

ANÁLISIS Y DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

II.1. INTRODUCCIÓN

Para analizar apropiadamente una estructura, deben hacerse ciertas idealizaciones sobre cómo están soportadas y conectados los miembros entre sí. Una vez que se ha determinado esto y se han especificado las cargas, por medio de las teorías de la mecánica estructural, las fuerzas en los miembros y sus desplazamientos pueden encontrarse. Una vez obtenidas las cargas internas de un miembro, el tamaño de éste puede determinarse de manera que se satisfagan los criterios de resistencia y deformación.

En este capítulo se dan a conocer puntos del reglamento de construcción referidos a las cargas; como definiciones de: cargas en las losas de una y dos direcciones, el análisis y distribución de cargas en muros y azotea, hasta la cimentación.

II.2. REGLAMENTOS DE CONSTRUCCIÓN

El reglamento de construcción, consta de varios artículos que se apegan a requisitos que se deben cumplir en la construcción de cualquier proyecto. Haciendo con ello una construcción segura y fácil para el constructor; obteniendo con ellos resultados favorables para la sociedad. (ACI 318).

II.2.1. CARGAS

Las cargas que actúan sobre las estructuras pueden dividirse en tres grandes categorías cargas muertas, cargas vivas y cargas ambientales.

Las cargas muertas son aquellas que se mantienen constantes en magnitud y fijas en posición durante la vida de la estructura. Generalmente la mayor parte de la carga muerta es el peso propio de la estructura. Esta puede calcularse con buena aproximación a partir de la configuración de diseño, de las dimensiones de la estructura y de la densidad del material. Para edificios, los rellenos y los acabados de entrepiso, y el cielo raso se toman usualmente como cargas muertas incluyendo una consideración para cargas suspendidas tales como ductos, aparatos y accesorios de iluminación. Para puentes, las cargas muertas pueden incluir superficies de recubrimiento, adenes y barandas y una consideración para cargas suspendidas.

Las cargas muertas consisten en los pesos de los diversos miembros estructurales y en los pesos de cualesquiera objetos que estén permanentemente unidos a la estructura. Entonces para un edificio, las cargas muertas comprenden los pesos de las columnas, vigas y trabes, losas de piso, el techo, muros, ventanas, plomería, instalación eléctrica y otros dispositivos diversos.

En algunos casos, una carga muerta estructural puede estimarse satisfactoriamente por medio de formulas basadas en los pesos y tamaños de estructura similares. Con experiencia, se puede también "estimar" la magnitud de esas cargas.

Se considerarán cargas vivas las fuerzas gravitacionales, que obran en una construcción y que no tienen carácter permanente.

Consisten principalmente en cargas de ocupación en edificios y cargas de tráfico en puentes. Estas pueden estar total o parcialmente en su sitio o no estar presentes, y pueden cambiar de ubicación. Su magnitud y distribución son inciertas en un momento dado, sus máximas intensidades a lo largo de la vida de la estructura no se conocen con precisión. Las cargas vivas mínimas para las cuales deben diseñarse los entre pisos y cubiertas de un edificio se especifican usualmente en el código de construcción que se aplica en el lugar de construcción.

Las cargas ambientales consisten principalmente en cargas de nieve, presión y succión de viento, cargas sísmicas (fuerzas inerciales causadas por movimientos sísmicos), presiones de suelo en las porciones subterráneas de estructuras, cargas de posibles empuzamientos de aguas lluvias sobre superficies planas y fuerzas causadas por cambio de temperatura. Al igual que las cargas vivas, las cargas ambientales son inciertas tanto en magnitud como distribución.

II.2.2. REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL MUNICIPIO

El reglamento de construcción es un documento oficial el cual norma los procesos que deben cumplir en la construcción de cualquier proyecto. Haciendo con ello una construcción segura.

Se presentan a continuación algunos artículos del reglamento de construcción del municipio relacionadas con las cargas.

ARTÍCULO 212. VALORES NOMINALES. Para la evaluación de las cargas muertas se emplearán los pesos especificados. Los valores mínimos se emplearán, de acuerdo de acuerdo con el capítulo 206 de este reglamento, cuando sea más desfavorable para la estabilidad de la estructura a considerar; una carga muerta menor, como el caso de flotación, lastre y succión producida por viento. En los otros casos se emplearán los valores máximos.

ARTÍCULO 213. CARGA MUERTA ADICIONAL PARA PISOS DE CONCRETO. El peso muerto calculado de losas de concreto de peso normal coladas en el lugar se incrementará en 20 kg/m^2 . Cuando sobre una losa colada en lugar o precolada, se coloque una capa de mortero de peso normal, el peso calculado de esta capa se incrementará también en 20 kg/m^2 ; de manera que las losas coladas en el lugar que llevan una capa de mortero, el incremento total será de 40 kg/m^2 .

Tratándose de losas y capas de mortero que poseen pesos volumétricos diferentes del normal, estos valores se modificarán en proporción a los pesos volumétricos.

ARTÍCULO 215. TIPOS DE CARGAS VIVAS. En el diseño deberá considerarse los valores nominales de las cargas vivas especificados en el artículo 216 de este reglamento por unidad de área y en función del uso del piso o cubierta en cuestión.

La carga viva máxima W_m se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales, y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como en el diseño estructural, ante cargas gravitacionales, de los cimientos.

La carga instantánea W_a se deberá usar para diseño sísmico y por viento, cuando se revisen distribuciones de carga más desfavorables que la uniformemente repartida sobre toda el área.

La carga viva media W se deberá emplear en el cálculo de asentamientos diferidos en materiales poco permeables (limos y arcillas) saturados.

Cuando el efecto de carga viva sea favorable para la estabilidad de la estructura, como en el caso de problemas de flotación y volcamiento, su intensidad se considerará nula sobre toda el área, a menos que pueda justificarse otro valor acorde con la definición del artículo 206 de este reglamento.

ARTÍCULO 216. VALORES NOMINALES. Las cargas vivas unitarias nominales no se considerarán menores a lo especificado.

ARTÍCULO 217. CARGAS VIVAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN. Durante el proceso de construcción deberán considerarse las cargas vivas transitorias que puedan producirse; éstas incluirán el peso de los materiales que se almacenen temporalmente, el de los vehículos y equipo, el del colado de plantas superiores que se apoyen en la planta que se analiza y del personal necesario, no siendo este último peso menor que la carga viva que se especifica para cubiertas y azoteas con pendientes no mayor de 5 %.

ARTÍCULO 218. CAMBIOS DE CARGAS. El propietario será responsable de los perjuicios que ocasionen el cambio de uso de una construcción, cuando produzca cargas mayores que las del diseño.

Se obtiene carga muerta de servicio y se multiplica por el factor de carga especificado por reglamento de construcción el cual esta dado por 1.40 para convertir a carga última. Finalmente se da la carga viva de servicio, y multiplica por el factor de carga el cual esta dado por 1.70 obteniendo con esto la carga última o carga factorizada.

II. 3. MEMORIA Y ANÁLISIS DE CARGAS

Para empezar el análisis de cargas; se dan los pesos específicos de materiales que están en el proyecto de la casa habitación. En el capítulo anterior se proporcionaron los mismos materiales, pero como densidades.

Ver tabla. 1.1.

Tabla. II.1. Pesos específicos de materiales de construcción de la casa habitación.

MATERIAL	PESO ESPECIFICO Kg/m ³
Concreto	2400
Arcilla	1900
Asfalto	1200
Yeso	2000
Arena	1630
Cemento	2950
Vitropiso	2100
Casetón	0,016
Ladrillo	1700
Mortero 1:3	1680

II. 3. 1. CARGA POR UNIDAD DE ÁREA EN LOSA DE AZOTEA

Para el diseño de losa de azotea, se necesita el análisis de cargas de cada elemento que lo forman, para obtener el peso por unidad de área.

Primero se analiza por unidad de carga para posteriormente analizarlo por carga por unidad de área.

	MATERIAL	CARGA
A continuación se dan las cargas por unidad de área de losa de 4 cm espesor, compuesta de vigueta y casetón.		
Análisis de vigueta de 12 cm de altura por 12 cm de base. (plantilla de concreto), ver figura. II.1.	PLANTILLA DE CONCRETO	
$A = (4 \text{ cm} * 12 \text{ cm}) (8 \text{ cm} * 4 \text{ cm}) = 80 \text{ cm}^2$		
$\gamma(\text{conc.}) = 2.4 \text{ ton/m}^3 = 2.4 \text{ g/cm}^3 = 2400 \text{ kg/m}^3$		
$\text{Vol.} = A * L = (80 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm}) = 8000 \text{ cm}^3$		
$P = (\gamma)(V) = (2.4 \text{ g/cm}^3)(8000 \text{ cm}^3) = 11,520 \text{ g}$		19.2 kg
Análisis de losa de 4 cm de espesor.	LOSA DE CONCRETO	
$\text{Vol.} = (4 \text{ cm})(67 \text{ cm})(100 \text{ cm}) = 26,800 \text{ cm}^3$		
$P = (\gamma)(V) = (2.4 \text{ g/cm}^3)(26,800 \text{ cm}^3) = 64,320 \text{ g}$		64.32 kg
Análisis de casetón.	CASETÓN	
$V(\text{casetón}) = (12 \text{ cm})(67 \text{ cm})(100 \text{ cm})$		
$= 80,400 \text{ cm}^3 - 8000 \text{ cm}^3 (\text{vol. Vig.}) = 72,400 \text{ cm}^3$		
$P = (72,400 \text{ cm}^3)(0.016 \text{ g/cm}^3)$		
$P = 1.16 \text{ kg} = 1158 \text{ g}$		1.158 kg
Σ Vigueta y casetón.	VIGUETA	84.88 kg

Carga por unidad de área de vigueta y casetón.

$$A = (0.67 \text{ m})(1.00 \text{ m}) = 0.67 \text{ m}^2$$

$$W(\text{Por m}^2) = \frac{P}{A} = \frac{84.88 \text{ kg}}{0.67 \text{ m}^2} \quad \mathbf{126.68 \text{ kg/m}^2}$$

Se presenta el esquema del sistema de losa de azotea. Ver figura. II.1.

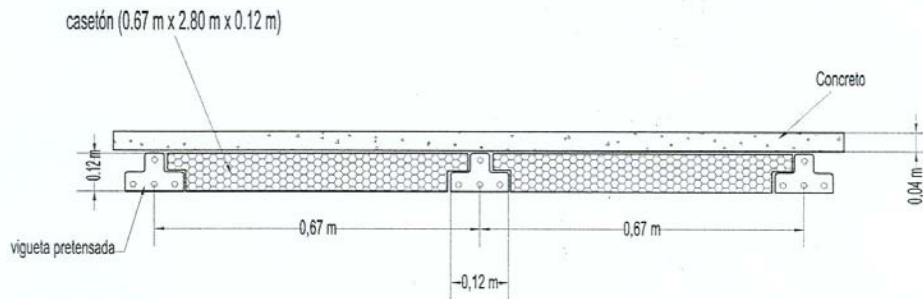


Figura.II.1. Esquema de losa de vigueta y bovedilla.

A continuación se dan los pesos por unidad de área para el cálculo de la carga de servicio en la losa de azotea la cual está conformada de vigueta, casetón, concreto, tierra, asfalto, cartón negro y arenoso.

	CARGA POR UNIDAD DE ÁREA
Losa de vigueta y casetón.	126.68 kg/m²
Ajuste de losa.	20 kg/m²
Ajuste de Instalación eléctrica.	10 kg/m²

II ANÁLISIS Y DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

CARGA POR UNIDAD DE ÁREA

Pendiente con tierra arcillosa del 2%.

Peso específico = 1900 kg/m^3

Largo. = 7.425 m

Altura. $\frac{14.85 \text{ cm}}{2} = 7.425 \text{ cm}$

$$\frac{P}{A} = (1900 \text{ kg/m}^3)(0.07425 \text{ m})$$

141.075 kg/m²

Asfalto de 3 mm de espesor.

Peso específico = 1200 kg/m^3

$$\frac{P}{A} = (1200 \text{ kg/m}^3)(0.003 \text{ m})$$

3.60 kg/m²

Cartón negro.

3.08 kg/m²

Cartón arenoso.

$$A = 9.92 \text{ m}^2$$

$$P = 30.50 \text{ kg}$$

$$\frac{P}{A} = \frac{30.50 \text{ kg}}{9.92 \text{ m}^2} =$$

3.075 kg/m²

$\Sigma \text{ CMs} =$

307.51 kg/m²

II. 3. 1. 1. CARGAS DE SERVICIO Y ÚLTIMA EN LOSA DE AZOTEA

Con lo obtenido en el subcapítulo II.3.1. Se suma cada elemento para obtener la carga muerta de servicio por unidad de área y la carga viva de servicio propuesta por el reglamento del (ACI 318-89). Finalmente se obtiene la carga última producto de 1.40 para carga muerta y 1.70 para la carga viva, y con esto obtener el factor de seguridad real.

A continuación se muestran las simbologías de las cargas.

CMs = Carga muerta de servicio.

CVs = Carga viva de servicio.

CMu = Carga muerta última.

CVu = Carga viva última.

Resultados de sumatorias de cargas muertas de servicio en losa de azotea.

$$CMs = 126.68 + 20.00 + 10.00 + 141.075 + 3.60 + 3.08 + 3.075 = 307.51 \text{ kg/m}^2$$

$$CVs = 100 \text{ kg/m}^2$$

FSCM = Factor de seguridad debido a la carga muerta = 1.40

FSCV = Factor de seguridad debido a la carga viva = 1.70

$$\text{Carga de servicio (CS)} = 307.51 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 = 407.51 \text{ kg/m}^2$$

$$CMu = (307.51 \text{ kg/cm}^2)(1.4) = 430.51 \text{ kg/m}^2$$

$$CVu = (100 \text{ kg/cm}^2)(1.7) = 170 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga última (CU)} = 430.51 \text{ kg/m}^2 + 170.00 \text{ kg/m}^2 = 600 \text{ kg/m}^2$$

$$FSr = \text{Factor de seguridad real en azotea} = \frac{CU}{CS} = \frac{600 \text{ kg/m}^2}{407.51 \text{ kg/m}^2} = 1.47$$

II.3.2. CARGA POR UNIDAD DE ÁREA EN LOSA DE ENTREPISO

Para el análisis de carga por unidad de área de la losa de entrepiso, se calculan los materiales que lo forman, y posteriormente sumarlos y obtener la carga muerta de servicio.

	MATERIAL	CARGA POR UNIDAD DE ÁREA
La losa propuesta con espesor de concreto de 10 cm.	CONCRETO	
Peso específico = 2400 kg/m ³		
$\frac{P}{A} = (2400 \text{ kg/m}^3)(0.10 \text{ m})$		240 kg/m²
Enjarre de mortero 1:3 de 8 mm de espesor.	MORTERO 1:3	
$\text{Vol. Arena} = \frac{19 \text{ lts (3)}}{1000 \text{ lts / m}^3} = 0.057 \text{ m}^3$		
$\text{Vol. Cem.} = \frac{19 \text{ lts}}{1000 \text{ lts / m}^3} = 0.019 \text{ m}^3$		
$P (\text{Arena}) = (1630 \text{ kg/m}^3)(0.057 \text{ m}^3) = 92.91 \text{ kg}$		
$P (\text{Cem.}) = (2950 \text{ kg/m}^3)(0.019 \text{ m}^3) = 56.05 \text{ kg}$		
P (Mezcla) = 92.91 kg + 56.05 kg = 148.96 kg		
$\text{Vol. Total} = \frac{19 \text{ lts (4)}}{1000 \text{ lts / m}^3} = 0.076 \text{ m}^3$		
Peso específico de la mezcla = $\frac{148.96 \text{ kg}}{0.076 \text{ m}^3} = 1960 \text{ kg/m}^3$		
$\frac{P}{A} = (1960 \text{ kg/m}^3)(0.008 \text{ m}) =$		15.68 kg/m²

II ANÁLISIS Y DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Vitropiso de 30 cm x 30 cm de
7 mm de espesor.

Peso específico: 2100 kg/m³

$$\frac{P}{A} = (2100 \text{ kg/m}^3)(0.007 \text{ m}) =$$

VITROPISO

14.7 kg/m²

Cemento crest de
8 mm de espesor

Rendimiento = 4 m²

Peso de bolsa = 20 kg

$$\frac{P}{A} = \frac{20 \text{ kg}}{4 \text{ m}^2}$$

CEMENTO CREST

5.00 kg/m²

Yeso de 6 mm de espesor

Peso específico= 2000 kg/m³

$$\frac{P}{A} = (2000 \text{ kg/m}^3)(0.006 \text{ m}) =$$

YESO

12.00 kg/m²

Aplanado de cemento de 8 mm de
espesor.

LECHADA DE
CEMENTO

Peso específico = 2950 kg/m³

$$\frac{P}{A} = (2950 \text{ kg/m}^3)(0.008 \text{ m}) =$$

23.60 kg/m²

∑CMs =

310.98 kg/m²

Total de cargas de servicio en losa de entrepiso.

$$\text{CMs} = 240 + 15.68 + 14.70 + 5.00 + 12.00 + 23.60 = \mathbf{310.98 \text{ kg/cm}^2}.$$

II. 3. 2. 1. CARGAS DE SERVICIO Y ULTIMA EN LOSA DE ENTREPISO

Con lo obtenido en el subcapítulo II.3.2. Se obtiene la carga muerta y viva de servicio y última por unidad de área para obtener el factor de seguridad real.

$$CMs= 310.98 \text{ kg/m}^2$$

$$CVs= 200.00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga de servicio (CS)}= 310.98 \text{ kg/m}^2 + 200 \text{ kg/m}^2 = 510.98 \text{ kg/m}^2$$

$$CMu= (310.98 \text{ kg/cm}^2)(1.4)= 435.37 \text{ kg/m}^2$$

$$CVu= (200 \text{ kg/cm}^2)(1.7)= 340.00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga última (CU)}= 435.37 \text{ kg/m}^2 + 340.00 \text{ kg/m}^2 = 775.37 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Factor de seguridad real en entrepiso (FSr)}= \frac{CU}{CS} = \frac{775.37 \text{ kg / m}^2}{510.98 \text{ kg / m}^2} = 1.52$$

II.3.3. CARGA POR UNIDAD DE ÁREA EN MURO

Se hace un análisis del muro formado por ladrillo de 28 cm X 14 cm X 7cm y pasta de cemento – arena 1:3 para el pegado del mismo y 1 cm de boquilla con castillos a cada 2.50 m, para el cálculo del muro distribuido por unidad de área, para finalmente convertir en metro lineal, según la altura de muro. En este caso es de: 2.85 m y enjarre de cemento arena 1:3 de 0.8 cm de espesor, analizado en el subcapítulo II.3.2. Para finalmente obtener el factor de seguridad promedio de las tres cargas actuantes en la estructura.

A continuación se muestra las dimensiones y características de muro para el análisis.

Altura = 2.85 m

Separación de castillos = 2.50 m

Volumen del mortero.

$$V = 29 \times 13 \times 8 \text{ cm}^3 - 28 \times 14 \times 7 \text{ cm}^3$$

$$V = 3016 \text{ cm}^3 - 2744 \text{ cm}^3 = 272 \text{ cm}^3$$

Volumen del Ladrillo.

$$28 \times 14 \times 7 \text{ cm}^3 = 2744 \text{ cm}^3$$

$$P(\text{Mortero}) = (\gamma)(v) =$$

$$(1680 \text{ Kg/m}^3) \frac{272 \text{ cm}^3}{(100)^3} = 0.46 \text{ kg}$$

$$P(\text{Ladrillo}) = (\gamma)(v) = 1700 \text{ Kg/m}^3 \frac{2744 \text{ cm}^3}{(100)^3}$$

$$= 4.66 \text{ kg}$$

MATERIAL

**CARGA POR
UNIDAD DE ÁREA**

$$A = (29 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}) = 232 \text{ m}^2 = 0.0232 \text{ m}^2 \quad \text{LADRILLO Y MORTERO}$$

$$W = \frac{P}{A} = \frac{5.12 \text{ kg}}{0.0232 \text{ m}^2} =$$

$$\underline{\underline{220.69 \text{ kg/m}^2}}$$

Se muestra esquema de muro.

Ver Figura. II.2.

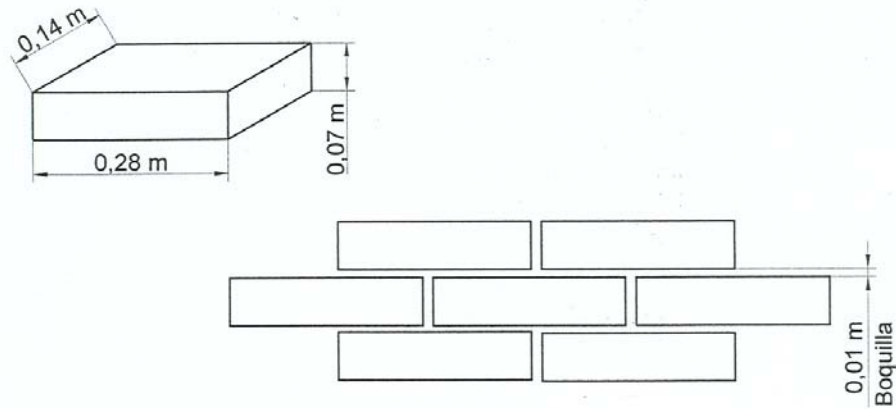


Figura.II.2. Esquema de muro con acotaciones.

Peso por m² de ladrillo

$$(28 \text{ cm} \times 14 \text{ cm} \times 7 \text{ cm}) = 220.69 \text{ kg/m}^2.$$

Peso de 1ml de castillo

$$0.14 \text{ m} \times 0.14 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$W = (\gamma)(V) = (2400 \text{ kg/m}^3)((0.14 \text{ m})(0.14 \text{ m})(1 \text{ m})) = 47.04 \text{ kg}$$

Peso de 2.85 m de altura de castillo

$$W = (2400 \text{ kg/m}^3)((0.14 \text{ m})(0.14 \text{ m})(2.85 \text{ m})) = 134.06 \text{ kg}$$

Área real de muro

Castillos a cada 2.50 m

Altura de 2.85 m

$$\text{Área} = 2.50 \text{ m} \times 2.85 \text{ m} = 7.125 \text{ m}^2$$

$$\text{Área real} = 7.125 \text{ m}^2 - (0.14 \text{ m} \times 0.14 \text{ m}) = 7.105 \text{ m}^2$$

	MATERIAL	CARGA POR UNIDAD DE ÁREA
1 m ² → 220.69 kg		
7.105 m ² → 1568.09 kg (muro de ladrillo).		
Peso de ladrillo más castillo.		
134.06 kg + 1568.09 kg = 1702.15 kg		
Peso de ladrillo y castillo		
(h=2.85 m x L= 2.50 m) = 1702.15 kg		
Área de muro de castillo a castillo		
(2.85 m)(2.50 m) = 7.125 m ²		
$\frac{P}{A} = \frac{1702.15 \text{ kg}}{7.125 \text{ m}^2}$	LADRILLO, MORTERO Y CASTILLO	<u>238.90 kg/m²</u>
Peso del enjarre de 8 mm de espesor.	ENJARRE	
(15.68 kg/m ²)(2 lados) =		<u>31.36 kg/m²</u>
$\frac{P}{A} = 238.90 \text{ kg/m}^2 + 31.36 \text{ kg/m}^2 =$	LADRILLO, MORTERO, CASTILLO Y ENJARRE	<u>270.26 kg/m²</u>

Se presenta el esquema de muro por metro cuadrado.
Ver figura. II.3.

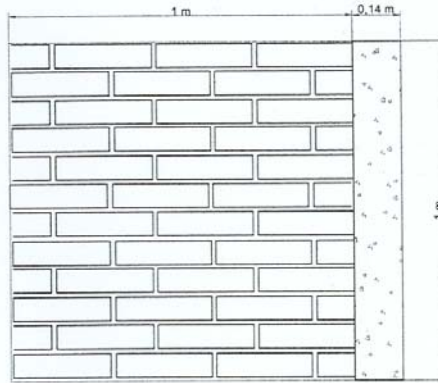


Figura. II.3. Esquema de muro con castillo.

Carga por unidad de área, del muro (carga última) = $(270.26 \text{ kg/m}^2)(1.4) = 378.36 \text{ kg/m}^2$

Factor de seguridad promedio en muro (FSP).= $(1.47+1.52+1.40)/3= 1.46$

II.3.4. CARGAS POR UNIDAD LINEAL EN LOSA DE AZOTEA

En el punto (II.3.) se llega a las cargas por metro cuadrado posteriormente se calcula las cargas por metro en una dirección en la losa de azotea, compuesta de vigueta y casetón.

A continuación se da la ecuación y las simbologías que comprenden la misma, para el cálculo de la carga por unidad lineal.

$$W = \frac{w(L)}{2}$$

ec.(II.1.)

W = Carga por unidad lineal

w = Carga por unidad de área.

L = Longitud de la vigueta.

II.3.4.1. CARGAS DE SERVICIO

La tabla II.2. Se calcula la carga de servicio por unidad lineal en la losa de azotea, para distribuirse la carga en una dirección por medio de la ecuación II.1.

Ver plano P-3 en anexos.

Tabla.II.2. Cargas de servicio por unidad lineal en losas de azotea, compuesta de ocho tableros.

TABLERO	CARGAS POR m ² (ton/m ²)= w	DISTANCIA (m)= L	CARGAS POR m (ton/m)=w*L /2
1	0.408	4.10	0.836
2	0.408	3.67	0.749
3	0.408	4.63	0.945
4	0.408	4.63	0.945
5	0.408	4.10	0.836
6	0.408	5.49	1.120
7	0.408	4.63	0.945
8	0.408	3.24	0.661

II.3.4.2. CARGAS ÚLTIMAS

La tabla II.3. Se calcula la carga de última por unidad lineal en la losa de azotea, para distribuirse la carga en una dirección por medio de la ecuación II.1.

Ver plano P-4 en anexos.

Tabla.II.3. Cargas últimas por unidad lineal en losas de azotea, compuesta de ocho tableros.

TABLERO	CARGAS POR m ² (ton/m ²)	DISTANCIA (m)	CARGAS POR m (ton/m)
1	0.6	4.10	1.23
2	0.6	3.67	1.10
3	0.6	4.63	1.39
4	0.6	4.63	1.39
5	0.6	4.10	1.23
6	0.6	5.49	1.65
7	0.6	4.63	1.39
8	0.6	3.24	0.97

II.3.5. CARGAS POR UNIDAD DE ÁREA EN LOSA DE ENTREPISO

La carga por metro de losa de entrepiso se muestra en dos partes: la primera consta de una tabla donde se distribuye la carga de muro en el tablero correspondiente por metro cuadrado, y con esto se suma la carga de la losa (Gs) ó (Gu) según caso, la segunda se obtiene la carga por metro, por el método de coeficientes.

L = Lado largo

S = Lado corto

A = Área del tablero

Lm = Longitud de muro

Ws , Wu = Carga de muro

Ws₁, Wu₁=Carga distribuida del muro

h = Altura de muro

G_s , G_u = Carga en losa

G = Carga total en losa

$$W_{s1} = \frac{W_s(L_m)(h)}{A} , \frac{W_u(L_m)(h)}{A} \quad \text{ec.(II.2.)}$$

$$G = W_{s1} + G_s , W_{u1} + G_u , \text{Según caso de carga última ó de servicio.} \quad \text{ec.(II.3.)}$$

II.3.5.1. CARGA DE SERVICIO POR UNIDAD DE ÁREA, DISTRIBUIDA DE MURO PARA LOSA DE ENTREPISO

Se calcula la carga de servicio por unidad de área en losa de entrepiso, en la mayoría de los casos en dos direcciones, esta por unidad de área. Los muros que cargan el entrepiso de los tableros: 1,3,4-7, se distribuye en el tablero correspondiente, esta con carga por unidad de área, para posteriormente sumárselo a la carga del entrepiso como se muestra en la tabla siguiente. Aplicando las ecuaciones. II.2. y II.3.

Ver Tabla. II.4.

Tabla. II.4. Carga total de servicio en losa de entrepiso.

TABLERO	LARGO (m)=L	CORTO (m)=S	AREA (m²)=A	LONGITUD DE MURO=Lm (m)	CARGA POR m² DEL MURO (kg/m²)=Ws
1	7.83	0.81	6.34	2.95	270.26
2	3.29	1.89			270.26
3	4.05	3.29	13.3	4.07	270.26
4	6.06	4.63	28.1	3.86	270.26
5	3.29	1.89	6.22	1.25	270.26
6	3.18	1.23	3.91	1.23	270.26
7	4.49	3.18	14.3	3.81	270.26
8	6.38	5.83			270.26
9	6.97	3.24			270.26

ALTURA DE MURO (m)=h	CARGA POR m² DISTRIBUIDA DEL MURO (kg/m²)=Ws1	CARGA POR m² DE LOSA (kg/m²)=Gs	CARGA POR m² TOTAL DE LOSA (kg/m²)=G
2.85	358.39	510.98	869.37
2.85		510.98	510.98
2.85	235.35	510.98	746.33
2.85	106.15	510.98	617.13
2.85	154.79	510.98	665.77
2.85	242.3	510.98	753.28
2.85	205.51	510.98	716.49
2.85		510.98	510.98
2.85		510.98	510.98

II.3.5.2. CARGA ÚLTIMA POR UNIDAD DE ÁREA, DISTRIBUIDA DE MURO PARA LA LOSA DE ENTREPISO.

Se calcula la carga última por unidad de área en losa de entrepiso, en la mayoría de los casos en dos direcciones, esta por unidad de área. Los muros que cargan el entrepiso de los tableros: 1,3,4-7, se distribuye en el tablero correspondiente, esta con carga por unidad de área, para posteriormente sumárselo a la carga del entrepiso como se muestra en la tabla siguiente. Aplicando las ecuaciones. II.2. y II.3.

Ver Tabla. II.5.

Tabla. II.5. Carga total última en losa de entrepiso.

TABLERO	LARGO (m)=L	CORTO (m)=S	AREA (m ²)=A	LONGITUD DE MURO (m)=L	CARGA POR m ² DEL MURO (kg/m ²)=Wu
1	7.83	0.81	6.34	2.95	378.36
2	3.29	1.89			378.36
3	4.05	3.29	13.3	4.07	378.36
4	6.06	4.63	28.1	3.86	378.36
5	3.29	1.89	6.22	1.25	378.36
6	3.18	1.23	3.91	1.23	378.36
7	4.49	3.18	14.3	3.81	378.36
8	6.38	5.83			378.36
9	6.97	3.24			378.36

ALTURA DE MURO (m)=h	CARGA POR m ² DISTRIBUIDA DEL MURO (kg/m ²)=Wu1	CARGA POR m ² DE LOSA (kg/m ²)=Gu	CARGA POR m ² TOTAL DE LOSA (kg/m ²)=G
2.85	501.74	775.37	1277.11
2.85		775.37	775.37
2.85	329.49	775.37	1104.86
2.85	148.34	775.37	923.71
2.85	216.71	775.37	992.08
2.85	339.22	775.37	1114.59
2.85	287.7	775.37	1063.07
2.85		775.37	775.37
2.85		775.37	775.37

II.3.6. CARGA POR UNIDAD LINEAL Y ESPESOR EN LA LOSA MACIZA

A continuación se muestran las simbologías de las variables para las formulas a utilizar, obteniendo con ellas las cargas por metro en losa maciza y el espesor óptimo de la misma.

S = Lado corto.

L = Lado largo.

B = Relación del lado largo y lado corto del tablero.

C = Caso en tablero (coeficientes según caso de continuidad en tablero, Ver tabla. 12.6.

Diseño de Estructura de Concreto, Arthur H. Nilson).

W_s = Carga del lado corto.

W_L = Carga del lado largo.

H = Espesor de losa.

Bs = Coeficiente del perímetro apoyado en el tablero.

$$B = \frac{L}{S}$$

$$W_s = \frac{G(C)(L)}{2} \quad \text{ec. (II.4.)}$$

$$W_L = \frac{G(C)(S)}{2} \quad \text{ec. (II.5.)}$$

$$H = \frac{L((800 + 0.07(4200)))}{((36000 + 5000(B))(1 + B_s))} \quad \text{ec. (II.6.)}$$

II.3.6.1. ESPESOR DE LOSA MACIZA Y CARGAS DE SERVICIO POR UNIDAD LINEAL

Las cargas por unidad de área de cada tablero difieren una de otra por tener cargas de muro de diferentes dimensiones, haciendo con esto a los tableros unos más críticos que otros, para obtener la carga de servicio por unidad lineal y el espesor de ellos, dependiendo la continuidad de tableros. Para el análisis de carga por unidad lineal se uso el método de coeficientes de la tabla 12.6 Diseño de Estructuras de Concreto. La tabla II.6. Muestra la carga de servicio por unidad lineal y espesores de cada tablero. Ver plano P-5 en anexos.

Tabla II.6. Espesor de losa maciza según carga de servicio.

TABLERO	CARGAS POR m ² (ton/m ²)	S (m)	L (m)	CASO	Coefficiente Lado corto (S)
1	0,869	0,81	7,83	4	1
2	0,511	1,89	3,29	8	0,95
3	0,746	3,29	4,05	2	0,697
4	0,617	4,63	6,06	4	0,858
5	0,665	1,89	3,29	2	0,95
6	0,753	1,23	3,18	8	0,989
7	0,717	3,18	4,49	2	0,799
8	0,511	5,83	6,38	6	0,589
9	0,511	3,24	6,97	6	0,955

Coefficiente	CARGAS	CARGAS	H	Bs
Lado Largo (L)	S POR M (ton/m)	L POR M (ton/m)	ESPESOR DE LOSA H (cm)	COEFICIENTE Bs
0	0,00039	0,352	7,89	0,5
0,05	0,154	0,395	7,11	0,682
0,303	0,459	0,855	9,17	1
0,142	0,475	1,066	14,47	0,5
0,05	0,108	0,567	6,74	1
0,011	0,053	0,443	6,08	0,639
0,201	0,323	0,91	9,8	1
0,411	0,363	1,158	16,27	0,261
0,045	0,034	0,812	15,12	0,341

Nota. Para H mayor de diez centímetros se le dará contra flecha para evitar deflexiones.

H > 10 cm

Se toma un espesor de losa de H igual diez centímetros.

II.3.6.2. ESPESOR DE LOSA MACIZA Y CARGAS ÚLTIMAS POR UNIDAD LINEAL

Se obtuvo el análisis para cada tablero como se muestra en el subcapítulo anterior (II.3.6.1.); pero usando las cargas últimas por unidad lineal. La tabla II.4. Muestra resultados de carga última por unidad lineal y espesores de cada tablero.

Ver planos: P-6, P-7 y P-8 en anexos.

Tabla. II.7. Espesor de losa maciza según carga última.

TABLERO	CARGAS POR m ² (ton/m ²)	S (m)	L (m)	CASO	Coefficiente Lado corto (S)
1	1,277	0,81	7,83	4	1
2	0,775	1,89	3,29	8	0,95
3	1,105	3,29	4,05	2	0,697
4	0,924	4,63	6,06	4	0,858
5	0,992	1,89	3,29	2	0,95
6	1,115	1,23	3,18	8	0,989
7	1,063	3,18	4,49	2	0,799
8	0,775	5,83	6,38	6	0,589
9	0,775	3,24	6,97	6	0,955

Coefficiente Lado Largo(L)	CARGAS S POR m (ton/m)	CARGAS L POR m (ton/m)	H ESPESOR DE LOSA H (cm)	Bs COEFICIENTE Bs
0	0,00057	0,517	7,89	0,5
0,05	0,234	0,599	7,11	0,682
0,303	0,679	1,266	9,17	1
0,142	0,711	1,595	14,47	0,5
0,05	0,16	0,845	6,74	1
0,011	0,078	0,655	6,08	0,639
0,201	0,48	1,351	9,8	1
0,411	0,551	1,757	16,27	0,261
0,045	0,051	1,233	15,12	0,341

Nota. Para H mayor de diez centímetros se le dará contra flecha para evitar deflexiones.

H > 10 cm Se toma un espesor de losa de H igual diez centímetros.

Nota. Ver tabla II.8 en anexos, para los coeficientes de relación de la carga W que se transmite en las direcciones Ls y Ll para calcular las cargas (tom/m) en los apoyos.

I.3.7. CARGA POR UNIDAD LINEAL EN MUROS

Obtenido las cargas últimas de azotea y entrepiso, se calcula la carga en muros para poder entrar a un diseño estructural completo, puesto que las cargas en muros se calculan por unidad lineal, para el diseño de una trabe y en casos se muestra por unidad de área para distribuirla en la losa, dándole carga y haciéndola a la vez crítica, como se muestra en el proyecto.

Carga por metro cuadrado en muro (ladrillo+castillo+enjarre).

$$W_s = 270.26 \text{ kg/m}^2$$

Carga de servicio en muro por metro lineal.

$$W_s = (W_s)(h) = (270.26 \text{ kg/m}^2)(2.85 \text{ m}) = 770.24 \text{ kg/m} = 0.770 \text{ ton/m}$$

$$W_u = (W_s)(1.4) = (770.24 \text{ kg/m}^2)(1.4) = 1078.34 \text{ kg/m} = 1.078 \text{ ton/m}$$

II.4. CONCLUSIÓN

En las bajadas de cargas de cada uno de los elementos estructurales, como la losa de azotea, entrepiso, muros, hasta la cimentación, estos son valores de cargas de servicio; para posteriormente convertirlos en carga última. Con esto se asegura la carga excesiva, ya sea por la misma carga muerta ó carga viva.

En el caso de la losa maciza se obtuvo un espesor para cada tablero optimizándose un espesor de 10 cm para toda la losa de entrepiso, sobrepasándose tres tableros por arriba de este espesor, estos tableros se recomienda cimbrarlos en contra flecha, para evitar las deflexiones que se puedan presentar.

Los tableros donde cargan muros divisorios compuestos de ladrillo, adicionándole a la losa más deflexión; en estos casos se distribuyen las cargas por unidad de área del muro divisorio a la losa ó tablero para considerárselo en el diseño.