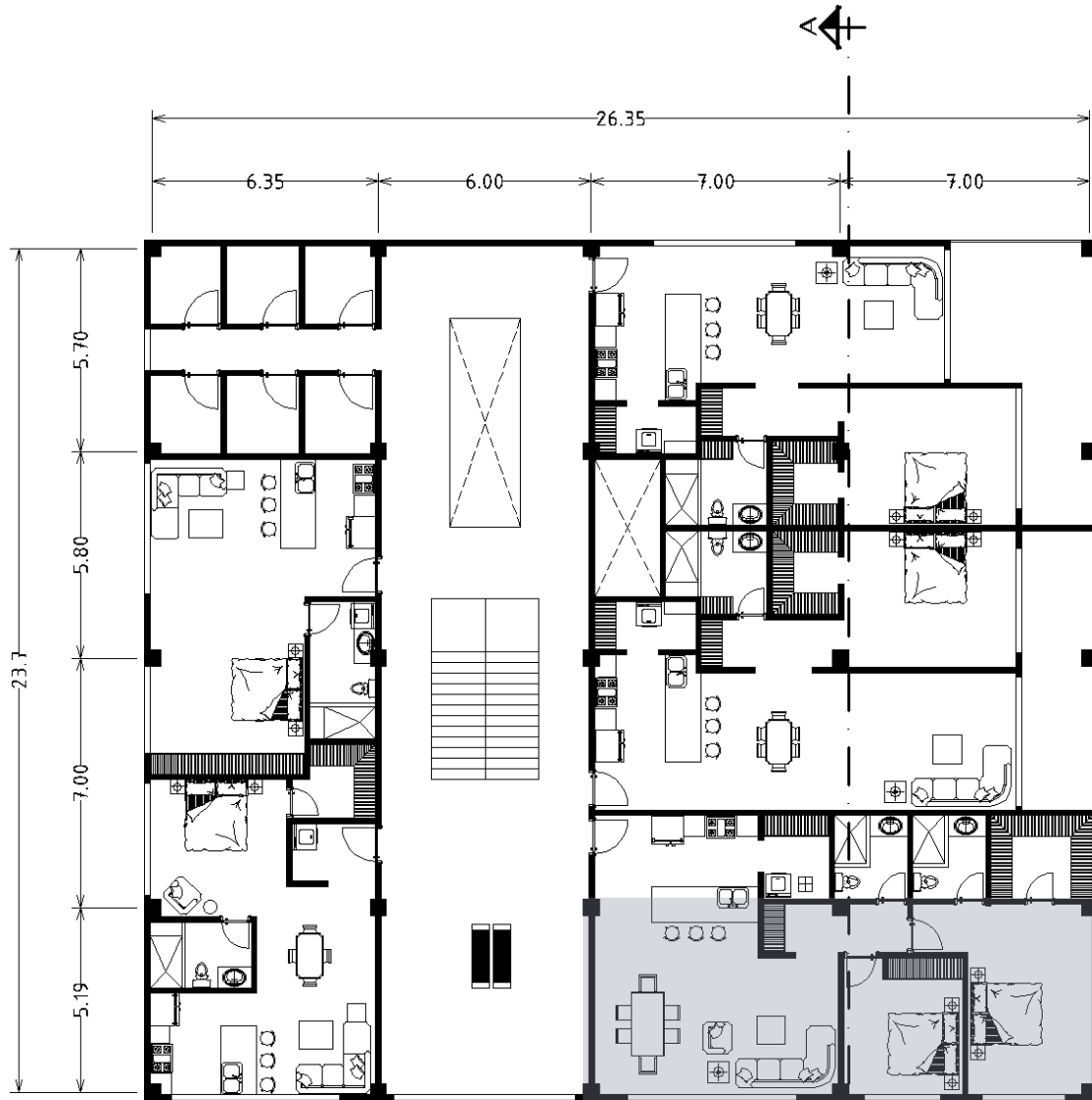
Procedimiento de cálculo de pre-dimensión:

Pág. 266

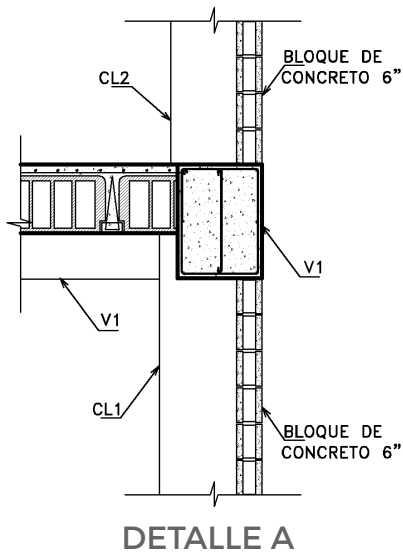
Para efectos del ejercicio únicamente se muestra la planta arquitectónica de primer nivel y una planta tipo de los siguientes 3 niveles, analizando y solucionando estructuralmente el área sombreada.



PLANTA ARQUITECTÓNICA DE PRIMER NIVEL

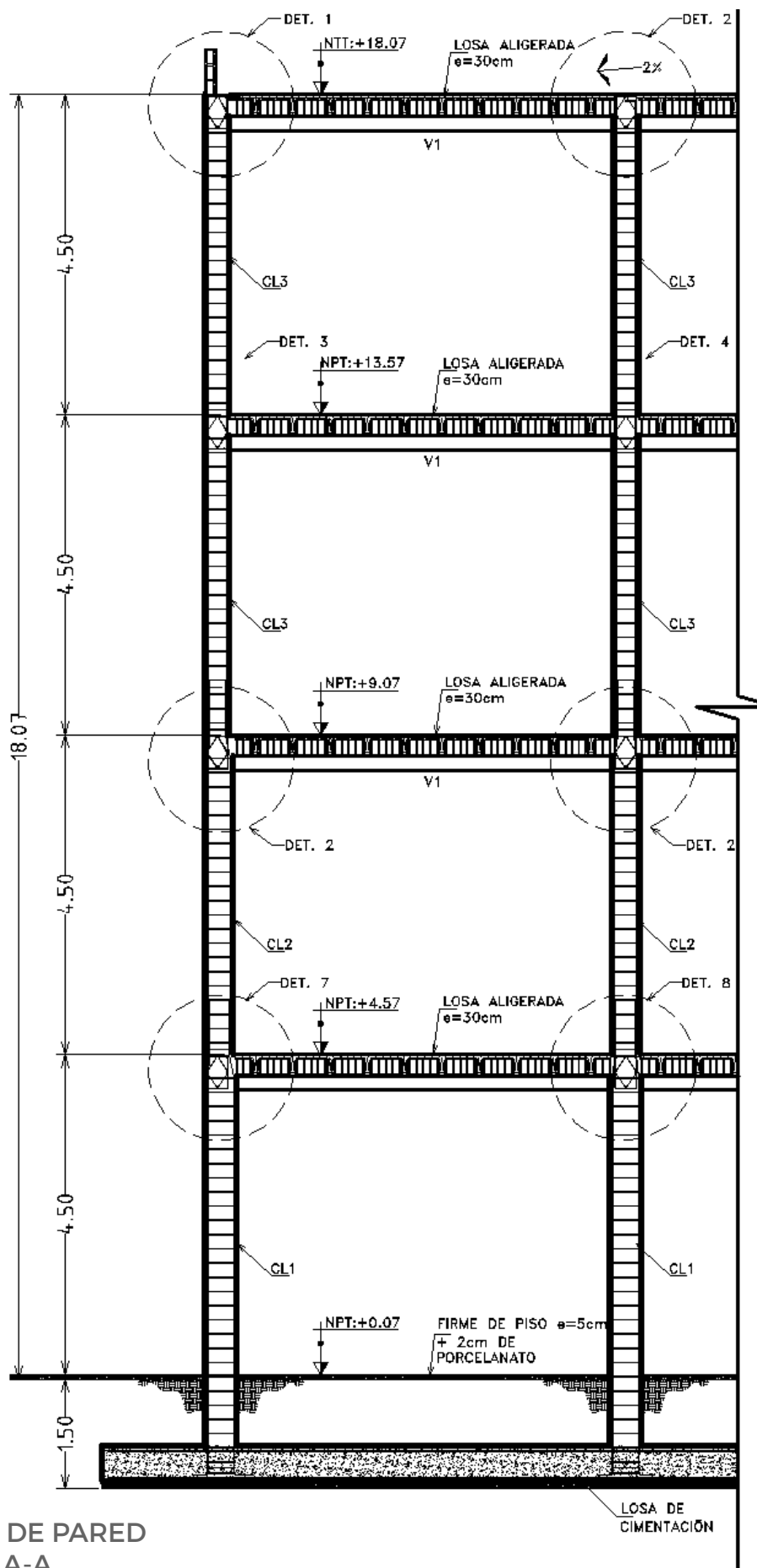


PLANTA ARQUITECTÓNICA TIPO
SEGUNDO A CUARTO NIVEL

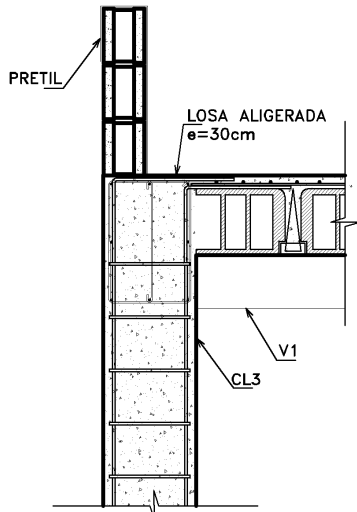


El detalle A muestra la unión entre la viga V1 y la losa de entrepiso aligerada.

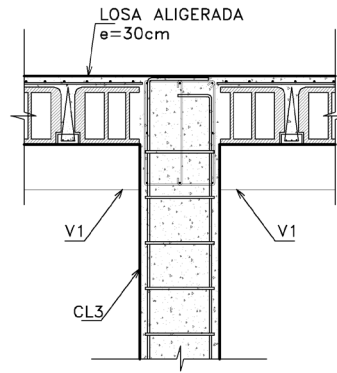
Así mismo se observa la proyección de las columnas CL1 y CL2 en segundo plano, y los muros construídos con bloque de concreto de 6".



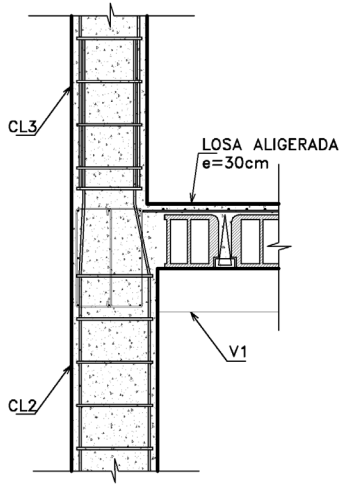
SECCIÓN DE PARED Y TECHO A-A



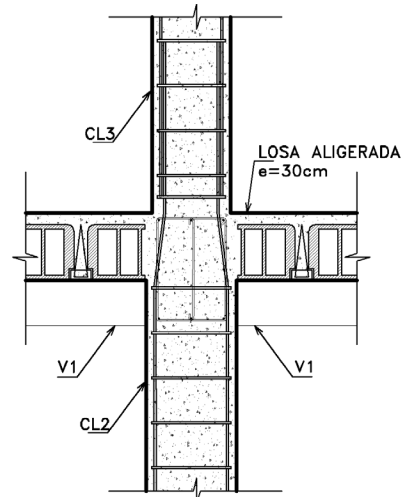
DETALLE 1



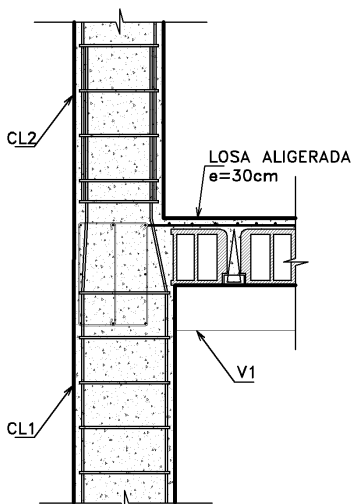
DETALLE 2



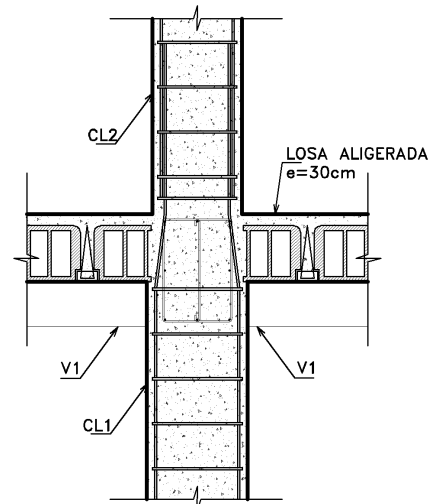
DETALLE 3



DETALLE 4



DETALLE 5



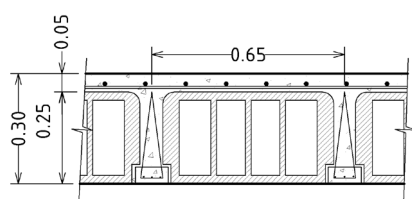
DETALLE 6

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

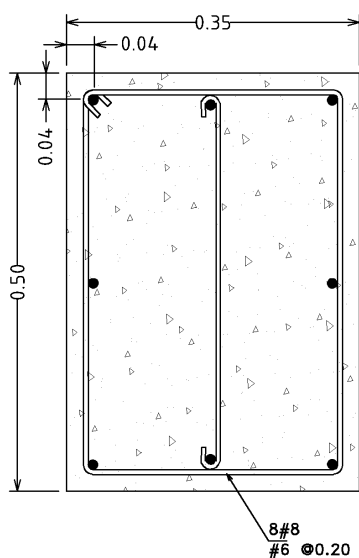
Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

NOTA

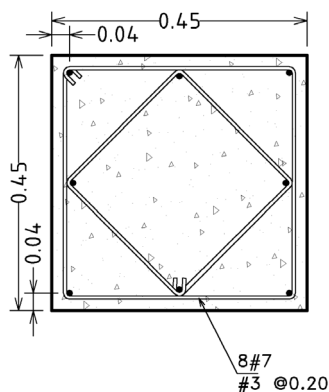
Las dimensiones de los elementos y el distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.



LOSA ALIGERADA



8#8
#6 @ 0.20



8#7
#3 @ 0.20

1. LOSA ALIGERADA

Losa aligerada de entrepiso con espesor de 0.30m.

Ecuación 4. Pre-dimensionamiento de losa aligerada.

Tabla 6. Valores comerciales para losas aligeradas. Pág. 42

2. VIGA VI

Viga simplemente apoyada de concreto armado con dimensiones de 0.35m en su ancho y 0.50m de peralte.

Tabla 7. Pre-dimensionamiento de viga de concreto según su uso. Pág. 49

3. COLUMNA CL1

Columna de concreto sección cuadrada con dimensiones de 0.45x0.45m.

Se ubican en el primer nivel del edificio residencial.

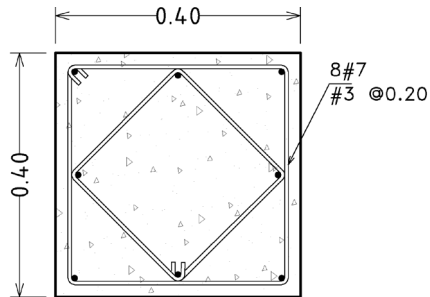
Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.

Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52

4. COLUMNA CL2

Columna de concreto sección cuadrada con dimensiones de 0.40x0.40m.

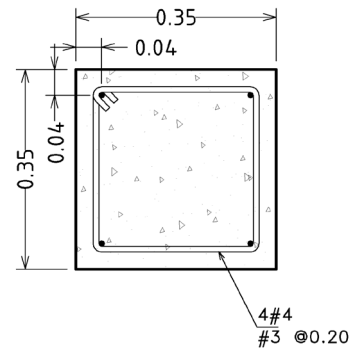
Se ubican en el segundo nivel del edificio residencial.



5. COLUMNA CL3

Columna de concreto sección cuadrada con dimensiones de 0.35x0.35m.

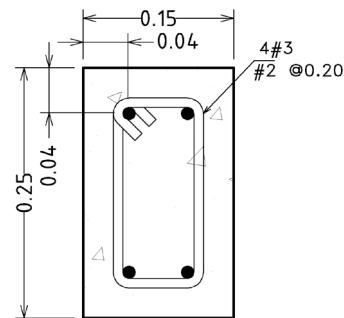
Se ubican en el tercer y cuarto nivel del edificio residencial.



En ambas columnas se implementa:
Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.
Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52

6. SOLERA INFERIOR

Con dimensiones de 0.25m de alto por el espesor del bloque.



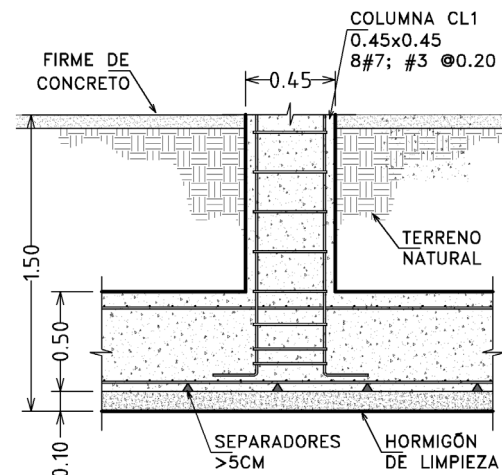
7. LOSA DE CIMENTACIÓN

Se implementa una losa de cimentación con espesor de 0.50m, a una profundidad de 1.50m.

Así mismo, se propone una capa de hormigón de limpieza de 0.10m.

La columna CL1 se encuentra anclada a esta losa, tal como se observan.

Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.
Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62



B5. HOSPITAL

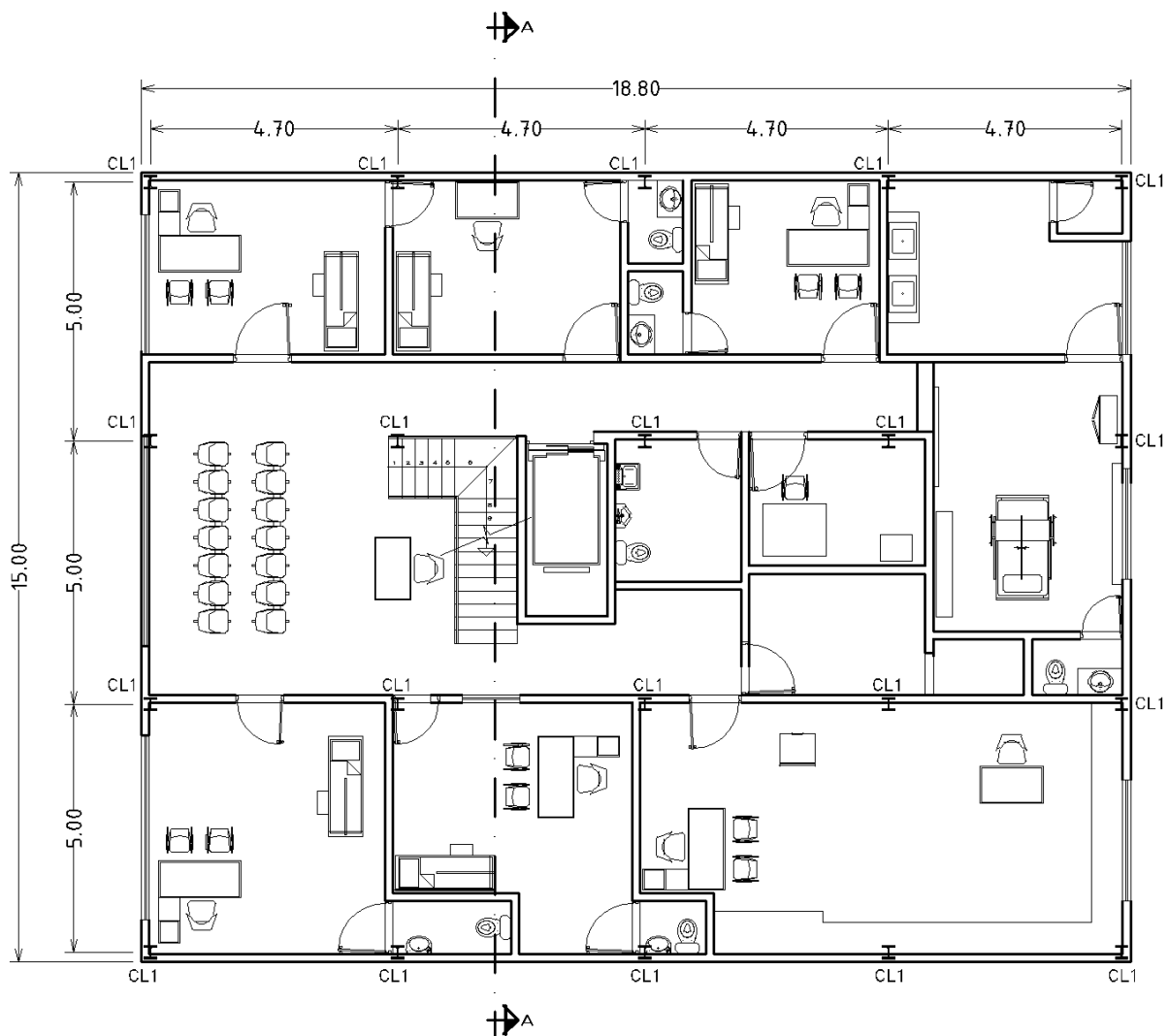
DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|----------------------|-------------|
| 1 | Tipo de suelo | Limoso |
| 2 | Niveles | 2 |
| 3 | Intercolumnio máximo | 5.00 metros |
| 4 | Material estructural | Acero |
| 5 | Sistema de entepiso | Losacero |

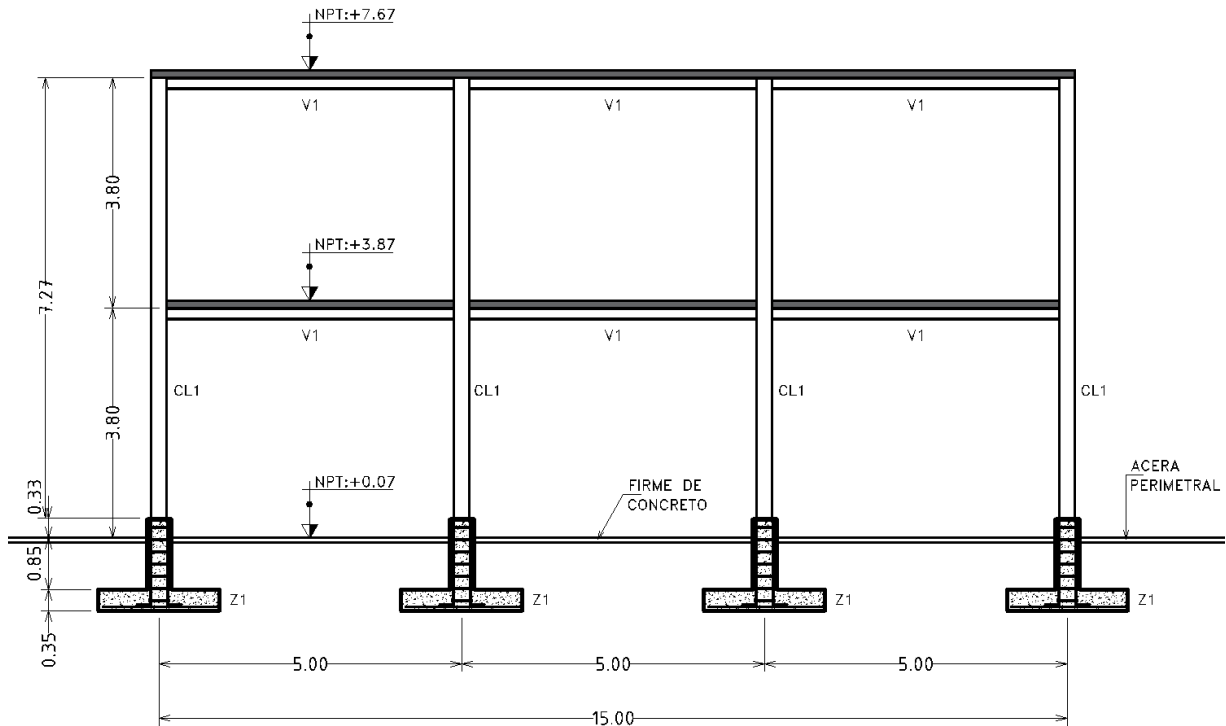
Procedimiento
de cálculo de
pre-dimensión:

Pág. 278

Para efectos del ejercicio únicamente se muestra la planta arquitectónica de primer nivel.



PLANTA ARQUITECTÓNICA
DE PRIMER NIVEL



SECCION A-A

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

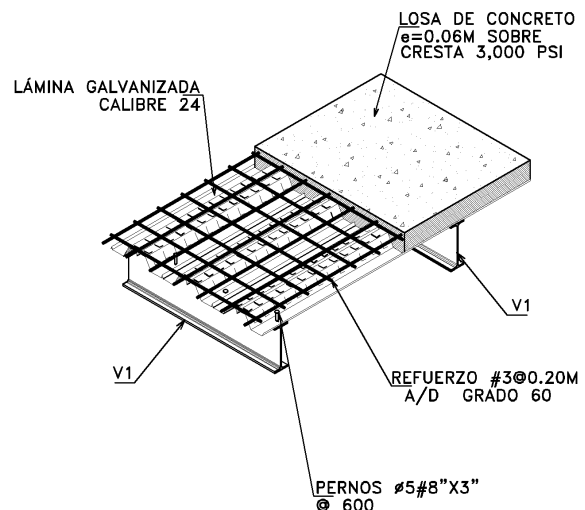
NOTA

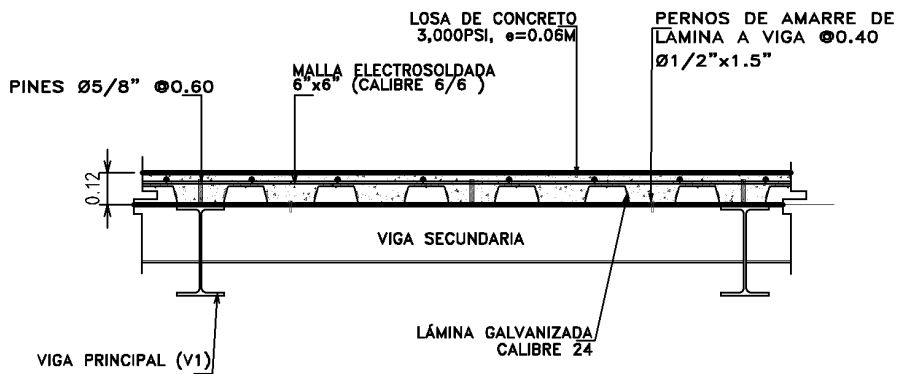
Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

1. LOSA DE ENTREPISO

Se propone losacero de espesor 0.12m como entrepisos, las cuales se fijan a las vigas V1 por medio de pernos de acero.

Losacero es un sistema de entrepiso metálico formado por una lámina corrugada de acero galvanizado estructural, perfilada para que se produzca un efectivo ajuste mecánico con el concreto, gracias a las muescas especiales que además sustituyen el acero a la tracción de la placa.



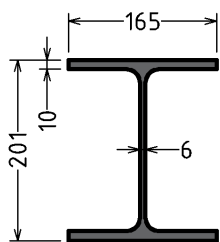


DETALLE LOSACERO

Las medidas de los perfiles W se encuentran en milímetros.

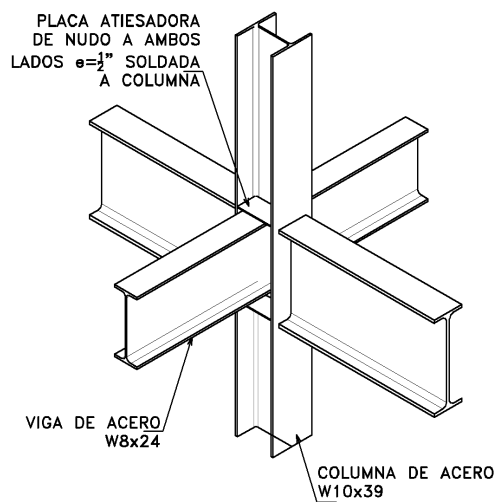
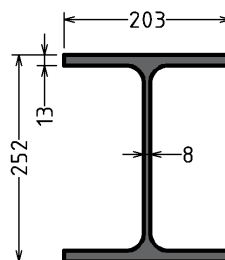
2. VIGA V1

Viga de acero soldada a columna, perfil W8x24.

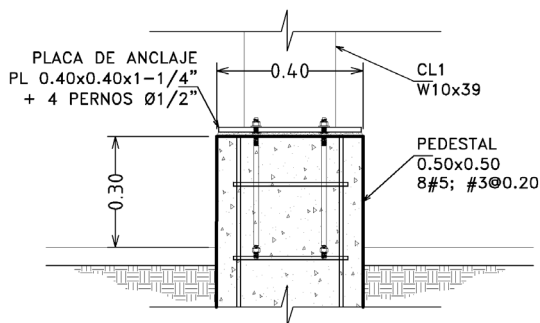


3. COLUMNA CL1

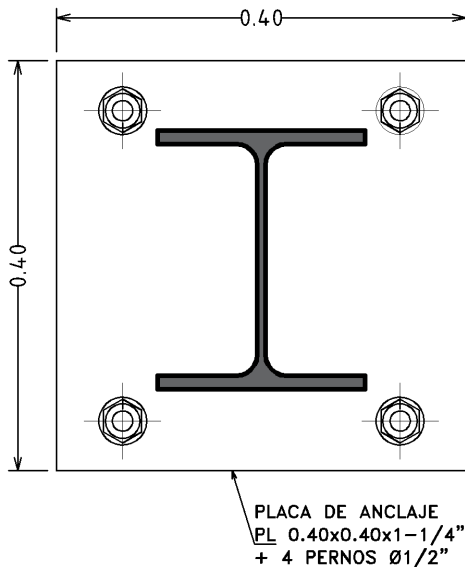
Columna de acero perfil W10x39.



ISOMÉTRICO DE UNIÓN VIGA-COLUMNA



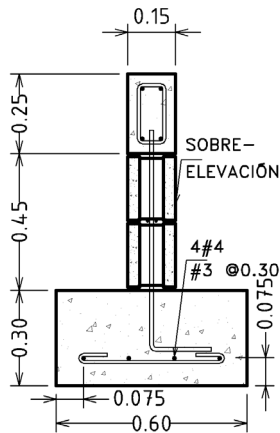
DETALLE DE UNIÓN COLUMNA A PEDESTAL



4. PLACA DE ANCLAJE

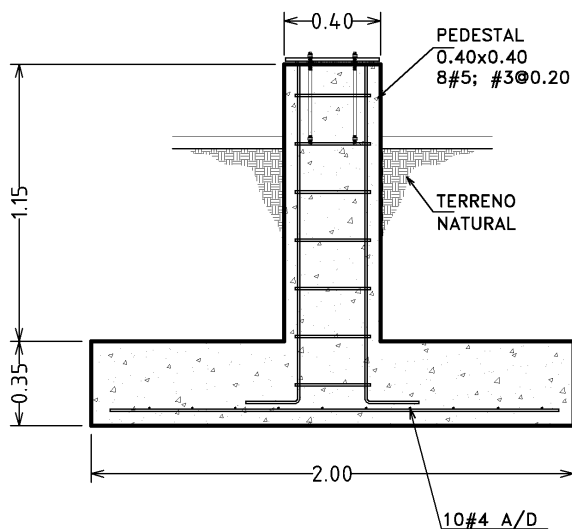
Placa donde se solda la columna CL1, uniéndola al pedestal de concreto armado que forma parte de la zapata Z1.

La placa de anclaje se une al pedestal por medio de pernos de acero.



5. CIMIENTO CORRIDO

Consta de un cimiento corrido con un ancho de 0.60 la longitud del muro y una altura de 0.30 m, una sobreelavación con bloques de hormigón de 6" y una solera inferior con medidas 0.15 x 0.25 m.



6. ZAPATA Z1

Zapata de concreto armado con dimensiones de 2.00x2.00m y un espesor de 0.35m.

Así mismo, un pedestal de dimensiones 0.40x0.40m y una profundidad de 1.5m, sobre saliendo 20cm del nivel de piso.

Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.

Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62

B6. CENTRO COMERCIAL

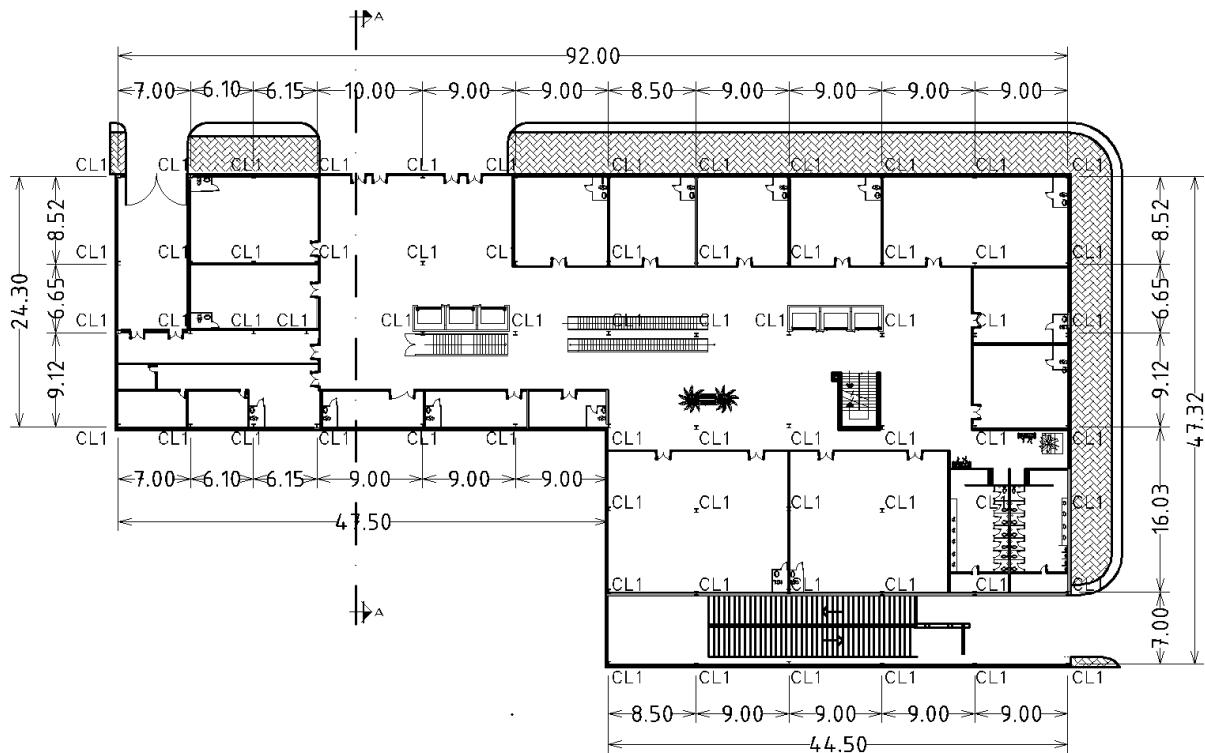
DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|----------------------|--------------|
| 1 | Tipo de suelo | Arenoso |
| 2 | Niveles | 3 |
| 3 | Intercolumnio máximo | 10.00 metros |
| 4 | Material estructural | Acero |
| 5 | Sistema de entrepiso | Losacero |

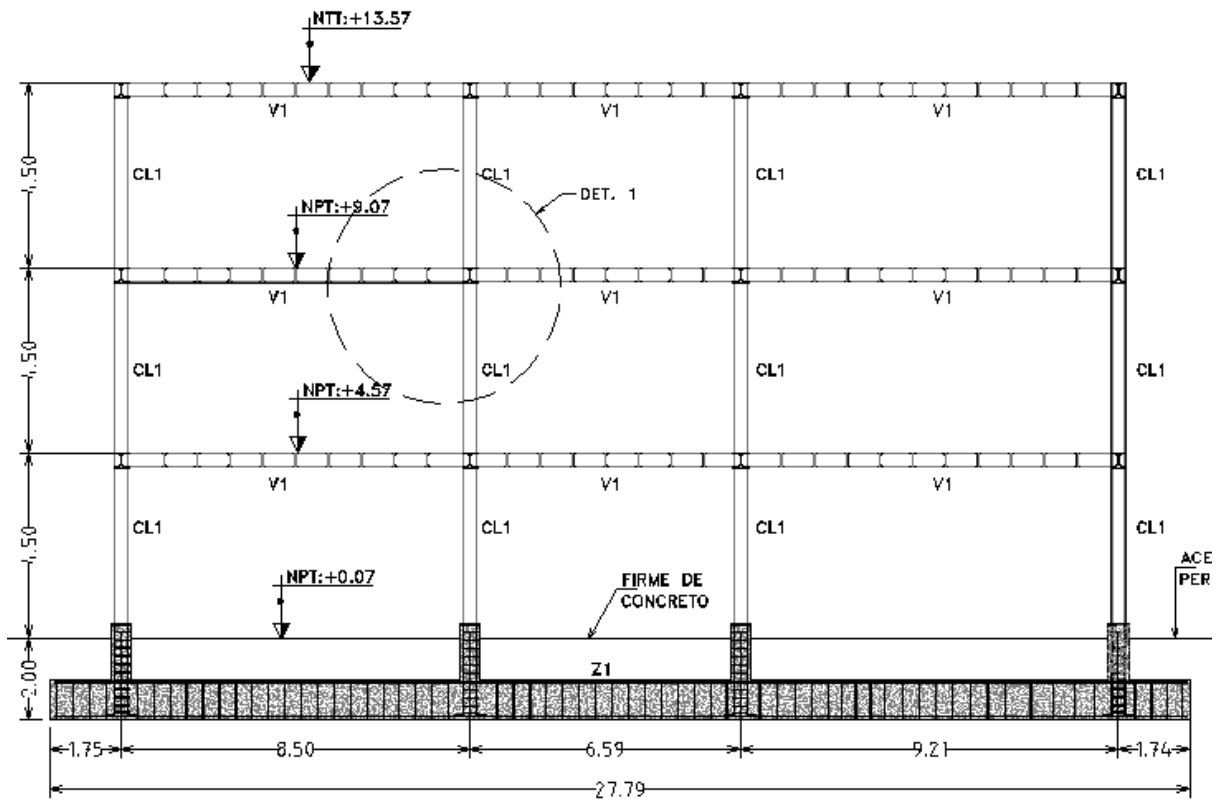
Procedimiento de cálculo de pre-dimensión:

Pág. 279

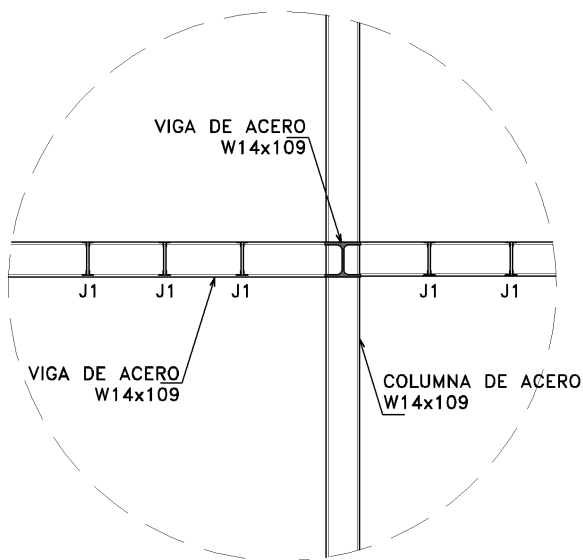
Para efectos del ejercicio se implementa el mismo centro comercial del ejercicio B3 del Capítulo 3 (Pág. 104), y se hacen claros más grandes. Únicamente se muestra la planta arquitectónica de primer nivel.



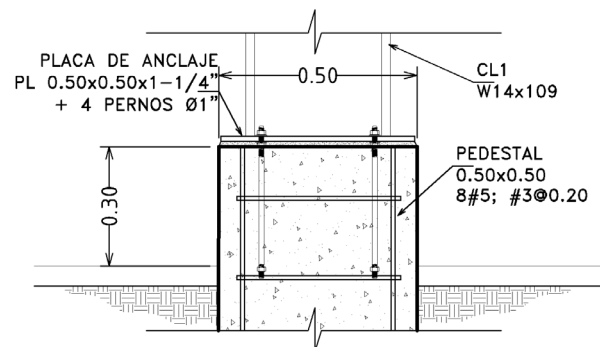
PLANTA ARQUITECTÓNICA DE PRIMER NIVEL



SECCIÓN A-A



DETALLE 1



DETALLE DE UNIÓN COLUMNA A PEDESTAL

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

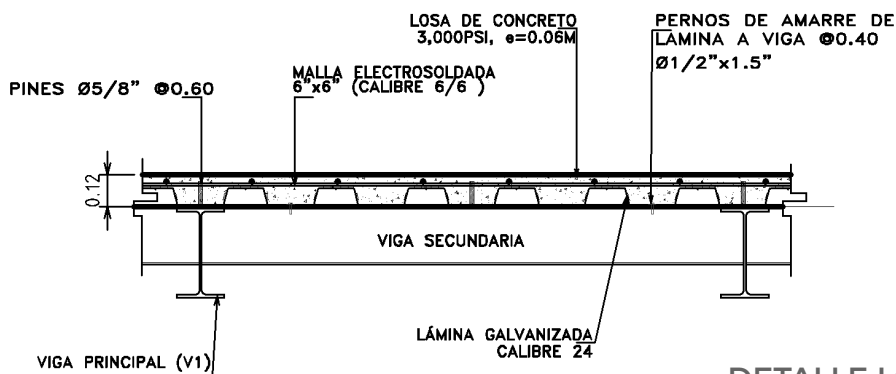
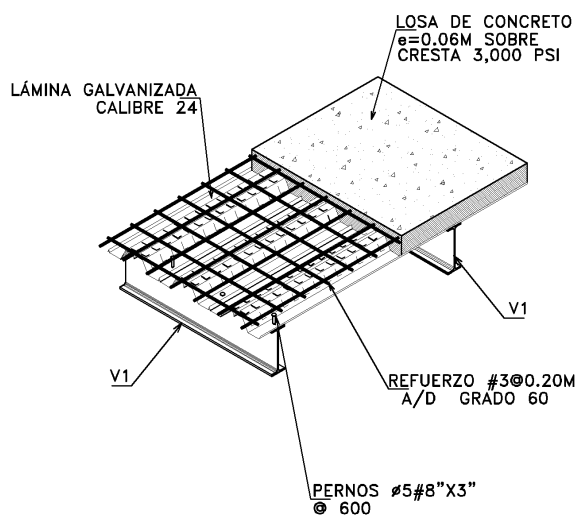
NOTA

Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

1. LOSA DE ENTREPISO

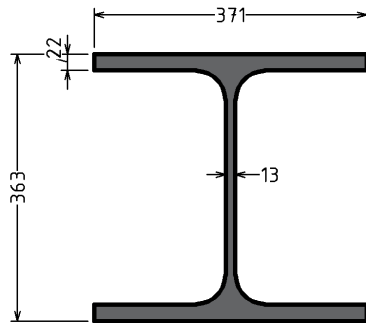
Se propone losacero de espesor 0.12m como entrepisos, las cuales se fijan a las vigas V1 por medio de pernos de acero.

Losacero es un sistema de entrepiso metálico formado por una lámina corrugada de acero galvanizado estructural, perfilada para que se produzca un efectivo ajuste mecánico con el concreto, gracias a las muescas especiales que además sustituyen el acero a la tracción de la placa.



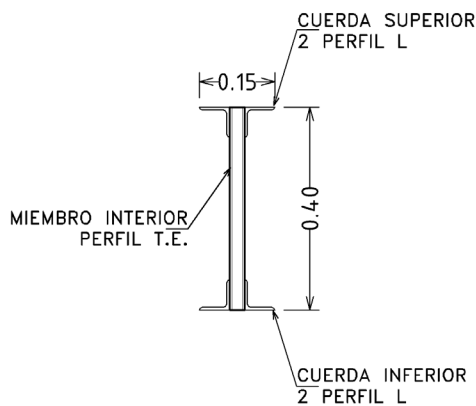
DETALLE LOSACERO

Las medidas de los perfiles W se encuentran en milímetros.



2. VIGA V1

Viga de acero soldada a columna, perfil W14x109.

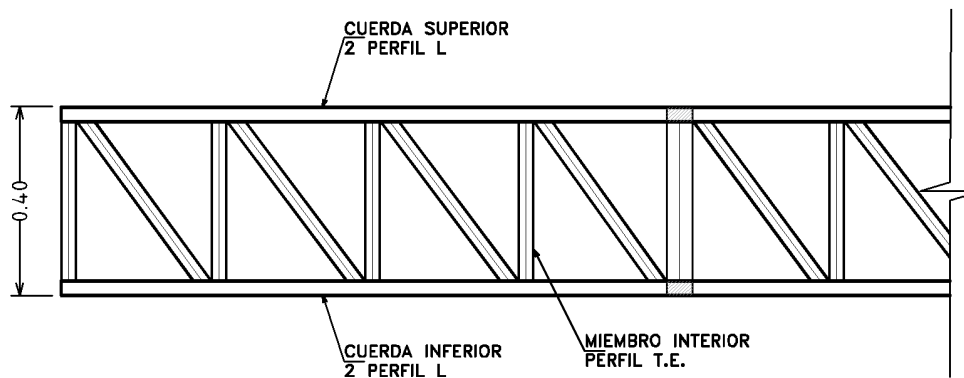


3. VIGA CELOSÍA J1

Viga celosía formada por ángulos en sus cuerdas y tubos estructurales en sus miembros internos.

Dimensiones: 0.15x0.40m.

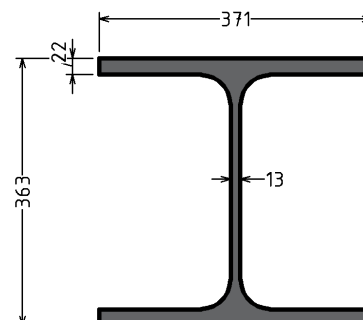
VISTA LATERAL J1

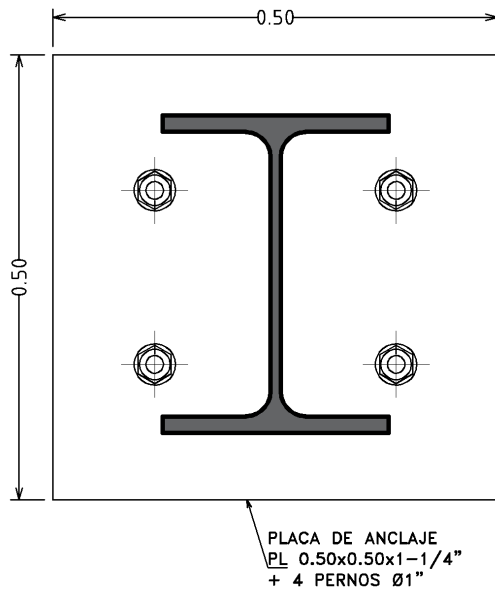


VISTA LONGITUDINAL J1

4. COLUMNA CL1

Columna de acero perfil W14x109.

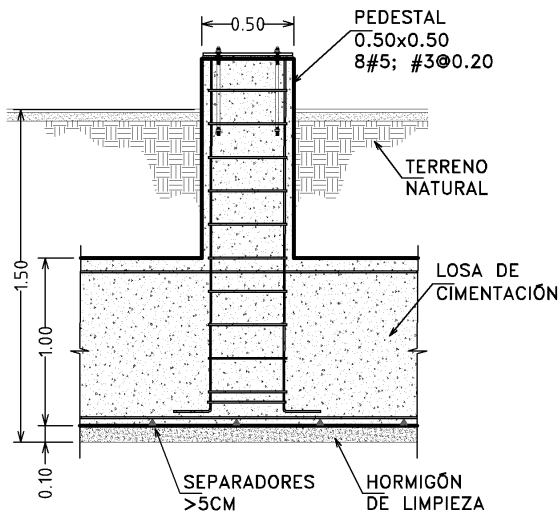




5. PLACA DE ANCLAJE

Placa donde se solda la columna CL1, anclandola al pedestal de concreto armado que forma parte del pedestal que une a la losa de cimentación.

La placa de anclaje se une al pedestal por medio de pernos de acero.



6. LOSA DE CIMENTACIÓN

Losa de cimentación con espesor de 1.00m.

Así mismo, un pedestal de dimensiones 0.50x0.50m y una profundidad de 0.50m, sobre saliendo 20cm del nivel de piso.

Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.

Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62

B7. HOTEL

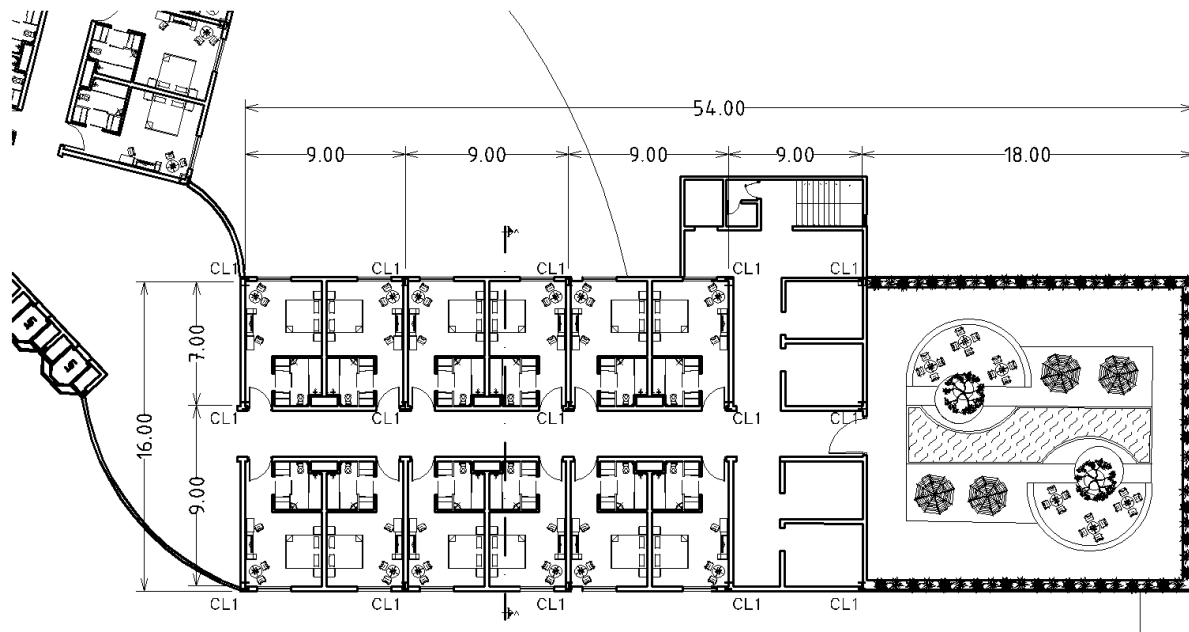
DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|----------------------|-------------|
| 1 | Tipo de suelo | Arcilloso |
| 2 | Niveles | 4 |
| 3 | Intercolumnio máximo | 9.00 metros |
| 4 | Material estructural | Acero |
| 5 | Sistema de entrepiso | Losacero |

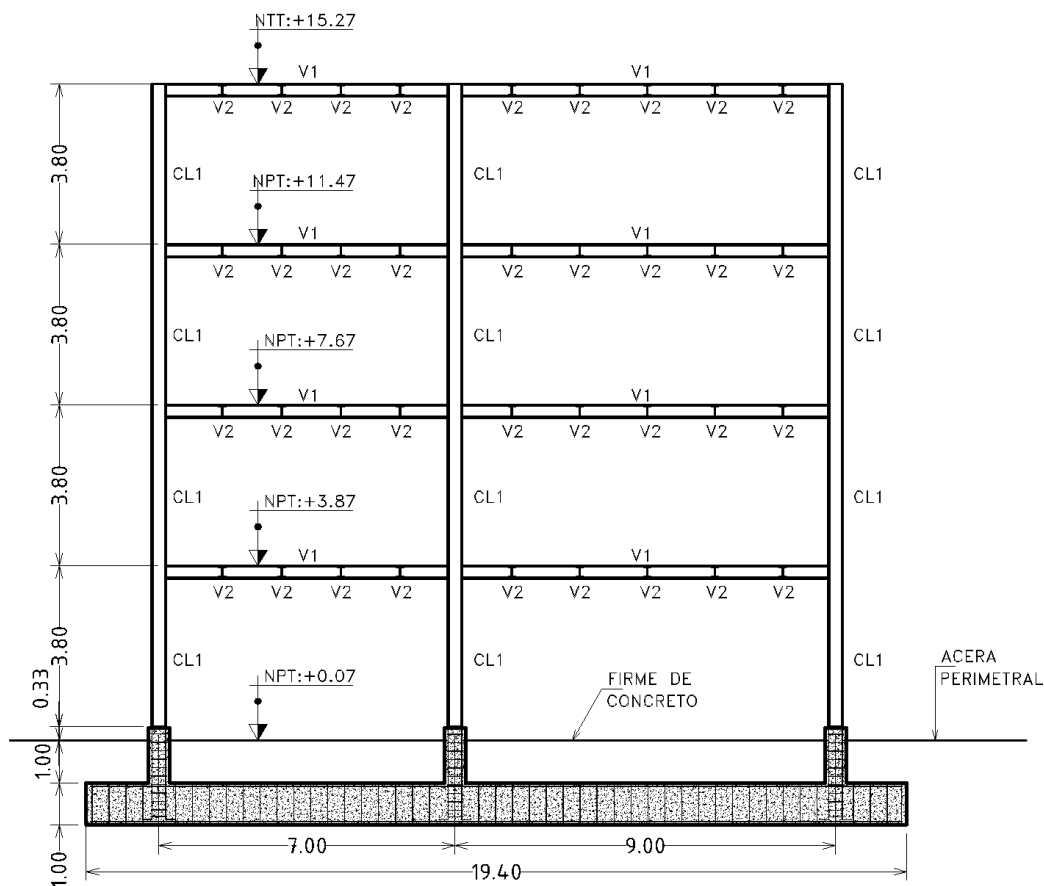
Procedimiento de cálculo de pre-dimensión:

Pág. 280

Para efectos del ejercicio únicamente se muestra la planta arquitectónica de tercer nivel de un módulo del hotel.



PLANTA ARQUITECTÓNICA DE TERCER NIVEL



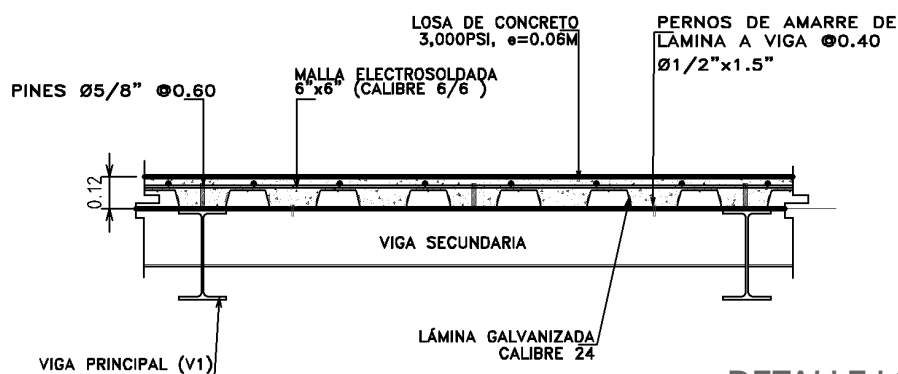
SECCIÓN A-A

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

1. LOSA DE ENTREPISO

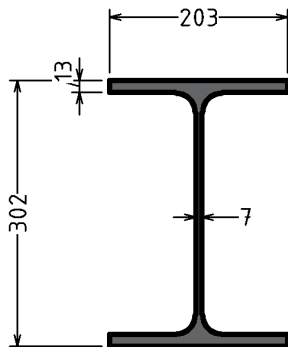
Se propone losacero de espesor 0.12m como entrepisos, las cuales se fijan a las vigas V1 por medio de pernos de acero.



DETALLE LOSACERO

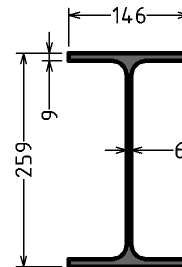
2. VIGA PRINCIPAL V1

Viga de acero soldada a columna, perfil W12x40.



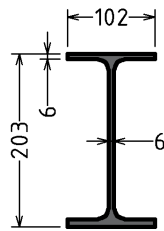
3. VIGA SECUNDARIA V2

Viga de acero soldada a viga V1, perfil W10x22.



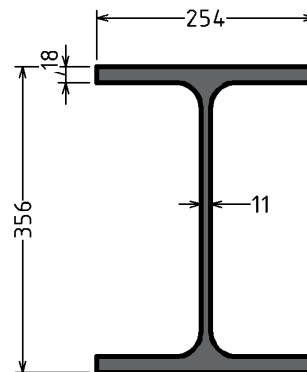
4. VIGAS DE ARRIOSTRE

Debido al claro de 9m, se implementa una viga de arriostre de acero soldada entre las vigas V2, perfil W8x13.

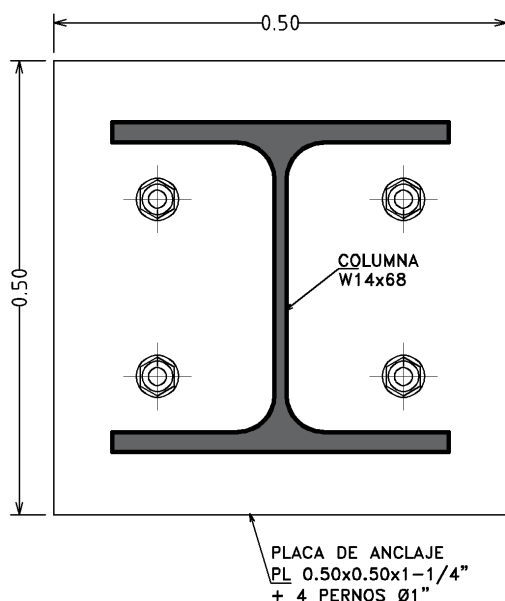


5. COLUMNA CL1

Columna de acero perfil W14x68.



Las medidas de los perfiles W se encuentran en milímetros.



6. PLACA DE ANCLAJE

Placa donde se solda la columna CL1, anclandola al pedestal de concreto armado que forma parte del pedestal que une a la losa de cimentación.

La placa de anclaje se une al pedestal por medio de pernos de acero.

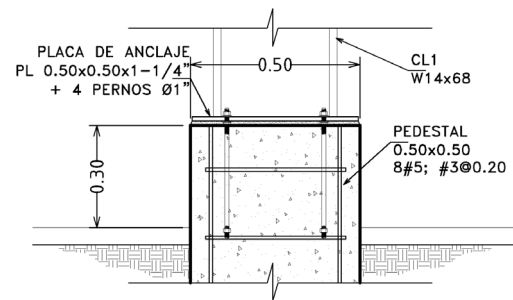
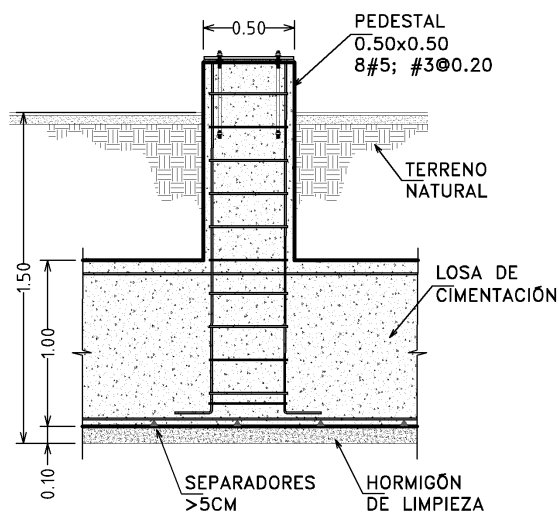
NOTA

Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

7. LOSA DE CIMENTACIÓN

Losa de cimentación con espesor de 1.00m.

Así mismo, pedestales de dimensiones 0.50x0.50m y una profundidad de 0.50m, sobre saliendo 20cm del nivel de piso.



DETALLE DE UNIÓN
COLUMNA A PEDESTAL

Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.
Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62

CAPÍTULO 4

CATEGORÍA C

EDIFICACIONES DE 5 O MÁS NIVELES

| | |
|---|--------|
| Categoría C. Edificaciones de 5 o más niveles | P. 131 |
| C1. Hospital | P. 132 |
| C2. Universidad | P. 139 |
| C3. Clúster | P. 143 |
| C4. Hotel | P. 149 |
| C5. Hotel | P. 152 |

04

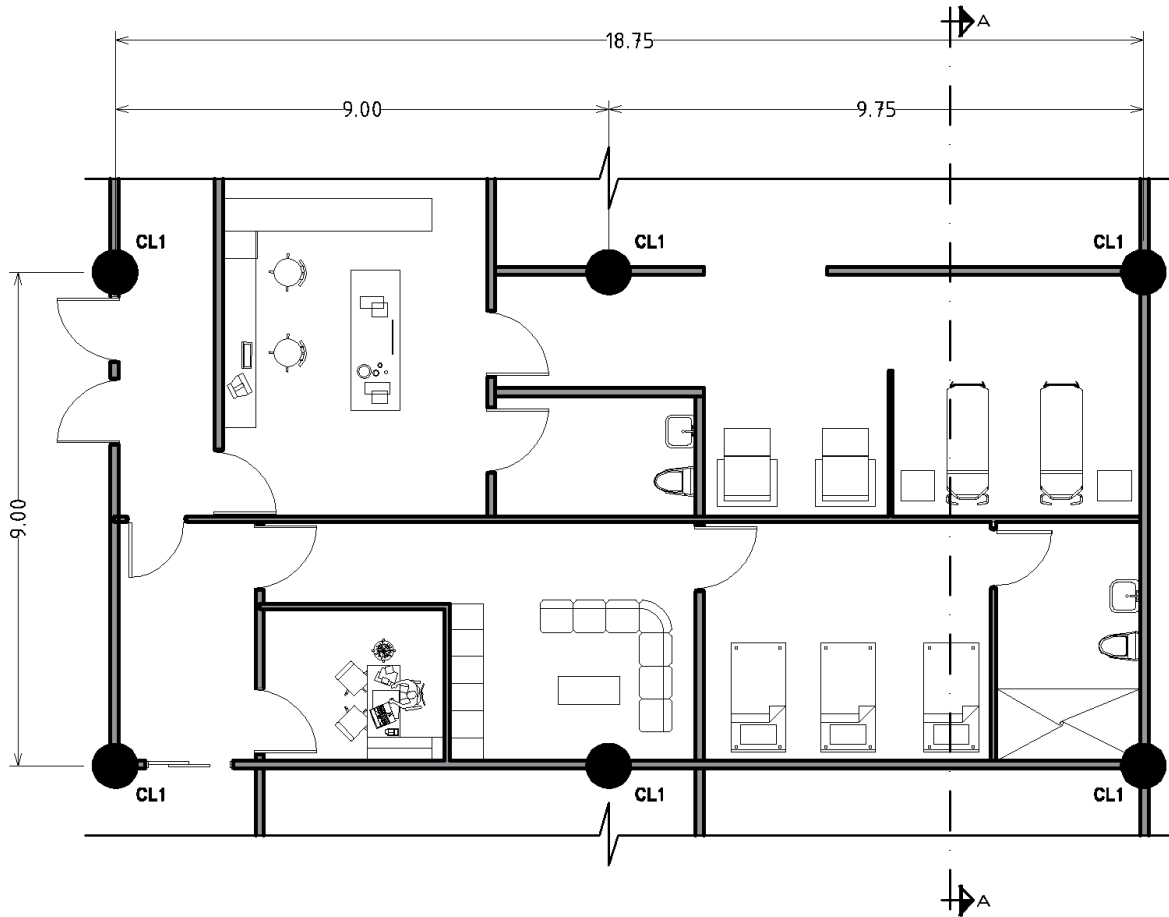
CATEGORÍA C EDIFICACIONES DE 5 O MÁS NIVELES

Este capítulo consta de propuestas de pre-dimensionamiento para elementos estructurales básicos en una edificación como cimentación, columnas, castillos y jambas, vigas y estructura de techo.

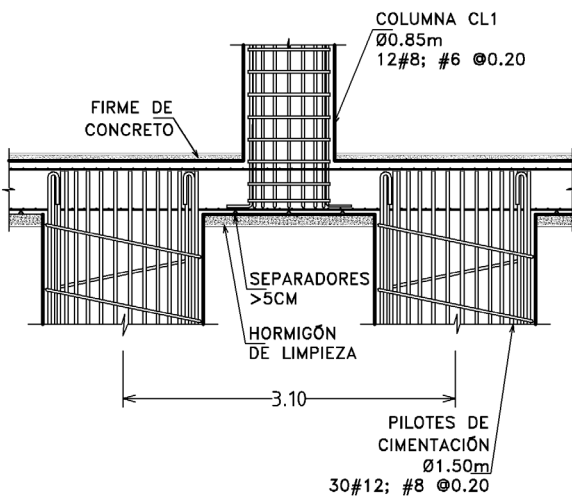
Las dimensiones que se proponen no son finales, sino, magnitudes orientativas en cuanto a dimensiones del elemento que puedan servir para afinar un proceso de diseño que, finalmente, habrá de ser ratificado por un cálculo exhaustivo.

Los escenarios que encontrarás son:

- 1 Hospital
- 2 Torre Corporativa
- 3 Torre Hotel
- 4 Centro Educativo
- 5 Clúster
- 6 Hotel

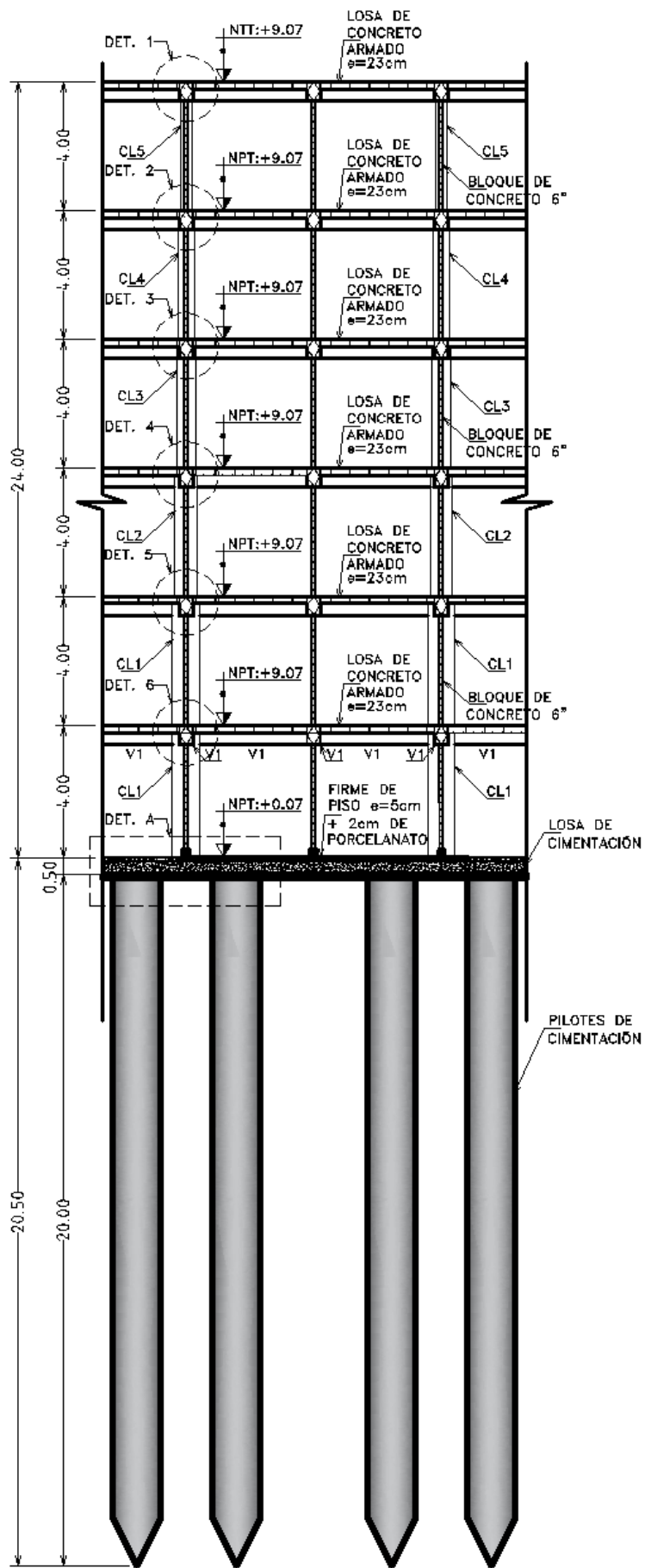


PLANTA ARQUITECTÓNICA DE ÁREA ANALIZADA, PRIMER NIVEL

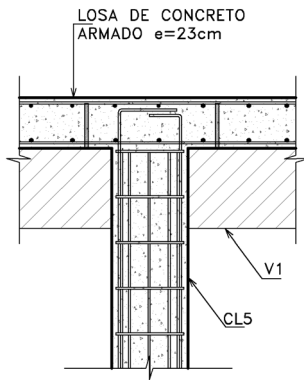


DETALLE A

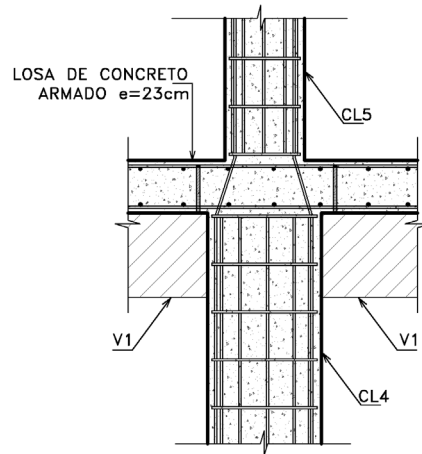
El detalle A muestra la unión entre la columna CL1 con la losa de cimentación y los pilotes dobles de cimentación.



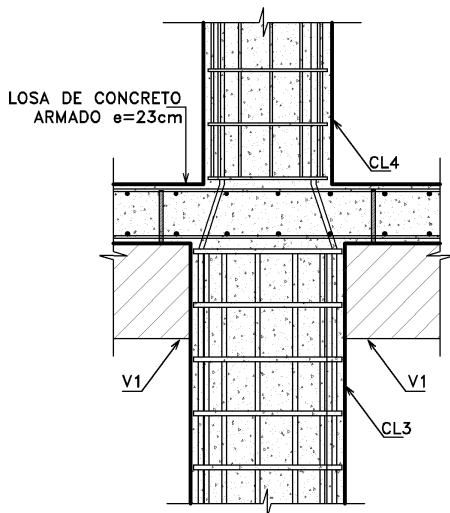
SECCIÓN A-A



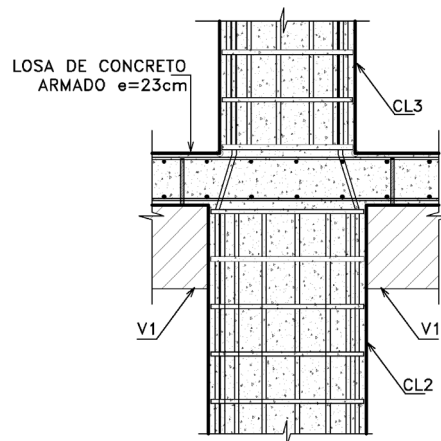
DETALLE 1



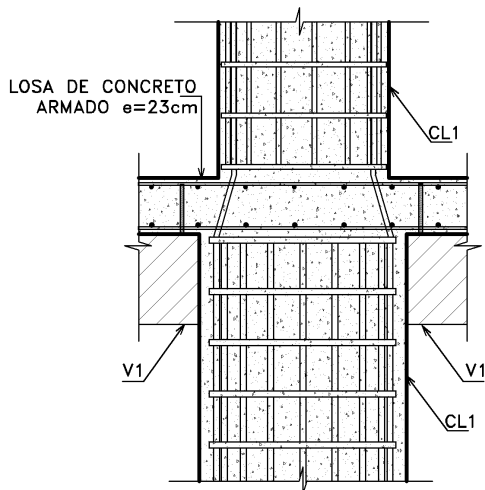
DETALLE 2



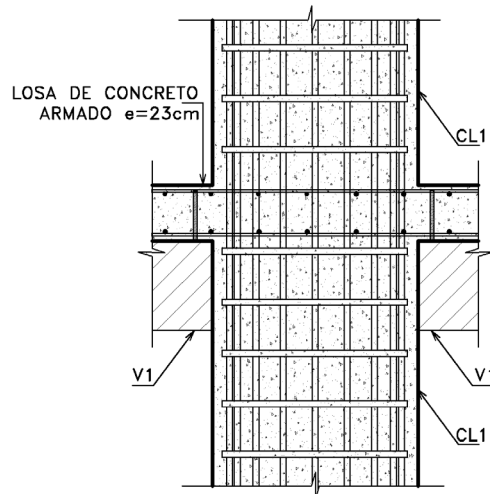
DETALLE 3



DETALLE 4



DETALLE 5



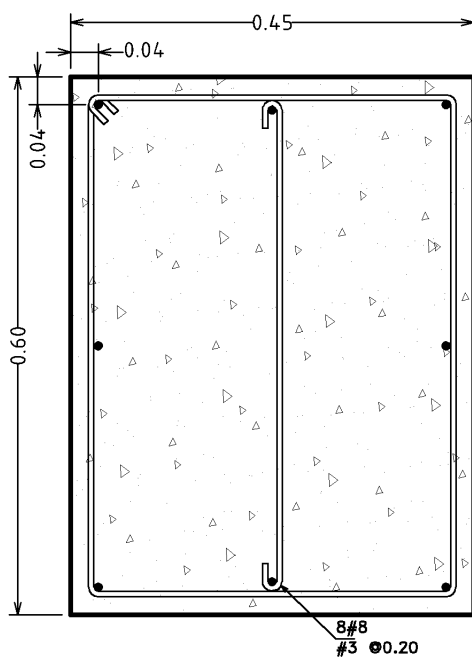
DETALLE 6

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

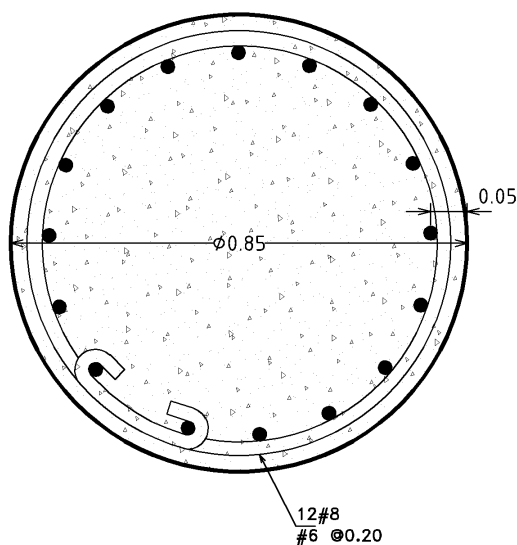
Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

NOTA

Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.



VI



CL1

1. VIGA VI

Viga simplemente apoyada de concreto armado con dimensiones de 0.45m en su ancho y 0.60m de peralte.

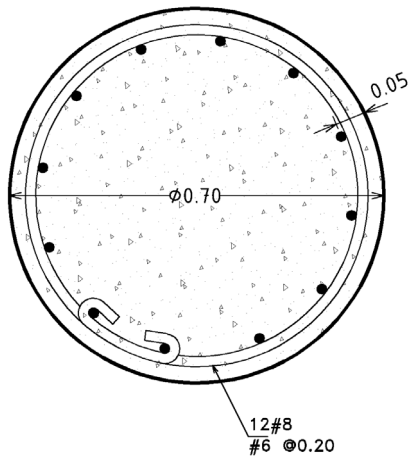
Tabla 7. Pre-dimensionamiento de viga de concreto según su uso. Pág. 49

2. COLUMNA CL1

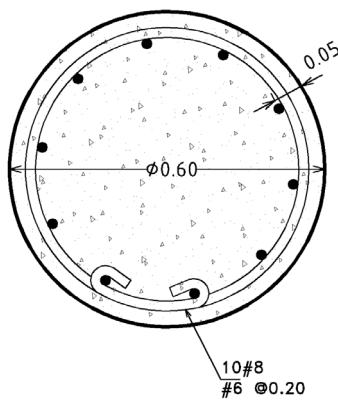
Columna de concreto sección circular con 0.85m de diámetro.

Se ubican en el primer nivel del edificio hospitalario.

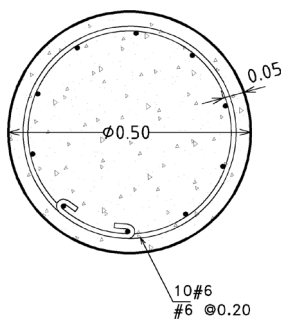
Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.
Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52



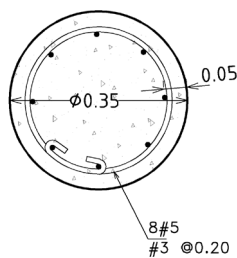
CL2



CL3



CL4



CL5

3. COLUMNA CL2

Columna de concreto sección circular con 0.70m de diámetro.

Se ubican en el segundo nivel del edificio hospitalario.

Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.
Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52

4. COLUMNA CL3

Columna de concreto sección circular con 0.60m de diámetro.

Se ubican en el tercer nivel del edificio hospitalario.

Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.
Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52

5. COLUMNA CL4

Columna de concreto sección circular con 0.50m de diámetro.

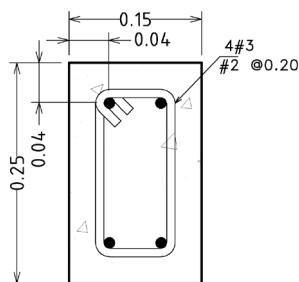
Se ubican en el cuarto nivel del edificio hospitalario.

6. COLUMNA CL5

Columna de concreto sección circular con 0.35m de diámetro.

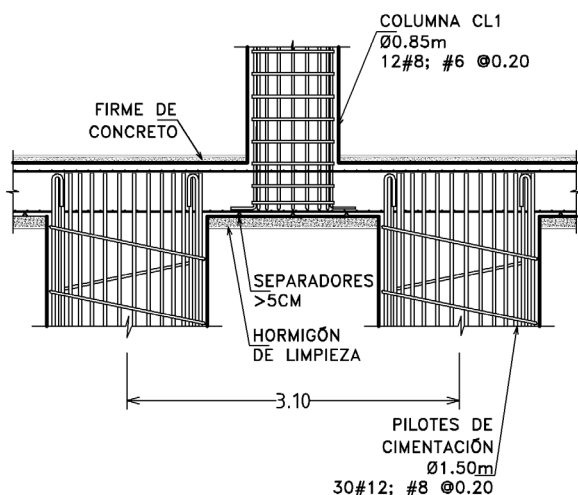
Se ubican en el quinto y sexto nivel del edificio hospitalario.

Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.
Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52



7. SOLERA INFERIOR

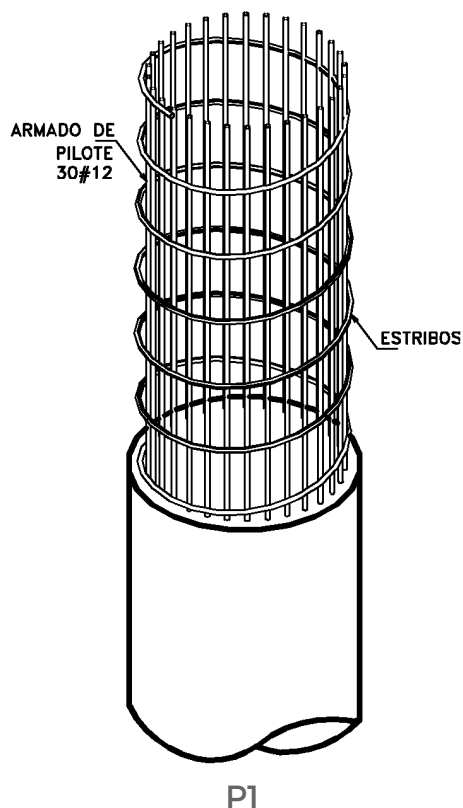
Con dimensiones de 0.25m de alto por el espesor del bloque.



8. LOSA Y PILOTES DE CIMENTACIÓN

Al situarse la edificación en un terreno arenoso, donde el sustrato rocoso se encuentra a 12.00 metros de profundidad, se dispone de pilotes dobles de 1.50 metros diámetro que se ubican a 3.1m del eje de la columna CL1.

Dicha columna se encuentra anclada a una losa de cimentación.



Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.

Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62

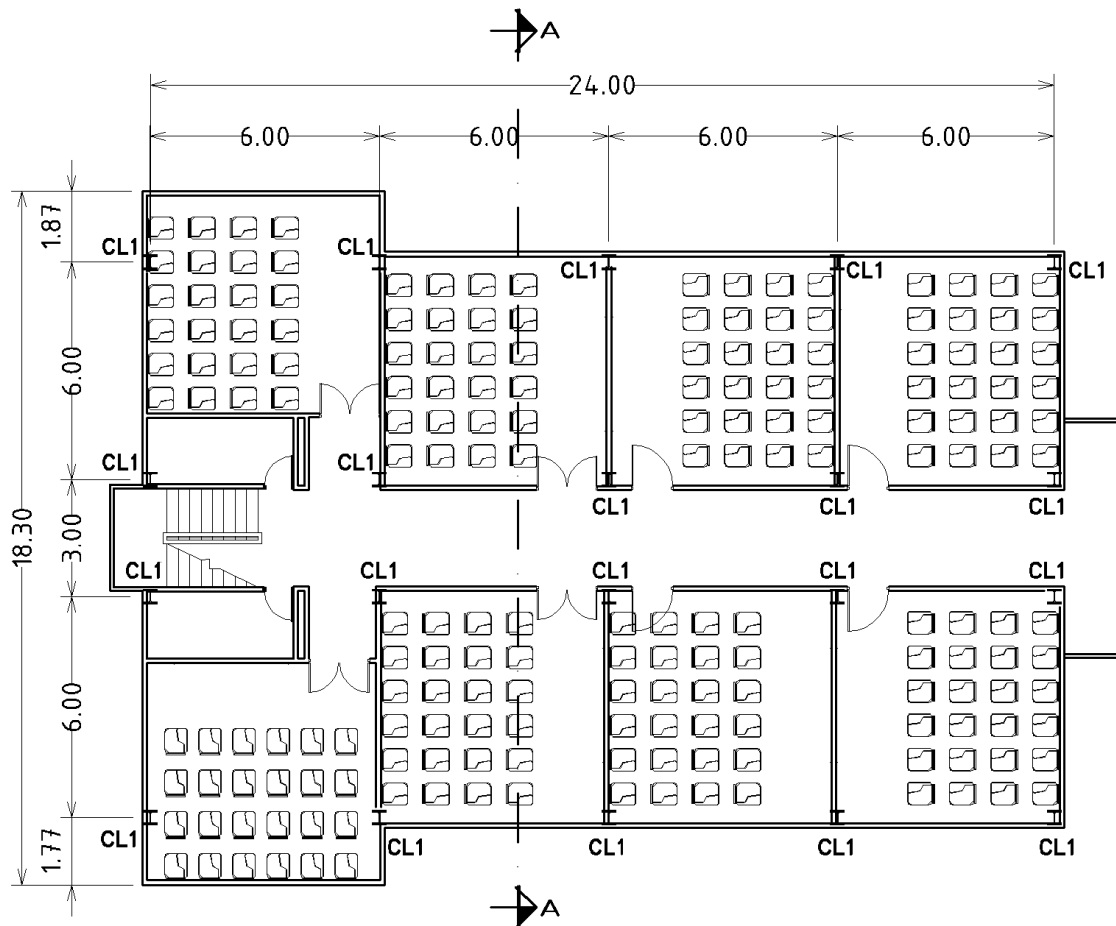
C2. UNIVERSIDAD

DATOS DEL PROYECTO

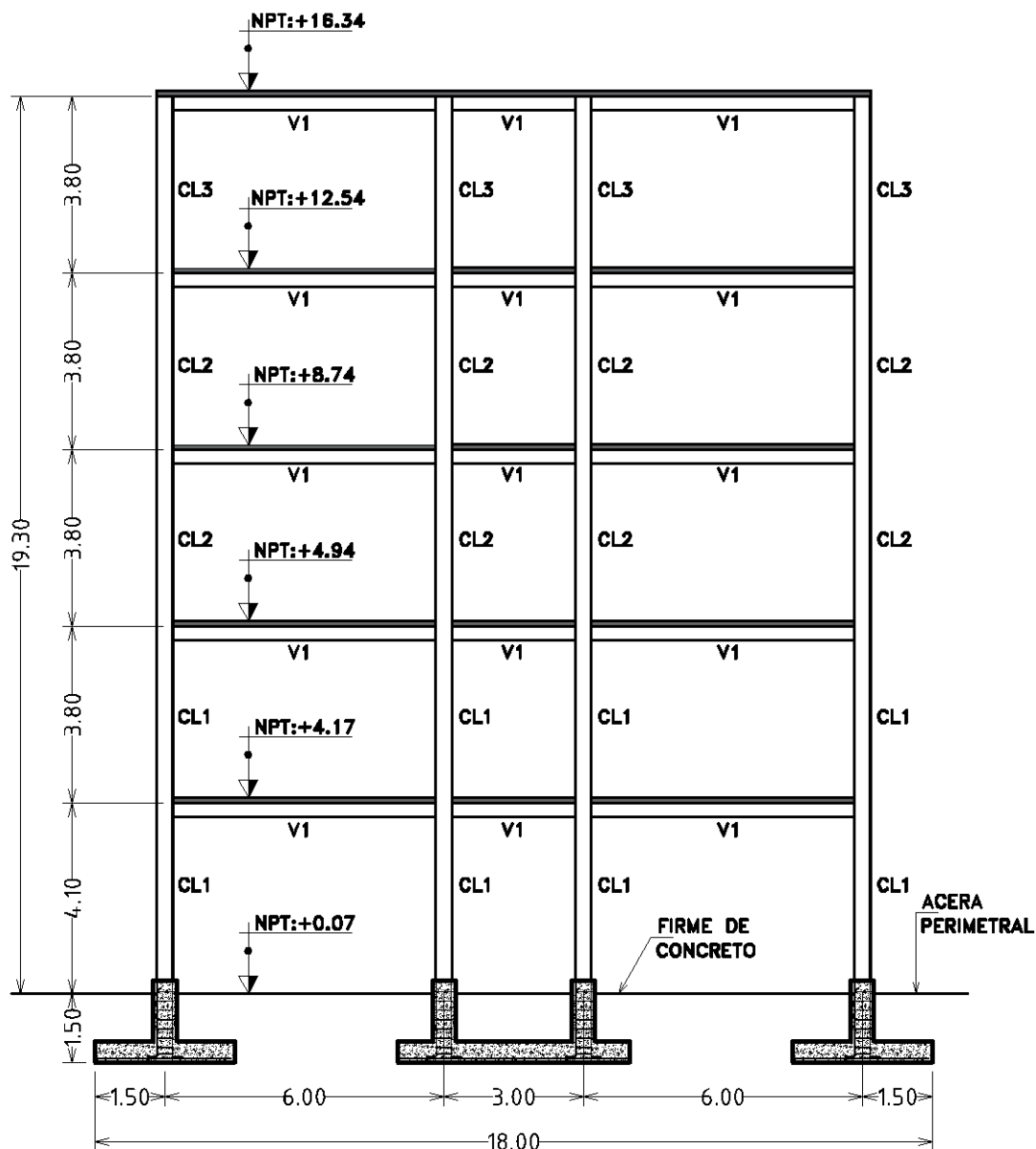
| | | |
|---|----------------------|-------------|
| 1 | Tipo de suelo | Rocoso |
| 2 | Niveles | 5 |
| 3 | Intercolumnio máximo | 6.00 metros |
| 4 | Material estructural | Acero |
| 5 | Sistema de entrepiso | Losacero |

Procedimiento de cálculo de pre-dimensión:

Pág. 282



PLANTA ARQUITECTÓNICA DE TERCER NIVEL



SECCIÓN A-A

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

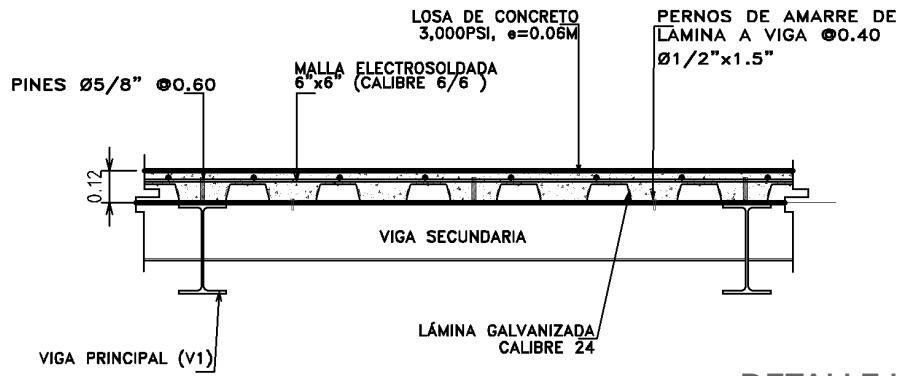
Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

1. LOSA DE ENTREPISO

Se propone losacero de espesor 0.12m como entrepisos, las cuales se fijan a las vigas V1 por medio de pernos de acero.

NOTA

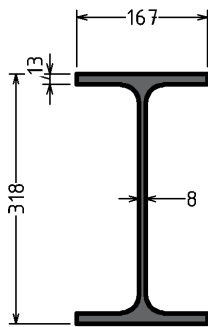
Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.



DETALLE LOSACERO

2. VIGA PRINCIPAL V1

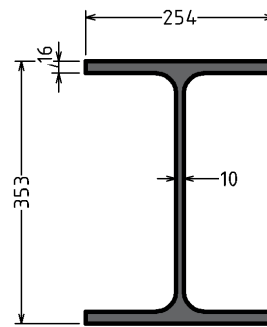
Viga de acero soldada a columna, perfil W12x35.



3. COLUMNA CL1

Columna de acero, perfil W14x61.

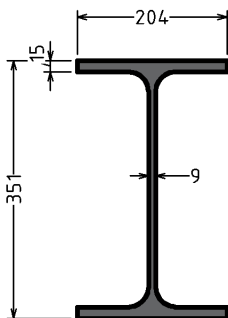
Se ubican en el primer y segundo nivel.



4. COLUMNA CL2

Columna de acero, perfil W14x48.

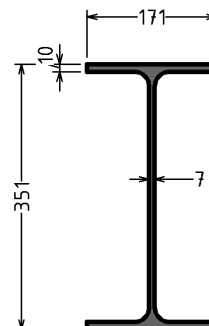
Se ubican en el tercer y cuarto nivel.



5. COLUMNA CL3

Columna de acero, perfil W14x30.

Se ubican en el quinto nivel.

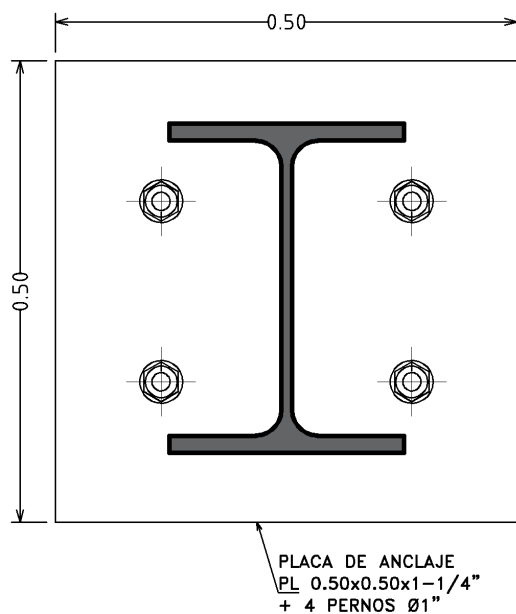


Las medidas de los perfiles W se encuentran en milímetros.

6. PLACA DE ANCLAJE

Placa donde se solda la columna CL1, anclandola al pedestal de concreto armado que forma parte del pedestal que une a la losa de cimentación.

La placa de anclaje se une al pedestal por medio de pernos de acero.

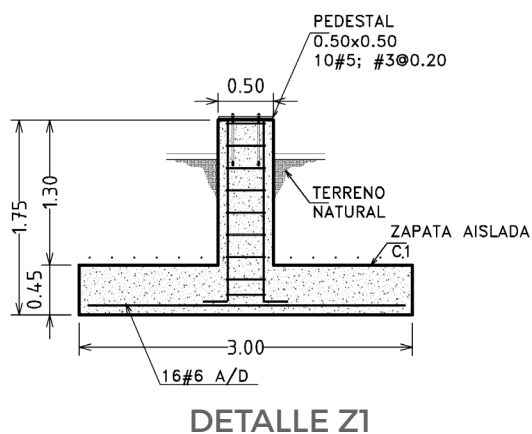


7. ZAPATA AISLADA Z1

Zapata de concreto armado con dimensiones de 3.00x3.00m y un espesor de 0.45m.

Así mismo, un pedestal de dimensiones 0.50x0.50m y una profundidad de 1.30m, sobre saliendo 20cm del nivel de piso.

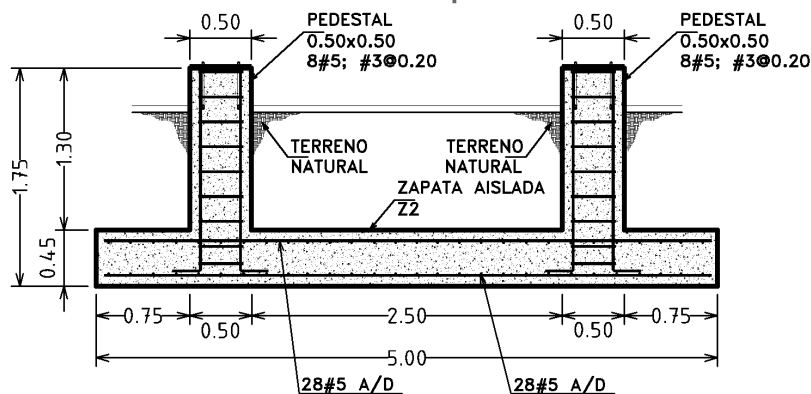
Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.
Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62



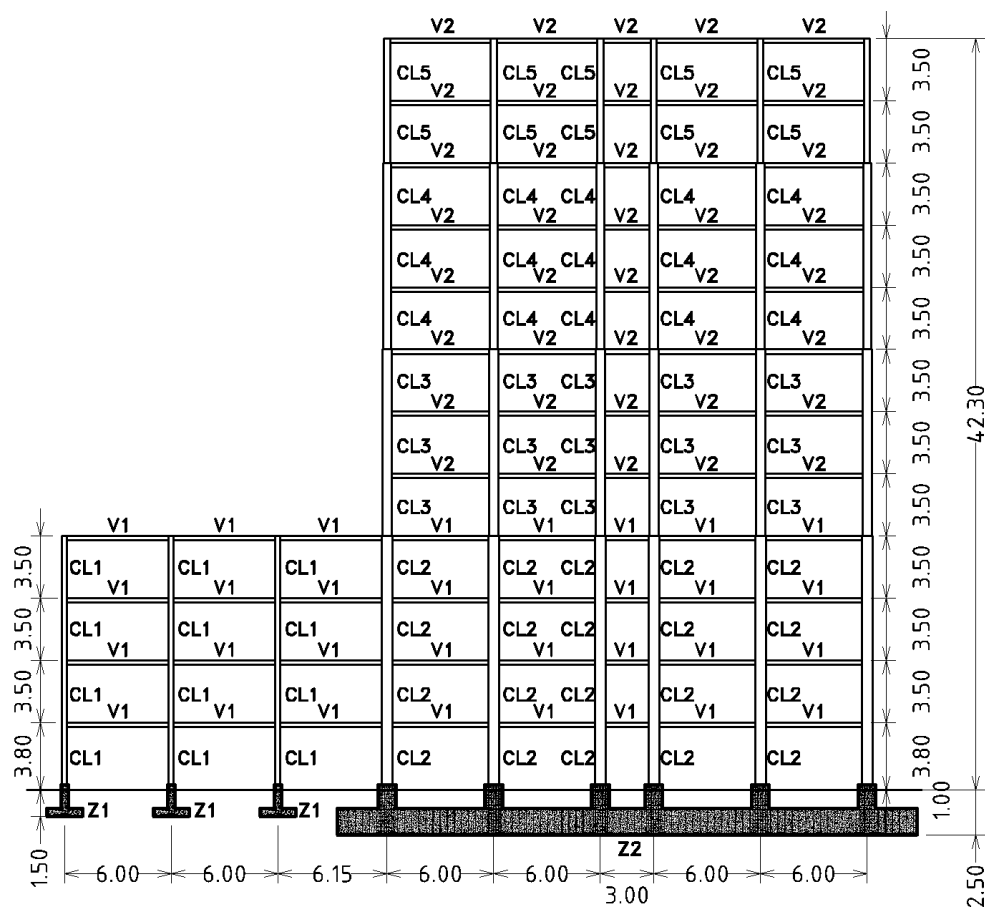
8. ZAPATA AISLADA Z2

Zapata de concreto armado con dimensiones de 5.00x5.00m y un espesor de 0.45m.

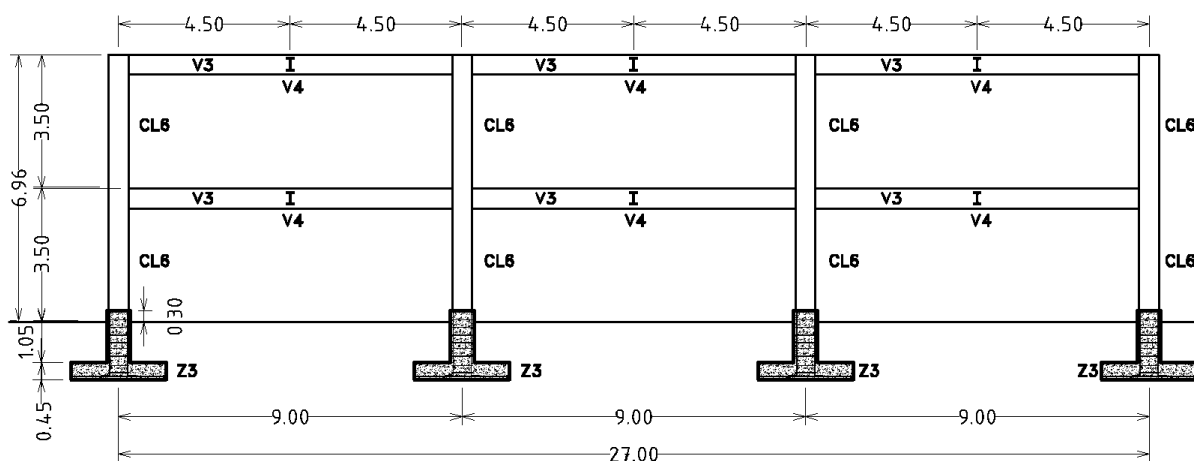
Así mismo, dos pedestales de dimensiones 0.50x0.50m y una profundidad de 1.30m, sobre saliendo 20cm del nivel de piso.



Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.
Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62



SECCIÓN A-A



SECCIÓN B-B

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

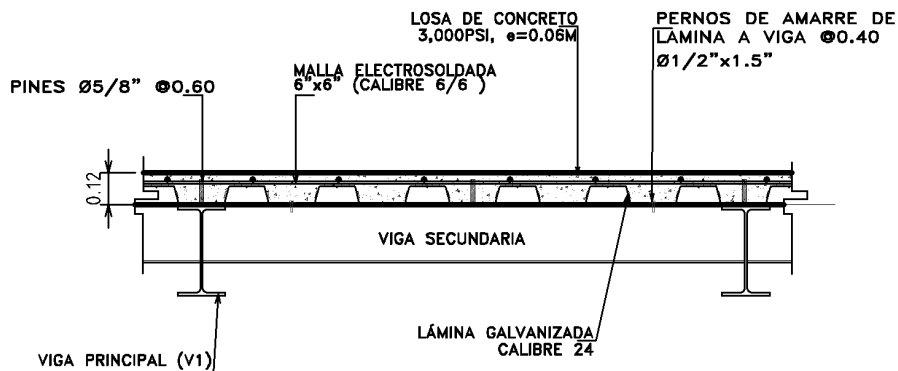
Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

NOTA

Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

1. LOSA DE ENTREPISO

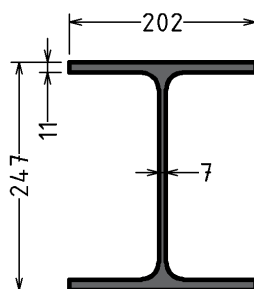
Se propone losacero de espesor 0.12m como entrepisos, las cuales se fijan a las vigas V1 por medio de pernos de acero.



DETALLE LOSACERO

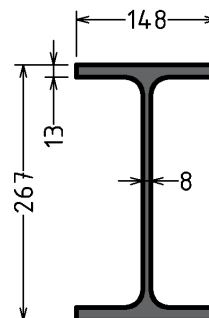
2. VIGA V1

Viga de acero soldada a columna, perfil W10x33.



3. VIGA V2

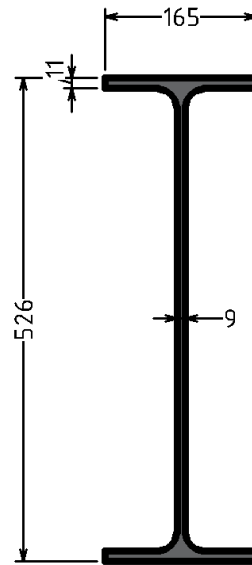
Viga de acero soldada a columna, perfil W10x30.



Las medidas de los perfiles W se encuentran en milímetros.

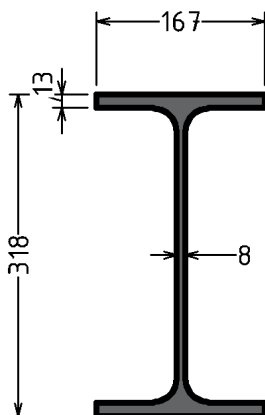
4. VIGA V3

Viga de acero soldada a columna, perfil W21x44.



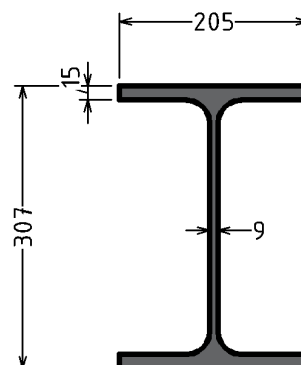
5. VIGA V4

Viga de acero soldada a columna, perfil W12x35.



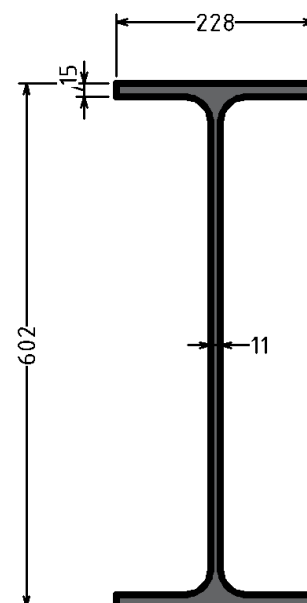
6. COLUMNA CL1

Columna de acero, perfil W12x45.



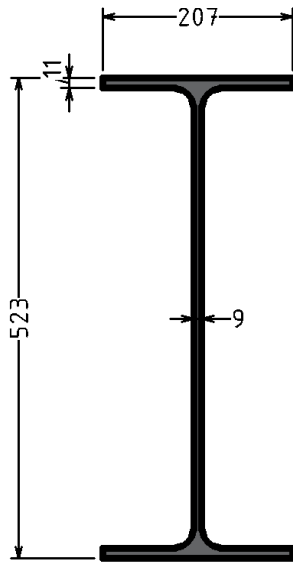
7. COLUMNA CL2

Columna de acero, perfil W24x68.



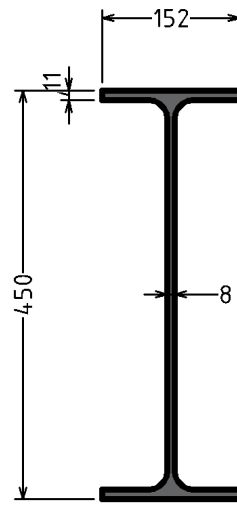
8. COLUMNA CL3

Columna de acero, perfil W21x48.



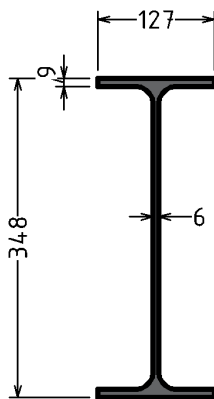
9. COLUMNA CL4

Columna de acero, perfil W18x35.



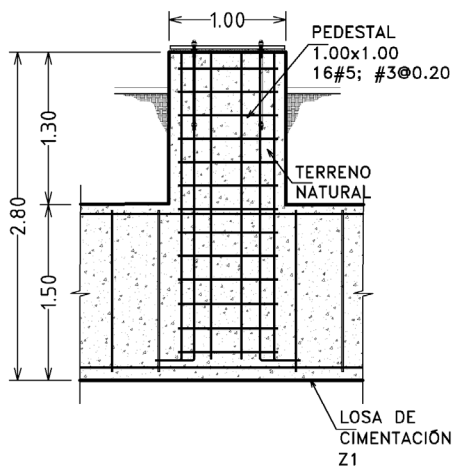
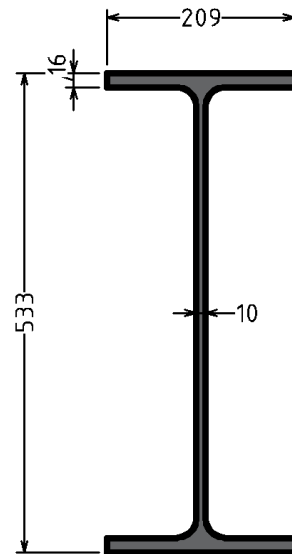
10. COLUMNA CL5

Columna de acero, perfil W14x22.



11. COLUMNA CL6

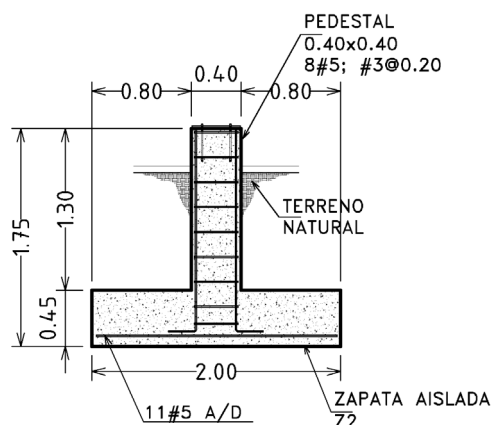
Columna de acero, perfil W21x62.



12. LOSA DE CIMENTACIÓN Z1

Losa de cimentación con espesor de 1.50m.

Asimismo, pedestales de dimensiones 1.00x1.00m y una profundidad de 1.30m, sobre saliendo 20cm del nivel de piso.



13. ZAPATA AISLADA Z2

Zapata de concreto armado con dimensiones de 2.00x2.00m y un espesor de 0.45m.

Así mismo, un pedestal de dimensiones 0.40x0.40m y una profundidad de 1.30m, sobre saliendo 20cm del nivel de piso.

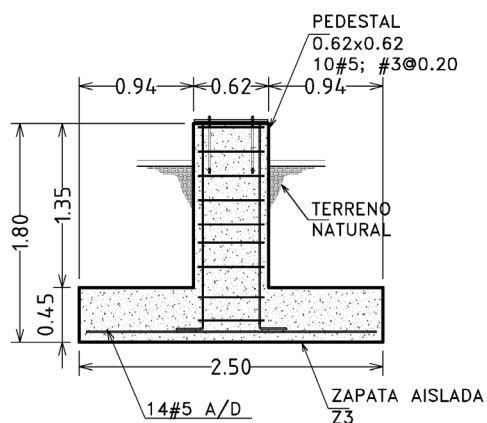
Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.

Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62

14. ZAPATA AISLADA Z3

Zapata de concreto armado con dimensiones de 2.50x2.50m y un espesor de 0.45m.

Así mismo, un pedestal de dimensiones 0.62x0.62m y una profundidad de 1.35m, sobre saliendo 20cm del nivel de piso.



Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.

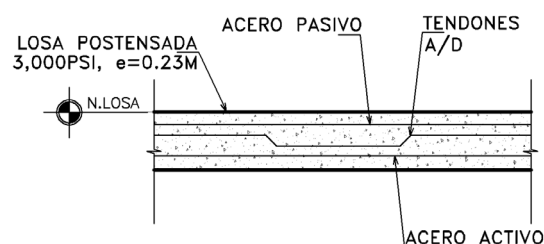
Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

NOTA

Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

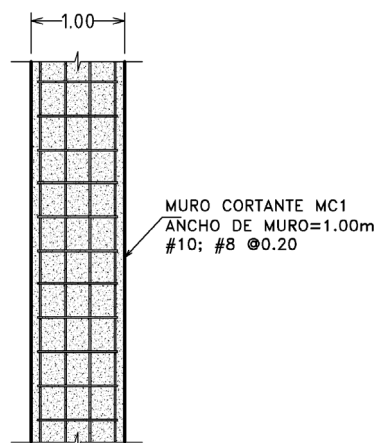


Ver isométrico de losa postensada en escenario C5, pág. 153.

1. LOSA DE ENTREPISO

Se propone losa postensada de espesor 0.23m como entrepisos.

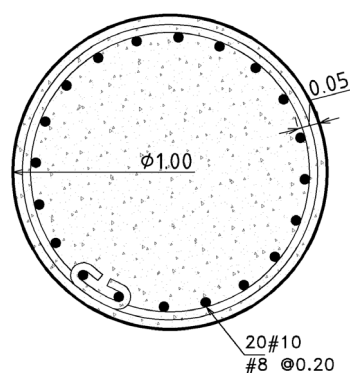
Este tipo de losa es sólida como las convencionales, pero su diferencia es que utilizan cables postensados de alta resistencia en lugar de varilla corrugada.



2. MURO CORTANTE MC1

Muro cortante de concreto con un ancho de 1.00m, y un total de 20ml.

Se ubican en todos los niveles edificio hotelero, en el centro de la estructura, junto al núcleo de circulación vertical y a los extremos del edificio.



3. COLUMNA CL1

Columna de concreto sección circular con 1.00m de diámetro.

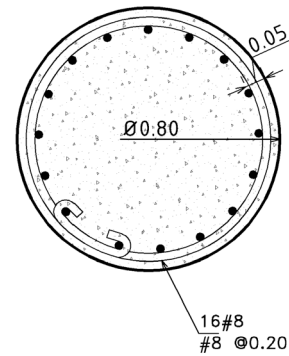
Se ubican en los niveles 1 al 5 del edificio hotelero.

Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.
Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52

4. COLUMNA CL2

Columna de concreto sección circular con 0.80m de diámetro.

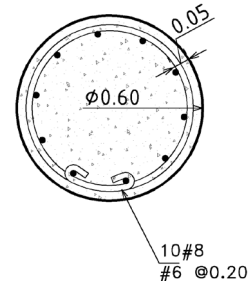
Se ubican en los niveles 6 al 10 del edificio hotelero.



5. COLUMNA CL3

Columna de concreto sección circular con 0.60m de diámetro.

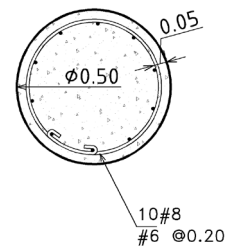
Se ubican en los niveles 11 al 15 del edificio hotelero.



6. COLUMNA CL4

Columna de concreto sección circular con 0.50m de diámetro.

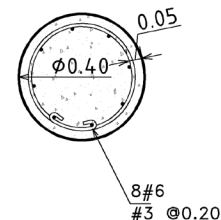
Se ubican en los niveles 16 al 20 del edificio hotelero.



7. COLUMNA CL5

Columna de concreto sección circular con 0.40m de diámetro.

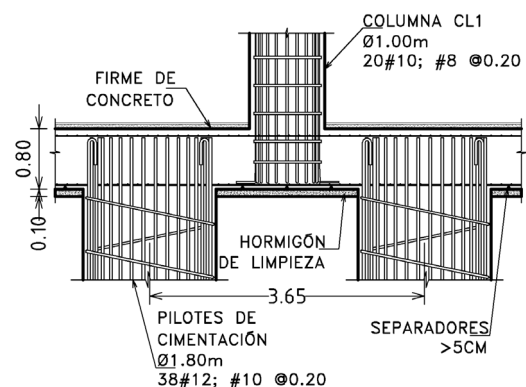
Se ubican en los niveles 21 al 25 del edificio hotelero.



En todas las columnas de concreto se aplica:
Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.
Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52

8. LOSA Y PILOTES DE CIMENTACIÓN

A pesar de encontrarse en un sitio con suelo rocoso, la altura y cargas de edificio requieren la transmisión de cargas al suelo de manera progresiva, por lo que se dispone de pilotes dobles de $\varnothing 1.80\text{m}$ y 8m de profundidad, que se ubican a 3.65m del eje de la columna CL1 anclada a la losa de cimentación.



C5. HOTEL

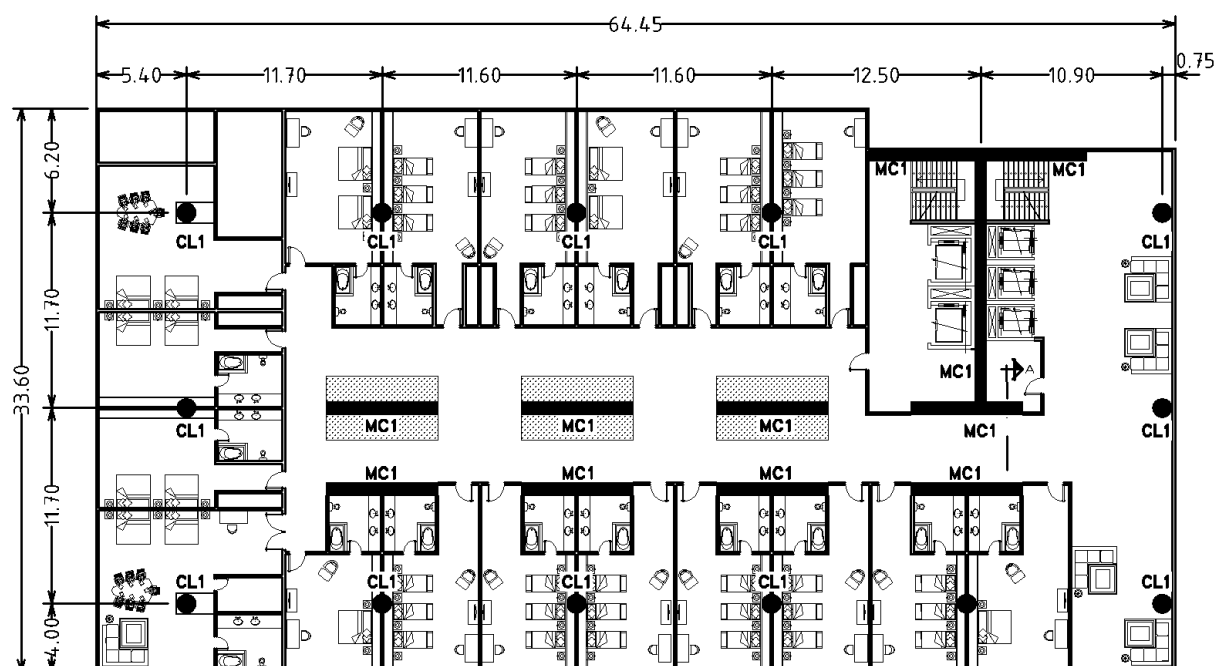
DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|----------------------|-----------------|
| 1 | Tipo de suelo | Arenoso |
| 2 | Niveles | 30 |
| 3 | Intercolumnio máximo | 12.50 metros |
| 4 | Material estructural | Concreto armado |
| 5 | Sistema de entepiso | Losa postensada |
| 6 | Otros | Muro cortante |

Procedimiento de cálculo de pre-dimensión:

Pág. 274

Para efectos del ejercicio únicamente se muestra la planta arquitectónica de tercer nivel.



PLANTA ARQUITECTÓNICA DE TERCER NIVEL

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

NOTA

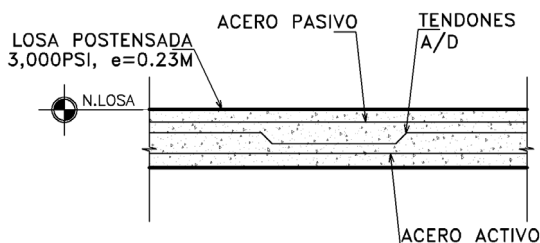
Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

1. LOSA DE ENTREPISO

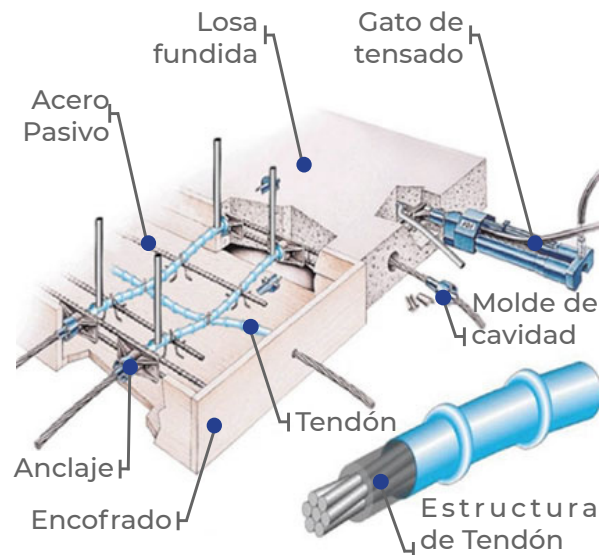
Se propone losa postensada de espesor 0.23m como entrepisos.

Este tipo de losa es sólida como las convencionales, pero su diferencia es que utilizan cables postensados de alta resistencia en lugar de varilla corrugada.

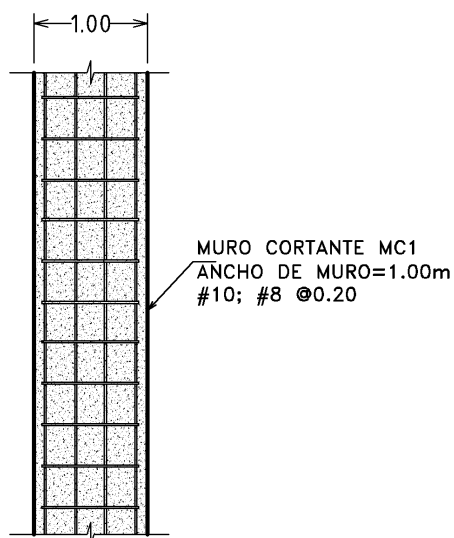
La rigidez de este tipo de losas permite el proceso de construcción sea rápido y seguro, así mismo, permite omitir la implementación de vigas, pues su estructura cumple dicha función.



DETALLE LOSA POSTENSADA



ISOMÉTRICO DE CONSTRUCCIÓN DE UNA LOSA POSTENSADA



2. MURO CORTANTE MC1

Muro cortante de concreto con un ancho de 1.00m, y un total de 20ml.

Se ubican en todos los niveles edificio hotelero, en el centro de la estructura, junto al núcleo de circulación vertical y a los extremos del edificio.

3. COLUMNA CL1

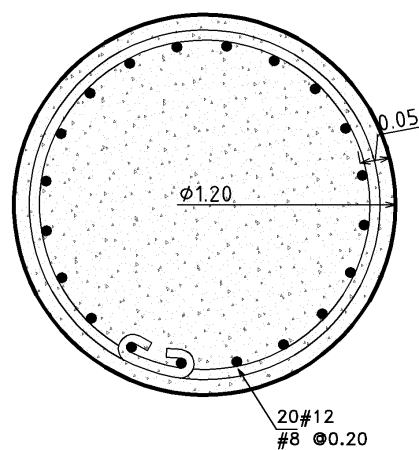
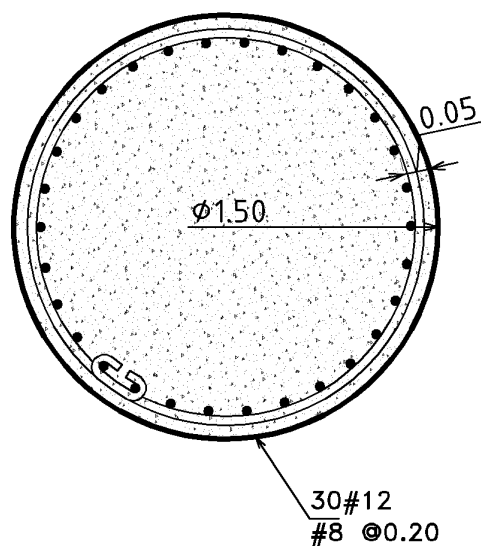
Columna de concreto sección circular con 1.50m de diámetro.

Se ubican en los niveles 1 al 5 del edificio hotelero.

4. COLUMNA CL2

Columna de concreto sección circular con 1.20m de diámetro.

Se ubican en los niveles 6 al 10 del edificio hotelero.

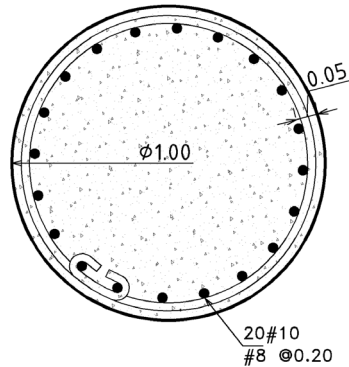


En ambas columnas se aplica:
Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.
Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52

5. COLUMNA CL3

Columna de concreto sección circular con 1.00m de diámetro.

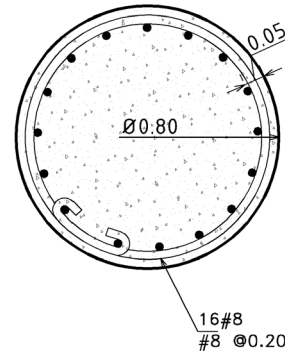
Se ubican en los niveles 11 al 15.



6. COLUMNA CL4

Columna de concreto sección circular con 0.80m de diámetro.

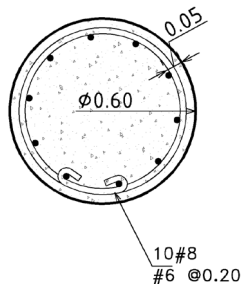
Se ubican en los niveles 16 al 20.



7. COLUMNA CL5

Columna de concreto sección circular con 0.60m de diámetro.

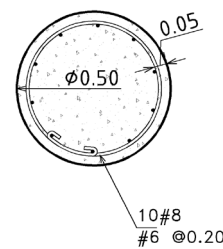
Se ubican en los niveles 21 al 25.



8. COLUMNA CL6

Columna de concreto sección circular con 0.50m de diámetro.

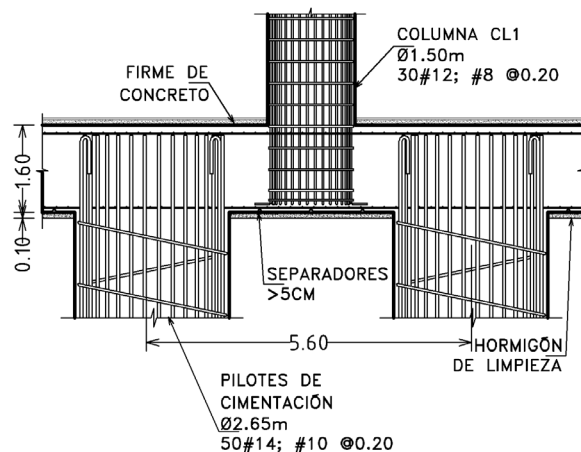
Se ubican en los niveles 26 al 30.



En todas las columnas de concreto se aplica:

Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.

Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52



9. LOSA Y PILOTES DE CIMENTACIÓN

Al encontrarse en un sitio con suelo arenoso, donde su sustrato rocoso se encuentra a 20m de profundidad, se dispone de pilotes dobles de 2.65 metros de diámetro y 28 metros de profundidad, y que se ubican a 5.60m del eje de la columna CL1 anclada a la losa de cimentación.

Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.

Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62

CAPÍTULO 5

CATEGORÍA D

GRANDES CLAROS

| | |
|-----------------------------|--------|
| Categoría D. Grandes Claros | P. 158 |
| D1. Gimnasio Escolar | P. 159 |
| D2. Nave Industrial | P. 160 |
| D3. Sala de cine | P. 161 |
| D4. Salón de convenciones | P. 163 |

05

CATEGORÍA D GRANDES CLAROS

Muchos tipos de edificaciones albergan actividades que requieren de amplios espacios sin columnas intermedias, por ejemplo, los cines, teatros, centros de convenciones, gimnasios, naves industriales, entre muchos más.

Son edificaciones que no entran en la categoría de mega-construcciones, pues, a pesar que su requerimiento es lograr grandes luces, muchas veces solo cuentan con un nivel y su estructura es a menor escala.

Los escenarios que encontrarás son:

- 1 Gimnasio Escolar
- 2 Nave industrial
- 3 Sala de cine
- 4 Salón de convenciones

Este capítulo se centra en mostrar posibles soluciones estructurales específicamente en marcos estructurales y sus perfiles para lograr grandes luces.

No se brindan especificaciones de dichos perfiles ni se realiza un pre-dimensionamiento de los mismos, solo se recomienda tomarlos de referencia en la solución de marcos estructurales para grandes claros.

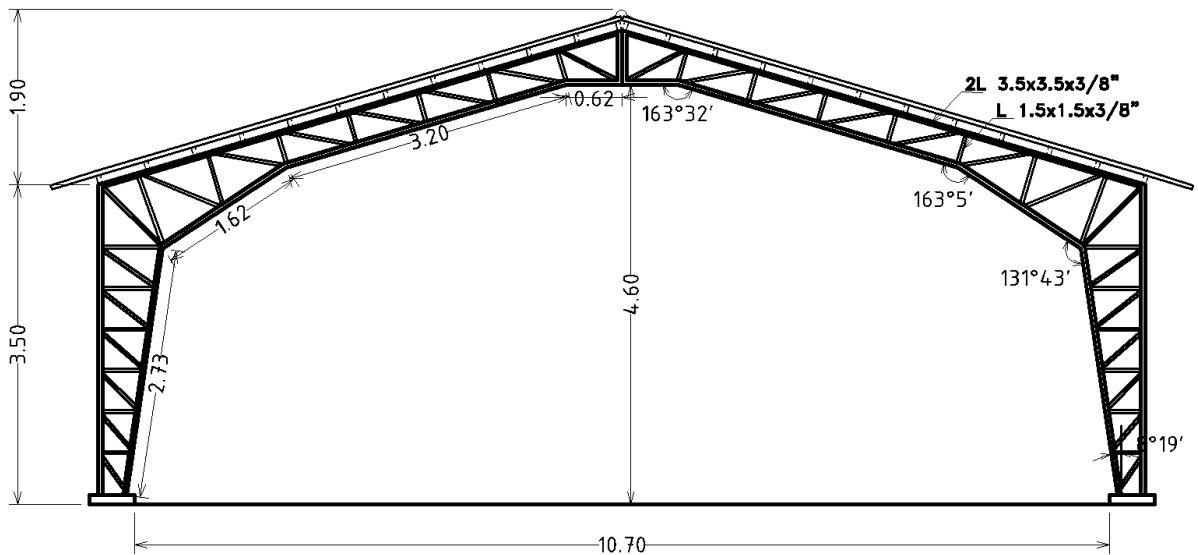
D1. GIMNASIO ESCOLAR

DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|----------------------|--------------|
| 1 | Claro a cubrir | 10.70 metros |
| 2 | Altura máxima | 4.60 metros |
| 3 | Material estructural | Acero |
| 4 | Tipo de Viga | Viga celosía |

NOTA

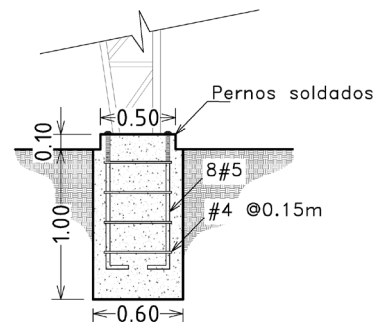
Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.



ELEVACIÓN DE MARCO ESTRUCTURAL

1. ANCLAJE DE VIGA CELOSÍA VERTICAL A PEDESTAL

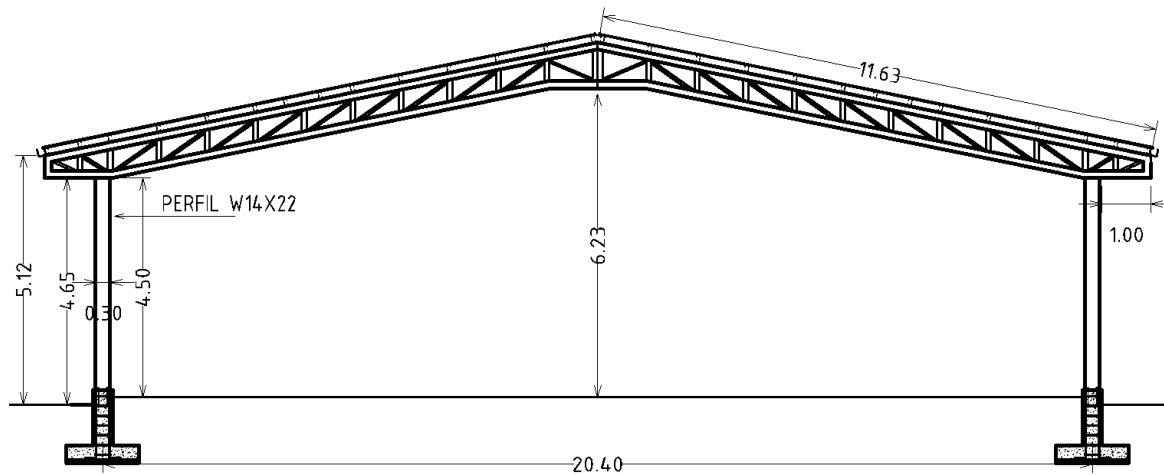
El anclaje de la viga celosía al pedestal de concreto de medidas 0.50x0.50m que conecta con la cimentación de la edificación se realiza por medio de pernos de acero soldados.



D2. NAVE INDUSTRIAL

DATOS DEL PROYECTO

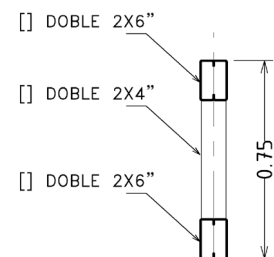
| | | |
|---|----------------------|--------------|
| 1 | Claro a cubrir | 20.40 metros |
| 2 | Altura máxima | 6.23 metros |
| 3 | Material estructural | Acero |
| 4 | Tipo de Viga | Viga celosía |



ELEVACIÓN DE MARCO ESTRUCTURAL

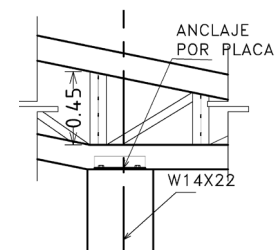
1. VIGA CELOSÍA

Vigas celosías formadas por elementos superiores, internos e inferiores fabricados con cajones formados por dos canales metálicas de 2x6", siendo entonces, cajones de 4x6".



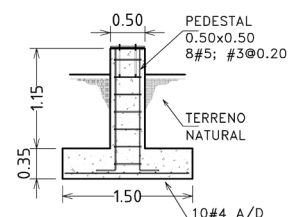
2. ANCLAJE DE VIGA A COLUMNA

El anclaje de la viga celosía a la columna de acero se realiza por medio de placa de anclaje y pernos de acero.



3. CIMENTACIÓN

Se implementa zapata aislada de dimensiones 1.50x1.50m a una profundidad de 1.15m.



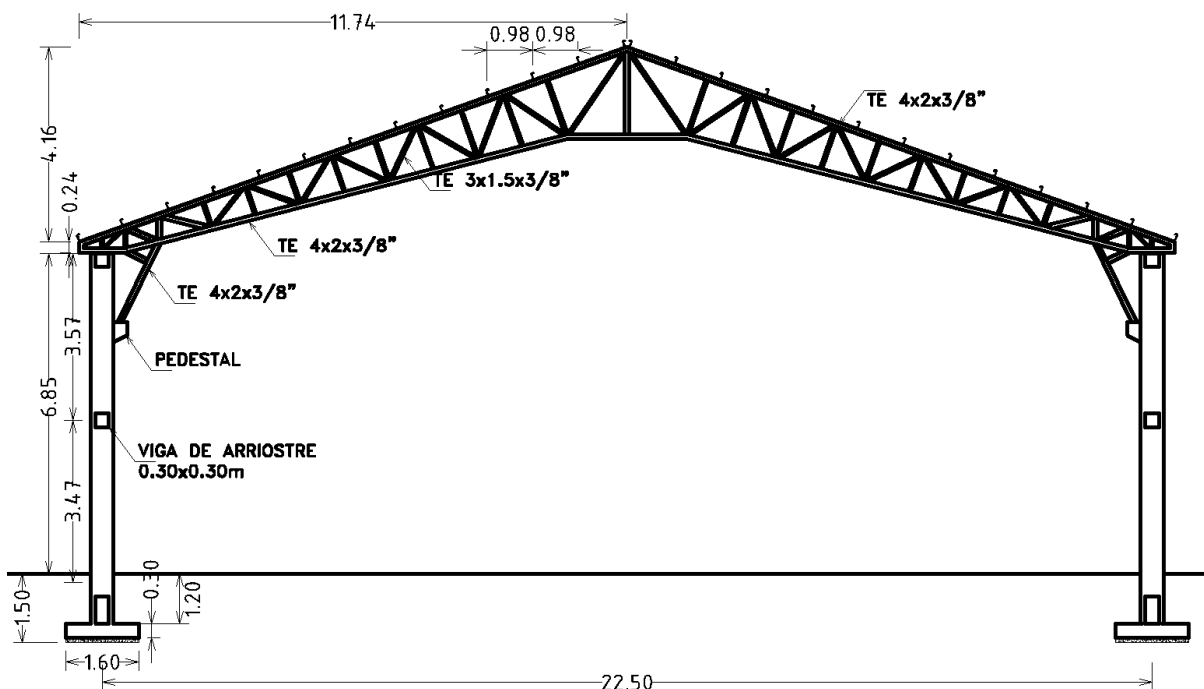
Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.

Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62

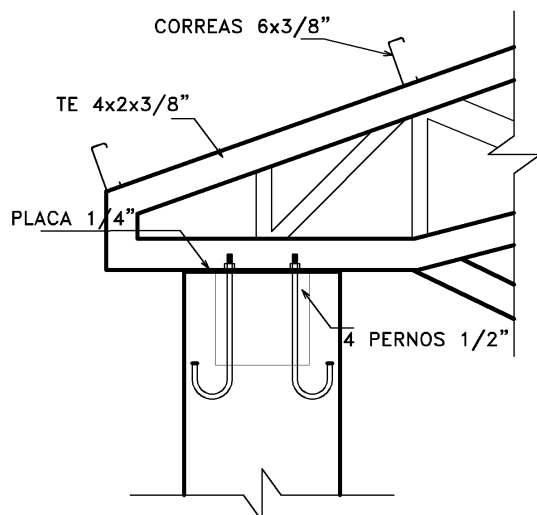
D3. SALA DE CINE

DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|----------------------|--------------|
| 1 | Claro a cubrir | 22.50 metros |
| 2 | Altura máxima | 10.60 metros |
| 3 | Material estructural | Acero |
| 4 | Tipo de Viga | Viga celosía |

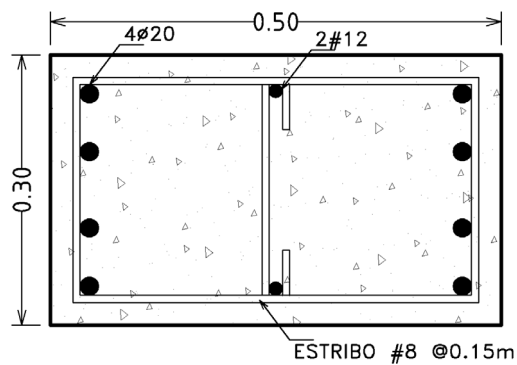


ELEVACIÓN DE MARCO ESTRUCTURAL



1. ANCLAJE DE VIGA CELOSÍA A COLUMNA

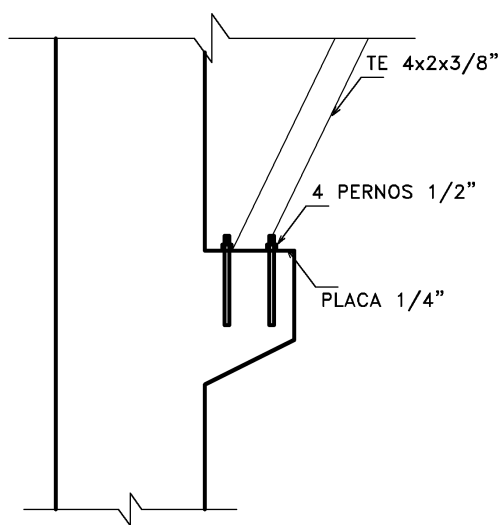
El anclaje de la viga celosía a la columna de concreto se realiza por medio de placa de anclaje y pernos de acero.



2. COLUMNA

Las columnas que se implementan son de concreto con sección rectangular, dimensiones 0.30x0.50m.

Ecuación 9. Pre-dimensionamiento de columna de concreto para 3 o más niveles.
Tabla 8. Cálculo de pre-dimensionamiento de columnas por nivel. Pág. 52



3. ANCLAJE DE REFUERZO A PEDESTAL

El refuerzo de la viga celosía descansa en un pedestal al cual se ancla por medio de placa de anclaje y pernos de acero.

NOTA

Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

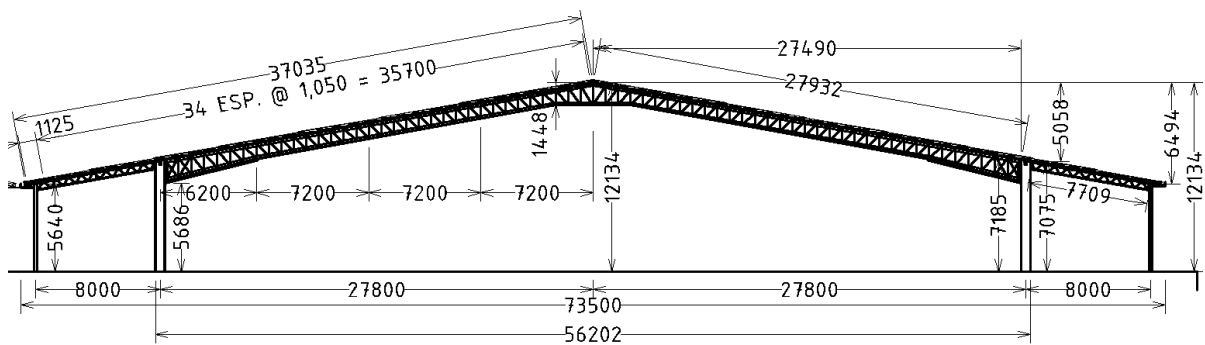
D4. SALÓN DE CONVENCIONES

DATOS DEL PROYECTO

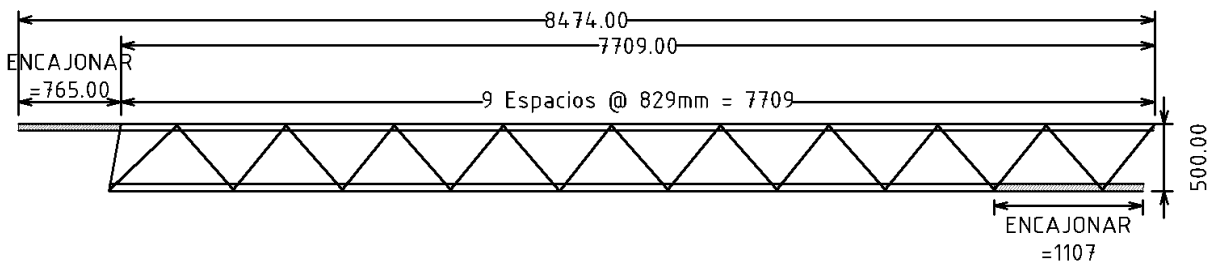
| | | |
|---|----------------------|--------------|
| 1 | Claro mayor a cubrir | 56.20 metros |
| 2 | Altura máxima | 12.14 metros |
| 3 | Material estructural | Acero |
| 4 | Tipo de Viga | Viga celosía |

NOTA

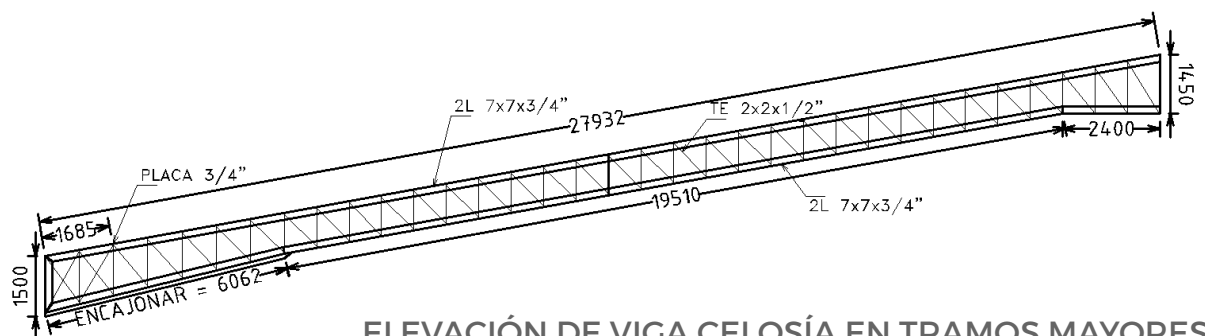
Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.



ELEVACIÓN DE MARCO ESTRUCTURAL



ELEVACIÓN DE VIGA CELOSÍA EN TRAMOS MENORES



ELEVACIÓN DE VIGA CELOSÍA EN TRAMOS MAYORES

Las dimensiones se encuentran en milímetros para mayor precisión.

CAPÍTULO 6

MEGA-ESTRUCTURAS

| | |
|---|--------|
| ¿Qué son Mega-estructuras? | P. 166 |
| Tipos de mega-estructuras | P. 168 |
| Vigas Celosías | P. 168 |
| Estructuras Espaciales | P. 171 |
| Tenso-Estructuras | P. 184 |
| Estructuras Neumáticas | P. 194 |
| Estructuras Laminadas o de Cáscara | P. 200 |
| Arco | P. 206 |
| Terminal de Transporte de Santa Cruz de Yojoa | P. 209 |

06

MEGA-ESTRUCTURAS

Este capítulo consta de información sobre los diferentes tipos de mega-estructuras que puedes implementar en tus proyectos arquitectónicos, sus aplicaciones, ventajas, desventajas, elementos que intervienen en ellas y el material estructural adecuado en cada tipo de estructura.

Así mismo, se presentan imágenes de proyectos construidos que implementan las diferentes tipologías de mega-estructuras que pueden servirte de referencia de soluciones estructurales por medio de dichos elementos.

¿QUÉ SON MEGA-ESTRUCTURAS?

Las mega-estructuras son construcciones de grandes proporciones, que son capaces de albergar varias actividades en su programa arquitectónico y tienen el poder de transformar su entorno de manera incomparable.



Aeropuerto Internacional de Pekín-Daxing, Zaha Hadid Architects



Aeropuerto Jewel Changi, Singapur

Las mega-estructuras han tenido un largo proceso de fecundidad estructural mediante acontecimientos históricos como el desarrollo de la arquitectura en acero, la invención de las mallas espaciales, la aparición de la madera laminada encolada, el nacimiento de los cables tensores y de las membranas textiles. Esta experimentación con nuevos

materiales estructurales se ha acompañado de la competencia de las naciones por mostrar su poder tecnológico, provocando el avance en el alcance de las luces o claros.

Todos estos avances, han permitido una mayor libertad creativa desde el punto de vista estructural y proyectual.



Interior del Aeropuerto Internacional de Pekín-Daxing

TIPOS DE MEGA-ESTRUCTURAS

Los tipos de mega-estructuras según sus elementos pueden categorizarse en:

- | | | | |
|---|------------------------|---|---------------------------------|
| 1 | Vigas celosías | 5 | Estructuras neumáticas |
| 2 | Estructuras espaciales | 6 | Estructuras laminadas o cáscara |
| 3 | Estructuras curvas | 7 | Arco |
| 4 | Tenso-estructuras | | |

VIGAS CELOSÍAS

Una forma bastante común de resolver las exigencias estructurales de salvar grandes luces es mediante el uso de vigas celosías o cerchas. La ventaja del uso de este tipo de solución es que obvia el uso de perfiles estructurales pesados, ocasionalmente no disponibles en el mercado local.



Estación de autobuses del puente George Washington, Manhattan. Arquitecto Pier Luigi Nervi.



Paradas de buses al interior de la Estación de autobuses del puente George Washington, Manhattan.

VENTAJAS

Entre las ventajas de implementar vigas celosías en las estructuras se encuentran:

BAJO PESO

LIVIANDAD VISUAL

UBICACIÓN DE INSTALACIONES Y DUCTOS

A la derecha, vista de vigas celosía tipo Warren de concreto implementadas en la estructura de la Estación de autobuses del puente George Washington, Manhattan



Elevación frontal



Las vigas celosías pueden trabajar en varias escalas.

De acuerdo con las recomendaciones de altura de las vigas celosías en función del claro a cubrir, son eficaces entre los 8 y los 75m de claro, debiendo considerarse una altura de viga aproximada de entre 1/10 y 1/15 del claro.

Si el sistema se concibe como un entramado de vigas (en dos sentidos) se puede cubrir eficientemente hasta luces de 90m con alturas de vigas entre 1/15 y 1/20 del claro.

Una aplicación frecuente de estas vigas en estructuras mayores es en puentes vehiculares.

NOTA

Es necesario que se incluyan arrostramientos entre vigas celosías.



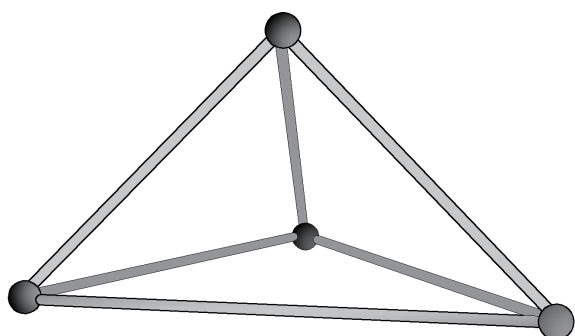
Estación de autobuses del puente George Washington, Manhattan. Arquitecto Pier Luigi Nervi.

ESTRUCTURAS ESPACIALES

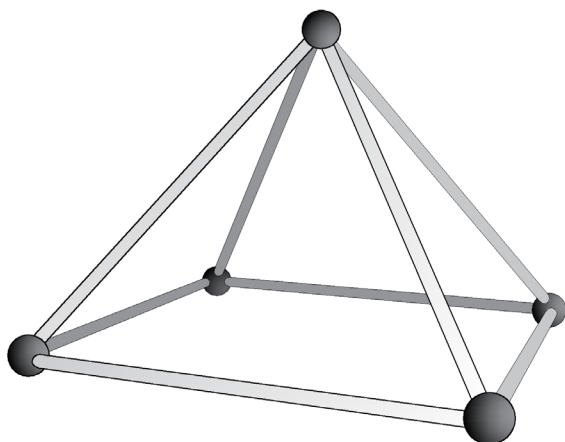
La estructura espacial, también conocida como malla espacial, es muy utilizada en la construcción de estructuras de cubiertas de grandes luces en proyectos como polideportivos, pabellones culturales, instalaciones industriales y comerciales, aeropuertos, entre

otros.

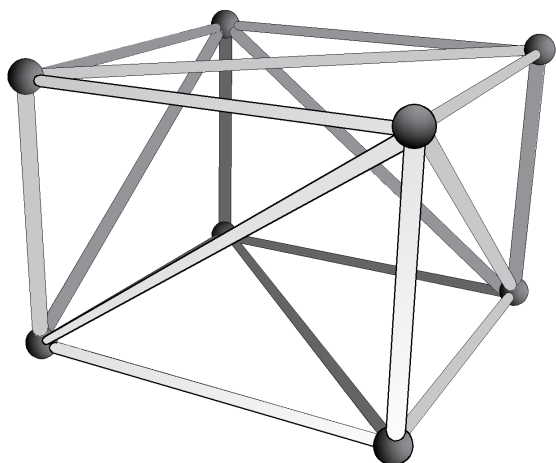
La forma geométrica principal de este tipo de estructura es el triángulo, por medio del cual, se obtienen las formas básicas como unidad fundamental en el espacio, conformando las estructuras espaciales.



1 Tetraedro



2 Pirámide de base cuadrada



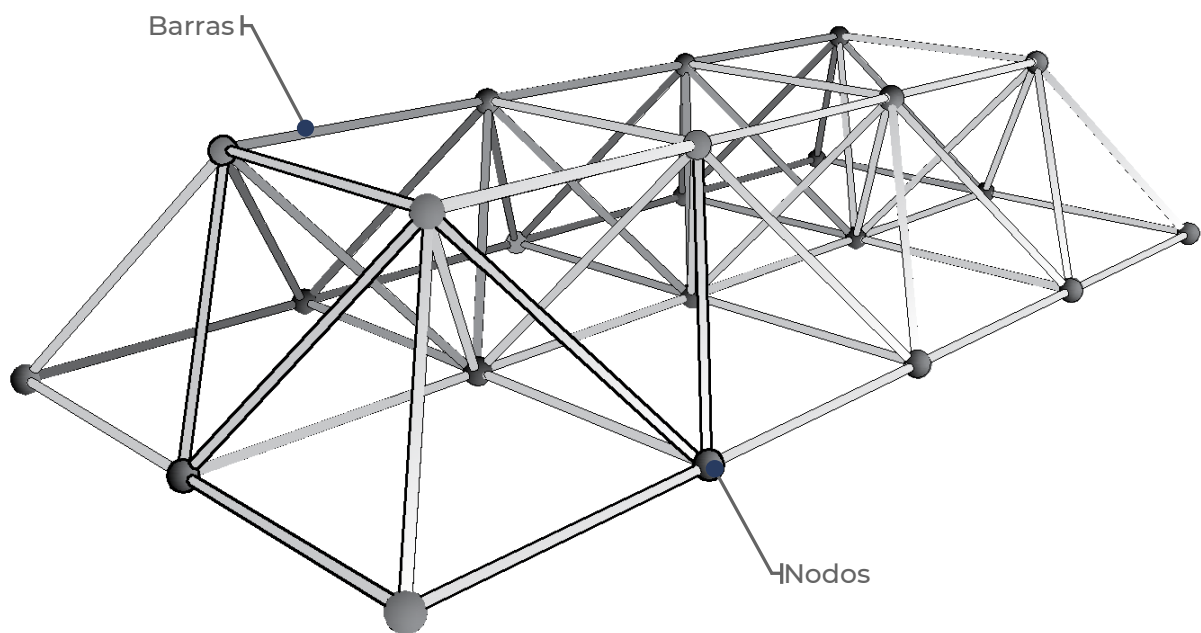
3 Prisma de base rectangular

Su desarrollo se ha logrado gracias a los procesos informáticos que han facilitado su diseño y producción.

COMPOSICIÓN DE ESTRUCTURAS ESPACIALES

Este sistema estructural se compone principalmente, por tres elementos:

- | | | |
|----------|---------|--|
| 1 | Barras | Componentes lineales |
| 2 | Nodos | Son los elementos que sirven de unión entre las barras |
| 3 | Paneles | Son los cerramientos |



Así mismo, las estructuras espaciales pueden ser de formas geométricas variadas como:

- | | |
|----------|-----------------------|
| A | Planas o emparilladas |
| B | Abovedadas |
| C | Curvas |

NOTA

Los nodos pueden ser: esféricos, cilíndricos, prismáticos y planos.

VENTAJAS

Entre las ventajas de las estructuras espaciales se encuentran:

RAPIDÉZ DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

Todos los elementos son fabricados en taller, asegurando uniformidad en la calidad de la obra. Su montaje es completamente estandarizado y sus elementos son de bajo peso, requiriendo menor equipo de montaje.

LIVIANDAD

La esbeltez de los elementos permite una estructura liviana.

POSIBILIDAD DE GRANDES LUCES

La liviandad de la estructura basada en la mayor resistencia del acero y de la buena distribución de los esfuerzos, permite salvar grandes luces sin apoyos intermedios.

BUEN COMPORTAMIENTO SONORO

En el caso de cubiertas en salas de conciertos, conferencias, teatros, cines; se obtiene un excelente comportamiento acústico.

UBICACIÓN DE INSTALACIONES

Su trama permite prever el pasaje de distintas canalizaciones de instalaciones eléctricas, de ventilación y sanitarias.

ESTÉTICA

Debido a su aspecto, resulta agradable estéticamente, haciéndose innecesario ocultar la estructura.

DESVENTAJAS

1 Sensibilidad

Sensibles a los movimientos en los apoyos

2 Altos costos

En luces pequeñas el gasto de montaje resulta elevado.

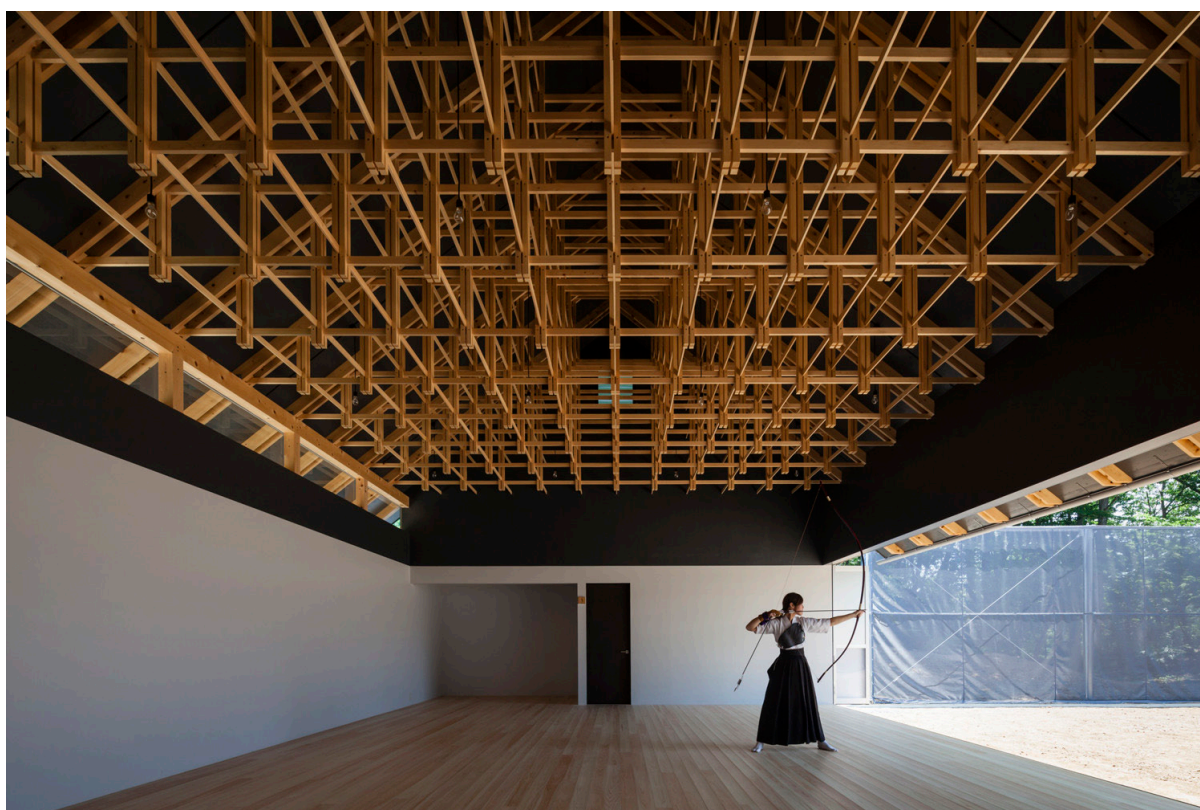
- 3 Monotonía
- 4 Cálculos complejos

Debido a la repetición de módulos.

Para el cálculo de estas estructuras se requiere un avanzado sistema computacional.

A. ESTRUCTURAS ESPACIALES PLANAS

Formadas a base de pirámides de base cuadrada con aristas iguales y de tetraedros regulares, formando un conjunto plano. Esta puede ser horizontal o inclinada.

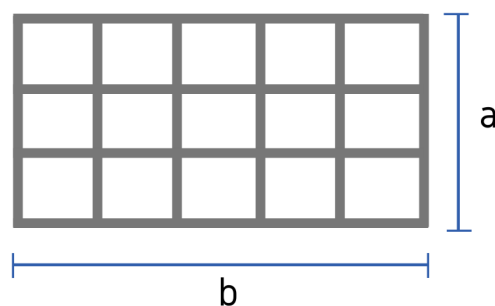


Malla espacial plana fabricada en madera, Sala de tiro con Arco, FT Architects

TIPOS DE EMPARILLADOS PLANOS

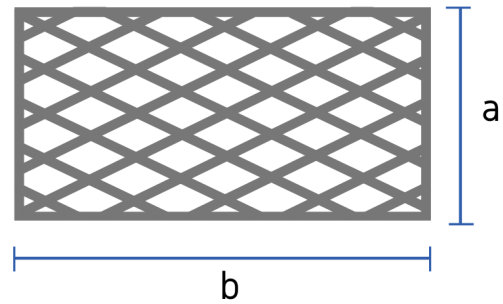
1. RECTANGULARES

Compuesto de barras cruzadas a 90° y paralelas a los apoyos.

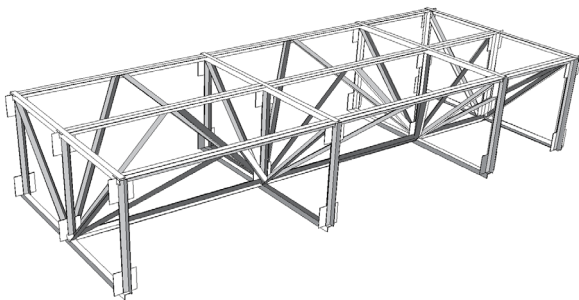
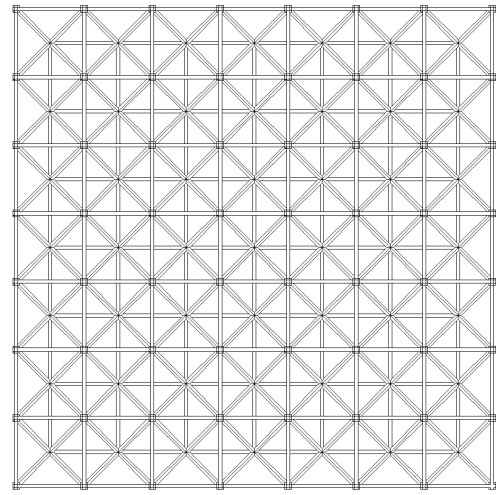
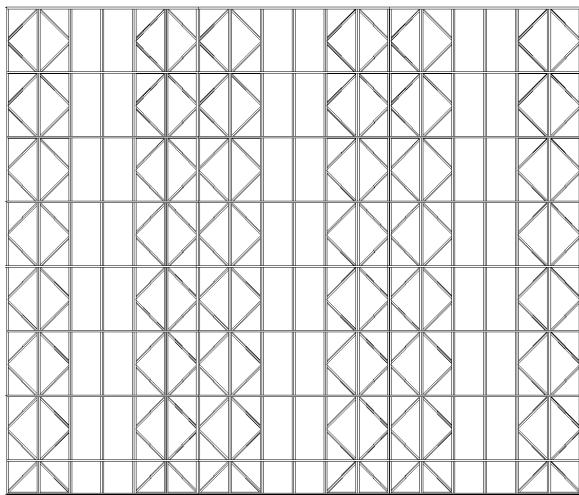
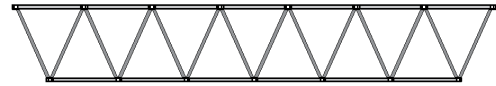


2. DIAGONALES

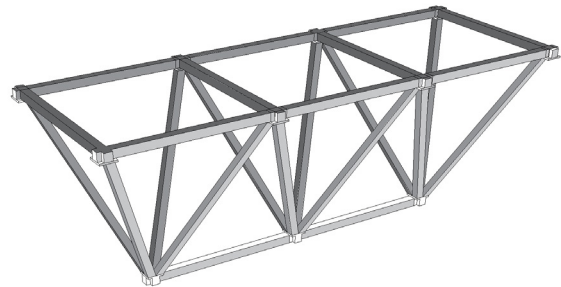
Barras dispuestas oblicuamente respecto a las líneas de apoyo.



Se suelen combinar las dos disposiciones, consiguiendo entramados de base cuadrada y de base girada, según si las aristas de las bases cuadradas de las pirámides están paralelas a las fachadas o giradas a 45° .



Malla espacial con emparillado diagonal

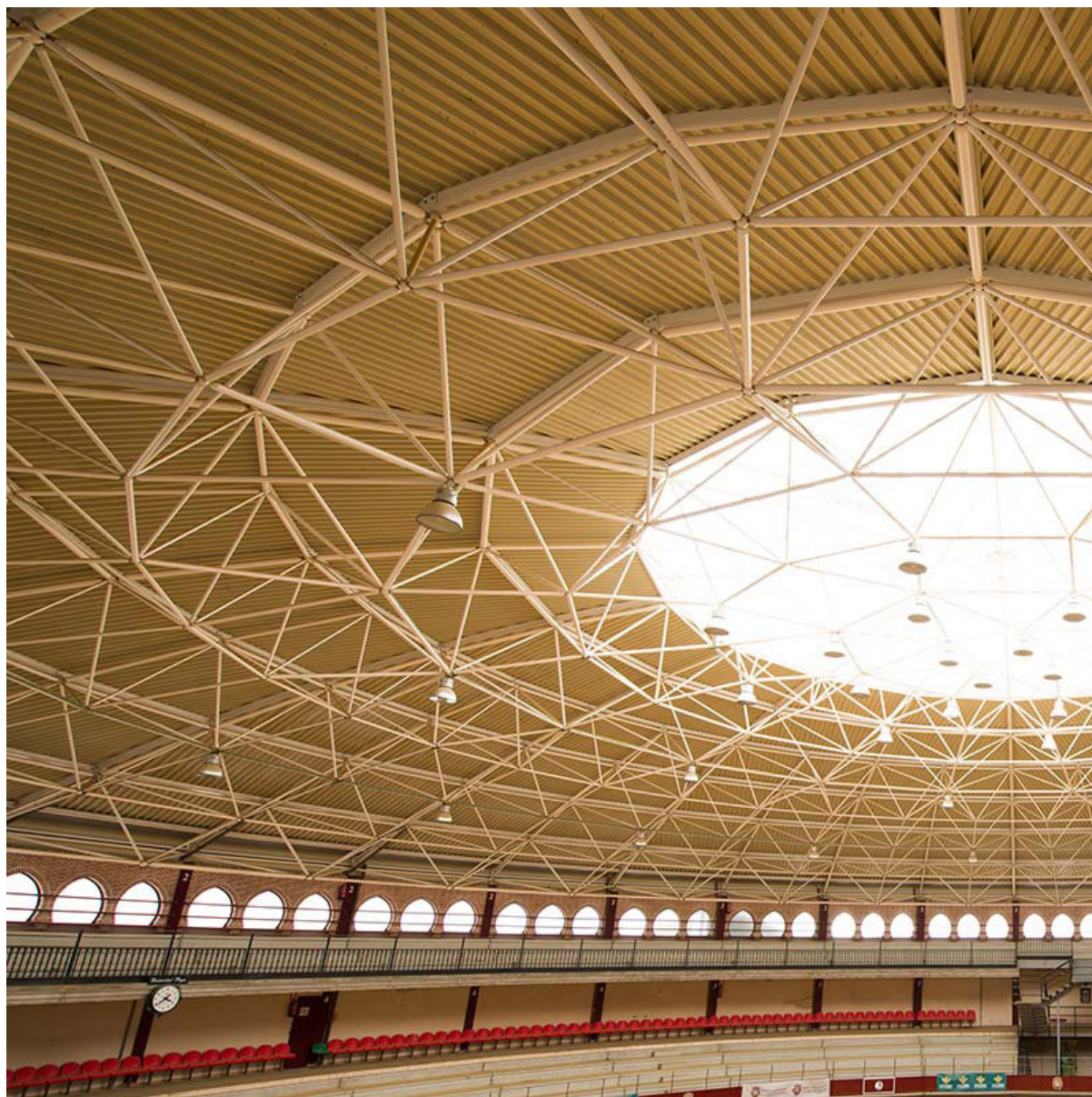


Malla espacial con emparillado mixto

También se emplean estructuras de dos capas, formadas por unidades hexagonales.

El tipo más rígido es el formado por pirámides hexagonales, cuyas cúspides se unen triangularmente.

Los emparrillados permiten cubrir edificios de cualquier forma en planta: cuadrada, rectangular, trapecial, circular.



Emparrillado en área circular

Los apoyos se encuentran normalmente en el contorno de la estructura, aunque existen excepciones.

A la derecha, Museo del Teatro Romano de Caesaraugusta, Zaragoza, España



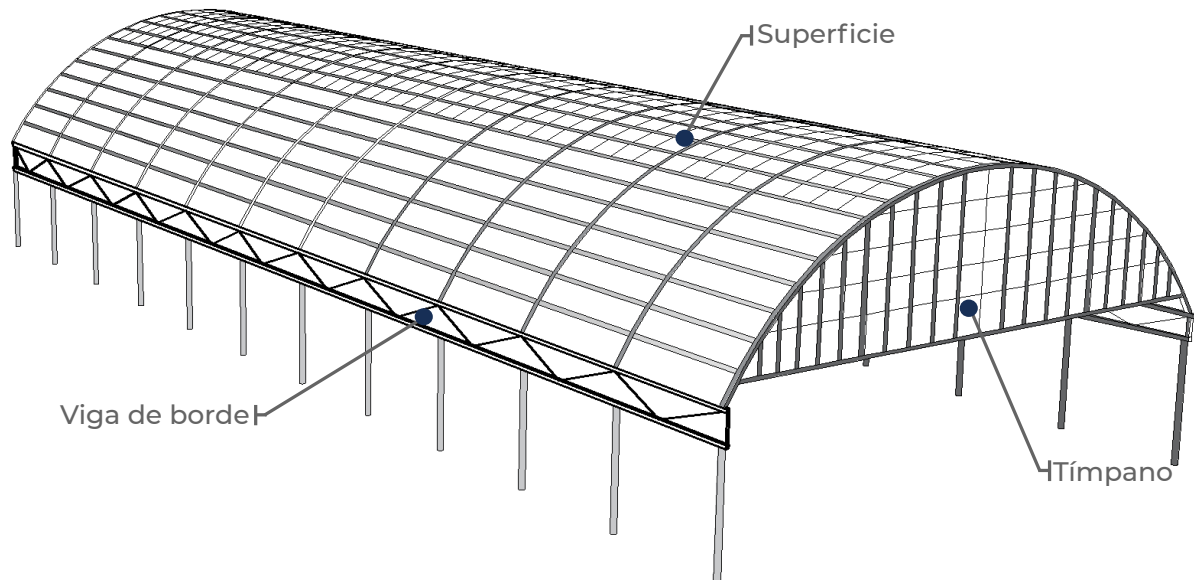
B. ESTRUCTURAS ESPACIALES ABOVEDADAS

Pueden ser de simple o doble curvatura, y son generalmente de base cuadrada o preferiblemente, triangular.

ELEMENTOS QUE LAS COMPONENTEN

Normalmente se distinguen:

- | | | |
|----------|----------------|---|
| 1 | Superficies | Definida por la directriz y generatrices. |
| 2 | Vigas de borde | Aseguran la indeformabilidad. |
| 3 | Tímpanos | Actúan como rigidizadores que aseguran la indeformabilidad transversal. |



Si la estructura es de una sola capa, no es reforzada con tímpanos y solo podrá cubrir luces menores.

Para cubrir grandes claros, también se emplean las cubiertas abovedadas agrupadas.



Estadio Rungrado Primero de Mayo, Pionyang, Corea del Norte



Vista aérea del Estadio Rungrado Primero de Mayo, Pionyang, Corea del Norte



Fachada del Estadio Rungrado Primero de Mayo



Estructura espacial de bóvedas del Estadio Rungrado Primero de Mayo

TIPOS DE BÓVEDAS ESPACIALES

Pueden ser:

- 1** **Bóvedas de una capa**
Las bóvedas de una sola capa pueden cubrir solamente claros menores.
- 2** **Bóvedas laminares o reforzadas**
Son estables y pueden llegar a cubrir claros de 50m o más si el ángulo entre barras es suficiente.
- 3** **Bóvedas de rincón de claustro**
La bóveda de claustro es un tipo de bóveda con planta cuadrada, estando su superficie exterior dividida en secciones por aristas o nervios.



A la izquierda, Galería comercial "Galleria Umberto", Nápoles, Italia.

C. ESTRUCTURAS ESPACIALES CURVAS

Pueden ser de doble curvatura, o de curvatura compleja. Sus paredes están constituidas generalmente por una malla espacial en celosía, triangulada, de una o dos capas.

TIPOS DE ESTRUCTURAS ESPACIALES CURVAS

Entre las estructuras espaciales de doble curvatura se encuentran:

CÚPULAS NERVADAS

Están formadas por arcos de celosía dispuestos radialmente y una serie de nervios intermedios.



Cúpula del Astrodome de Houston, Texas, Estados Unidos

Según sea la rigidez de los nervios y la forma de unión con los arcos radiales, se comportan como si fuesen arcos atirantados por un nervio inferior o como emparillados de superficie curva.

CÚPULAS DE CELOSÍA

Con las cúpulas se pueden cubrir, no solo plantas circulares, sino que cualquier planta poligonal.

Formadas por una o varias capas de celosía de espesor constante y un nervio de borde.

Algunas de las más destacadas son:

- 1 Cúpula de paralelos laminares
- 2 Cúpula geodésica

1. CÚPULA DE PARALELOS LAMINARES

Con estructura de base triangular, cuadrada o trapezoidal. Si se ejecuta en dos o tres capas, pueden lograrse diámetros de hasta 300m.



Climatrón del Jardín Botánico de Misuri, Estados Unidos

2. CÚPULA GEODÉSICA

Este tipo de cúpula se resuelve mediante estructura triangular de una o dos capas, y consiste en plegar la superficie por medio de módulos piramidales. Todas sus barras están curvadas.

Esta disposición permite un buen reparto de tensiones, sin embargo, el montaje de esta estructura resulta dificultosa.



Mundo de la ciencia, Vancouver, Canadá

CÚPULAS DE PAREDES PLEGADAS

Formadas por un cierto número de paredes planas o curvas.



Palacio de los deportes, Ciudad de México, México, por el Arq. Félix Candela

TENSO-ESTRUCTURAS

Las tenso-estructuras, inspiradas históricamente por las tiendas de campaña, uno de los primeros refugios del hombre hace 4000 años, donde se implementaban huesos de mamut y pieles de animales para su construcción rudimentaria para protegerse del clima.

Son estructuras que implementan membranas textiles, cables de acero, cables en formas de celosía o vigas, para construir grandes cubiertas con eficiencia estructural y artística estéticamente.

A diferencia de los sistemas tradicionales, las tenso-estructuras logran cubrir grandes espacios de dimensiones gigantes como estadios, pabellones de exhibición, o incluso, cubiertas y marquesinas de menor escala cuya función no va más allá de proteger del sol y la lluvia.

Su estabilidad se basa en que la estructura de la membrana tensionada adquiera dos curvas en direcciones opuestas, creándose una doble curvatura, siendo, matemáticamente, un paraboloides hiperbólico.

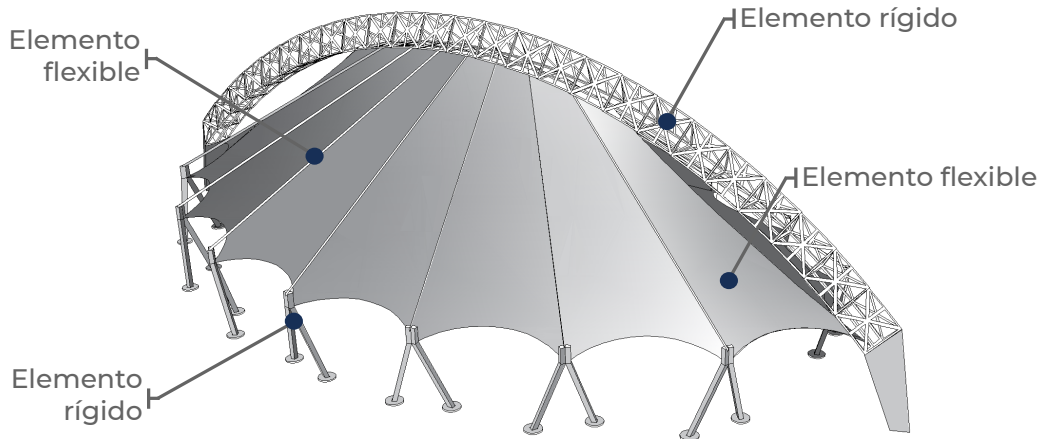


Estadio Olímpico de Múnich, Arq. Frei Paul Otto

COMPOSICIÓN DE LAS TENSO-ESTRUCTURAS

Las tenso-estructuras se componen principalmente por elementos totalmente flexibles, como la membrana textil y los cables, y elementos rígidos como el mástil y los puntos de anclaje,

siendo estos últimos los que soportan y mantienen la tensión de los otros elementos. De esa manera se forma un sistema basado en la flexibilidad y la tensión.



Para lograr que el sistema funcione correctamente, debe existir una jerarquía de elasticidad entre los elementos, la membrana debe ser más elástica que los cables, a su vez, estos deben extenderse más que los elementos rígidos que los soportan.

Al cumplirse esta jerarquía, la tenso-estructura será más fácil de construir y tendrá un comportamiento predecible y eficiente al someterse a las cargas.



Tenso-estructura como cubierta en Estadio Olímpico de Múnich

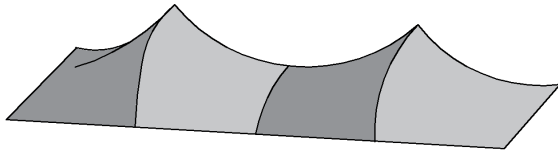
CLASIFICACIÓN DE LAS TENSO-ESTRUCTURAS

Según su tipo de estructura pueden clasificarse en:

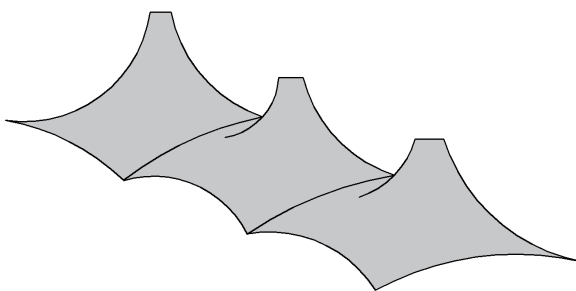
ESTRUCTURA DE TELA TENSIONADA O DE CARPA

Se conforma de una membrana pre-tensada por la aplicación de fuerzas exteriores de manera que se mantenga completamente tensa ante todas las condiciones previstas, siendo recomendable que la estructura membrana tenga unas curvaturas relativamente pronunciadas en direcciones opuestas.

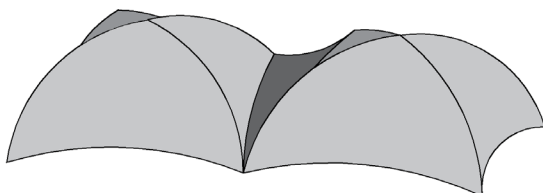
Estas estructuras pueden clasificarse de acuerdo a la ubicación de los anclajes y puntos de apoyo que determinan la forma de la membrana, siendo:



1 Telas apoyadas



2 Telas con apoyos puntuales (interiores o exteriores)



3 Telas colgadas por líneas (interiores o perimetrales)

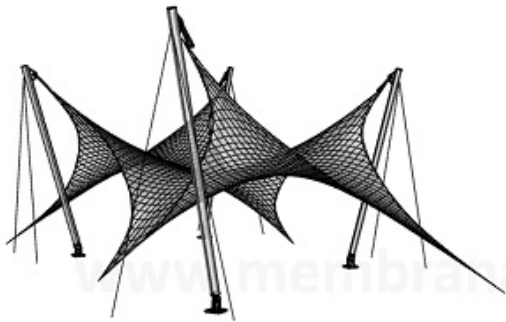
ESTRUCTURA DE RED

Su superficie es constituida por una tupida malla de cables de acero en lugar de un material textil.

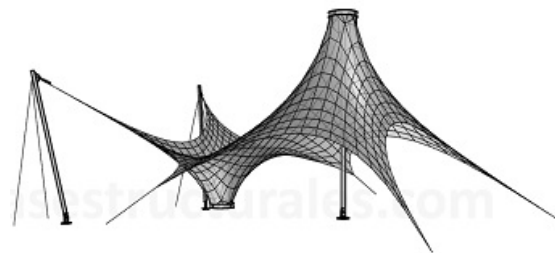
Generalmente se implementan en espacios amplios o en ocasiones que se necesite resistir mayores cargas.

Pueden estar cubiertos por otros materiales como acrílicos, madera, materiales metálicos u otros.

Un ejemplo de este tipo de tenso-estructuras son:



Forma hiper tensión



Forma cónica

ESTRUCTURA NEUMÁTICA

Son membranas flexibles pretensadas a base de aire a presión, rigidizadas, en ocasiones, por cables que, frente a la acción de las cargas exteriores, desarrollan esfuerzos de tracción, por lo que constituyen una estructura muy ligera.

Ver pág. 194



PROPIEDADES MECÁNICAS

1 Resistencia a la tracción

Es el máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo puede soportar antes de romperse.

2 Resistencia a la propagación del rasgado

Cuando se produce un rasgado en la tela, esta se puede propagar siguiendo la línea de corte hasta cierto punto donde el entramado y configuración de los tejidos internos detienen la propagación del corte.

3 Influencia de la humedad y temperatura

es un factor importante de diseño que involucra directamente las condiciones climáticas del lugar donde se edifique la estructura y del uso que en ellas se realice.

El incremento de la temperatura puede reducir la capacidad portante de las membranas entre un 25% y 70% en condiciones más drásticas, sin embargo, esto se puede compensar mediante un diseño óptimo y utilizando materiales que se adapten de manera eficiente al clima.



Centro de Tránsito Rosa Parks, FTL Design Engineering Studio

PROPIEDADES FÍSICAS

1 Durabilidad

Asociada a las condiciones de temperatura, humedad y radiación, también a otras como combustión y accidentes.

Generalmente los materiales duran fácilmente 15 años, si las condiciones son favorables y se usan comúnmente en estructuras transformables, aunque existen materiales de mayor duración, hasta 50 años para estructuras permanentes.

2 Aislamiento térmico

La capacidad para reflejar la radiación y filtrarla es un aspecto importante a la hora de controlar las condiciones internas de la estructura.

Las membranas poseen la capacidad de reflejar y absorber radiación en forma de calor, aunque por factores de diseño se puede llegar a acondicionar más eficientemente los espacios por medio de recubrimientos adicionales, incluso, colocando más de una membrana para aprovechar el efecto invernadero que se genera entre el espacio vacío que queda entre ellas.

3 Acústica

Está caracterizada por la alta reflectividad de las vibraciones sonoras, particularmente en frecuencias entre 500 a 2000 Hz.

Esta reflectividad se puede traducir a un desempeño pobre y dificultad en la propagación del audio.

Sin embargo, estos problemas pueden resolverse con recubrimientos internos con materiales porosos que absorben el sonido y reducen las vibraciones.

Así mismo, pueden instalarse paneles, bandas acústicas u otros elementos de diseño acústico.

4 Transparencia

Las membranas textiles de estas estructuras suelen ser muy luminosas debido a la fácil propagación de la luz por toda su superficie si se quiere.

Generalmente, los factores de transparencia van entre el 10% y 50%, aunque se pueden crear superficies más opacas según los requerimientos de diseño.

ELEMENTOS QUE COMPONEN A LAS TENSO-ESTRUCTURAS

Se pueden clasificar en dos grandes grupos:

1 Elementos flexibles

2 Elementos rígidos

1. ELEMENTOS FLEXIBLES

CABLES

Actúan como tensores que refuerzan la membrana textil y mantienen al mástil en su posición.

Estos son fabricados en acero de alta resistencia y se encuentran en diferentes presentaciones según las tensiones y cargas a soportar.

MEMBRANAS TÉXTILES

La membrana es el elemento que cubre el espacio, siendo ligero, definiendo la forma de la tenso-estructura.

El material que la compone debe ser resistente a las condiciones externas tales como el viento, el agua, el fuego, garantizando la durabilidad del mismo. En la mayoría de los casos, también debe transmitir la luz del día, reflejar el calor y ser capaz de controlar el sonido.

Hoy en día, la mayoría de las membranas están hechas de fibra de vidrio o textil de poliéster, las cuales se refuerzan con sustancias de recubrimiento como PVC, teflón o silicona.

Para tenso-estructuras de carácter temporal, se utiliza poliéster recubierto con PVC. Este es más económico que la fibra de vidrio

recubierta con teflón, el cual es utilizado para aquellas estructuras que deben ser permanentes.

La tela como material industrial se suministra en bobinas de anchos que varían entre 1.2m y 2.0m como término medio.

Por esta razón se requiere unir diferentes fragmentos a través de juntas; entre las más utilizadas se encuentran las juntas cocidas, pegadas, soldadas y practicables.

De igual forma, el textil debe unirse a los elementos de anclaje y los bordes rígidos, estos mantendrán la tensión que le da forma a la membrana.

RELINGAS

Son los refuerzos que se emplean en los bordes de la membrana, ya que en este punto, tienden a acumularse las tensiones que la membrana está soportando en todas las direcciones en cualquier punto de su superficie.

Estas pueden ser interiores o exteriores y fabricados en fibra o cable metálico.



Relingas de una tenso-estructura

2. ELEMENTOS RÍGIDOS

Son fabricados en materiales convencionales como el acero, compuestos de materiales sintéticos, concreto reforzado y pretensado. Deben ser fuertes, fáciles de transportar y fabricar.

En este caso, el acero estructural cumple con estas condiciones y es el más implementado, sin embargo, presenta tendencia a la corrosión, por lo cual debe ser recubierto o galvanizado

MÁSTIL Y BORDES RÍGIDOS

Es un elemento vertical que genera la altura o punto más alto de la tenso-estructura, además sostiene y tensa la membrana, manteniendo su forma.

Las tenso-estructuras pueden requerir un solo mástil que levante un solo punto (interno o externo) de la membrana, o varios puntos componiendo un sistema más complejo y generando formas más diversas.

Los bordes rígidos también soportan y dan forma a la membrana. Generalmente se construyen en forma de arcos, aunque también pueden ser horizontales.



Tenso-estructura donde se observan mástiles puntuales

PUNTOS DE ANCLAJE

Brindan estabilidad y tensan la membrana y pueden ser interiores, exteriores o perimetrales.



MANTENIMIENTO DE LAS TENSO-ESTRUCTURAS

La arquitectura textil requiere un cuidado especial debido al tipo de material.

El fabricante debe indicar el tipo de mantenimiento adecuado para el tipo de material, así mismo, se requiere de una limpieza periódica a la superficie exterior.

En cuando a los elementos metálicos, se pueden aplicar las recomendaciones generales de mantenimiento (limpieza y protección) según el material y la localización.

VENTAJAS

- Fácil instalación y transporte
- Reducido tiempo de construcción
- Permite crear diseños variados
- Seguras debido a que son antisísmicas
- Sumamente resistentes ante las condiciones externas (la lona es capaz de absorber rayos ultravioletas y reflejar los infrarrojos)
- Capacidad de cubrir grandes luces y espacios sin interrupciones
- Aplicables en diversos ámbitos (comercio, instalaciones deportivas, espacios públicos, aeropuertos)
- Ahorro de energía en cuanto a iluminación y climatización

DESVENTAJAS

- Requieren un mantenimiento constante para garantizar su durabilidad
- En comparación con otros materiales como el concreto o acero, su tiempo de vida útil es relativamente corto
- El diseño debe considerar las dimensiones comerciales específicas del material textil
- En construcción de espacios de menor escala los costos por metro cuadrado son elevados

ESTRUCTURAS NEUMÁTICAS

Las estructuras neumáticas son membranas flexibles pretensadas a base de aire a presión, rigidizadas normalmente por cables, constituyendo una estructura muy ligera, flexible, con formas curvas y que pueden llegar a alcanzar claros de 100m sin apoyos intermedios.

NOTA

El complejo deportivo Heliotrón, construido a base de cúpulas lonas hinchables, obtuvo el Premio Nacional de Arquitectura de España en 1975. Sus pasillos eran pistas de hielo, y estuvo en pie durante 3 años.



Complejo deportivo Heliotrón, Sevilla, España, 1976. Arq. José Miguel de Prada Poole

A diferencia de las estructuras convencionales, las estructuras neumáticas desafían la gravedad imponiendo una carga contraria, distribuyendo su peso por el suelo mediante diversos instrumentos de anclaje que ofrecen la estabilidad necesaria.

La estructura neumática portante podrá estar formada por una estructura de membrana simple (sustentada por aire) o doble (inflada por aire).



Pista de Hielo de Heliostrón

TIPOS DE ESTRUCTURAS NEUMÁTICAS

Las estructuras neumáticas se clasifican en:

1. ESTRUCTURA SOPORTADA POR AIRE (CERRADAS)

Son formadas únicamente por una membrana tensada por una pequeña presión interna, dando formas convexas o cóncavas. El volumen interior tiene una mayor presión que en exterior, al igual que el mecanismo de las pompas de jabón.



Proyecto El Edén

2. ESTRUCTURA HINCHADA CON AIRE A PRESIÓN (ABIERTAS)

Son formadas por elementos tipo tubo sometidas a presión superior que forman pilares, vigas y pórticos, encerrando un volumen aislado del volumen habitable, donde se encierra el aire contenido por membranas formando los distintos tipos estructurales.



Arriba, una cubierta neumática hinchada con aire a presión

3. ESTRUCTURA COMBINADA

Combinación de ambas estructuras anteriores o creadas también mediante la combinación de sistemas neumáticos con algún tipo de estructura rígida de soporte.

Hay que considerar que generalmente, son estructuras especialmente para construcciones temporales como:

Salas de exposiciones, locales deportivos, mega eventos, en los que se requiere una cobertura por un breve y determinado periodo de tiempo, pero que a su vez estarán sometidas a todos los tipos de cargas posibles.

POSIBLES APLICACIONES

Las estructuras neumáticas pueden ser implementadas en:

1 Aplicaciones militares

Hangares de enfermería tanto en el campo de la ingeniería de puentes, construcción de almacenes, arsenales, hospitales de campaña, entre otros.

2 Aplicaciones deportivas

Pabellones deportivos para el desarrollo de actividades capacitadas para ser practicadas ha cubierto de las condiciones climáticas.

3 Aplicaciones sociales

Edificios para oficinas, con estructuras amplias, permanentes y monumentales de fácil traslado.



Implementación de una cubierta neumática abierta, hichada con aire a presión para la creación de un pabellón deportivo

FACTORES FÍSICO-ESTRUCTURALES

1 Control de la humedad

Al ser las membranas impenetrables, se requiere un mayor confort al interior, mediante la penetración de aire y humedad, para ello se agrega ventilación.

2 Control térmico

Debido a la delgadez de las membranas, los índices de aislamiento térmico son muy bajos, asimilándose al de un cristal en una ventana.

Para evitar esto, se puede revestir la membrana con material aislante, por medio de una laminación, colocándose espuma hecha de goma, poliestirol, PVC, y poliuretano)

3 Acústica

A pesar de que este tipo de estructuras posee grandes no son aptos para grandes presentaciones musicales, su acústica puede mejorarse instalando autoparlantes para eventos como conferencias o reuniones.

A la derecha, instalación de sistemas de sonido e iluminación en estructura neumática



MATERIALES DE LA MEMBRANA

La elección del material dependerá de la función y el tiempo de duración previsto para la estructura.

Los materiales pueden clasificarse en:

- 1 **Isotrópicos** Presentan la misma resistencia y capacidad de estiramiento en todas las direcciones
- 2 **Anisotrópicos** Tienen propiedades de dirección orientada.

TIPOS DE MEMBRANAS

MEMBRANA DE CAUCHO

Son flexibles y útiles particularmente para ensayos ya que pueden ser constituidas una amplia variedad de formas sin patrones de corte demasiado complicados.

MEMBRANA DE TEJIDO METÁLICO

Consisten en fibras de acero inoxidable revestidas en un material que les permite hacerlas impermeables al paso del aire.

Este material posee gran resistencia y duración pero su costo elevado impide utilizarlo en aplicaciones ordinarias.

TEJIDO REVESTIDO CON UNA CAPA

Son los tejidos hechos de fibras de vidrio o sintéticos que están revestidos por una película de PVC, poliéster o poliuretano.

MEMBRANA DE LÁMINA DE METAL

Poseen una muy alta resistencia a la difusión gaseosa pero sola pueden usarse para estructuras neumáticas cuando son bastante flexibles.

Actualmente se utilizan ya una lámina plástica de aluminio, sobre todo a causa de su gran reflexión de calor. Es ligera, muy resistente, impermeable y posee notables propiedades durabilidad. Pero aún falta demostrar su adaptabilidad a las estructuras de grandes proporciones.

ESPUMAS PLÁSTICAS

Se utilizan para darle la rigidez que necesita la estructura evitando la necesidad de un continuo suministro de aire para mantenerse erecta. Por ejemplo, la espuma de poliuretano.

ESTRUCTURAS LAMINARES O DE CÁSCARA

Las estructuras laminares son superficies delgadas curvas de pequeño espesor comparado con las dimensiones de la estructura y la curvatura.

Muchas láminas son, por ejemplo, más delgadas que una cascara de huevo de gallina, que es de 0.3mm.

Estas láminas no tienen por qué ser extremadamente delgadas o elásticas.

Su eficiencia se debe a su curvatura y al alabeo, siendo resistentes y con una sección estructural de bajo peso y material.

Las láminas deben tener, si es posible, un espesor constante, o en su caso, variaciones no bruscas.

Así mismo, las cargas estructurales deben ser distribuidas y la superficie de la lámina debe ser continua y su curvatura gradual.



Centro Heydar Aliyev, Azerbaiyán, 2007. Zaha Hadid Architects

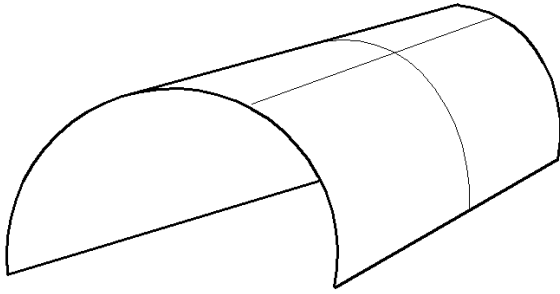
TIPOS DE SUPERFICIES

Las superficies pueden clasificarse en función de su curvatura en:

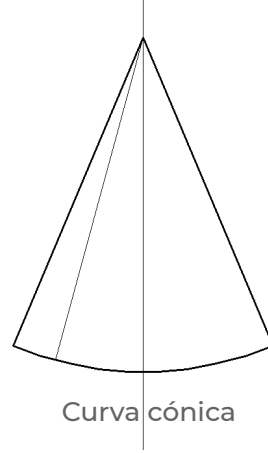
- | | | | |
|----------|------------------|----------|-----------------|
| 1 | Simple curvatura | 2 | Doble curvatura |
|----------|------------------|----------|-----------------|

SIMPLE CURVATURA

Cuando la curvatura se genera por el movimiento de una línea recta desplazándose por una línea curva directriz, sin perder contacto. Las únicas clases de superficies son las superficies cónicas, cilíndricas y las convolutas



Curva cilíndrica



Curva cónica

DOBLE CURVATURA

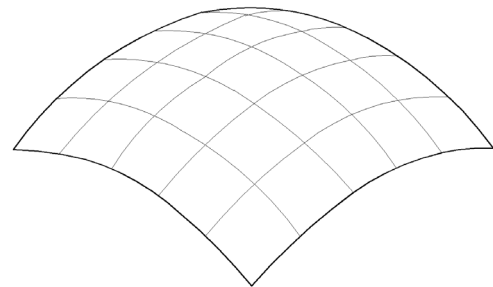
Estas se dividen en:

- 1 Sinclásticas
- 2 Anticlásticas

SINCLÁSTICAS

Son aquellas en las que los centros o la curvatura están en el mismo lado de la superficie.

Esta es una forma de cúpula.

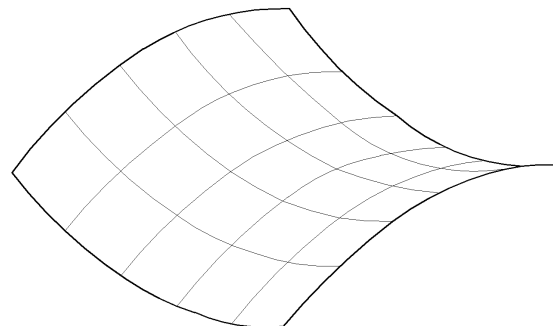


ANTICLÁSTICAS

Son aquellas superficies en las que los centros de curvatura están situados en lados opuestos de la superficie.

Esto se puede describir como una silla de montar.

Un paraboloides hiperbólico es una superficie anticlasta.



MATERIALES POSIBLES

Los materiales que pueden implementarse en la estructura laminar son la madera, el acero, y el material más idóneo, es el hormigón armado o pretensado.

TIPOS DE ESTRUCTURAS LAMINARES

Las estructuras laminares se dividen en:

- 1 Bóvedas cilíndricas
- 2 Cúpulas
- 3 Paraboloides hiperbólicos

BÓVEDAS CILÍNDRICAS

Se caracterizan por la forma de su sección transversal, por el tipo de apoyo en la dirección longitudinal y transversal, por la clase de diafragmas y vigas de borde y por la continuidad a lo largo de varios vanos.



Basilica de San Andrés de Mantua, Italia

El comportamiento de una bóveda cilíndrica es diferente según la dirección considerada.

Cuando tiene una dirección longitudinal actúa como una viga.

Si la bóveda es larga y baja, necesita contar con unas vigas de borde muy rígidas, mientras que si se aumenta su altura, puede disminuirse el tamaño de la viga de borde, incluso suprimirla.

En el caso de que las bóvedas cilíndricas tienen dirección transversal se comporta como un arco.

En el caso de que las bóvedas cilíndricas sean largas, se colocan las vigas de borde de canto, ya que su propósito principal será soportar las cargas longitudinales, mientras que, si las bóvedas son cortas, las vigas de borde se colocaran horizontalmente para resistir los empujes laterales.

CÚPULAS

Son superficies de revolución definidas por la rotación de una curva plana alrededor de un eje vertical.

Permiten cubrir grandes claros y encerrar la mayor cantidad de espacio con la mínima superficie, por lo que resultan muy aptas para cubrir campos de deportes, piscinas, salas de convenciones, donde se necesitan que los espacios interiores sean diáfanos.



Vista del interior de la famosa bóveda del Panteón, Roma

PARABOLOIDE HIPERBÓLICO

Superficie creada a partir de una parábola con la concavidad hacia abajo que se desliza a lo largo de la otra concavidad hacia arriba.

Es una de las superficies regladas más utilizadas en obras por Gaudí y Félix Candela.



L'oceanogràfic, Valencia, 2002. Santiago Calatrava y Félix Candela

La propiedad más importante del paraboloid hiperbólico, es que, aun siendo una superficie curvada, puede construirse con líneas rectas.

Lo que va haciendo es variar el ángulo de inclinación de una recta que se mueve encima de otra curva. A este tipo de superficies se les denomina superficies regladas.

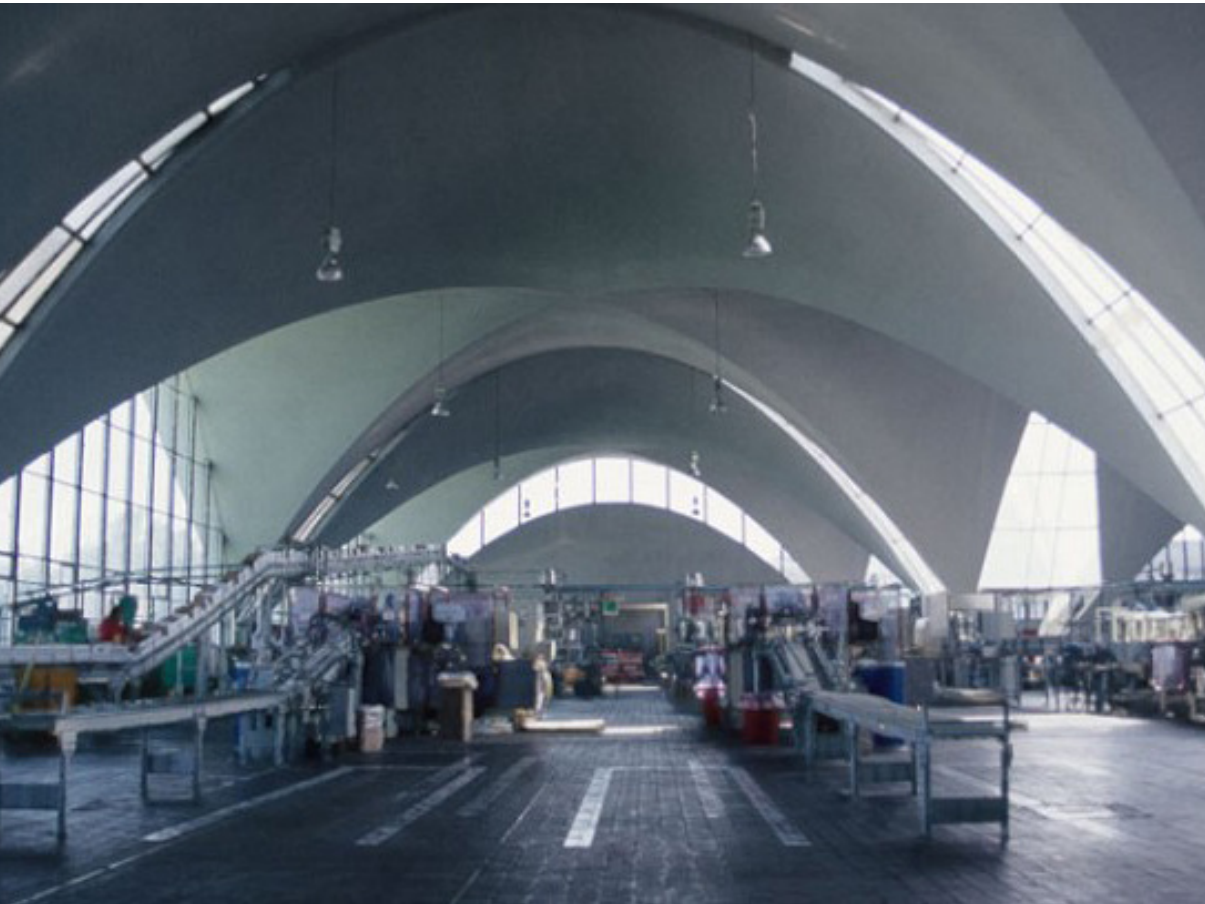
La forma del paraboloid hiperbólico dependerá de requisitos arquitectónicos de diseño como la escala (altura y claro), los materiales, el sistema constructivo, la función y la geometría del edificio.



Planta Embotelladora de Bacardí, México, 1960. Arq. Félix Candela



Construcción de paraboloides hiperbólicos con estructura laminar



Interior de Embotelladora de Bacardí, México

ARCO

El arco es uno de los sistemas estructurales de mayor antigüedad que hoy en día se conocen.

Fue empleado en Mesopotamia alrededor del año 500 a.C, incluso se han logrado encontrar los arranques de unos arcos que forman una bóveda de cañón en los almacenes de trigo en Egipto relacionada con el Faraón Ramsés II.



En el Antiguo Egipto, los almacenes del Ramesseum fueron construidos con arcos de adobe.

En Europa, fue empleada por los romanos como los cimientos de algunos monumentos más grandes de la ciudad de Roma, así como la estructura del Coliseo Romano con 189 m de largo, 156 m de ancho y 48 m de altura.

Este famoso anfiteatro tiene tres pisos, cada uno está compuesto por 80 arcos de medio punto sustentados por columnas.

En la fachada se superponen los órdenes: las pilastras del primer piso son de orden toscano, las del segundo de orden jónico y las del tercer piso son corintias.

Existe un cuarto piso de orden compuesto formado por una pared ciega con columnas adosadas y un pequeño hueco cada dos vanos.



Coliseo Romano

El arco adquirió protagonismo en monumentos de la ciudad y acueductos, que, a pesar de ser estructuras no calculadas mediante procedimientos matemáticos, permanecen hasta el día de hoy, superando el desgaste de cientos de años y otros desastres naturales.



Acueducto de Segovia, España

El arco ha evolucionado gracias a la implementación de conocimientos matemáticos de su geometría y comportamiento, dando lugar a numerosas tipologías y diversos materiales con los que darle forma.

El rango de claros de un arco se ve en gran medida condicionado por el material empleado para su ejecución.

Puede considerarse un rango de claro de 30m a 70m en caso que estén

construidos con madera, entre 20 y 70m para los arcos construidos con hormigón y el acero, que permite un claro más amplio, tiene un rango de 40 a 100m de claro aproximadamente.

Existe una gran variedad de arcos que varían según el sistema constructivo o material, como por ejemplo:

- | | | | |
|---|-----------------------------|---|-----------------------------|
| 1 | Arcos biapoyados | 3 | Arcos de celosía de acero |
| 2 | Arcos biapoyados con rótula | 4 | Arcos bi o tridimensionales |

Para lograr la estabilidad del arco se requiere dos puntos de apoyo en los que, tanto los desplazamientos como los giros, estén impedidos.

REFERENTE

Esta sección del capítulo muestra la propuesta estructural del proyecto “Terminal de Transporte de Santa Cruz de Yojoa”, desarrollado por Daniela Chávez y Alejandro Muñoz en el año 2019 como parte de su proyecto

de graduación.

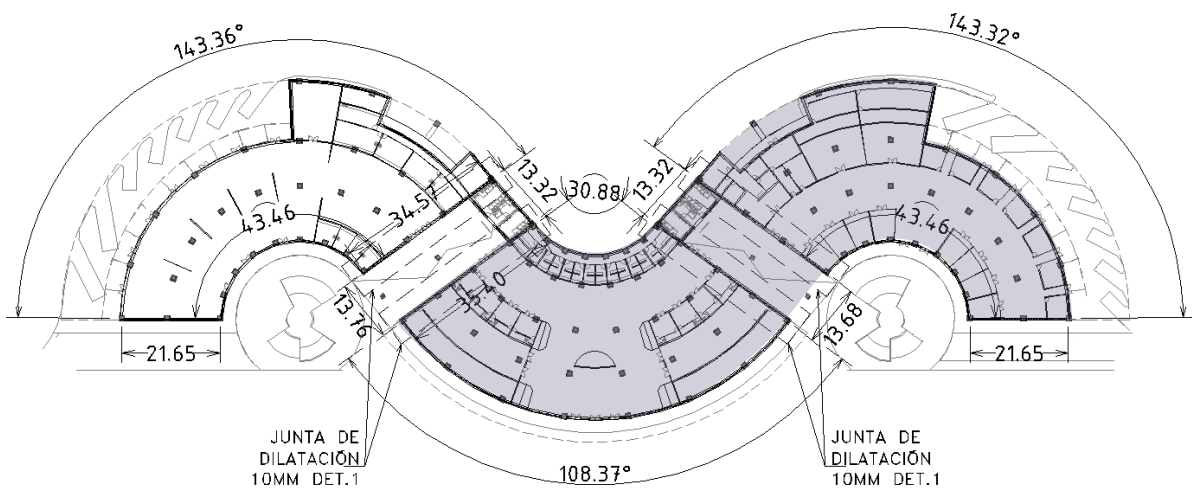
Por medio de este escenario se observa la magnitud y complejidad del tipo de estructuras en edificaciones de la categoría Mega-estructuras.

TERMINAL DE TRANSPORTE DE SANTA CRUZ DE YOJOA

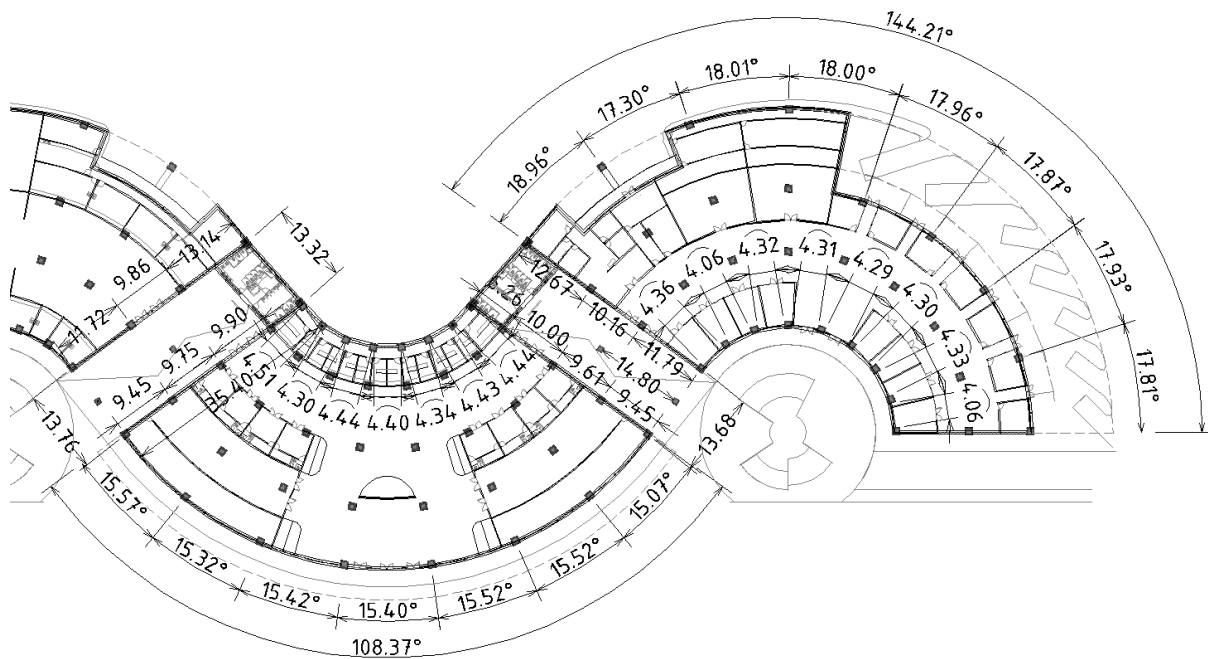
DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|----------------------|----------------------------|
| 1 | Niveles | 1 |
| 2 | Intercolumnio máximo | 18.00 metros |
| 3 | Material estructural | Acero |
| 4 | Sistema de entrepiso | Vigas y viguetas metálicas |

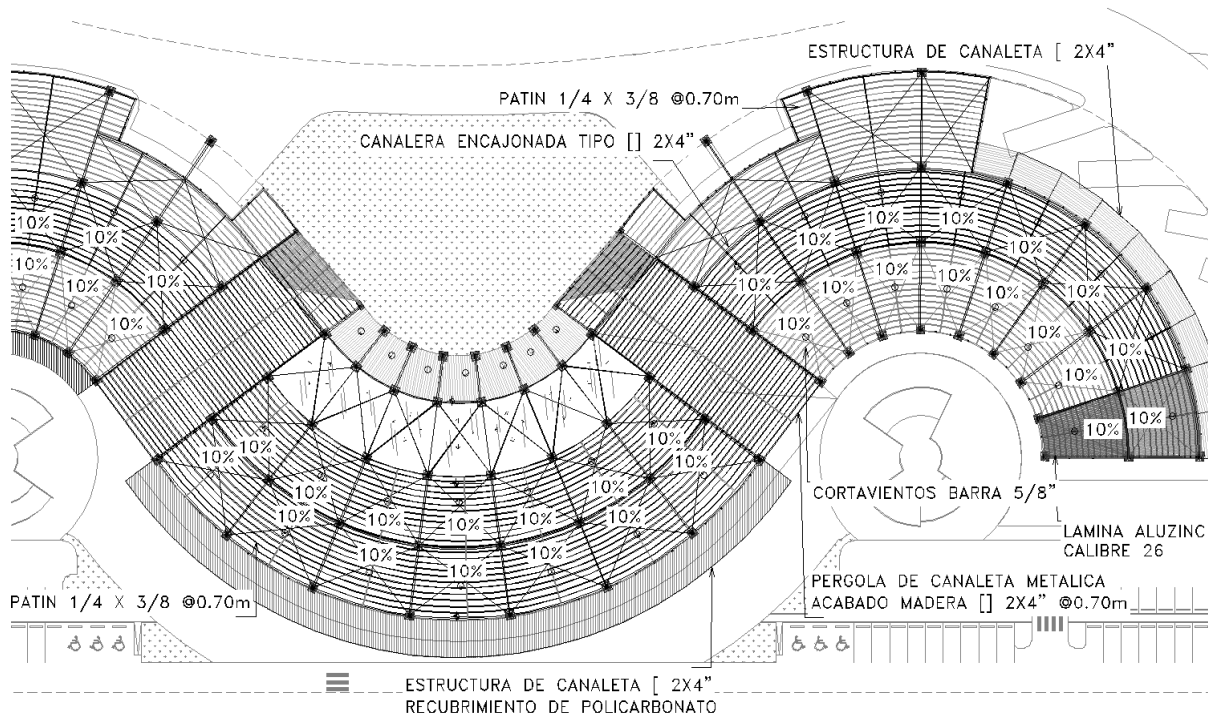
Para efectos del ejercicio se muestra la planta constructiva con cotas generales y una planta del área sombreada con cotas en ejes.



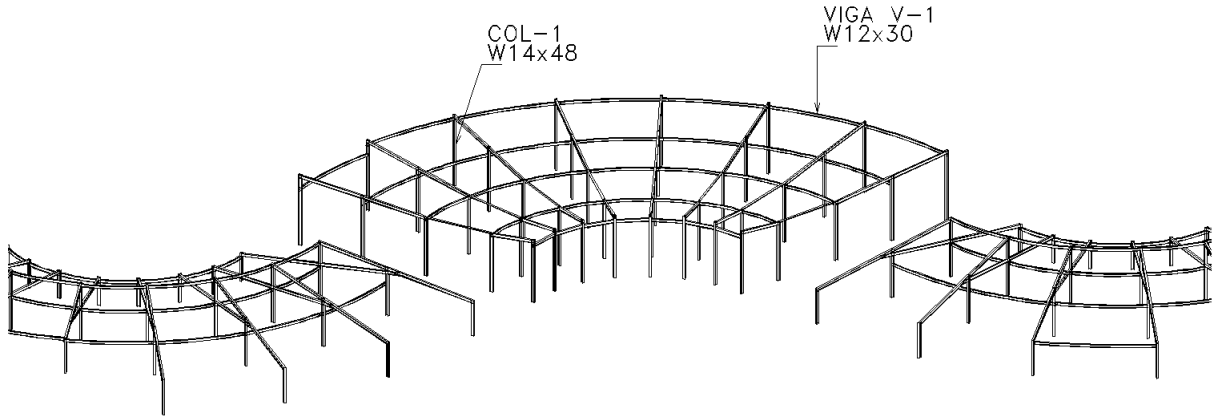
PLANTA ARQUITECTÓNICA



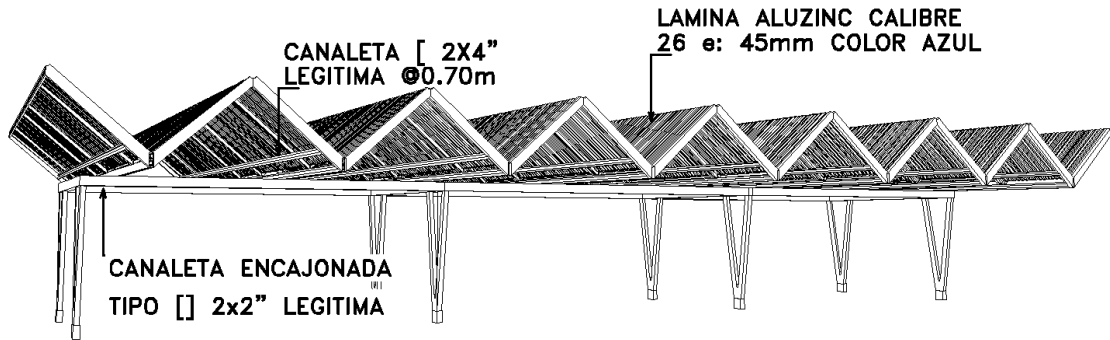
ÁREA SOMBREADA



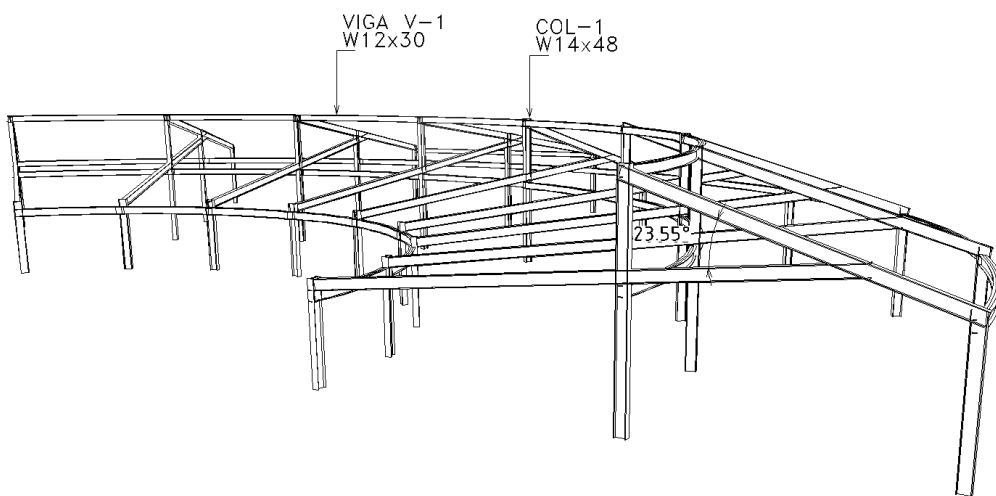
PLANTA DE TECHO
(ELEMENTOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS)



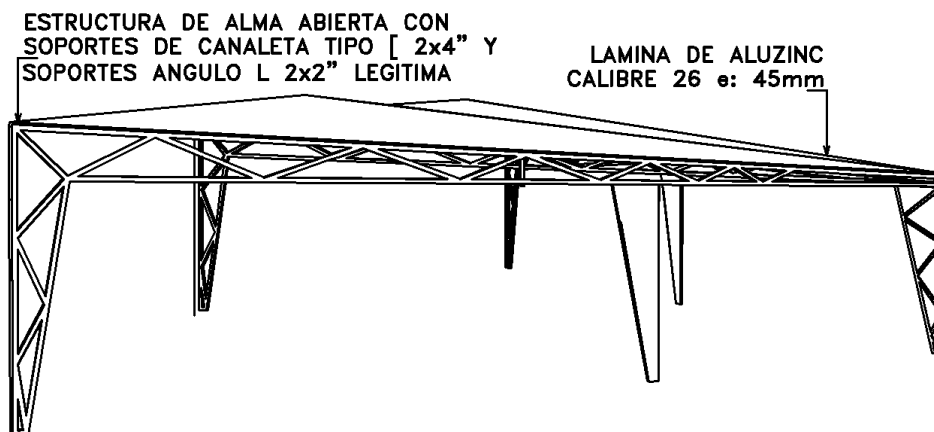
ISOMÉTRICO DE TECHO ACCESO PRINCIPAL
(ELEMENTOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS)



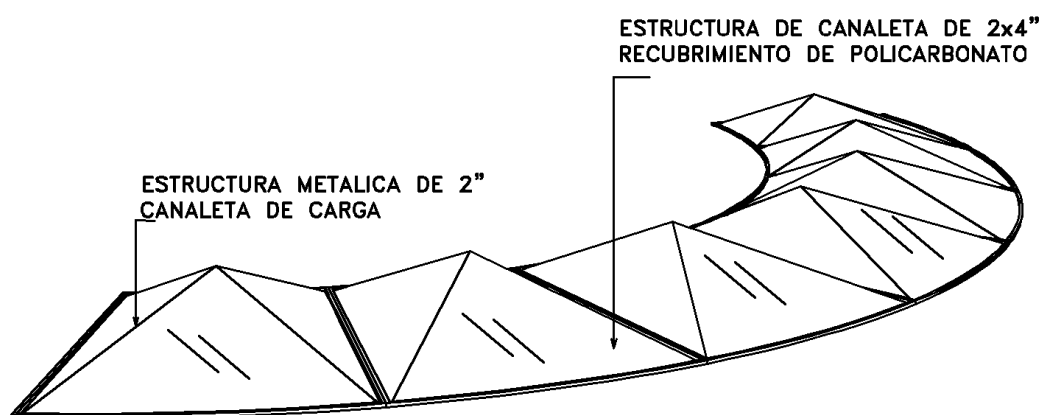
ISOMÉTRICO DE CUBIERTA DE ACCESO PRINCIPAL



ISOMÉTRICO DE TECHO ALAS LATERALES
(ELEMENTOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS)



ISOMÉTRICO DE CUBIERTA DE ALAS LATERALES



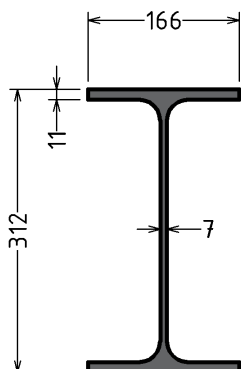
ISOMÉTRICO DE CUBIERTA DE ALAS LATERALES

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Los desarrolladores del proyecto proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

1. VIGA V-1

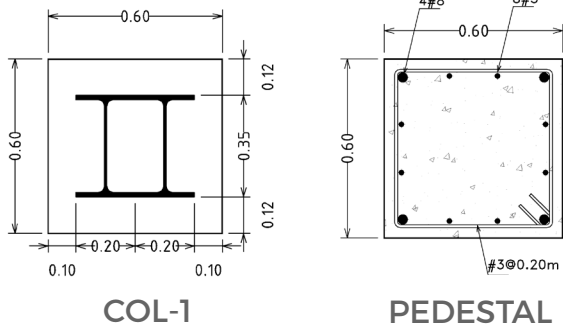
Viga de acero soldada a columna, perfil W12x30.



NOTA

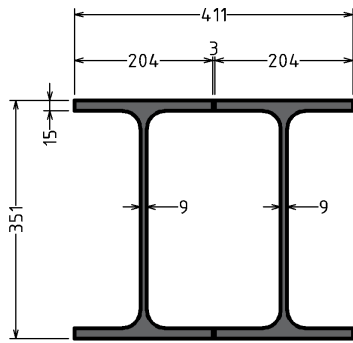
Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos.

Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

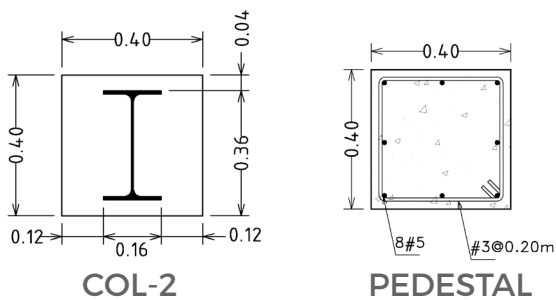


COL-1

PEDESTAL

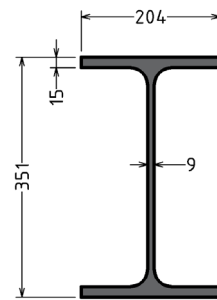


2 W 14x48



COL-2

PEDESTAL



W14x48

2. COLUMNAS DE ACERO

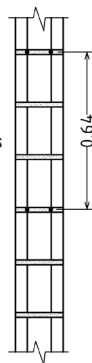
Se implementan columnas de acero COL-1 perfil 2W14x48 soldadas entre sí, ancladas a pedestal de concreto armado de dimensiones 0.60x0.60m.

Se ubican en los ejes circundantes del edificio.

Así mismo, se implementan columnas de acero COL-2 perfil 214x48, ancladas a pedestal de concreto armado con dimensiones 0.60x0.60m.

Se ubican en los ejes interiores del edificio.

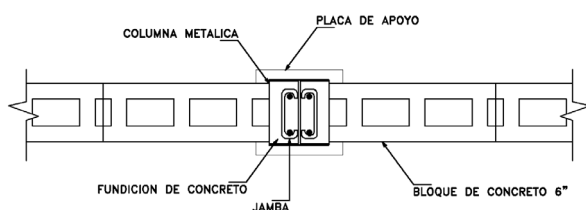
NOTA:
TODAS LAS PAREDES LLEVA
REFUERZO HORIZONTAL 2#2
A LO LARGO CADA 3 HILADAS

REFUERZO DE
PARED TÍPICA

3. PAREDES

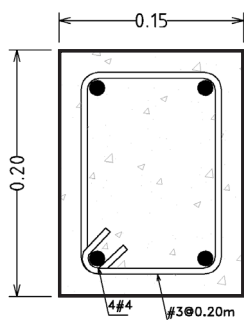
Se implementan paredes de bloques de concreto de 6" con refuerzo horizontal con 2 varillas núm. 2 a lo largo, cada 3 hiladas.

Estas paredes se encuentran unidas a las columnas de acero por medio de una fundición de concreto que funcionan como castillos uniendo ambos elementos.

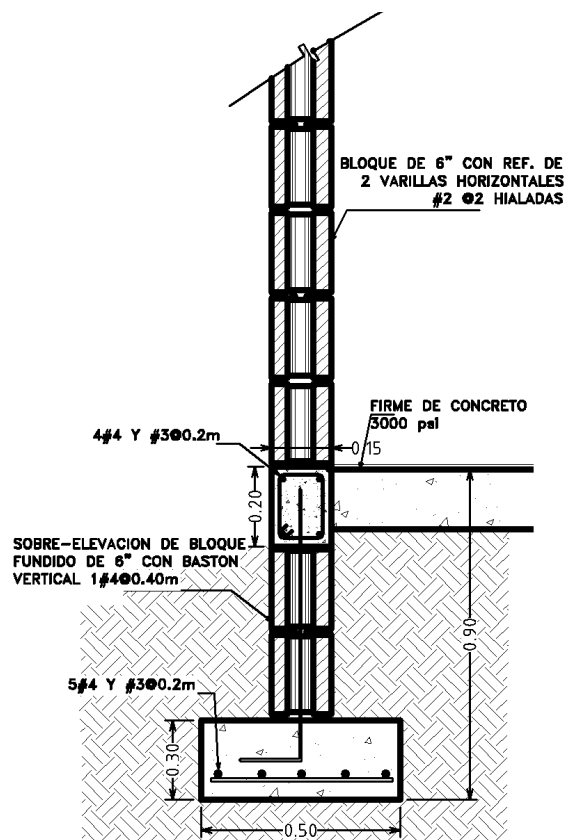
UNIÓN DE PAREDES CON
COLUMNAS DE ACERO

4. CIMIENTO CORRIDO

Cimiento corrido con ancho de 0.50m por la longitud del muro y una altura de 0.30m, una sobreelavación con bloques de hormigón de 6" y una solera inferior con medidas 0.15x0.25 metros.



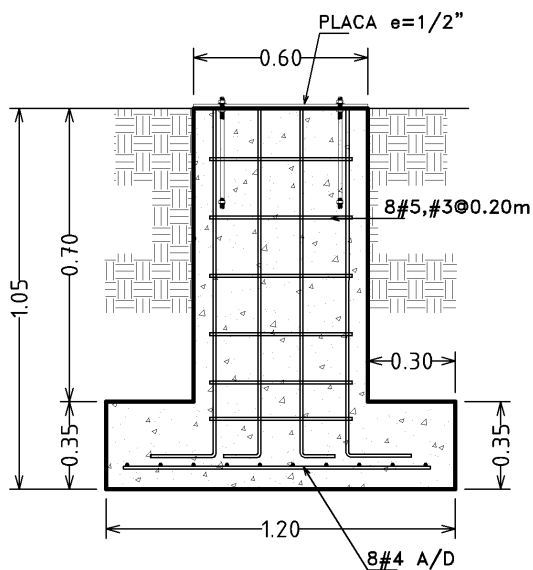
DETALLE SOLERA INFERIOR



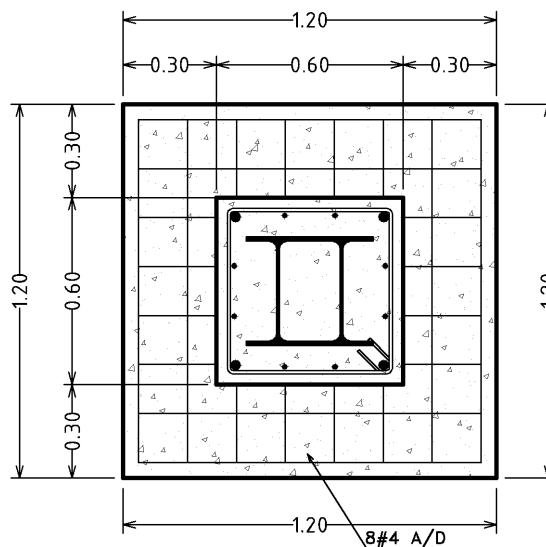
5. ZAPATAS AISLADAS

Se implementan zapatas aisladas Z-1 con dimensiones de 1.20x1.20m en su sección transversal y un espesor de 0.35m.

La columna COL-1 se encuentra anclada a esta zapata, por medio de una placa de anclaje y pedestal de concreto.



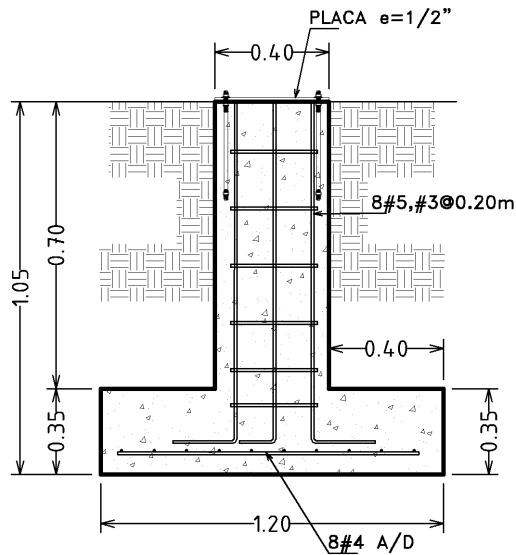
Z-1



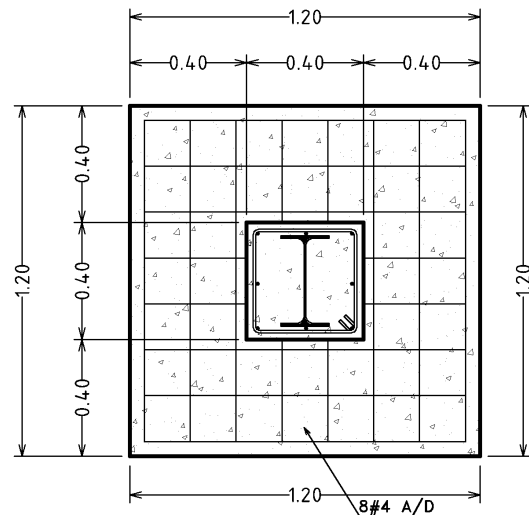
VISTA EN PLANTA Z-1

Así mismo, se implementan zapatas aisladas Z-2 con dimensiones de 1.20x1.20m en su sección transversal y un espesor de 0.35m.

La columna COL-2 se encuentra anclada a esta zapata, por medio de una placa de anclaje y pedestal de concreto.



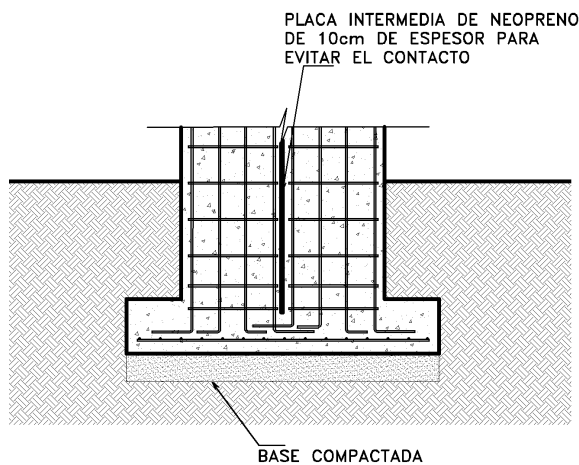
Z-2



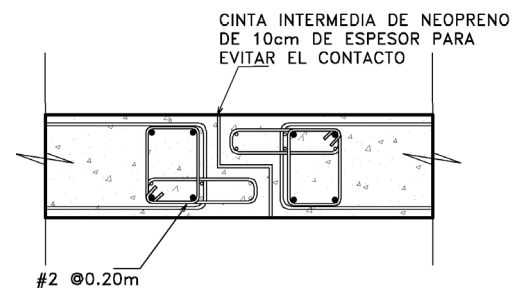
VISTA EN PLANTA Z-2

En la junta de dilatación se proponen zapatas aisladas Z-3 con dimensiones de 1.70x1.70m en su sección transversal y un espesor de 0.30m, sobre una base compacta de espesor 0.15m.

Las columnas se encuentran ancladas a esta zapata, por medio de una placa de anclaje y pedestales de concreto, tal como se muestra.



JUNTA DE DILATACIÓN
ENTRE PEDESTALES
EN CIMENTACIÓN DE COLUMNAS



JUNTA DE DILATACIÓN EN
UNIÓN DE SOLERAS INFERIORES
DE ZAPATA CORRIDA

CAPÍTULO 7

VOLADIZOS

| | |
|---------------------------|--------|
| Voladizos | P. 218 |
| Viga Voladizo de Concreto | P. 219 |
| Viga Voladizo de Acero | P. 221 |
| Referentes | P. 225 |

07

VOLADIZOS

Un voladizo es un elemento estructural rígido, como una viga, que está apoyado solo por un lado a un elemento, del que sobresale. También se pueden construir voladizos con celosías o forjados. Cuando se somete a una carga, el voladizo la transmite al apoyo al que está sujeto mediante un momento y una tensión cortante.

Los voladizos se encuentran frecuentemente en puentes en voladizo y balcones. En los puentes, los voladizos se construyen habitualmente en parejas, de manera que cada uno sostiene una parte de una sección central.

En la construcción también se usan a menudo voladizos temporales, es decir, cuando la estructura está en obras hay un voladizo, que sin embargo cuando la estructura se completa no actúa como voladizo. Esto es muy útil cuando no se pueden usar apoyos temporales, como cimbras o puntales, para sostener la estructura mientras se está construyendo.

En arquitectura, Frank Lloyd Wright usó voladizos en la Casa de la Cascada para proyectar grandes balcones.



Voladizo en casa de la cascada, Frank Lloyd Wright.

VIGA VOLADIZOS DE CONCRETO

Para el cálculo de voladizos de concreto se implementan las siguientes fórmulas según la longitud del voladizo:

1 Voladizo de 3 metros (terraza)

Fórmula:

$$Ab=ab/5$$

Ejemplo:

$$Ab=3/5=0.60m$$

Donde:

Ab = Perálte de viga voladizo

ab = Claro a cubrir

2 Voladizo de 6 metros

Fórmula:

$$Ab=ab/5$$

Ejemplo:

$$Ab=6/5=1.2m$$

Donde:

Ab = Perálte de viga voladizo

ab = Claro a cubrir

Para lograr mayores claros en voladizos de concreto, se utiliza el sistema pre o postensado, al igual que en los puentes.



Casa Hemeroscopium, Madrid, España.



Casa TDA, Cadaval & Solà-Morales.

VIGA VOLADIZOS DE ACERO

Esta sección muestra una propuesta de pre-dimensionamiento para voladizos de acero.

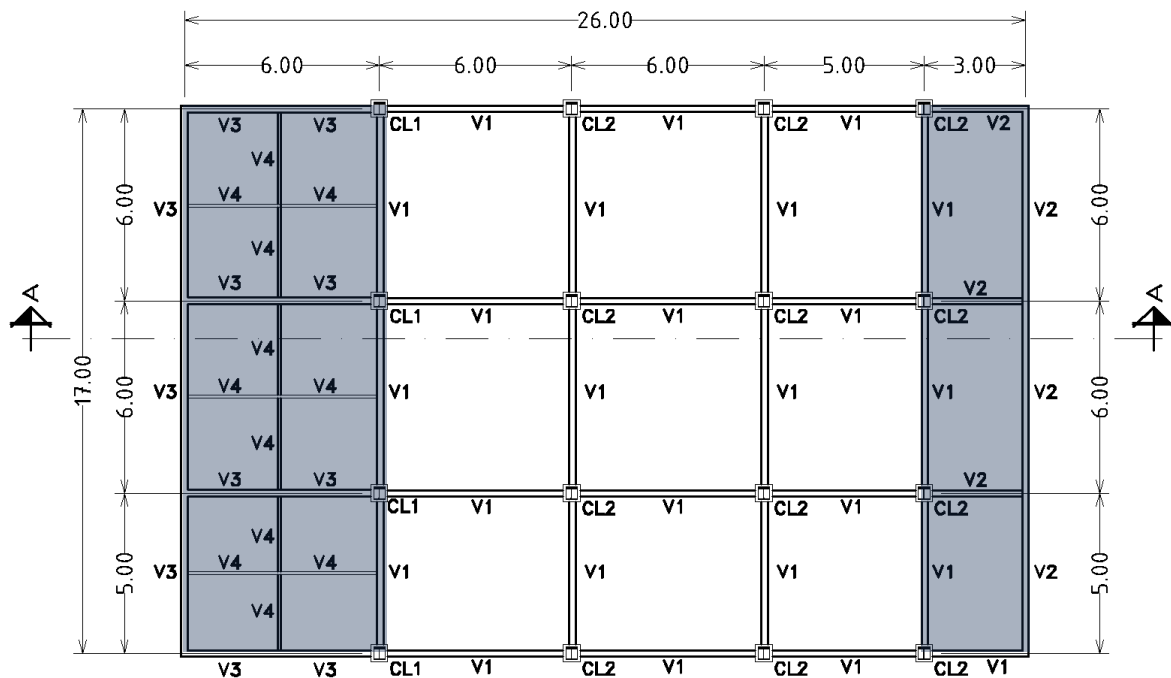
Las dimensiones que se proponen no son finales, sino, magnitudes orientativas en cuanto a dimensiones del

elemento que puedan servir para afinar un proceso de diseño que, finalmente, habrá de ser ratificado por un cálculo exhaustivo.

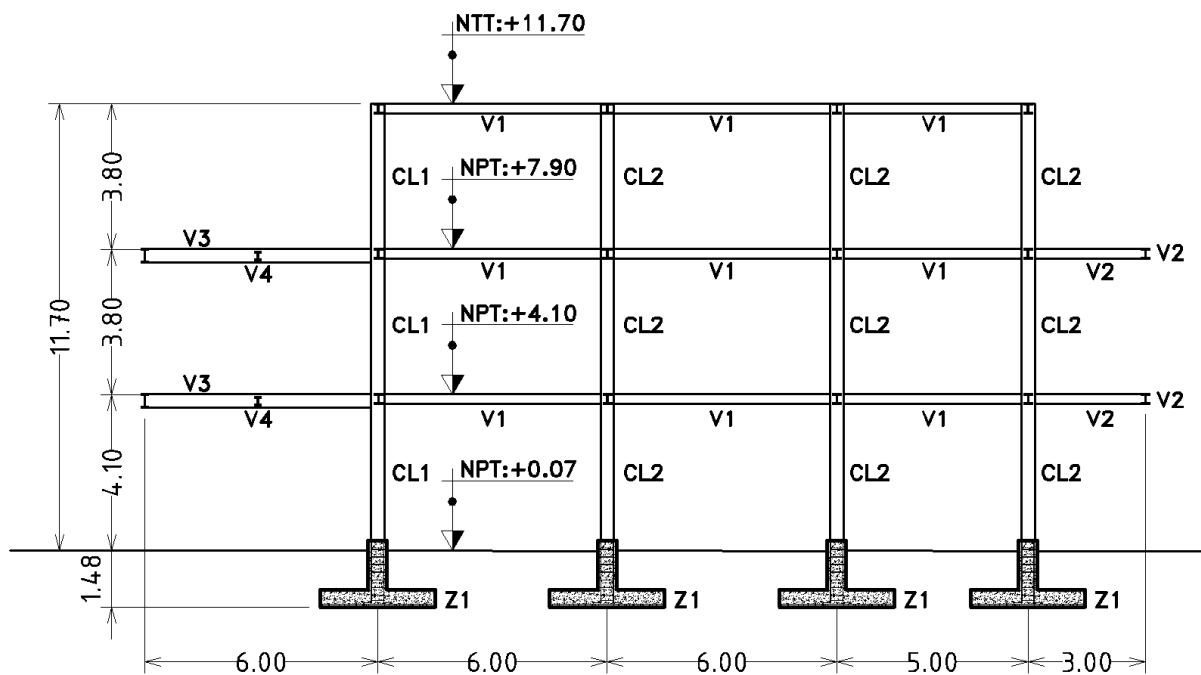
DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|----------------------|-------------------------|
| 1 | Tipo de suelo | Rocoso |
| 2 | Niveles | 3 |
| 3 | Voladizo | 3.00 y 6.00 metros |
| 4 | Material estructural | Acero estructural |
| 5 | Sistema de entepiso | Losa de concreto armado |

Las áreas sombreadas en la planta estructural mostrada se ubican las vigas voladizo, siendo uno de estos de longitud de 6.00m y el otro de 3.00m.



PLANTA ESTRUCTURAL
SEGUNDO NIVEL



SECCIÓN A-A

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

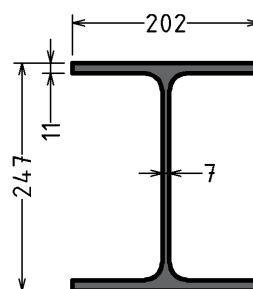
Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

NOTA

Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

1. VIGA V1

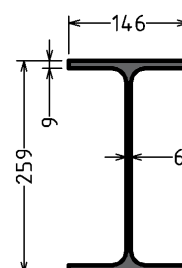
Viga de acero soldada a columna, perfil W10x33.



2. VIGA V2

Viga de acero soldada a columna, perfil W10x22.

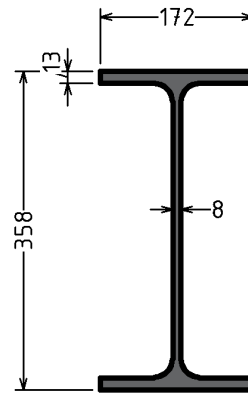
Se implementan como viga principal y secundaria en voladizo de longitud 3.00m.



3. VIGA V3

Viga de acero soldada a columna, perfil W14x38.

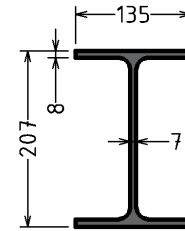
Se implementan como viga principal en voladizo de longitud 6.00m.



4. VIGA V4

Viga de acero soldada a columna, perfil W8x18.

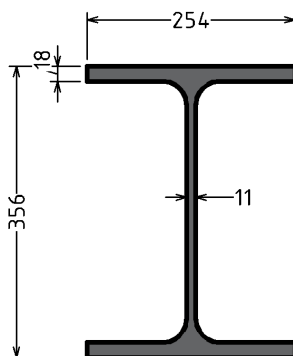
Se implementan como viga secundaria en voladizo de longitud 6.00m.



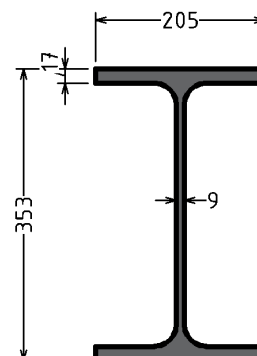
5. COLUMNAS CL1 Y CL2

Se implementan columna de acero CL1 perfil W14x68 en el eje que donde se ubica el voladizo con longitud de 6.00m.

En el resto del edificio se proponen columnas de acero CL2 perfil W14x53.



CL1
W14x68



CL2
W14x53

6. CIMENTACIÓN

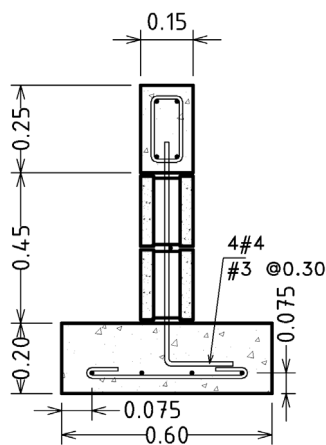
Consta de un cimiento corrido con medidas $0.60 \times 0.60 \text{m}$ y una altura de 0.20m , una sobreelavación con bloques de hormigón de $6''$ y una solera inferior con medidas $0.15 \times 0.25 \text{m}$.

Así mismo se implementan zapatas aisladas con dimensiones de $3.00 \times 3.00 \text{m}$ en su sección transversal

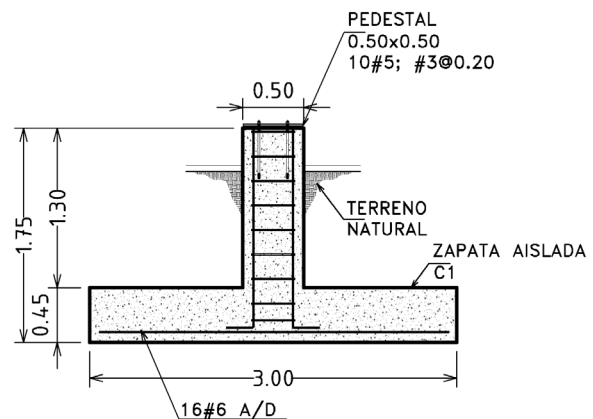
y un espesor de 0.45m .

La columna CL1 y CL2 se encuentra conectada a esta zapata por medio de un pedestal de concreto armado de dimensiones de $0.50 \times 0.50 \text{m}$.

Estas columnas metálicas son soldadas a una placa de anclaje pernada en el pedestal.



CIMIENTO
CORRIDO



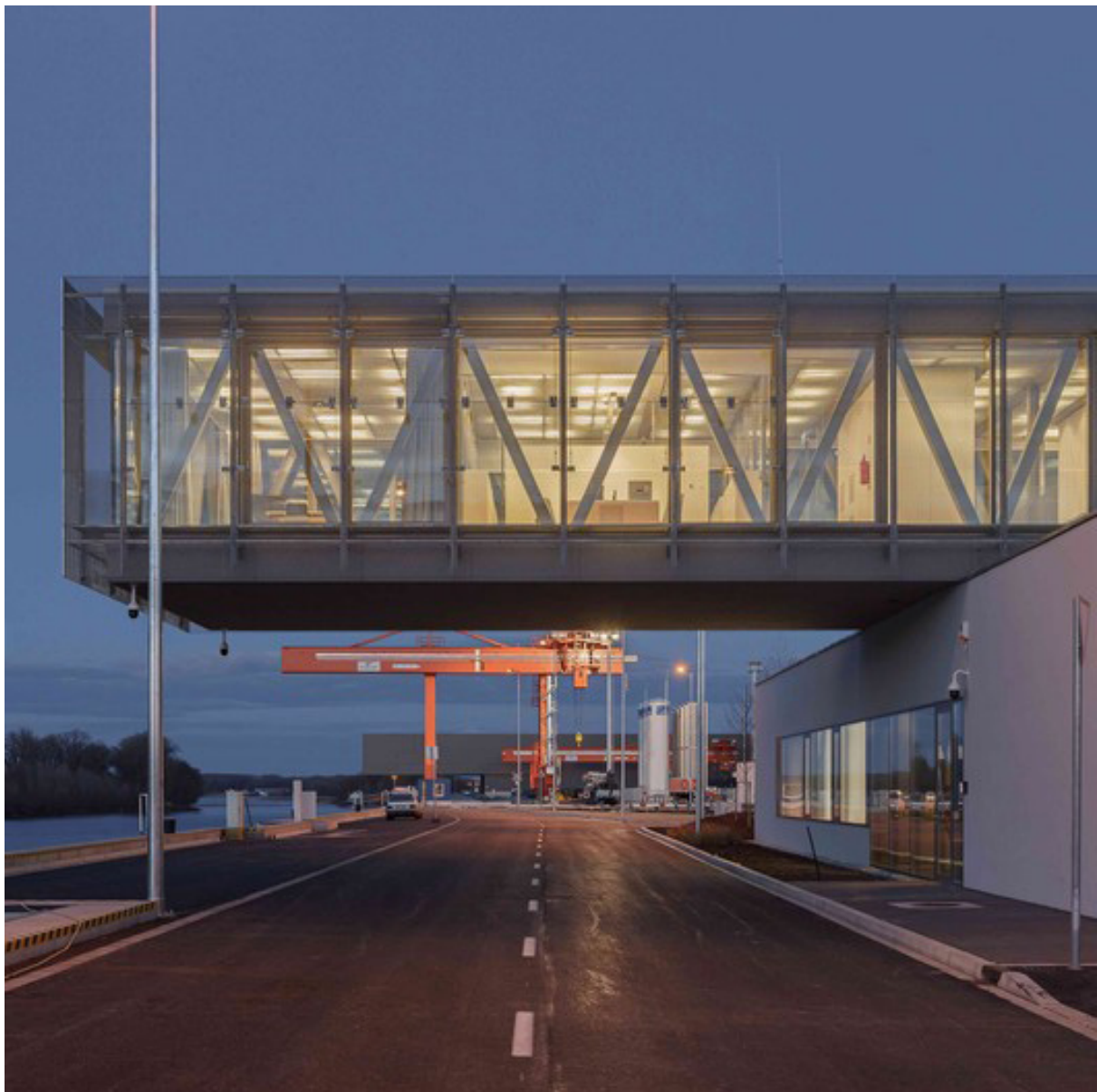
ZAPATA
AISLADA Z1

Ecuación 12. Pre-dimensionamiento de cimentación.

Tabla 9. Factores de corrección según tipo de suelo. Pág. 62

REFERENTES

A continuación encuentras ejemplos de implementación de vigas celosías para la construcción de vigas voladizo de grandes claros.



Edificio de control del puerto nacional público Győr-Gönyű, Hungría.



Institución Educativa La Samaria (Pereira)



Universidad de Cornell, Ithaca, New York.

CAPÍTULO 8

MUROS DE CONTENCIÓN

Muros de Contención
Piscina Olímpica
Sótano

P. 229
P. 230
P. 232

08

MUROS DE CONTENCIÓN

Son componentes constructivos cuya principal función es servir de retención, bien de un terreno natural, un terreno artificial o bien de objetos que estarán sujetos al almacenamiento. En los dos primeros casos, el ejemplo típico es el de un muro de sostenimiento de tierras, mientras que un almacén granero es una muestra del tercero.

En las situaciones anteriores, el muro trabaja fundamentalmente a flexión, ya que generalmente es despreciable la compresión vertical debida a su propio peso.

En ocasiones, los muros desempeñan la función de cimiento, pues transmiten las presiones o cargas suministradas por los pilares

o forjados que se apoyan en la coronación del muro. Esta situación es característica de los muros de sótano, muy desarrollada en la edificación actual.

Las formas de funcionamiento del muro de contención y del muro de sótano son diferentes. Mientras que el muro de contención se comporta básicamente como un voladizo empotrado en el cimiento, el cuerpo de un muro de sótano se comporta como una losa de uno o varios vanos. En este caso, está apoyado o anclado en el forjado (o forjados), y el rozamiento entre cimiento y suelo hace innecesaria la disposición de apoyos adicionales en el nivel de la cimentación.



Fase de excavación para la construcción de un estacionamiento subterráneo.

PISCINA OLÍMPICA

DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|------------------------|-----------------|
| 1 | Tipo de suelo | Rocoso |
| 2 | Profundidad | 2.70 metros |
| 3 | Dimensiones de piscina | 21.00 x 50.00 m |
| 4 | Material estructural | Concreto armado |

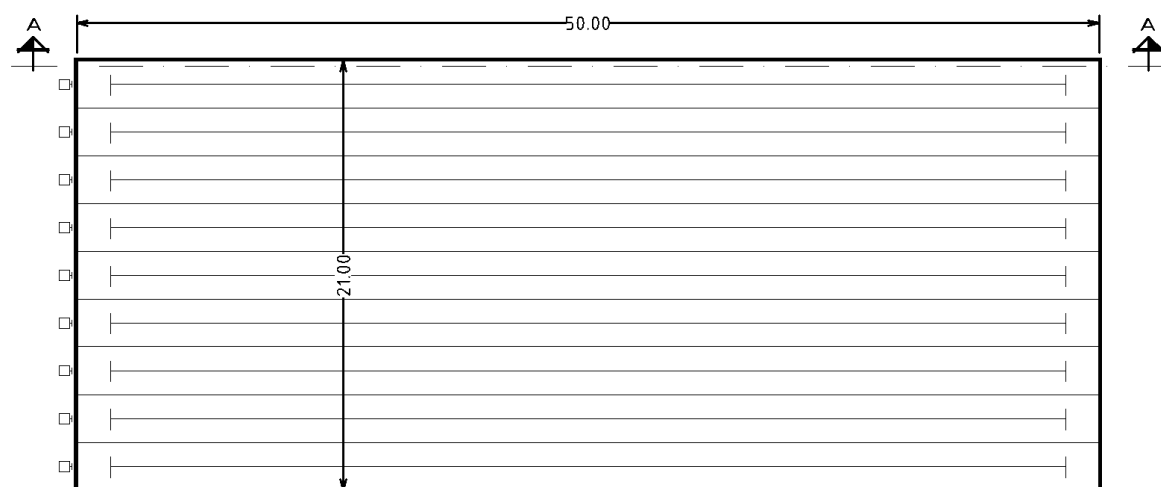
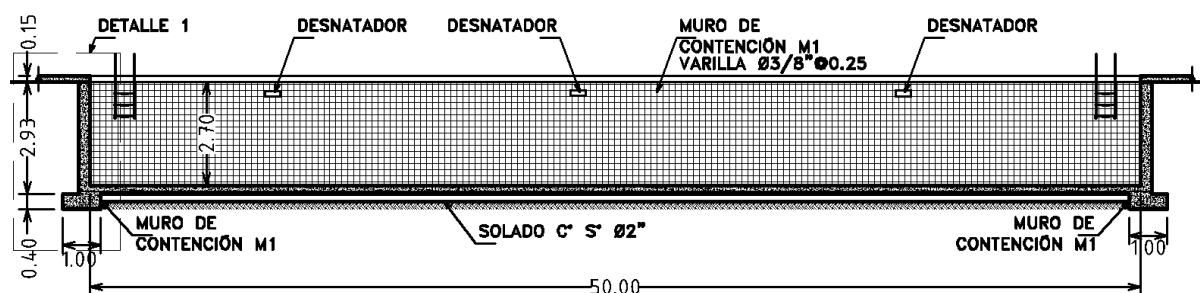


DIAGRAMA DE VISTA
EN PLANTA



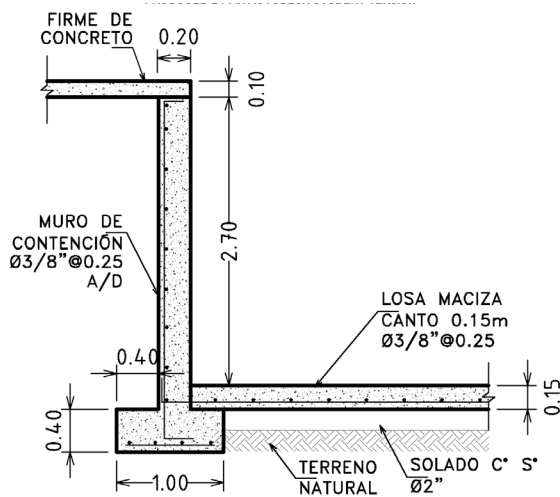
SECCIÓN A-A

NOTA

Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Mediante el pre-dimensionamiento estructural y tomando en cuenta los datos del proyecto, se proponen las siguientes dimensiones en los elementos estructurales:

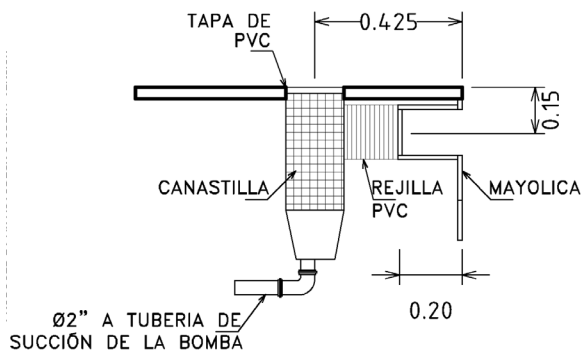


1. MURO DE CONTENCIÓN M1

Consta de un muro de contención de concreto armado con un talón que sobresale 0.40m, y puntera de la misma dimensión.

El fuste del muro tiene un ancho de 0.20m.

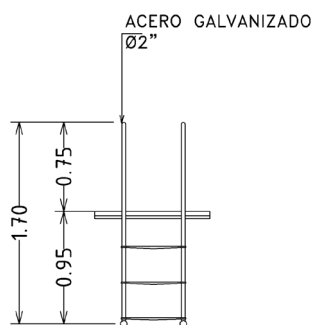
El muro de contención se une a una losa maciza de concreto armado que funciona como el piso de la piscina.



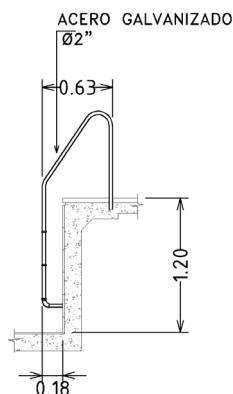
DESNATADOR

2. ACCESORIOS

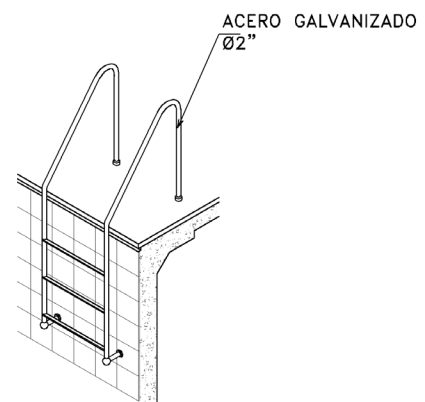
La piscina cuenta con 10 desnatadores, así como con 4 escaleras fabricadas de tubo de acero galvanizado $\text{Ø}2''$ y ubicadas dos en los extremos de cada pared longitudinal.



VISTA FRONTAL ESCALERA



VISTA LATERAL ESCALERA

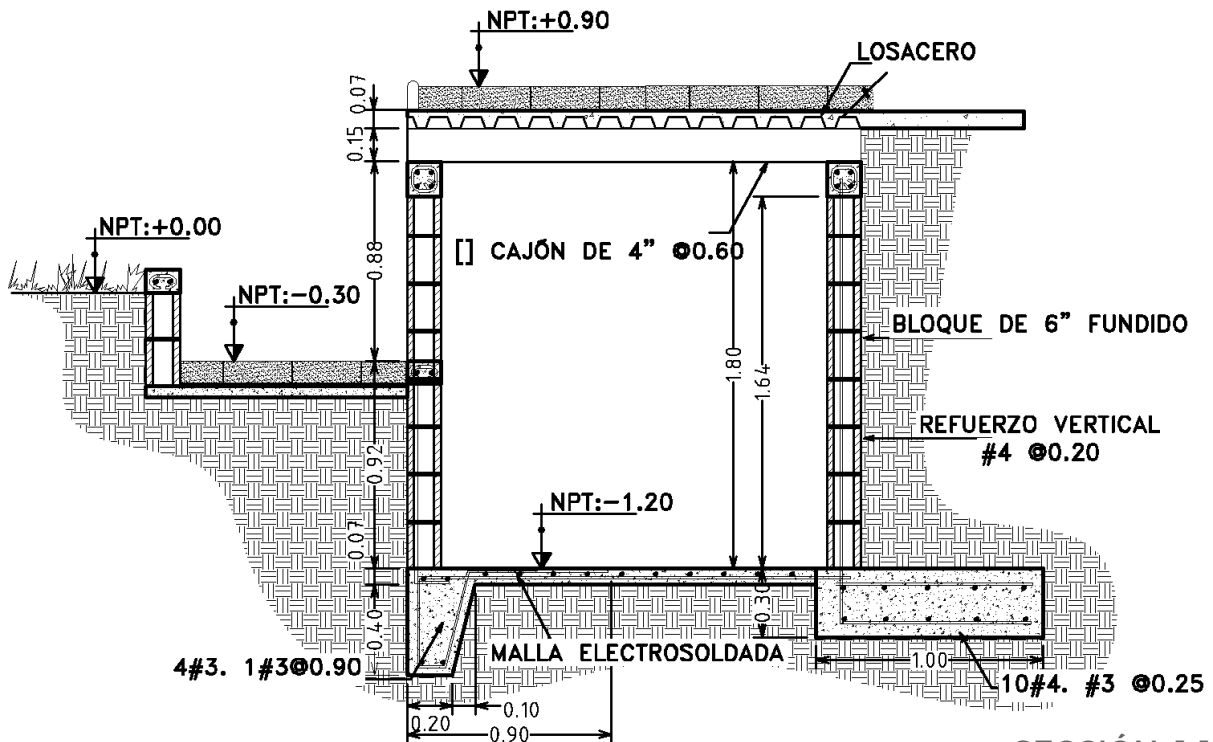


VISTA ISOMÉTRICA ESCALERA

SÓTANO

DATOS DEL PROYECTO

| | | |
|---|----------------------|-----------------|
| 1 | Tipo de suelo | Rocoso |
| 2 | Profundidad | 1.20 metros |
| 3 | Altura total | 1.80 metros |
| 4 | Material estructural | Concreto armado |



SECCIÓN 1-1

1. MUROS DE CONTENCIÓN

Consta de un muro de contención de bloque de 6" fundido y reforzado verticalmente y con un talón que sobresale 0.90m, y puntera de 0.10m. Este muro se encuentra totalmente cubierto por el terreno, teniendo una altura de 1.80m.

Al otro lado se encuentra otro muro de contención que se encuentra

parcialmente cubierto por el terreno, a -1.20m del nivel 0.00 del terreno. Este muro no cuenta con talón, pero si con puntera que sobresale 0.20m.

Ambos muro de contención se unen a una losa maciza de concreto armado que funciona como el piso del espacio interno.

NOTA

Los perfiles, dimensiones de los elementos, distanciamiento entre estribos, número y cantidad de varillas especificadas, responden a las condiciones descritas para este escenario únicamente, por lo cual, no aplica para otros casos. Es indispensable un cálculo exhaustivo por parte de un Ingeniero Estructural.

CAPÍTULO 9

COLUMNAS EXCÉNTRICAS

Columnas excéntricas
Referentes

P. 235
P. 237

09

COLUMNAS EXCÉNTRICAS

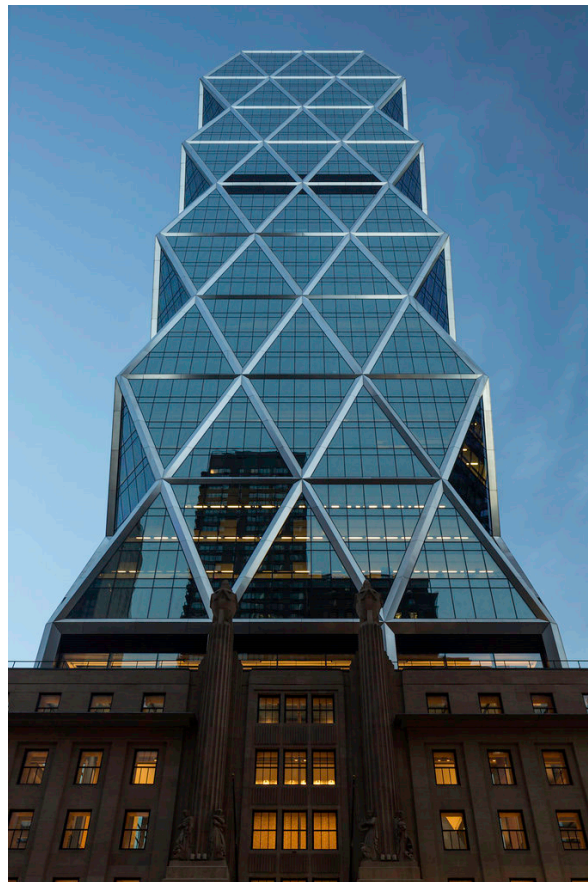
Las columnas normalmente, son elementos verticales, cuya sección es menor a su altura y que soportan y transmiten las cargas de la estructura a la cimentación, siendo uno de los elementos más importantes para el soporte de la estructura.

Así mismo, es un elemento que, en la mayoría de los casos, se encuentra visible en los espacios, tanto interiores, como exteriores.

La forma, escala, ubicación y materialidad de la columna puede dotar de un estilo o carácter a la edificación, por lo cual, también debe prestarse atención a su diseño, no solo estructural, sino que estético.

En la arquitectura moderna, se ha innovado implementado columnas excéntricas, llamadas así porque salen de lo convencional, pudiendo ser columnas inclinadas, columnas en v, columnas tijeras y en edificios de gran altura, columnas diagonales repetidas de manera que forman una cuadrícula diagonal como estructura exterior de la edificación, funcionando como un arrostamiento.

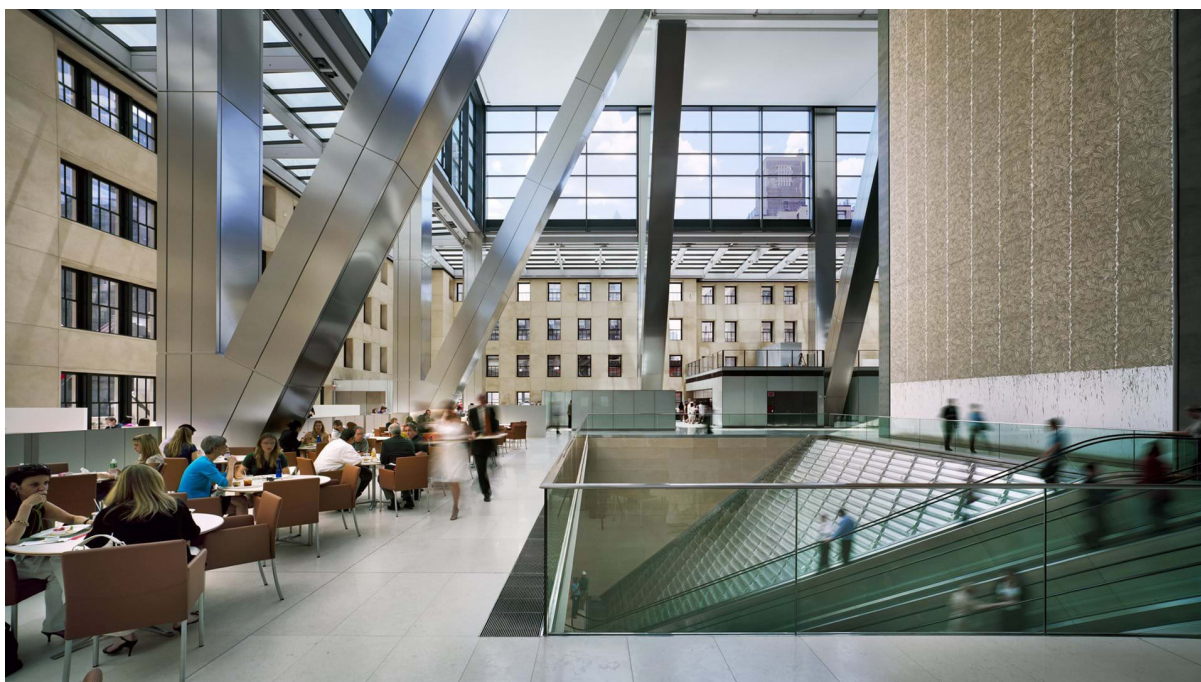
A este último, se le llama, sistema Diagrid, una sucesión de soportes (columnas) ensamblados en forma triangular, que combinan la gravedad y el soporte lateral, provocando que el edificio sea rígido, eficiente y más liviano.



Exterior del edificio Hearst Tower

La estructura del Hearst Tower, construido en 2006, implementa en su estructura el *diagrid*, una solución ultra eficiente que utilizó 12.000 toneladas de acero, un 20% menos de acero que si se hubiese utilizado un marco estructural convencional, reduciendo con ello el impacto ambiental del edificio, a la vez, entregando una identidad formal única al edificio en el paisaje urbano de Manhattan.

El proyecto, y en particular su sistema estructural de acero, fue en su momento, y sigue siendo, un símbolo de innovación tecnológica y sustentabilidad en el cambio de milenio.



Vista interior del edificio Hearst Tower, apreciando columnas verticales e inclinadas

Estas columnas pueden ser fabricadas de perfiles de acero, concreto armado, y en escalas menores, de madera y bambú.

Por medio de este tipo de columnas, se logra enriquecer el espacio, ganar grandes luces, y en el caso del Diagrid, encontrar espacios sin colum-

nas intermedias, por medio del apoyo de un núcleo central.

Debido a la estética que brindan las columnas inclinadas, siempre se encuentran visibles y se convierten en un elemento estructural y a su vez ornamental.



Instalación de nodos de conexión del sistema diagrid del Hearst Tower

REFERENTES

En este capítulo encontrarás distintos proyectos arquitectónicos que implementan diferentes tipos de columnas excéntricas y cómo la utilización de ellas contribuyen a los mismos.

25 KING

BATES SMART
BRISBANE, AUSTRALIA, 2018

La torre más alta de Australia, construida de madera, es un edificio corporativo de 10 niveles y 45 metros de altura de planta libre.

Muestra su estructura de madera tras una envoltura transparente, combinación que brinda un ambiente de trabajo cálido y natural.



Torre comercial "25 King", Brisbane, Australia, 2018. Arq. Bates Smart



Planta baja abierta del edificio “25 King”

El diseño estructural de esta torre presenta un híbrido de elementos Glulan (madera laminada encolada) y CLT (madera laminada cruzada), con base en las investigaciones realizadas por su proyectista, Bates Smart en torno a la tecnología de la madera de ingeniería, con el fin de satisfacer

las demandas actuales y futura de la funcionalidad y la sostenibilidad.

La estructura se levanta sobre columnas en V de madera maciza expuesta, dispuestas para ofrecer una escala íntima de planta abierta sin obstaculizar la flexibilidad.

COSTANERA LYON 2

EUGENIO SIMONETTI + RENATO STEWART
PROVIDENCIA, CHILE, 2014



Fachada posterior del edificio corporativo “Costanera Lyon 2”, Providencia, Chile, 2014.

El edificio Costanera Lyon 2, forma parte de un conjunto de dos edificios corporativos, construido en el 2014, posteriormente al edificio Costanera Lyon 1.



Entrada principal del “Costanera Lyon 2” marcada por columnas de base tijera

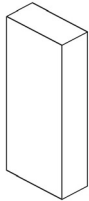


Vista frontal a entrada principal del “Costanera Lyon 2”

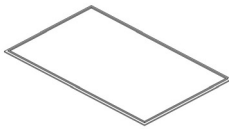


PROTOTIPO ESTRUCTURAL

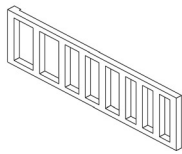
COSTANERA LYON 2



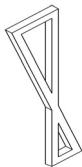
1 Núcleo del edificio



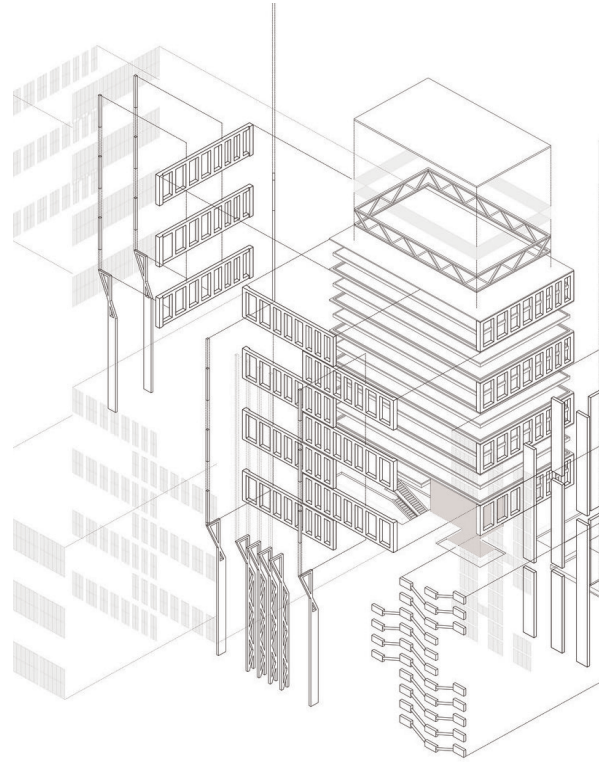
16 Losas pos-tensadas



21 Vigas Vierendeel



14 Columnas de base de tijera



Proceso de diseño de fachada del edificio "Costanera Lyon 2"

NOTA

Costanera Lyon 2 fue seleccionado y exhibido en la XIV Bienal de Venecia por medio de una maqueta a escala que muestra el funcionamiento de su solución estructural.

La estructura, diseñada como una sola pieza debido a la condición sísmica de Chile, se conforma de un núcleo y marco rígido de hormigón armado que permite traspasar las cargas verticales y sísmicas de la fachada a través 14 diagonales de hormigón armado de 12 metros de largo que bajan desde el tercer piso hasta una losa capitel de 70cm de espesor que se ubica en el primer subterráneo.

La estructura propuesta permite plantas 100% libres para sus usuarios, y así mismo, funciona como masa térmica reduciendo el consumo de

energía utilizado en calefacción y aire acondicionado.

El edificio fue repensado y diseñado como un ensayo de elementos prefabricados: 21 vigas Vierendeel, 16 losas, 1 núcleo y 14 columnas de base de tijera.

Las columnas de base de tijera fueron construidas de hormigón armado, dejando su materialidad a la vista, siendo estas el elemento que corta la verticalidad de la gran pieza en los tres niveles inferiores, marcando el acceso principal al edificio.



Armado de columnas tijeras para el edificio "Costanera Lyon 2"



Encofrado de columnas tijeras para el edificio "Costanera Lyon 2"



Columnas tijeras del edificio "Costanera Lyon 2"

TEATRO DEE Y CHARLES WYLY

ESTUDIO REX + OMA

DALLAS, TEXAS, ESTADOS UNIDOS, 2009

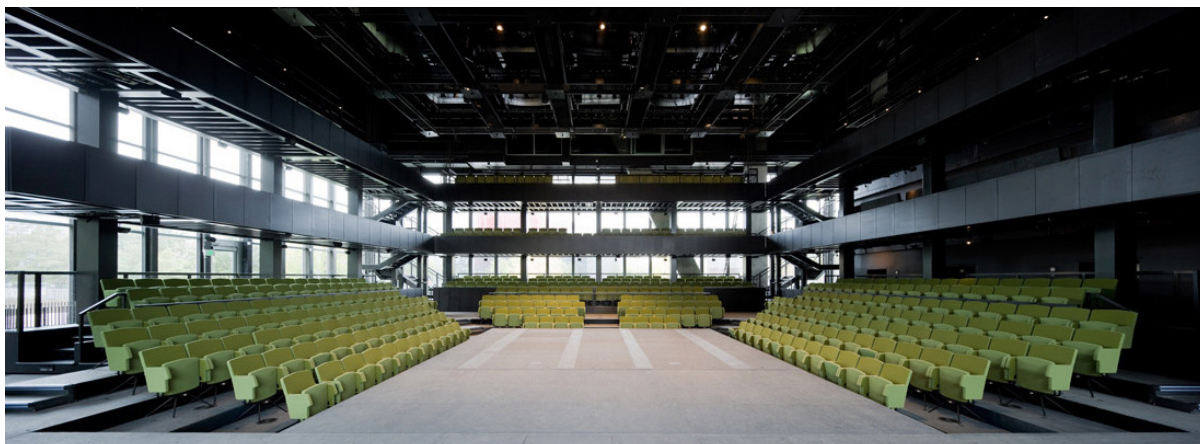
El teatro Dee y Charles Wyly es una obra innovadora tanto en el diseño arquitectónico fuera de lo convencional para un teatro, como en su diseño estructural.

Se trata de una torre de 40m de altura que alberga todas las funciones de soporte a la escena y actividad del teatro, por medio de un edificio con desarrollo vertical, cuya base se constituye en su totalidad por la sala

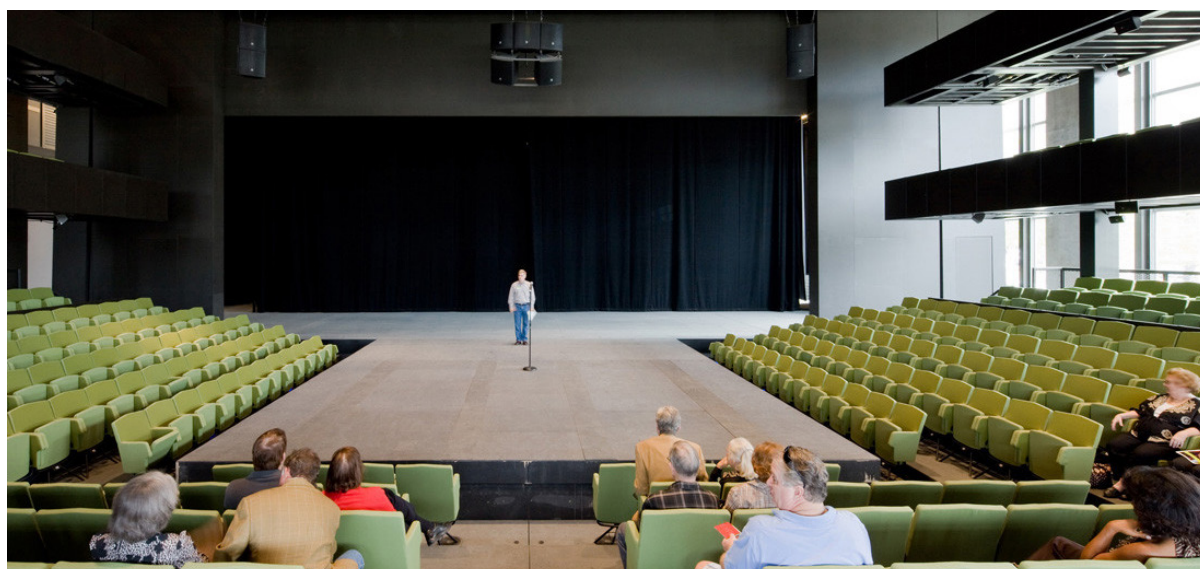
teatral que se encuentra libre de mobiliario fijo con el cual se equipan habitualmente este tipo de espacios, permitiendo adaptar el escenario y los asientos a diferentes tipos de rendimientos y configuraciones (incluyendo proscenio, empuje y piso plano), liberando a directores y diseñadores escénicos para elegir la configuración del escenario que cumple sus deseos artísticos.



El teatro Dee y Charles Wyly diseñado por REX/OMA, ubicado en el AT&T Performing Arts Center en Dallas, Estados Unidos



Sala teatral del Teatro Dee y Charles Wylly en configuración empuje



Escenario en configuración empuje de sala teatral

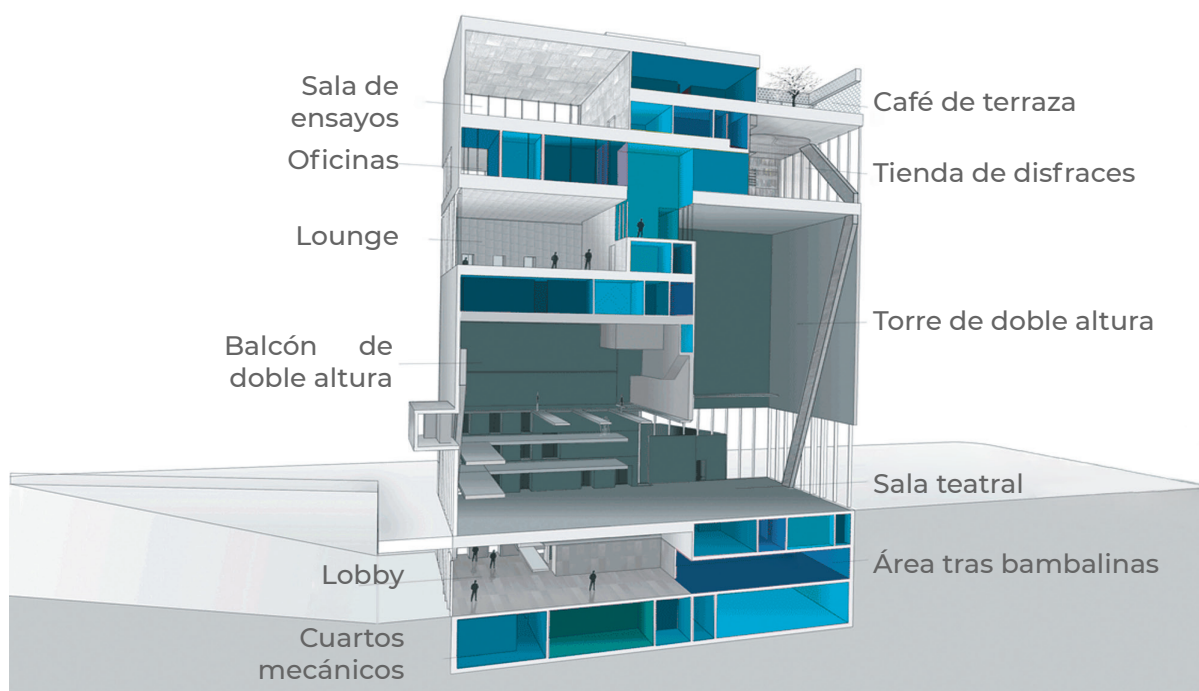
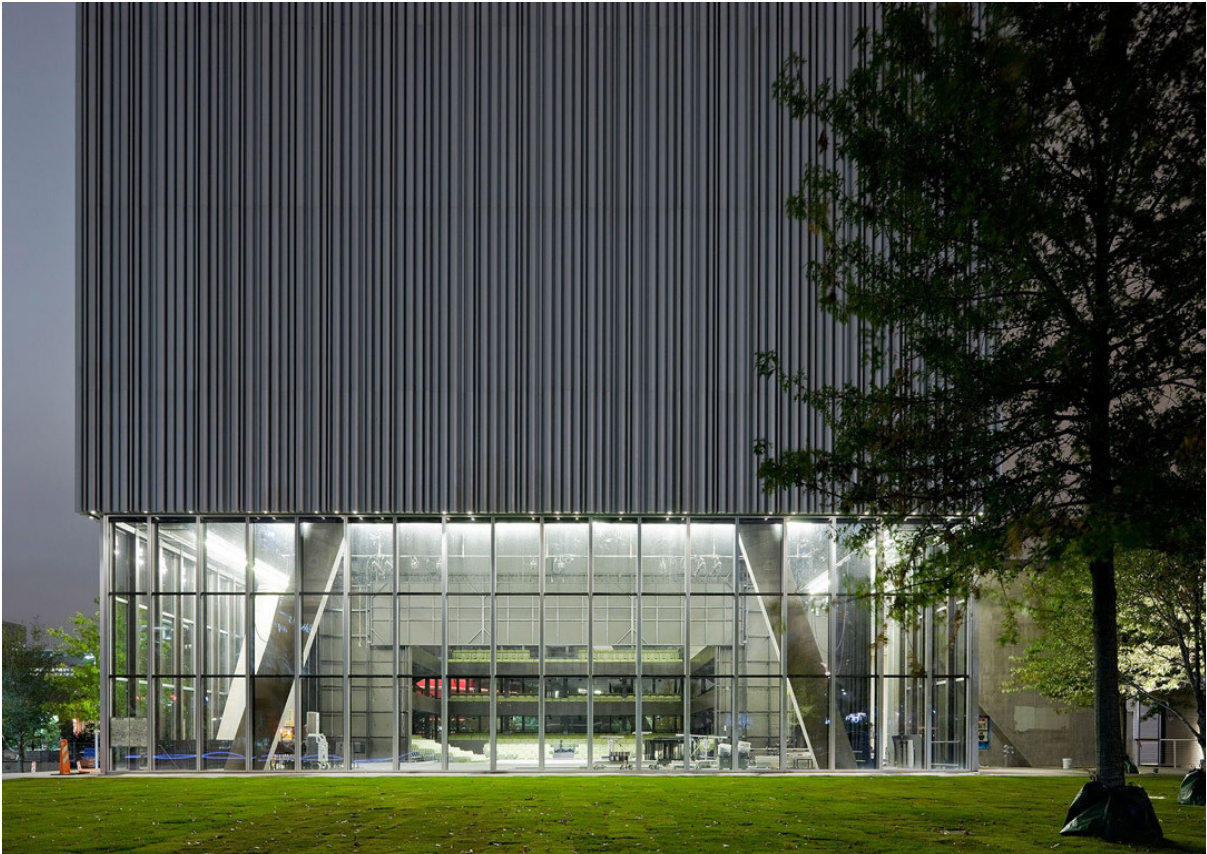


Diagrama de espacios que conforman la torre del Teatro Dee y Charles Wylly



Vista desde el exterior hacia el interior de la sala teatral

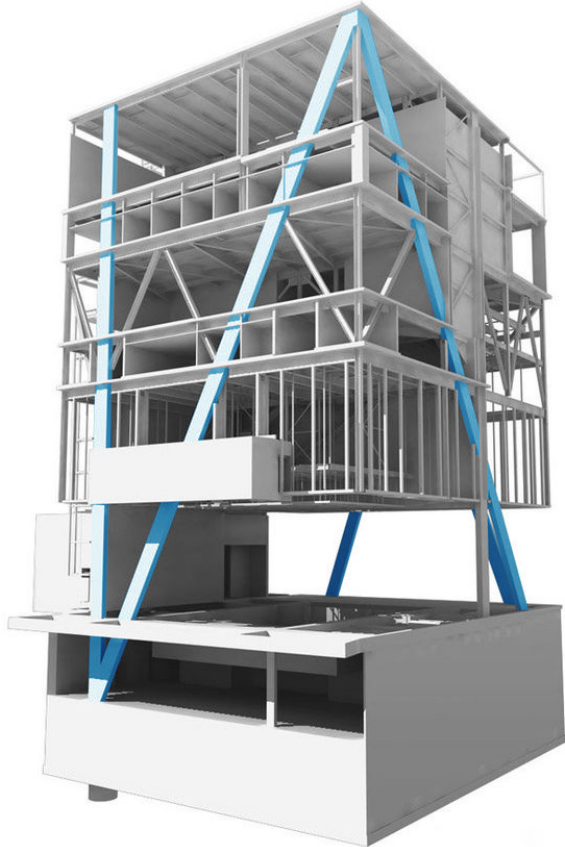


Diagrama estructural del teatro Dee y Charles Wyly

La sala se encuentra rodeada de planos transparentes. Una disposición que admite el diálogo visual de la sala con el exterior y que mediante su apertura, permite extender la actividad del teatro a los jardines.

De esta forma, el espacio teatral convive con la actividad cotidiana, convertido en una plaza cubierta que capta la atención del transeúnte.

En cuanto a su estructura, la torre descansa sobre seis súper columnas perimetrales de concreto, cuatro de las cuales se inclinan dramáticamente y un muro de corte perimetral de concreto. Una armadura de cinturón, de los niveles 4 a 7, aumentada por una serie de armaduras interiores más pequeñas, completa el “marco global compuesto” del edificio.



Vista desde la terraza en el nivel más alto de la torre del teatro Dee y Charles Wylie

Las seis súper columnas fueron construidas de hormigón armado de acero (SRC), siendo más resistente que el hormigón armado (RC). Su estructura principal es una columna de acero de sección H dentro del revestimiento de hormigón.

De no haber sido así, la conexión entre la columna y la armadura sería desordenada e ineficiente para la resistencia de las cargas.

Muchos de los elementos en este sistema no convencional realizan un doble deber. Por ejemplo, las columnas rastrilladas actúan como redes de celosía.

El resultado es un espacio de rendimiento en la planta baja sin columnas interiores, voladizos en las esquinas de 44 pies de profundidad y una pequeña estructura perimetral, lo que permite difuminar la audiencia y el escenario, por dentro y por fuera.

Sobre el teatro, los elementos programáticos se apilan como piezas de rompecabezas entrelazadas. Solo un piso, nivel 7, es continuo.

170 AMSTERDAM

HANDEL ARCHITECTS
NUEVA YORK, ESTADOS UNIDOS, 2015

La torre 170 Amsterdam, ubicada en Upper West Side de Manhattan, entre Central Park al este y el espacio abierto ajardinado de la superbloque Lincoln Towers al oeste, es un edificio residencial de 20 niveles.

La torre debía construirse en un lote largo y estrecho, por lo cual, se requería de una solución innovadora que permitiera maximizar el espacio interior utilizable.

Esto se logró mediante una estructura de núcleo y losa, acristalamiento de alto rendimiento y eficiencia energética, una estructura de columnas exoesqueleto de hormigón colado que generó una alta rigidez a partir de un diagrid exterior de columnas unidas entre sí con losas estructurales repetitivas, dando la apariencia de una fachada en movimiento y funcionando el diagrid como persianas.



Torre 170 Amsterdam, ubicada en el Amsterdam Avenue, Manhattan



Fachada frontal de la torre 170 Amsterdam por Handel Architects

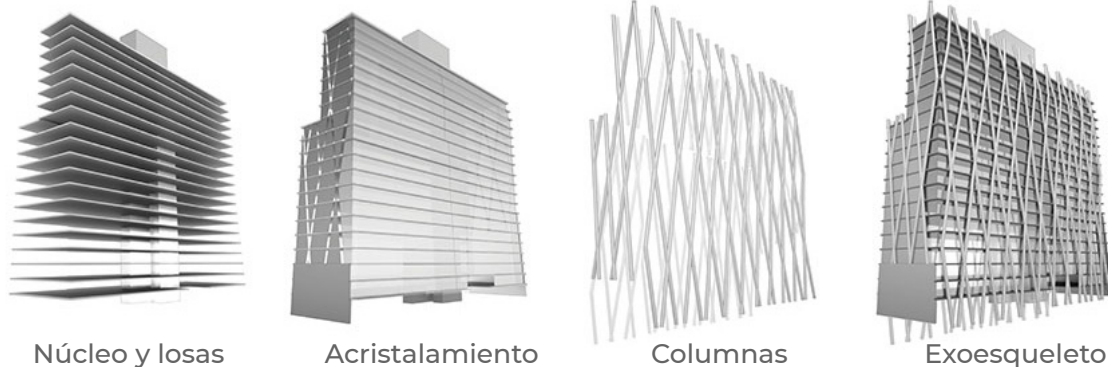


Diagrama de elementos estructurales que componen la torre 170 Amsterdam

Esta rigidez permite que no se requieran paredes cortantes en el núcleo del edificio y relativamente pocas columnas interiores.

La solución estructural, a su vez define visualmente al edificio y permite líneas de ventas ininterrumpidas por columnas internas.

Las columnas diagonales, así como la solidez de la estructura, fue

inspirada en la tipología de edificios músculos de la avenida inferior de Amsterdam y el Lincoln Center, así como en los ornamentados edificios Beaux-Arts del Upper West Side con sus rustificaciones pesadas.

El concreto implementado obtuvo una apariencia de piedra caliza mediante una mezcla especializada.



Interior de una habitación de la torre 170 Amsterdam



Armado y encofrado de columnas diagonales que forman la estructura diagrid



Columnas diagonales que forman la estructura diagrid de la torre 170 Amsterdam



Las columnas, crean una pared de calle dinámica a nivel del suelo debido a la estructura expuesta en ángulo en la acera. Estas columnas perforan la forma sólida de la cubierta del edificio.

En la parte superior, el volumen del edificio termina mientras el esqueleto continúa, creando un dosel estructural para los espacios de la azotea y evocando las ramas de los árboles.

En el interior, las columnas de concreto expuestas se inclinan a través de los espacios públicos del edificio, perforando los pisos y las paredes del vestíbulo, las salas comunes y los pasillos, y desapareciendo en el techo de arriba.

A la izquierda, área exterior de la torre 170 Amsterdam



Terraza del edificio residencial 170 Amsterdam



Columnas diagonales en los espacios interiores del edificio 170 Amsterdam

GLOSARIO

GLOSARIO

AGLOMERANTE: Son todos aquellos materiales, generalmente pétreos blandos, que mezclados con agua se hacen plásticos, formando pasta y que al secarse alcanzan resistencia mecánica, siendo los aglomerantes típicos, la arcilla, el yeso, la cal y el cemento.

ALABEO: Es la distorsión que sufre una losa tomando una forma curvada hacia arriba o hacia abajo encorvando sus bordes. Esta distorsión puede levantar los bordes de la losa respecto a la base, dando lugar a un borde o esquina sin apoyo que puede agrietarse cuando se aplican cargas pesadas. Algunas veces el alabeo es evidente a edad temprana. En otros casos, las losas pueden alabearse durante un período de tiempo mayor.

ALEACIÓN: Mezcla sólida homogénea de dos o más metales, o de uno o más metales con algunos elementos no metálicos. Es muy raro encontrar aleaciones al estado natural; se las obtiene por fusión, mediante el aumento de la temperatura, al estado sólido

ARRIOSTRE: Elemento estructural que sirve para arriostrar, es decir, rigidizar o estabilizar la estructura, impidiendo o limitando parcialmente, los desplazamientos y deformaciones de la misma.

ASEQUIBLE: Que puede alcanzarse o conseguirse. Que puede comprarse o pagarse.

BIDIMENSIONAL: Elemento que dispone de longitud y ancho.

BOVEDILLA: Elemento de construcción, normalmente en forma de trapecio hueco, que se coloca entre viga y viga para cubrir espacios.

CICLÓPEO: (En construcción antigua) Que está hecha con enormes bloques de piedra superpuestos y, generalmente, sin argamasa.

CLARO O LUZ: (Ingeniería) implementado para designar la distancia, en proyección horizontal, existente entre los apoyos de una viga.

COMPRESIÓN: Efecto de comprimir o comprimirse

CONCAVIDAD: En geometría, la concavidad de una curva o de una superficie es la parte que se asemeja a la zona interior de una circunferencia o de una esfera, es decir, que tiene su parte hundida dirigida al observador.

CONDUCTIVIDAD: Propiedad natural de los cuerpos que permiten el paso a través de sí del calor o la electricidad.

CONVERGER: Dirigirse varias cosas a un mismo punto y juntarse en él.

CORROSIÓN: Deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.

DEFORMACIÓN: La deformación es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos externos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o a la ocurrencia de dilatación térmica.

DENSIDAD: Relación entre la masa y el volumen de una sustancia, o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen.

DIAGONAL: (Dicho de una línea recta), que une dos vértices no contiguos de un polígono, o de distinta cara en un poliedro. En sentido coloquial, una diagonal es una recta o segmento con cierta inclinación o un conjunto de elementos alineados de esta manera.

DIAGRID: nombre que se da un diseño estructural de ingeniería y arquitectura para construir grandes edificios con armazones de acero basado en elementos y soportes ensamblados en forma triangular.

DUREZA: Se refiere a la oposición que ofrecen los materiales a alteraciones físicas como la penetración, abrasión y el rayado.

ELASTICIDAD: Propiedad de un cuerpo sólido para recuperar su forma cuando cesa la fuerza que la altera.

EMPOTRAR: Meter o fijar una cosa en una pared o en el suelo, asegurándola con obra de albañilería.

EMPUJE: (configuración escénica), cuando el escenario se encuentra rodeado de público.

ENTRAMADO: Armazón de madera o metal que sirve para hacer una pared, un tabique o un suelo, una vez rellenos sus huecos.

ESPECIALISTA: Que tiene conocimientos profundos en una rama determinada de la ciencia, la técnica o el arte o en un campo determinado de una profesión o actividad.

ESTRUCTURA: Conjunto de piezas o elementos que sirve como soporte rígido de una cosa.

FRAGUADO: Proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del concreto (o mortero de cemento), pasta de yeso o mortero de cal.

HIGROSCOPIA: Capacidad de algunas sustancias de absorber humedad del medio circundante.

HINCHABLE: Que se puede hinchar.

HORMIGÓN PRE-TENSADO Y POS-TENSADO: Se le denomina a la tecnología de construcción de elementos estructurales de hormigón sometidos intencionalmente a esfuerzos de compresión previos a su puesta en servicio. Dichos esfuerzos se consiguen mediante barras, alambres o cables de alambres de acero que son tensados y anclados al hormigón.

MAGNITUD: Propiedad de los cuerpos que puede ser medida, como el tamaño, el peso o la extensión. Medida de algo conforme a una escala determinada.

MEMBRANA: Lámina fina de material elástico.

NERVIO: (Arquitectura) Elemento estructural lineal que conduce o transmite las cargas a través de él hasta un lugar adecuado, generalmente a los pilares o columnas que soportan la bóveda en lugar del propio muro, permitiendo abrir grandes vanos en los muros, posibilitando una mayor ligereza y luminosidad en los edificios.

NEUMÁTICA: Parte de la física que trata de las propiedades de los gases desde el punto de vista de su movimiento.

ORIENTATIVO: Que da una idea aproximada de algo: este precio es solo orientativo.

PERIMETRAL: (Pertenece o relativo al perímetro), contorno de una superficie.

PILOTE: Elemento constructivo utilizado para cimentación de obras, que permite trasladar las cargas hasta un estrato resistente del suelo, cuando este se encuentra a una profundidad tal que hace inviable, técnica o económicamente, una cimentación más convencional mediante zapatas o losas.

PISO PLANO: (Configuración escénica), que no tiene escenario elevado.

PÓRTICO: Es un espacio arquitectónico cubierto, conformado por una galería de columnas adosada a un edificio.

PRE-DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL: Conjunto de técnicas que permiten calcular elementos de ingeniería de manera sintetizada. Su objetivo es encontrar las dimensiones o características del elemento que pueda servir para afinar un proceso de diseño, previo al cálculo estructural.

PRE-FABRICADO: Partes fabricadas previamente para su montaje posterior.

PROSCENIO: Parte del escenario de un teatro más inmediata al público.

RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN: Es la capacidad de un elemento para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.

REVESTIMIENTO: Capa o cubierta con que se resguarda o adorna una superficie.

RIGIDEZ: Se define como la capacidad de resistencia de un cuerpo a doblarse o torcerse por la acción de fuerzas exteriores que actúan sobre su superficie.

RÍGIDO: Que no puede doblarse ni torcerse.

RUDIMENTARIO: Algo que es simple, elemental, que no se desarrolló o perfeccionó, y que se encuentra en estado básico.

SIMETRÍA: Es la correspondencia exacta en tamaño, forma y posición de las partes de un todo.

SISTEMA ESTRUCTURAL: Estructuras compuestas de varios miembros que soportan las edificaciones y tienen, además, la función de soportar cargas que actúan sobre ellas transmitiéndolas al suelo.

SUPERFICIE REGLADA: En geometría, es la generada por una recta, denominada generatriz, al desplazarse sobre una curva o varias, denominadas directrices.

TETRAEDRO: Es un poliedro de cuatro caras en forma de triángulos y en cada vértice concurren tres caras. Cuando sus cuatro caras son triángulos equiláteros, iguales entre sí, el tetraedro se denomina regular.

TRACCIÓN: Esfuerzo interno a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

TRAMO: Partes en que se divide una nave en función de la cubierta y los apoyos. Espacio escalonado que hay en una escalera entre rellanos.

TRIDIMENSIONAL: Espacio o elemento que presenta una altura o profundidad, largo y ancho.

UNIFORMIDAD: Semejanza o igualdad en las características de las partes que conforman un conjunto.

VIGUETA: Viga corta, de madera, concreto o de acero, sostenida por las vigas principales o que sirve de unión entre las mismas.

VOLADIZO: Elemento estructural rígido, que está apoyado solo por un lado a un elemento, del que sobresale. También se pueden construir voladizos con celosías o forjados.

YUXTAPUESTO: Poner una cosa junto a otra sin interposición de ningún nexo o elemento de relación.

MEMORIA DE CÁLCULO

MEMORIA DE CÁLCULO

Esta sección recopila los cálculos de pre-dimensionamiento estructural llevados a cabo para el desarrollo de las propuestas de escenarios y su estructura en los capítulos 2 al 5.

La información se organiza en dos secciones según el material estructural:

1 Edificaciones de concreto

2 Edificaciones de acero

EDIFICACIONES DE CONCRETO

A1. VIVIENDA

Se muestran los procedimientos de pre-dimensionamiento estructural realizados para encontrar los resultados propuestos:

Al tratarse de una construcción de un nivel, existen valores o dimensiones standard para la creación de elementos estructurales, debido a que no reciben cargas mayores a la de los elementos estructurales del techo.

Solera superior e inferior: 0.25m espesor mínimo x dimensión del bloque.

Jambas y cargadores: 0.10m de ancho x dimensión del bloque.

Zapatas corridas: 0.30m de espesor x 0.60m de ancho.

Sistema de Techo: pendiente mínima del techo del 11%, colocadas cada 0.60m.

A2. CENTRO EDUCATIVO

Se muestran los procedimientos de pre-dimensionamiento estructural realizados para encontrar los resultados propuestos:

1. Losa de Entrepiso

Losa calculada por medio de:

$$e = \text{perimetro} / 180$$

$$e = (6+4+6+4) / 180 = 0.11\text{m}$$

$$e = 12\text{cm}$$

Carga Viva de techo verde: 732 Kg/m²
(150 lb/ft²)

La carga de la losa no afecta el espesor calculado, sino la cantidad de acero que esta llevará.

2. Viga de Concreto Armado

Se define como viga que no soporta muros divisorios ni esta ligada a ellos, en pisos, ambos extremos continuos, por lo que se implementa la ecuación para calcular el peralte:

$$h = L / 23$$

$$h = 6 / 23 = 0.26\text{m}$$

$$h \approx 25\text{cm}$$

Para la base:

$$b = 0.7 \times h$$

$$b = 0.7 \times 25\text{cm} = 17.5\text{cm} \approx 20\text{cm}$$

3. Columnas de Concreto Armado

Área de influencia de la columna más crítica, encontrada por medio de:

$$A = b \times h$$

$$4\text{m} \times 3\text{m} = 12\text{m}^2$$

Este resultado es ingresado a la columna 2 de la siguiente tabla, donde también se multiplica este valor en la columna 3 por la carga distribuída.

En la columna 4 se multiplica el valor resultante de la columna 3 por el valor de carga acumulada. Esto dará el resultado de la carga total que soportará la columna en cada nivel del edificio, el cual debe dividirse entre 100 en la columna 5. Finalmente se saca la raíz cuadrada del área de la columna en cada nivel, para conocer las dimensiones apropiadas en el pre-dimensionamiento de columnas.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-------------|--|--|--|------------------|---|
| A | Pisos | Área de Influencia del suelo en m ² | Carga generada por la losa en kgf (Primer nivel x 500) | Carga acumulada en el top de la columna en kgf | Áreas: Carga/100 | Dimensiones Ax B en cm (Redondear a 0.5 superior inmediato) |
| B | Techo | 12 | 12,000 | | | |
| C | 1ro | 12 | 6,000 | 12,000 | 120 | 10.95 cm ≈ 20cm |
| D | Cimentación | | | 18,000 | | |

Debido a que los valores son menos al mínimo requerido para una columna, se utiliza una dimensión de sección transversal de 20cm x 20cm.

4. Cimentación

Para zapatas aisladas, se utiliza la siguiente fórmula tomando como **P(servicio)** el dato de carga acumulada para cimentación en el paso 3:

Donde:

A= área del cimiento (asumida)

P= carga axial de servicio (usar la de la columna)

qa= carga admisible del suelo (San Pedro Sula entre 14000 kg/m² a 49000 kg/m²)

K= factor de corrección según el tipo de suelo (seleccionar valor de tabla)

| K | TIPO DE SUELO |
|-----|---------------|
| 0.9 | Rígido |
| 0.8 | Intermedio |
| 0.7 | Arenoso |

Se desarrolla la siguiente ecuación:

$$P(\text{servicio}) / (K \times q \text{ adm}) = A(\text{cimiento})$$

$$(18000 \text{ kg}) / (0.9 \times A(\text{cimiento})) \leq 44000 \text{ kg/m}^2$$

$$(18000 \text{ kg}) / (0.9 \times 44000 \text{ kg/m}^2) = A(\text{cimiento}) = 0.4545 \text{ m}^2$$

$$A(\text{cimiento}) = \sqrt{0.4545 \text{ m}^2} = 0.674 \text{ m} \times 100 \text{ cm/1m} = 67.4 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

Se propone una zapata aislada de dimensiones 0.70x0.70m.

B2. CENTRO EDUCATIVO

Se muestran los procedimientos de pre-dimensionamiento estructural realizados para encontrar los resultados propuestos:

1. Losa de Entrepiso

Losa calculada por medio de:

$$e = \text{perimetro} / 180$$

$$e = (6+4+6+4) / 180 = 0.11 \text{ m}$$

$$e = 12 \text{ cm}$$

2. Viga de Concreto Armado

Se define como viga que soporta muros divisorios o esta ligada a ellos en pisos, por lo que se implementa para calcular el peralte:

$$h = L / 10$$

$$h = 6 / 10 = 0.60 \text{ m}$$

$$h \approx 60 \text{ cm}$$

Para la base:

$$b = 0.7 \times h$$

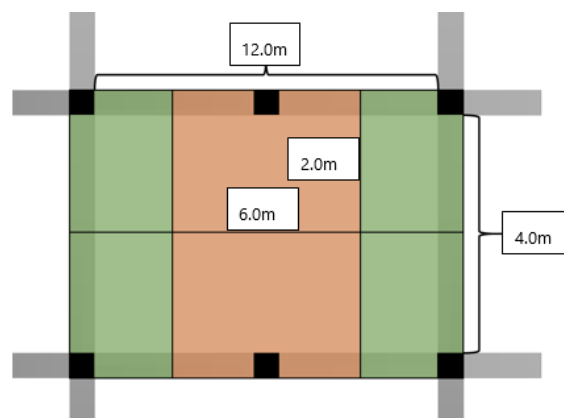
$$b = 0.7 \times 60 \text{ cm} = 42 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

3. Columnas de Concreto Armado

Área de influencia de la columna más crítica calculada por medio de:

$$A=b \times h$$

$$4\text{m} \times 3\text{m} = 12\text{m}^2$$



Área tributarias de columnas, en naranja la más crítica.

Este resultado es ingresado a la columna 2 de la siguiente tabla, donde también se multiplica este valor en la columna 3 por la carga distribuida.

En la columna 4 se multiplica el valor resultante de la columna 3 por el valor de carga acumulada. Esto dará el resultado de la carga total que soportará la columna en cada nivel del edificio, el cual debe dividirse entre 100 en la columna 5.

Finalmente se saca la raíz cuadrada del área de la columna en cada nivel, para conocer las dimensiones apropiadas en el pre-dimensionamiento de columnas.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-------------|--|--|--|-------------------|---|
| A | Pisos | Área de Influencia del suelo en m^2 | Carga generada por la losa en kgf (Primer nivel x 500) | Carga acumulada en el top de la columna en kgf | Áreas: Carga /100 | Dimensiones Ax B en cm (Redondear a 0.5 superior inmediato) |
| B | Techo | 12 | 12,000 | | | |
| C | 3ro | 12 | 12,000 | 12,000 | 120 | 10.95cm \approx 25cm |
| D | 2do | 12 | 12,000 | 24,000 | 240 | 15.49cm \approx 25cm |
| E | 1ro | 12 | 6,000 | 36,000 | 360 | 18.97cm \approx 25cm |
| F | Cimentación | | | 42,000 | | |

Debido a que los valores son menos al mínimo requerido para una columna, y por ser de más de un nivel, se utiliza una dimensión de sección transversal de 25cm x 25cm.

4. Cimentación

Para zapatas aisladas, se utiliza la siguiente fórmula tomando como **P(servicio)** el dato de carga acumulada para cimentación en el paso 3:

Donde:

A= área del cimiento (asumida)

P= carga axial de servicio (usar la de la columna)

qa= carga admisible del suelo (San Pedro Sula entre 14000 kg/m² a 49000 kg/m²)

K= factor de corrección según el tipo de suelo (seleccionar valor de tabla)

| K | TIPO DE SUELO |
|-----|---------------|
| 0.9 | Rígido |
| 0.8 | Intermedio |
| 0.7 | Arenoso |

Se desarrolla la siguiente ecuación:

$$P(\text{servicio}) / (K \times q \text{ adm}) = A(\text{cimiento})$$

$$(42000 \text{ kg}) / (0.9 \times A(\text{cimiento})) \leq 44000 \text{ kg/m}^2$$

$$(42000 \text{ kg}) / (0.9 \times 44000 \text{ kg/m}^2) = A(\text{cimiento}) = 0.952 \text{ m}^2$$

$$A(\text{cimiento}) = \sqrt{0.952 \text{ m}^2} = 0.97 \text{ m} \times 100 \text{ cm/1m} = 97 \text{ cm} \approx 100 \text{ cm}$$

Se propone una zapata aislada de dimensiones 1.00x1.00m.

B3. CENTRO COMERCIAL

Se muestran los procedimientos de pre-dimensionamiento estructural realizados para encontrar los resultados propuestos:

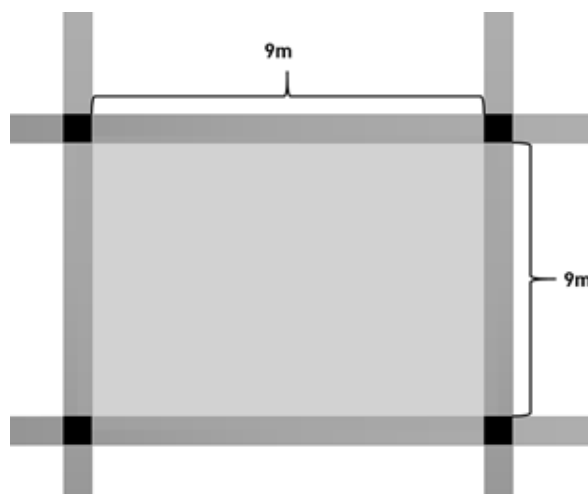
1. Losa de Entrepiso

Losa calculada por medio de:

$$e = l/40$$

$$e = 9/40 = 0.225 \text{ m}$$

$$e = 0.225 \text{ m} \times 100 \text{ cm/1m} = 23 \text{ cm}$$



Dimensiones de losa

2. Viga de Concreto Armado

Se define como viga que soporta muros divisorios o está ligada a ellos en pisos, de ambos extremos continuos, por lo que se implementa la ecuación para calcular el peralte:

$$h=L/15$$

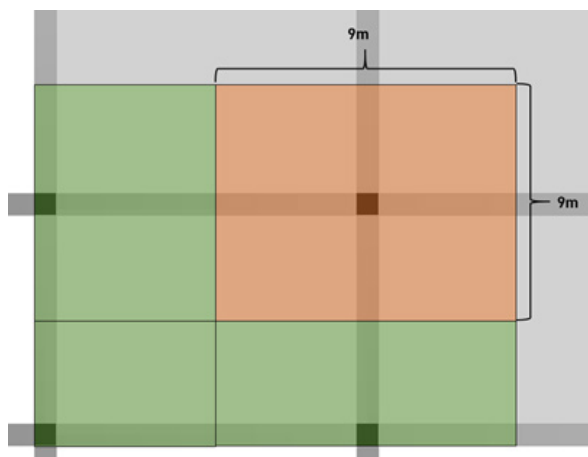
$$h=9m/15=0.6m$$

$$h=0.6m \times 100cm/1m=60cm \approx 60cm$$

Para la base:

$$b=0.7 \times h$$

$$b=0.7 \times 60cm=42cm \approx 45cm$$



Área tributarias de columnas, en naranja la más crítica.

3. Columnas de Concreto Armado

Área de influencia de la columna más crítica calculada por medio de:

$$A=b \times h$$

$$9m \times 9m=81m^2$$

Este resultado es ingresado a la columna 2 de la siguiente tabla, donde también se multiplica este valor en la columna 3 por la carga distribuída.

En la columna 4 se multiplica el valor resultante de la columna 3 por el valor de carga acumulada. Esto dará el resultado de la carga total que soportará la columna en cada nivel del edificio, el cual debe dividirse entre 100 en la columna 5.

Finalmente se saca la raíz cuadrada del área de la columna en cada nivel, para conocer las dimensiones apropiadas en el pre-dimensionamiento de columnas.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-------------|---------------------------------------|--|--|------------------|--|
| A | Pisos | Área de Influencia del suelo en m^2 | Carga generada por la losa en kgf (Primer nivel x 500) | Carga acumulada en el top de la columna en kgf | Áreas: Carga/100 | Dimensiones AxB en cm (Redondear a 0.5 superior inmediato) |
| B | Techo | 81 | 97,200 | | | |
| C | 3ro | 81 | 97,200 | 97,200 | 972 | 31.17cm≈35cm |
| D | 2do | 81 | 97,200 | 194,400 | 1,944 | 44.09cm≈45cm |
| E | 1ro | 81 | 40,500 | 291,600 | 2,916 | 54cm≈55cm |
| F | Cimentación | | | 332,100 | | |

Se considera el la edificación como una categoria importante, por lo tanto se utilizo $1,200 \text{ kg/m}^2$.

4. Cimentación

Para zapatas aisladas, se utiliza la siguiente fórmula tomando como **P(servicio)** el dato de carga acumulada para cimentación en el paso 3:

Donde:

A= área del cimiento (asumida)

P= carga axial de servicio (usar la de la columna)

qa= carga admisible del suelo (San Pedro Sula entre 14000 kg/m² a 49000 kg/m²)

K= factor de corrección según el tipo de suelo (seleccionar valor de tabla)

| K | TIPO DE SUELO |
|-----|---------------|
| 0.9 | Rígido |
| 0.8 | Intermedio |
| 0.7 | Arenoso |

Se desarrolla la siguiente ecuación:

$$P(\text{servicio})/(K \times q \text{ adm})=A(\text{cimiento})$$

$$(332100 \text{ kg})/(0.9 \times A(\text{cimiento})) \leq 19000 \text{ kg/m}^2$$

$$(332100 \text{ kg})/(0.9 \times 19000 \text{ kg/m}^2) = A(\text{cimiento}) = 19.42 \text{ m}^2$$

$$A(\text{cimiento}) = \sqrt{19.42 \text{ m}^2} = 4.4 \text{ m} \times 100 \text{ cm/1m} = 440.6 \text{ cm}$$

Debido a la calidad del suelo (limoso) y la carga ejercida por la edificación, se recomienda utilizar una losa de cimentación para mejorar los esfuerzos transmitidos al suelo.

B4. EDIFICIO RESIDENCIAL

Se muestran los procedimientos de pre-dimensionamiento estructural realizados para encontrar los resultados propuestos:

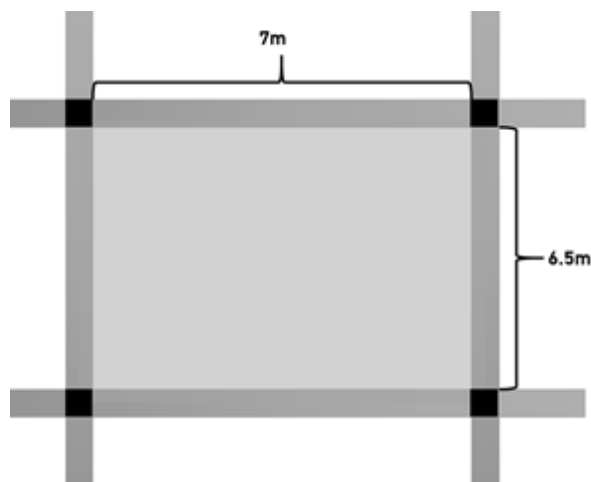
1. Losa de Entrepiso

Losa calculada por medio de:

$$e = Ln/25$$

$$e = (7 \text{ m}) / 25 = 0.28 \text{ m} \times 100 \text{ cm/1m} = 28 \text{ cm}$$

Tomando en cuenta los valores comerciales para losas aligeradas, el resultado es redondeado a 30cm.



Dimensiones de losa, claros más críticos

2. Viga de Concreto Armado

Se define como viga que soporta muros divisorios o está ligada a ellos en pisos, de ambos extremos continuos, por lo que se implementa la ecuación para calcular el peralte:

$$h=L/15$$

$$h=7\text{m}/15=0.4666\text{m}$$

$$h=0.466\text{m} \times 100\text{cm}/1\text{m}=46.66\text{cm} \approx 50\text{cm}$$

Para la base:

$$b=0.7 \times h$$

$$b=0.7 \times 46.66\text{cm}=32.66\text{cm} \approx 35\text{cm}$$

3. Columnas de Concreto Armado

Área de influencia de la columna más crítica calculada por medio de:

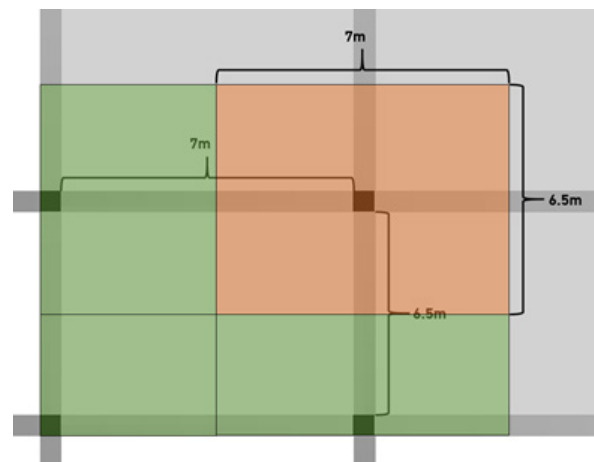
$$A=b \times h$$

$$7\text{m} \times 6.5\text{m}=45.5\text{m}^2$$

Este resultado es ingresado a la columna 2 de la siguiente tabla (ver pág. siguiente), donde también se multiplica este valor en la columna 3 por la carga distribuída.

En la columna 4 se multiplica el valor resultante de la columna 3 por el valor de carga acumulada. Esto dará el resultado de la carga total que soportará la columna en cada nivel del edificio, el cual debe dividirse entre 100 en la columna 5.

Finalmente se saca la raíz cuadrada del área de la columna en cada nivel, para conocer las dimensiones apropiadas en el pre-dimensionamiento de columnas en cada nivel.



Área tributarias de columnas, en naranja la más crítica.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-------------|--|--|--|------------------|---|
| A | Pisos | Área de Influencia del suelo en m ² | Carga generada por la losa en kgf (Primer nivel x 500) | Carga acumulada en el top de la columna en kgf | Áreas: Carga/100 | Dimensiones Ax B en cm (Redondear a 0.5 superior inmediato) |
| B | Techo | 45.5 | 45,500 | | | |
| C | 4to | 45.5 | 45,500 | 45,500 | 455 | 21.33cm≈25cm |
| D | 3ro | 45.5 | 45,500 | 91,000 | 910 | 30.16cm≈35cm |
| E | 2do | 45.5 | 45,500 | 136,500 | 1,365 | 36.9cm≈40cm |
| F | 1ro | 45.5 | | 182,000 | 1,820 | 42.66cm≈45cm |
| G | Cimentación | | | 204,750 | | |

4. Cimentación

Para zapatas aisladas, se utiliza la siguiente fórmula tomando como **P(servicio)** el dato de carga acumulada para cimentación en el paso 3:

Donde:

A= área del cimiento (asumida)

P= carga axial de servicio (usar la de la columna)

qa= carga admisible del suelo (San Pedro Sula entre 14000 kg/m² a 49000 kg/m²)

K= factor de corrección según el tipo de suelo (seleccionar valor de tabla)

| K | TIPO DE SUELO |
|-----|---------------|
| 0.9 | Rígido |
| 0.8 | Intermedio |
| 0.7 | Arenoso |

Se desarrolla la siguiente ecuación:

$$P(\text{servicio}) / (K \times q_{\text{adm}}) = A(\text{cimiento})$$

$$(204750 \text{ kg}) / (0.9 \times 19000 \text{ kg/m}^2) = A(\text{cimiento})$$

$$A(\text{cimiento}) = 11.973 \text{ m}^2$$

$$A(\text{cimiento}) = \sqrt{11.973 \text{ m}^2} = 3.46 \text{ m} \times 100 \text{ cm/1m} = 346.03 \text{ cm}$$

Debido a la calidad del suelo (limoso) y la carga ejercida por la edificación, se recomienda utilizar una losa de cimentación para mejorar los esfuerzos transmitidos al suelo.

C1. HOSPITAL

Se muestran los procedimientos de pre-dimensionamiento estructural realizados para encontrar los resultados propuestos:

1. Losa de Entrepiso

Se utiliza la fórmula de la opción A para una losa de concreto armado:

$$h=L/40$$

$$h=9m/40=0.225m \times 100cm/1m=22.5cm \approx 23cm$$

2. Viga de Concreto Armado

Se define como viga que soporta muros divisorios o está ligada a ellos en pisos, de ambos extremos continuos, por lo que se implementa la ecuación para calcular el peralte:

$$h=L/15$$

$$h=9m/15=0.6m$$

$$h=0.6m \times 100cm/1m=60cm \approx 60cm$$

Para la base:

$$b=0.7 \times h$$

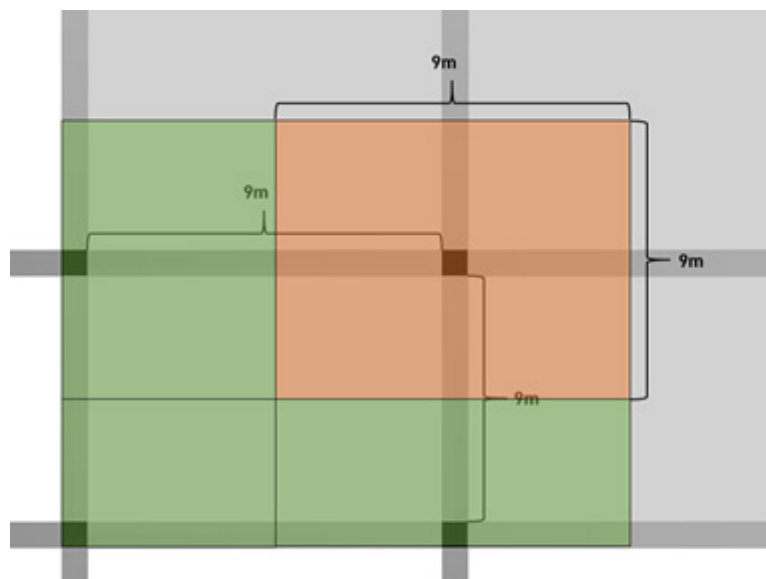
$$b=0.7 \times 60cm=42cm \approx 45cm$$

3. Columnas de Concreto Armado

Área de influencia de la columna más crítica calculada por medio de:

$$A=b \times h$$

$$9m \times 9m=81m^2$$



Área tributarias de columnas, en naranja la más crítica.

Este resultado es ingresado a la columna 2 de la siguiente tabla, donde también se multiplica este valor en la columna 3 por la carga distribuida.

En la columna 4 se multiplica el valor resultante de la columna 3 por el valor de carga acumulada. Esto dará el resultado de la carga total que soportará la columna en cada nivel del edificio, el cual debe dividirse entre 100 en la columna 5.

Finalmente se saca la raíz cuadrada del área de la columna en cada nivel, para conocer las dimensiones apropiadas en el pre-dimensionamiento de columnas en cada nivel.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-------------|--|--|--|-------------------|---|
| A | Pisos | Área de Influencia del suelo en m ² | Carga generada por la losa en kgf (Primer nivel x 500) | Carga acumulada en el top de la columna en kgf | Áreas: Carga /100 | Dimensiones Ax B en cm (Redondear a 0.5 superior inmediato) |
| B | Techo | 81 | 121,500 | | | |
| C | 6to | 81 | 121,500 | 121,500 | 1,215 | 34.85cm ≈ 35cm |
| D | 5to | 81 | 121,500 | 243,000 | 2,430 | 49.29cm ≈ 50cm |
| E | 4to | 81 | 121,500 | 364,500 | 3,645 | 60.37cm ≈ 60cm |
| F | 3ro | 81 | 121,500 | 486,000 | 4,860 | 69.7cm ≈ 70cm |
| G | 2do | 81 | 121,500 | 607,500 | 6,075 | 77.94cm ≈ 80cm |
| H | 1ro | 81 | 40,500 | 729,000 | 7,290 | 85.38cm ≈ 85cm |
| I | Cimentación | | | 769,500 | | |

4. Cimentación

Para zapatas aisladas, se utiliza la siguiente fórmula tomando como **P(servicio)** el dato de carga acumulada para cimentación en el paso 3:

Donde:

A= área del cimiento (asumida)

P= carga axial de servicio (usar la de la columna)

qa= carga admisible del suelo (San Pedro Sula entre 14000 kg/m² a 49000 kg/m²)

K= factor de corrección según el tipo de suelo (seleccionar valor de tabla)

| K | TIPO DE SUELO |
|-----|---------------|
| 0.9 | Rígido |
| 0.8 | Intermedio |
| 0.7 | Arenoso |

Se desarrolla la siguiente ecuación:

$$P(\text{servicio})/(K \times q \text{ adm})=A(\text{cimiento})$$

$$(204750 \text{ kg})/(0.9 \times 19000 \text{ kg/m}^2)=A(\text{cimiento})$$

$$A(\text{cimiento})=11.973 \text{ m}^2$$

$$A(\text{cimiento})=\sqrt{11.973 \text{ m}^2}=3.46 \text{ m} \times 100 \text{ cm/1m}=346.03 \text{ cm}$$

El resultado arroja un cimiento aislado de 7.5 x 7.5 m, por lo que se recomienda utilizar una losa de cimentación y pilotes.

C4. HOTEL

Se muestran los procedimientos de pre-dimensionamiento estructural realizados para encontrar los resultados propuestos:

1. Losa de Entrepiso

Se utiliza la fórmula de la opción A para una losa de concreto armado:

$$h=L/40$$

$$h=11.6 \text{ m}/40=0.29 \text{ m} \times 100 \text{ cm/1m}=29 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

2. Viga de Concreto Armado

Al tratarse de un sistema de losa postensada, el sistema se abstiene de vigas por lo que **no son calculadas**.

3. Columnas de Concreto Armado

Área de influencia de la columna más crítica calculada por medio de:

$$A=b \times h$$

$$12 \text{ m} \times \frac{10.76+6.45}{2}=103.26 \text{ m}^2 \approx 104 \text{ cm}$$



A la derecha, área analizada.

Este resultado es ingresado a la columna 2 de la siguiente tabla:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|-------------|--|--|--|-------------------|--|
| A | Pisos | Área de Influencia del suelo en m ² | Carga generada por la losa en kgf (Primer nivel x 500) | Carga acumulada en el top de la columna en kgf | Áreas: Carga /100 | Dimensiones Ax B en cm y Dimensión final |
| B | Techo | 104 | 104,000 | | | |
| C | 25 | 104 | 104,000 | 104,000 | 1040 | 32.25 ≈35cm |
| D | 24 | 104 | 104,000 | 208,000 | 2080 | 45.61 ≈45cm |
| E | 23 | 104 | 104,000 | 312,000 | 3120 | 55.86 ≈55cm |
| F | 22 | 104 | 104,000 | 416,000 | 4160 | 64.50 ≈65cm |
| G | 21 | 104 | 104,000 | 520,000 | 5200 | 72.11 ≈70cm |
| H | 20 | 104 | 104,000 | 624,000 | 6240 | 78.99 ≈80cm |
| I | 19 | 104 | 104,000 | 728,000 | 7280 | 85.32 ≈85cm |
| J | 18 | 104 | 104,000 | 832,000 | 8320 | 91.21 ≈90cm |
| K | 17 | 104 | 104,000 | 936,000 | 9360 | 96.75 ≈95cm |
| L | 16 | 104 | 104,000 | 1,040,000 | 10400 | 101.98 ≈100cm |
| M | 15 | 104 | 104,000 | 1,144,000 | 11440 | 106.96 ≈105cm |
| N | 14 | 104 | 104,000 | 1,248,000 | 12480 | 111.71 ≈110cm |
| O | 13 | 104 | 104,000 | 1,352,000 | 13520 | 116.28 ≈115cm |
| P | 12 | 104 | 104,000 | 1,456,000 | 14560 | 120.66 ≈120cm |
| Q | 11 | 104 | 104,000 | 1,560,000 | 15600 | 124.90 ≈125cm |
| R | 10 | 104 | 104,000 | 1,664,000 | 16640 | 129.00 ≈130cm |
| S | 9 | 104 | 104,000 | 1,768,000 | 17680 | 132.97 ≈135cm |
| T | 8 | 104 | 104,000 | 1,872,000 | 18720 | 136.82 ≈135cm |
| U | 7 | 104 | 104,000 | 1,976,000 | 19760 | 140.57 ≈140cm |
| V | 6 | 104 | 104,000 | 2,080,000 | 20800 | 144.22 ≈145cm |
| W | 5 | 104 | 104,000 | 2,184,000 | 21840 | 147.78 ≈145cm |
| X | 4 | 104 | 104,000 | 2,288,000 | 22880 | 151.26 ≈150cm |
| Y | 3 | 104 | 104,000 | 2,392,000 | 23920 | 154.66 ≈155cm |
| Z | 2 | 104 | 104,000 | 2,496,000 | 24960 | 157.99 ≈155cm |
| AA | 1 | 104 | 52,000 | 2,600,000 | 26000 | 161.25 ≈160cm |
| AB | cimentación | | | 2,625,000 | 26250 | 162.02 ≈160cm |

En la columna 4 se multiplica el valor resultante de la columna 3 por el valor de carga acumulada. Esto dará el resultado de la carga total que soportará la columna en cada nivel del edificio, el cual debe dividirse entre 100 en la columna 5.

Finalmente se saca la raíz cuadrada del área de la columna en cada nivel, para conocer las dimensiones apropiadas en el pre-dimensionamiento de columnas en cada nivel.

Al tratarse de una edificación de 25 niveles, se recomienda utilizar muro cortante en el núcleo de circulación vertical, logrando atravesar toda la estructura con la finalidad de rigidizar y disminuir en un 30% el diámetro de las columnas expuestas en la tabla anterior.

NOTA

Un hotel se considera una edificación normal por lo que se utiliza la carga de 1000kg/m².

Al tratarse de una edificación de 25 niveles, se recomienda utilizar muro cortante en el núcleo de circulación vertical, logrando atravesar toda la estructura con la finalidad de rigidizar y disminuir en un 30% el diámetro de las columnas expuestas en la tabla anterior.

4. Cimentación

Para zapatas aisladas, se utiliza la siguiente fórmula tomando como **P(servicio)** el dato de carga acumulada para cimentación en el paso 3:

Donde:

A= área del cimiento (asumida)

P= carga axial de servicio (usar la de la columna)

qa= carga admisible del suelo (San Pedro Sula entre 14000 kg/m² a 49000 kg/m²)

K= factor de corrección según el tipo de suelo (seleccionar valor de tabla)

| K | TIPO DE SUELO |
|-----|---------------|
| 0.9 | Rígido |
| 0.8 | Intermedio |
| 0.7 | Arenoso |

Se desarrolla la siguiente ecuación:

P(servicio)/(K x q adm)=A(cimiento)

$$(2,625,000 \text{ kg})/(0.9 \times A(\text{cimiento})) \leq 45000 \text{ kg/m}^2$$

$$(2,625,000 \text{ kg})/(0.9 \times 45000 \text{ kg/m}^2) = A(\text{cimiento}) = 64.81 \text{ m}^2$$

$$A(\text{cimiento}) = \sqrt{64.81 \text{ m}^2} = 8.05 \text{ m} \times 100 \text{ cm/1m} = 800 \text{ cm} \approx 800 \text{ cm}$$

El resultado arroja un cimiento aislado de 8x8 m, por lo que se recomienda utilizar una losa de cimentación y por la altura de la edificación se recomienda utilizar pilotes.

C5. HOTEL

Se muestran los procedimientos de pre-dimensionamiento estructural realizados para encontrar los resultados propuestos:

1. Losa de Entrepiso

Se utiliza la fórmula de la opción A para una losa de concreto armado:

$$h = L/40$$

$$h = 12.5 \text{ m}/40 = 0.31 \text{ m} \times 100 \text{ cm/1m} = 31.25 \text{ cm} \approx 32 \text{ cm}$$

2. Viga de Concreto Armado

Al tratarse de un sistema de losa postensada, el sistema se abstiene de vigas por lo que **no son calculadas**.

3. Columnas de Concreto Armado

Área de influencia de la columna más crítica calculada por medio de:

$$A = b \times h$$

$$11.7 \text{ m} \times 11.7 \text{ m} = 136.89 \text{ m}^2 \approx 137 \text{ cm}$$

Este resultado es ingresado a la columna 2 de la siguiente tabla (ver pág. siguiente), donde también se multiplica este valor en la columna 3 por la carga distribuida.

En la columna 4 se multiplica el valor resultante de la columna 3 por el valor de carga acumulada. Esto dará el resultado de la carga total que soportará la columna en cada nivel del edificio, el cual debe dividirse entre 100 en la columna 5.

Finalmente se saca la raíz cuadrada del área de la columna en cada nivel, para conocer las dimensiones apropiadas en el pre-dimensionamiento de columnas en cada nivel.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|-------------|--|--|--|-------------------|--|
| A | Pisos | Área de Influencia del suelo en m ² | Carga generada por la losa en kgf (Primer nivel x 500) | Carga acumulada en el top de la columna en kgf | Áreas: Carga /100 | Dimensiones Ax B en cm y Dimensión final |
| B | Techo | 137 | 137,000 | | | |
| C | 30 | 137 | 137,000 | 137,000 | 1370 | 37.01 |
| D | 29 | 137 | 137,000 | 274,000 | 2740 | 52.35 |
| E | 28 | 137 | 137,000 | 411,000 | 4110 | 64.11 |
| F | 27 | 137 | 137,000 | 548,000 | 5480 | 74.03 |
| G | 26 | 137 | 137,000 | 685,000 | 6850 | 82.76 |
| H | 25 | 137 | 137,000 | 822,000 | 8220 | 90.66 |
| I | 24 | 137 | 137,000 | 959,000 | 9590 | 97.93 |
| J | 23 | 137 | 137,000 | 1,096,000 | 10960 | 104.69 |
| K | 22 | 137 | 137,000 | 1,233,000 | 12330 | 111.04 |
| L | 21 | 137 | 137,000 | 1,370,000 | 13700 | 117.05 |
| M | 20 | 137 | 137,000 | 1,507,000 | 15070 | 122.76 |
| N | 19 | 137 | 137,000 | 1,644,000 | 16440 | 128.22 |
| O | 18 | 137 | 137,000 | 1,781,000 | 17810 | 133.45 |
| P | 17 | 137 | 137,000 | 1,918,000 | 19180 | 138.49 |
| Q | 16 | 137 | 137,000 | 2,055,000 | 20550 | 143.35 |
| R | 15 | 137 | 137,000 | 2,192,000 | 21920 | 148.05 |
| S | 14 | 137 | 137,000 | 2,329,000 | 23290 | 152.61 |
| T | 13 | 137 | 137,000 | 2,466,000 | 24660 | 157.04 |
| U | 12 | 137 | 137,000 | 2,603,000 | 26030 | 161.34 |
| V | 11 | 137 | 137,000 | 2,740,000 | 27400 | 165.53 |
| W | 10 | 137 | 137,000 | 2,877,000 | 28770 | 169.62 |
| X | 9 | 137 | 137,000 | 3,014,000 | 30140 | 173.61 |
| Y | 8 | 137 | 137,000 | 3,151,000 | 31510 | 177.51 |
| Z | 7 | 137 | 137,000 | 3,288,000 | 32880 | 181.33 |
| AA | 6 | 137 | 137,000 | 3,425,000 | 34250 | 185.07 |
| AB | 5 | 137 | 137,000 | 3,562,000 | 35620 | 188.73 |
| AC | 4 | 137 | 137,000 | 3,699,000 | 36990 | 192.33 |
| AD | 3 | 137 | 137,000 | 3,836,000 | 38360 | 195.86 |
| AE | 2 | 137 | 137,000 | 3,973,000 | 39730 | 199.32 |
| AF | 1 | 137 | 68,500 | 4,110,000 | 41100 | 202.73 |
| AG | cimentación | | | 4,178,500 | 41785 | 204.41 |

NOTA

Un hotel se considera una edificación normal por lo que se utiliza la carga de 1000kg/m².

Al tratarse de una edificación de 30 niveles, se recomienda utilizar muro cortante en el núcleo de circulación vertical, logrando atravesar toda la estructura con la finalidad de rigidizar y disminuir en un 30% el diámetro de las columnas expuestas en la tabla anterior.

4. Cimentación

Para zapatas aisladas, se utiliza la siguiente fórmula tomando como **P(servicio)** el dato de carga acumulada para cimentación en el paso 3:

Donde:

A= área del cimiento (asumida)

P= carga axial de servicio (usar la de la columna)

qa= carga admisible del suelo (San Pedro Sula entre 14000 kg/m² a 49000 kg/m²)

K= factor de corrección según el tipo de suelo (seleccionar valor de tabla)

| K | TIPO DE SUELO |
|-----|---------------|
| 0.9 | Rígido |
| 0.8 | Intermedio |
| 0.7 | Arenoso |

Se desarrolla la siguiente ecuación:

$P(\text{servicio}) / (K \times q_{adm}) = A(\text{cimiento})$

$(4,178,500 \text{ kg}) / (0.8 \times A(\text{cimiento})) \leq 35000 \text{ kg/m}^2$

$(4,178,500 \text{ kg}) / (0.8 \times 35000 \text{ kg/m}^2) = A(\text{cimiento}) = 1492 \text{ m}^2$

$A(\text{cimiento}) = \sqrt{1492 \text{ m}^2} = 38.6 \text{ m} \times 100 \text{ cm/1m} = 386 \text{ cm} \approx 390 \text{ cm}$

El resultado arroja un cimiento aislado de 39x39m, por lo que se recomienda utilizar una losa de cimentación y, debido a la altura de la edificación, utilizar pilotes.

EDIFICACIONES DE ACERO

En la siguiente sección se presentan las cargas aplicadas a los elementos principales de las estructuras de los ejercicios mostrados en la guía.

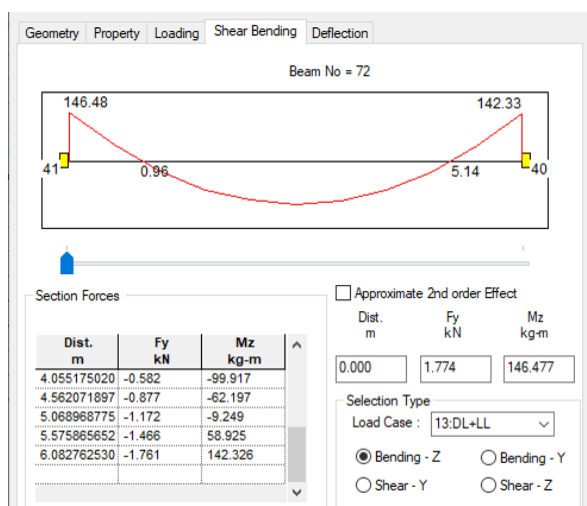
Esta sección se dirige a estudiantes de arquitectura que dominan o

tienen conocimiento de softwares de revisión rápida de elementos como Midas Set o MDSolids, pueden con estos datos, comprobar dimensiones al ingresar el P_u y/o M_u + la longitudes de los elementos.

A3. PLAZA COMERCIAL

Se muestran los diagramas de momento, indicando la carga última y el momento último en los elementos descritos.

Tales datos permiten realizar un procedimiento de pre-dimensionamiento estructural en el software que arroja los resultados propuestos para los elementos estructurales:

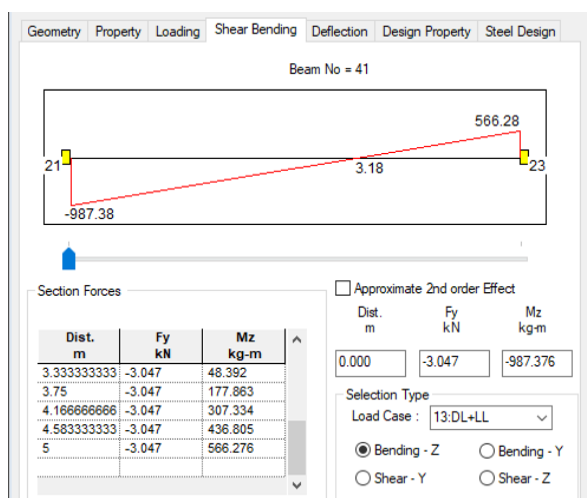


VI

Longitud de viga: 6m

P_u : 1.74 kN

M_u : 146.47 kg-m



CL1

Altura de columna: 3.8m

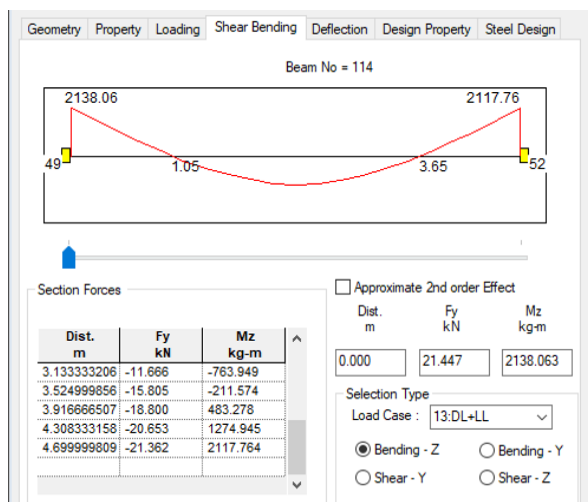
P_u : -3.04 kN

M_u : -987.97 kg-m

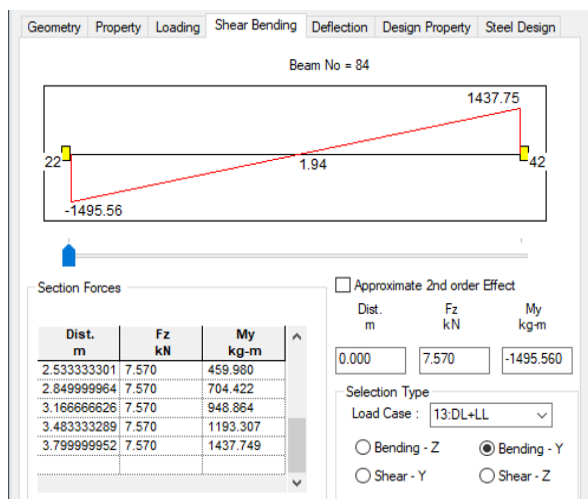
B5. HOSPITAL

Se muestran los diagramas de momento, indicando la carga última y el momento último en los elementos descritos.

Tales datos permiten realizar un procedimiento de pre-dimensionamiento estructural en el software que arroja los resultados propuestos para los elementos estructurales:



VI
 Altura de viga: 6m
 Pu: 21.44 kN
 Mu: 2138.06 kg-m



CL1
 Longitud de columna: 3.8m
 Pu: 7.57kN
 Mu: -1495.56 kg-m

CIMENTACIÓN AISLADA

Por medio de la tabla mostrada en la siguiente página, se obtienen las dimensiones adecuadas para la cimentación aislada.

De estos valores se toma el más alto y se redondea al valor mayor.

Por tanto, se requiere una cimentación aislada de dimensiones 2.00x2.00x0.35m

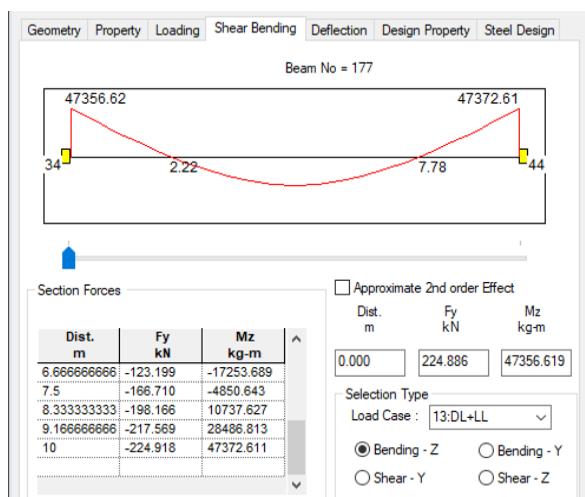
| Footing No. | Group ID | Foundation Geometry | | |
|-------------|----------|---------------------|---------|-----------|
| | | Length | Width | Thickness |
| - | - | | | |
| 1 | 1 | 1.067 m | 1.067 m | 0.305 m |
| 2 | 2 | 1.321 m | 1.321 m | 0.305 m |
| 3 | 3 | 1.321 m | 1.321 m | 0.305 m |
| 4 | 4 | 1.321 m | 1.321 m | 0.305 m |
| 5 | 5 | 1.372 m | 1.372 m | 0.305 m |
| 6 | 6 | 1.372 m | 1.372 m | 0.305 m |
| 7 | 7 | 1.067 m | 1.067 m | 0.305 m |
| 8 | 8 | 1.067 m | 1.067 m | 0.305 m |
| 9 | 9 | 1.829 m | 1.829 m | 0.305 m |
| 10 | 10 | 1.829 m | 1.829 m | 0.305 m |
| 11 | 11 | 1.321 m | 1.321 m | 0.305 m |
| 12 | 12 | 1.829 m | 1.829 m | 0.305 m |
| 13 | 13 | 1.829 m | 1.829 m | 0.305 m |
| 14 | 14 | 1.321 m | 1.321 m | 0.305 m |
| 15 | 15 | 1.829 m | 1.829 m | 0.305 m |
| 16 | 16 | 1.829 m | 1.829 m | 0.305 m |
| 17 | 17 | 1.321 m | 1.321 m | 0.305 m |
| 18 | 18 | 1.372 m | 1.372 m | 0.305 m |
| 19 | 19 | 1.372 m | 1.372 m | 0.305 m |
| 20 | 20 | 1.067 m | 1.067 m | 0.305 m |

Tabla para el pre-dimensionamiento de cimentación aislada en software de revisión rápida

B6. CENTRO COMERCIAL

Se muestran los diagramas de momento, indicando la carga última y el momento último en los elementos descritos.

Tales datos permiten realizar un procedimiento de pre-dimensionamiento estructural en el software que arroja los resultados propuestos para los elementos estructurales:

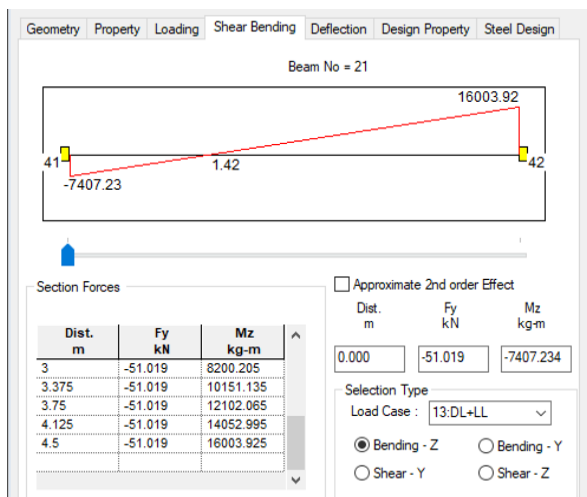


VI

Longitud de viga: 4.5m

Pu: 224.38 kN

Mu: 47356.6 kg-m

**CL1**

Altura de columna: 4m

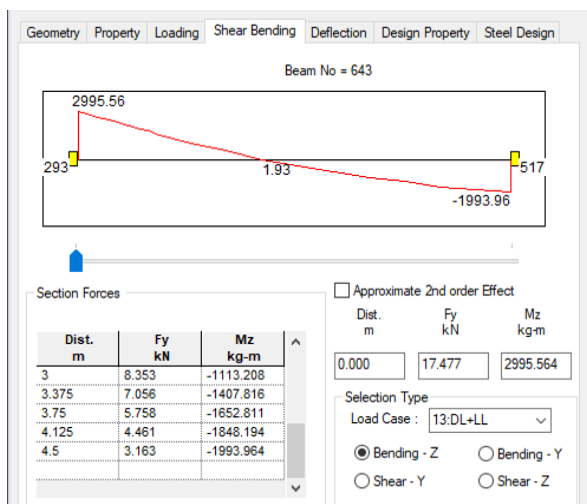
Pu: -51.01kN

Mu: -7407.23 kg-m

B7. HOTEL

Se muestran los diagramas de momento, indicando la carga última y el momento último en los elementos descritos.

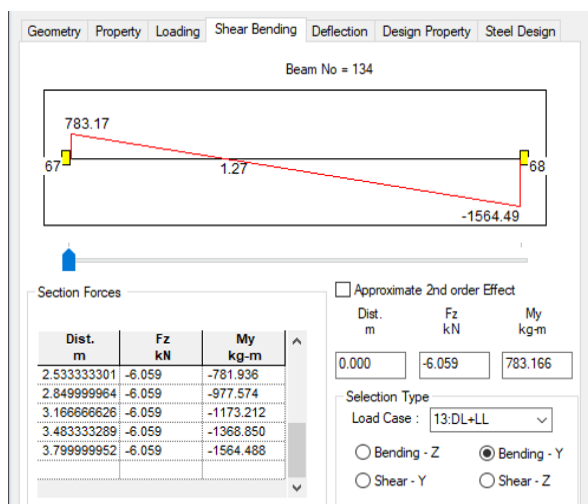
Tales datos permiten realizar un procedimiento de pre-dimensionamiento estructural en el software que arroja los resultados propuestos para los elementos estructurales:

**VI**

Longitud de viga: 6.5m

Pu: 17.47 kN

Mu: 2995.96 kg-m

**CL1**

Altura de columna: 3.8m

Pu: -6.059kN

Mu: 783.196 kg-m

CIMENTACIÓN AISLADA

Por medio de la tabla mostrada en la siguiente página, se obtienen las dimensiones adecuadas para la cimentación aislada.

De estos valores se toma el más alto y se redondea al valor mayor.

En este caso, la estructura requiere zapatas aisladas de dimensiones 5.00x5.00x0.50m, por tanto, se requiere implementar losa de cimentación.

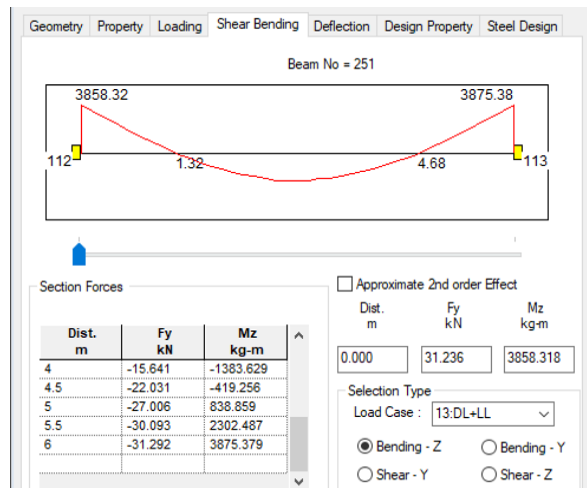
| Footing No. | Group ID | Foundation Geometry | | |
|-------------|----------|---------------------|---------|-----------|
| | | Length | Width | Thickness |
| - | - | | | |
| 2 | 1 | 2.438 m | 2.438 m | 0.305 m |
| 4 | 2 | 3.251 m | 3.251 m | 0.406 m |
| 6 | 3 | 3.200 m | 3.200 m | 0.406 m |
| 8 | 4 | 3.048 m | 3.048 m | 0.356 m |
| 10 | 5 | 2.896 m | 2.896 m | 0.356 m |
| 12 | 6 | 2.235 m | 2.235 m | 0.305 m |
| 57 | 7 | 3.150 m | 3.150 m | 0.406 m |
| 59 | 8 | 4.724 m | 4.724 m | 0.610 m |
| 61 | 9 | 4.674 m | 4.674 m | 0.610 m |
| 63 | 10 | 4.166 m | 4.166 m | 0.559 m |
| 65 | 11 | 4.013 m | 4.013 m | 0.508 m |
| 67 | 12 | 2.896 m | 2.896 m | 0.356 m |
| 85 | 13 | 2.591 m | 2.591 m | 0.305 m |
| 86 | 14 | 3.556 m | 3.556 m | 0.457 m |
| 87 | 15 | 3.556 m | 3.556 m | 0.457 m |
| 88 | 16 | 3.353 m | 3.353 m | 0.406 m |
| 89 | 17 | 3.200 m | 3.200 m | 0.356 m |
| 90 | 18 | 2.438 m | 2.438 m | 0.305 m |

Tabla para el pre-dimensionamiento de cimentación aislada en software de revisión rápida

C2. UNIVERSIDAD

Se muestran los diagramas de momento, indicando la carga última y el momento último en los elementos descritos.

Tales datos permiten realizar un procedimiento de pre-dimensionamiento estructural en el software que arroja los resultados propuestos para los elementos estructurales:

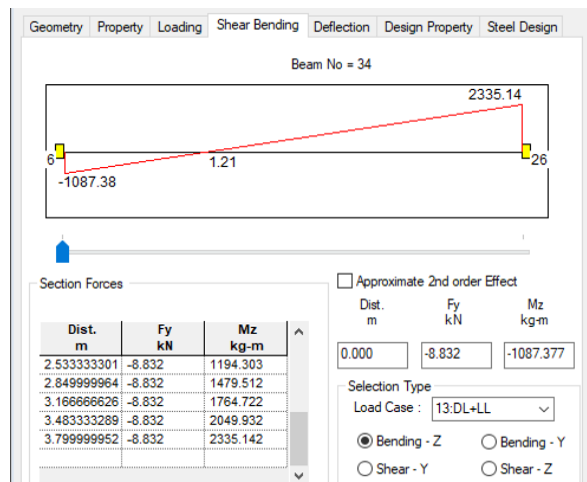


VI

Longitud de ciga: 7m

Pu: 31.23 kN

Mu: 3858.37 kg-m



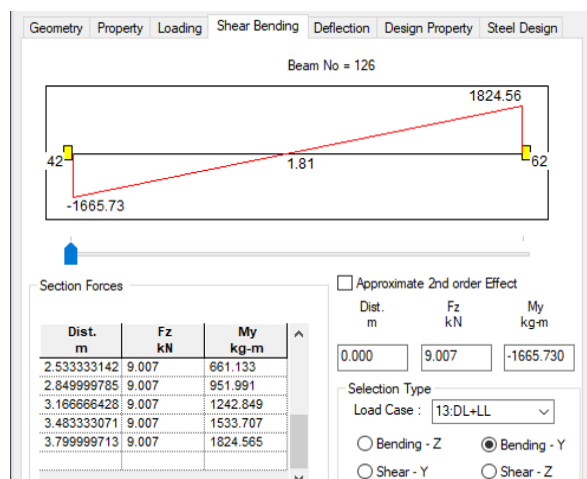
CL1

Altura de columna: 3.8m

Pu: -8.83kN

Mu: -1087.37 kg-m

Nivel: 1



CL2

Altura de columna: 3.8m

Pu: 9.00kN

Mu: -1665.73 kg-m

Nivel: 5

CIMENTACIÓN AISLADA

Por medio de la tabla mostrada en la siguiente página, se obtienen las dimensiones adecuadas para la cimentación aislada.

De estos valores se toma el más alto y se redondea al valor mayor.

Por tanto, se requiere implementar zapatas aisladas de dimensiones 3.00x3.00x0.450m.

| Footing No. | Group ID | Foundation Geometry | | |
|-------------|----------|---------------------|---------|-----------|
| | | Length | Width | Thickness |
| - | - | | | |
| 1 | 1 | 1.880 m | 1.880 m | 0.450 m |
| 2 | 2 | 2.388 m | 2.388 m | 0.450 m |
| 3 | 3 | 2.388 m | 2.388 m | 0.450 m |
| 4 | 4 | 2.388 m | 2.388 m | 0.450 m |
| 5 | 5 | 1.880 m | 1.880 m | 0.450 m |
| 6 | 6 | 2.184 m | 2.184 m | 0.450 m |
| 7 | 7 | 2.184 m | 2.184 m | 0.450 m |
| 8 | 8 | 1.880 m | 1.880 m | 0.450 m |
| 9 | 9 | 2.184 m | 2.184 m | 0.450 m |
| 10 | 10 | 2.184 m | 2.184 m | 0.450 m |
| 11 | 11 | 1.880 m | 1.880 m | 0.450 m |
| 12 | 12 | 2.896 m | 2.896 m | 0.450 m |
| 13 | 13 | 2.896 m | 2.896 m | 0.450 m |
| 14 | 14 | 2.896 m | 2.896 m | 0.450 m |
| 15 | 15 | 2.896 m | 2.896 m | 0.450 m |
| 16 | 16 | 2.896 m | 2.896 m | 0.450 m |
| 17 | 17 | 2.896 m | 2.896 m | 0.450 m |
| 18 | 18 | 2.388 m | 2.388 m | 0.450 m |
| 19 | 19 | 2.388 m | 2.388 m | 0.450 m |
| 20 | 20 | 2.388 m | 2.388 m | 0.450 m |

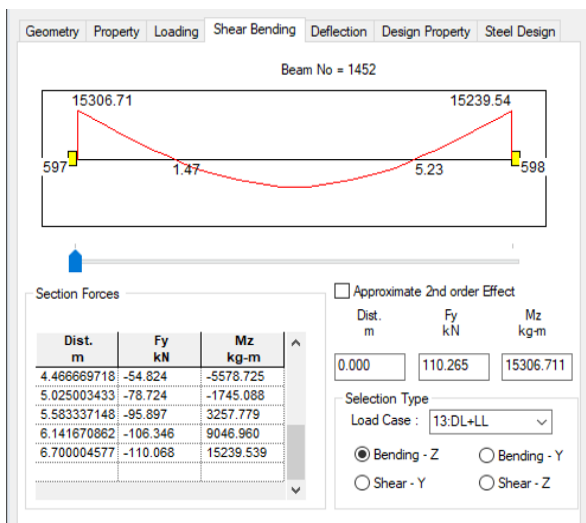
Tabla para el pre-dimensionamiento de cimentación aislada en software de revisión rápida

C3. CLÚSTER

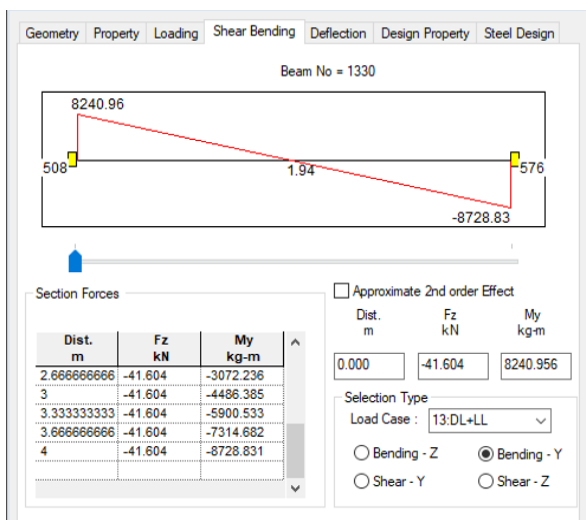
Se muestran los diagramas de momento, indicando la carga última y el momento último en los elementos descritos.

Tales datos permiten realizar un procedimiento de pre-dimensionamiento estructural en el software que arroja los resultados propuestos para los elementos estructurales:

ESTACIONAMIENTO

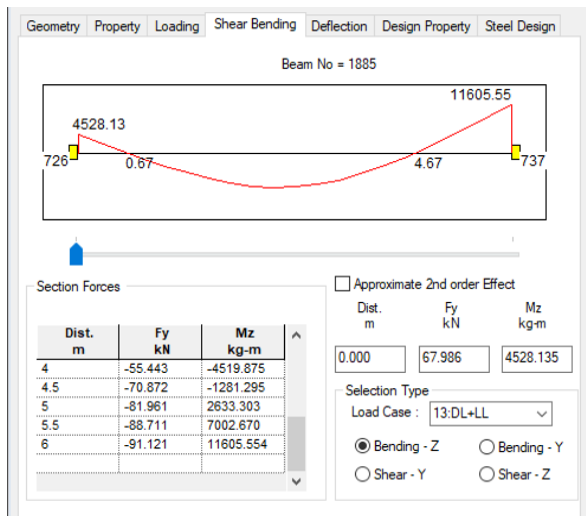


VI
 Viga: 6.7m
 Pu: 110.26 kN
 Mu: 15306.7 kg-m

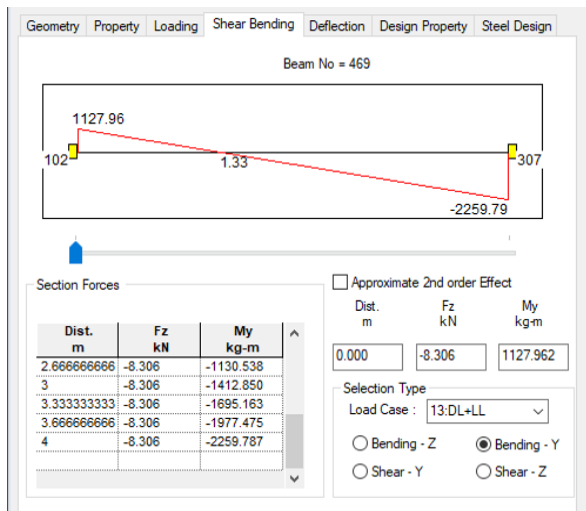


CL1
 Columna: 4m
 Pu: -41.60kN
 Mu: 8240.95kg-m

AREA COMERCIAL

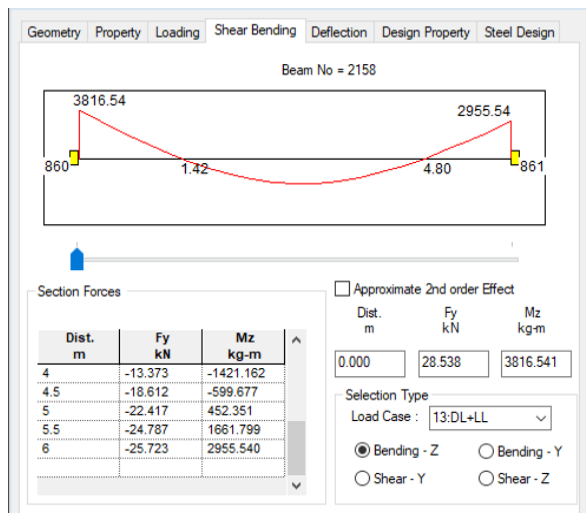


V2
 Viga: 6m
 Pu: 67.93 kN
 Mu: 4528.13 kg-m

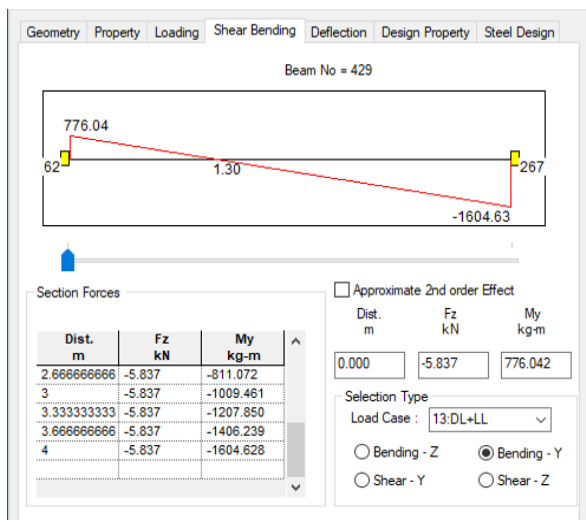


CL2
 Columna: 4m
 Pu: -8.3kN
 Mu: 1127.96kg-m

TORRE RESIDENCIAL



V3
 Viga: 6m
 Pu: 28.53 kN
 Mu: 3816.54 kg-m

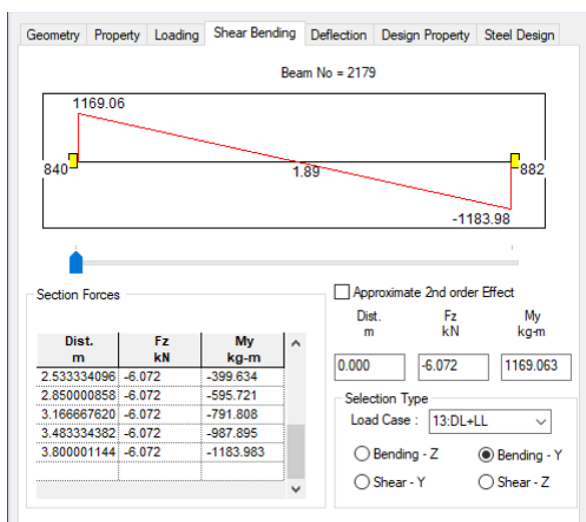
**CL3**

Columna: 4m

Pu: -5.83 kN

Mu: 776.04 kg-m

Piso: 1

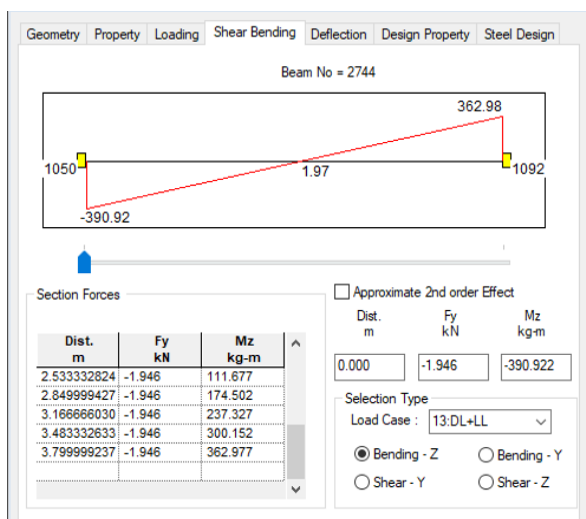
**CL4**

Columna: 3.8m

Pu: -6.072 kN

Mu: 1169.06 kg-m

Piso: 6

**CL5**

Columna: 3.8m

Pu: -1.94 kN

Mu: -390.92 kg-m

Piso: 11

CIMENTACIÓN AISLADA

Estacionamiento: 2.50x2.50x0.45m

Área comercial: 2.00x2.00x0.40m

Torre habitacional: losa de cimentación.

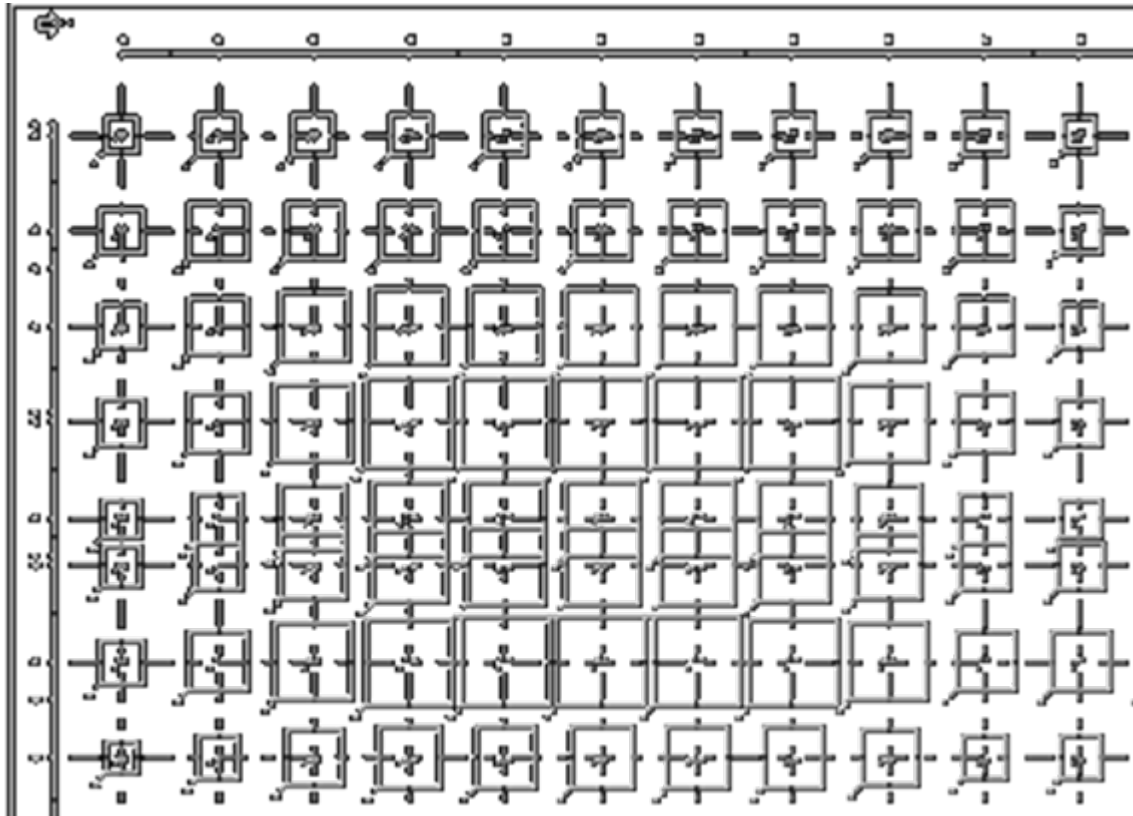


Diagrama de cimentación requerida (área residencial y comercial).

