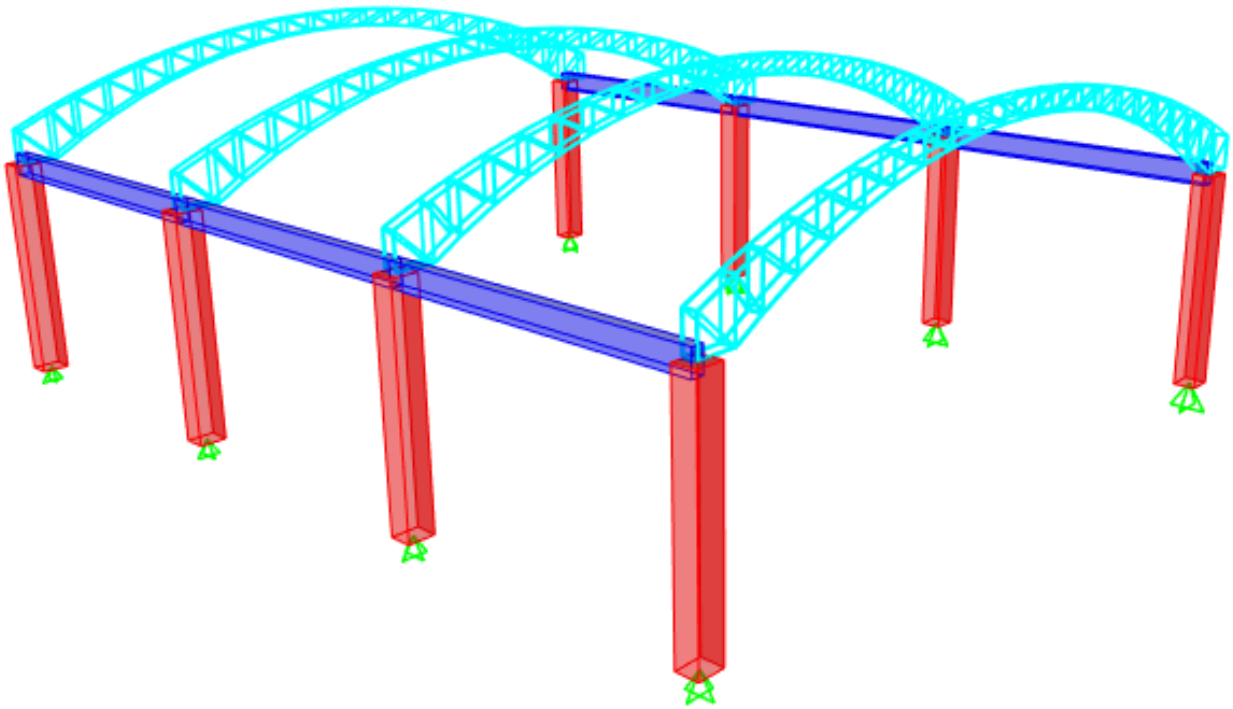


MEMORIA DE CALCULO POLIDEPORTIVO-CUBIERTA PARQUE DE LA URBANIZACIÓN LA ISLA SECTOR PLAYA RICA.

Danna Melissa Baquero

Lesli Ximena Hurtado

CONTENIDO

1. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES 3
1.1 Concreto Estructural 3
1.2 Acero De Refuerzo 3
1.3 Acero Estructural 4
2. Cargas 4
2.1 Carga Muerta 4
2.2 Carga Viva 4
2.3 Cargas De Sismo 5
3. Coeficiente de Disipación de Energía 7
4. Cálculo de Irregularidad 8
4.4 Irregularidad En Planta 8
4.5 Irregularidad En Altura 9
4.6 Ausencia De Redundancia 9
4.7 Coeficiente De Capacidad De Disipación De Energía Modificado 9
5. Cargas de Viento 9
6. COMBINACIONES DE CARGA 12
6.1 Combinaciones De Carga Para Diseño De Vigas Y Columnas 13
7. Análisis estructural 15
7.1 Disposición Estructural 16
8. Control De Derivas 17
9. Diseño De Correas 17
9.1 Datos De Entrada Para Diseño De Correas 17
10. Diseño Elementos Metálicos Estructurales 19
10.1 Diseño De La Cercha 19
10.2 Datos De Entrada Para El Diseño De La Cercha 20
11. Diseño Elementos Estructurales En Concreto 20
11.1 Diseño De Vigas 21
11.2 Diseño De Columnas 22
12. Memoria de Cálculo De Cimentación 24
12.1 Datos De Entrada Para La Cimentación 24

1. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

Como se trata de un sistema estructural que adquiere diferentes tipos de materiales a continuación se describen las características principales y mínimas requeridas para cada uno de los materiales.

1.1 CONCRETO ESTRUCTURAL

Donde se requiera el uso de elementos estructurales en concreto como lo son las vigas, columnas y cimentación. se diseñarán con base en los estándares establecidos en el Titulo C del NSR-10. Estableciendo como parámetros mínimos de diseño las características citadas a continuación:

- Concreto Estructural Vigas Aéreas y columnas
  - Resistencia mínima a la compresión $f'_c = 281\ \mathrm{kgf/cm^2}$
  - Módulo de elasticidad del concreto

    $\mathrm{E} = 253456\ \mathrm{kgf/cm^2}$
- Concreto Estructural Cimentación
  - Resistencia mínima a la compresión $f'_c = 245\ \mathrm{kgf/cm^2}$
  - Módulo de elasticidad del concreto $\mathrm{E} = 195656\ \mathrm{kgf/c}$

1.2 ACERO DE REFUERZO

Donde se requiera el uso de refuerzo estructural para elementos en concreto, como las vigas y columnas se diseñarán con base en los estándares establecidos en el Titulo C del NSR-10. Estableciendo como parámetros mínimos de diseño las características citadas a continuación:

- Acero de Refuerzo
  - Esfuerzo de Fluencia (Tensión) $f_y = 4200\ \mathrm{kgf/cm^2}$
  - Esfuerzo de Fluencia (Cortante) $f_y = 4200\ \mathrm{kgf/cm^2}$

1.3 ACERO ESTRUCTURAL

Donde se requirió el uso de acero estructural, estos se diseñaron con base en los estándares establecidos en el Titulo F del NSR-10. Considerando como parámetros mínimos de diseño las características citadas a continuación:

- Acero ASTM A-36
  - Esfuerzo de Fluencia: $f_y = 36\ \mathrm{ksi} = 2530\ \mathrm{kgf/cm^2} = 253\ \mathrm{MPa}$

2. CARGAS

En esta sección se describen los diferentes tipos de cargas que se deben tener en cuenta para la revisión de este tipo de estructura.

2.1 CARGA MUERTA

La carga muerta corresponde al peso propio de las estructuras, así como los pesos de otros elementos que permanecen fijos durante la vida útil.

Tabla 1 cálculo de carga muerta

Análisis de Carga			
Peso de elemento		**(Ton/m2)**	**(Kg/m2)**
Peso de la Cubierta		0.01	10
Peso de Correa		0.007	7
Ilumunación, Ductiles		0.005	5
total de cargas			
		(Ton/m2)	**(Kg/m2)**
CM		0.022	22

Fuente: Propia.

2.2 CARGA VIVA

La carga viva corresponde a cargas gravitacionales que pueden variar durante la construcción, mantenimiento y operación de las estructuras, y que, por ser de naturaleza variable, debe considerarse en el diseño su existencia con el fin de determinar las condiciones de diseño críticas.

La carga viva se asigno teniendo en cuenta la tabla B.4.2.2.1-2 de la norma NSR-10 para cubiertas metálicas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera sometidos a cargas superiores a la estipulada.

- Carga Viva Cubierta: $50\ \mathrm{kg/m^2}$

2.3 CARGAS DE SISMO

Tabla 2 Coeficientes de Aceleración.

Coeficientes de Aceleración	
Aa =	0.35
Av =	0.30
Ae =	0.20
Ad =	0.07
Fa =	1.15
Fv =	1.80
Coeficiente de capacidad de disipación de energía Ro=	5
área cubierta m2=	693
sistema estructural:	Pórticos de concreto

Fuente: Propia.

- **ESPECTRO DE DISEÑO**

Para el cálculo del espectro de diseño con el que se calcula la fuerza sísmica en la estructura se consideran los siguientes parámetros críticos para una zona de amenaza sísmica ALTA con un perfil de suelo TIPO D.

- **Calculo de espectros de aceleración**

✓ $\boldsymbol{Sa = 2.5A_aF_aI}$ $\mathbf{(Ec.1)}$
✓ $\boldsymbol{Sa = \frac{1.2A_vF_vI}{T}}$ $\boldsymbol{(Ec.2)}$

- **Cálculo de Periodos de aceleración**

Se hace el cálculo de los diferentes periodos de vibración en los que oscilara el espectro de aceleración.

- ✓ **Periodo Inicial:** $\boldsymbol{T0 = 0.1\frac{A_vF_v}{A_aF_a}\ (Ec.3)}$

- ✓ **Periodo Corto:** $\boldsymbol{Tc = 0.48\frac{A_vF_v}{A_aF_a}\ \ (Ec.4)}$

- ✓ **Periodo Largo:** $\boldsymbol{T_L = 2.4F_v\ (Ec.5)}$

- **Cálculo de Periodo Fundamental**

$$\boldsymbol{Ta = Cth^{\alpha}\ (Ec.6)}$$

El valor de Ct y α se encuentran en la tabla dada a continuación.

Tabla 3 Valores de Ct y α para el cálculo del periodo aproximado Ta.

Sistema estructural de resistencia sísmica	Ct	α
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75

Fuente: Norma Sismo Resistente Colombiana.

Cálculo de Cu: $Cu = 1.75 - 1.2A_vF_v\ \ Ec.7$

Tabla 4 Valores para el cálculo de Periodo Fundamental.

Cálculo de Ta	
Ct =	0.073
α =	0.750
Ecua7.Cu calculado =	1.1
Cu definitivo=	1.2

Fuente: Propia.

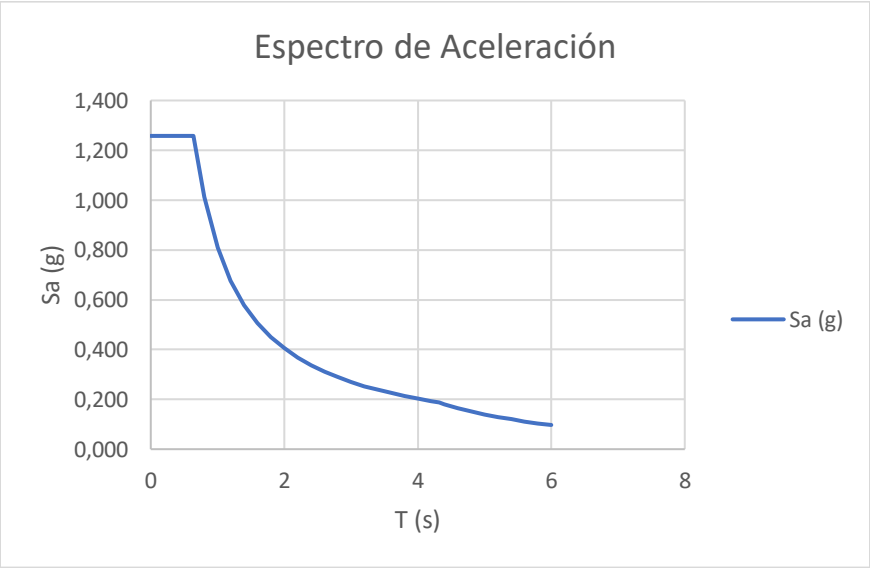
- ✓ El valor de Cu no debe ser menor a 1.2, por lo tanto, el Cu calculado con la ecuación 7 se aproximó a este valor.
- ✓ El valor de Ta no puede exceder Cu*Ta, según los cálculos realizados la condición cumple plenamente.

Tabla 5 Limites de Periodo.

Límites de Periodo		
Sa =	1.26g	espectro de aceleración
Sa=	2.23	
T0 =	0.134s	periodo de vibración
TC =	0.644s	periodo corto
TL =	4.320s	periodo largo
Ta =	0.3634s	periodo fundamental
Ta<Cu*Ta=	0.44	Condición Cumplida

Fuente: Propia.

Ilustración 1 Espectro de Aceleración.



Fuente: Propia.

3. COEFICIENTE DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA

El coeficiente de disipación de energía (R) se calcula de acuerdo con los requerimientos de la NSR-10.

Para una zona de amenaza sísmica ALTA la estructura se compone de un sistema de pórticos en concreto en el sentido longitudinal, sistema con disipación especial de energía (DES).

$$R_o = 5.0$$

Según lo especificado en la norma el Ro debería ser igual a 7, pero en este caso se define menor para considerar un estado de sismo más conservador en el momento de realizar los diseños de los elementos que hacen parte del sistema de resistencia sísmica.

EL Ro=7 ES UN VALOR USADO PARA EDIFICACIONES, EN ESTE CASO EN PARTICULAR, SE HACE EL DISEÑO DE UN SOLO NIVEL, ASI QUE, AL DISEÑAR CON Ro=7 CONLLEVA A AUMENTAR SUS DIMENSIONES HACIENDO QUE LA ESTRUCTURA QUEDE SOBREDISEÑADA Y EL INCREMENTO DE COSTOS DE CONSTRUCCION.

4. CÁLCULO DE IRREGULARIDAD

Las edificaciones en las cuales se disponen estructuras regulares, sin cambios abruptos de resistencia o rigidez, tienen tendencia a comportarse mejor ante la ocurrencia de sismos que aquellas que tienen estructuras irregulares.

Se definen los diferentes grados de irregularidad de la estructura y se les asigna un valor, para cada tipo de irregularidad, los coeficientes de reducción de capacidad de disipación de energía, ϕ_a y ϕ_p, debidos a irregularidades en altura y planta respectivamente, son aquellos que afectan el valor del coeficiente básico de modificación de respuesta Ro, para obtener el coeficiente de respuesta R modificado.

$$R = R_o \times \phi_a \times \phi_p \times \phi_r$$

4.4 Irregularidad En Planta

La edificación no cuenta con irregularidades en planta, por lo que el coeficiente de disipación de energía no debe penalizarse:

$$\phi_p = 1.00$$

Debido a que esta edificación no presenta un diafragma rígido en su único nivel el reglamento no específica la necesidad de verificar la posible irregularidad torsional, sin embargo, se verificaron los debidos desplazamientos horizontales teniendo en cuenta la no ortogonalidad de la carga sísmica. El modelo matemático de la estructura se realizó en el programa SAP2000.

4.5 Irregularidad En Altura

La edificación no cuenta con irregularidades en altura, por lo que el coeficiente de disipación de energía no debe penalizarse:

$$\phi_a = 1.00$$

4.6 Ausencia De Redundancia

La edificación no cuenta con ausencia de redundancia, ya que en una de sus direcciones principales el sistema aporticado está compuesto por más de dos columnas desarrollando más de un vano, condición que o irregularidad que causa que el coeficiente de disipación de energía no deba penalizarse:

$$\phi_r = 1.00$$

4.7 Coeficiente De Capacidad De Disipación De Energía Modificado

Con los valores anteriormente descritos se calcula el valor del coeficiente de disipación de energía para el cálculo de los efectos sísmicos sobre la estructura para una zona de amenaza sísmica ALTA.

$$R = 5.00 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.00 = 5.00$$

5. CARGAS DE VIENTO

- **Factores Para El Avaluó De Carga De Viento**

- Kzt: El factor topográfico se tomó como el más probable a presentarse bajo las características de la edificación, de presentarse factores topográficos más críticas para la localización final de la edificación deberán evaluarse bajo los requerimientos de la sección B.6.5.7 del NSR-10.

- Kd: Factor de dirección para edificios referente al sistema principal de resistencia de cargas de viento de acuerdo con la Tabla B.6.5-4 del NSR-10.

Tabla 6 Factores de la Carga De Viento.

CARGA DE VIENTO	
Angulo de cubierta (°)	36
Longitud larga (m)	33
Longitud corta(m)	21
Altura de cubierta(m)	8.6
TA (s)	0.363
Rigidez del polideportivo	Rígida
Frecuencia	2.752
Velocidad viento m/s	33
Kd	0.85
Rugosidad y exposicion de terreno son tipo:	B
Kz	0.688
k1,k2,k3	0
Kzt	1
Relación	0.40952381

Fuente: Propia.

- **Factor CNW Y CNL**

- La presión neta (contribuciones de las superficies de arriba y abajo) se saca de la tabla B.6.5-15B de la NSR-10 haciendo interpolación entre 30 y 37.5 ° para hallar la presión neta correspondiente al ángulo de la cubierta de 36°.

Tabla 7 Factores CNW y CNL.

CNW	-0.28
CNL	-0.94

Fuente: Propia

- **CALCULO DE RAFAGA**

Para el cálculo de ráfaga se toma una categoría de exposición tipo B según lo estipulado en el Titulo B, B.6.5.6.3 de la NSR-10, con este factor se escogen los valores de para cada una de las variables estipulados en la tabla B.6.5-2 de la NSR-

- Se calcula la presión de velocidad (Qz) según lo establecido en la sección B.6.5.10.

$$qz = 0.613KzKztKdV^2I$$

- Para el cálculo del factor de efecto ráfaga (G) se utilizó la ecuación B.6.5-2 de la NSR-10.

$$G = 0.925\left(\frac{(1 + 1.7gqIzQ)}{1 + 1.7gvIz}\right)$$

✓ Donde $Q = \sqrt{\frac{1}{1+0.62\left(\frac{B+h}{Lz}\right)^{0.63}}}$

Tabla 8 Factores para el Cálculo de Ráfaga.

factores de efecto para cálculo de ráfaga	
Exposición	B
α	7
Zg(m)	365.8
ậ	0.14285714
b	0.84

ὰ	0.25
ƀ	0.45
c	0.3
l(m)	97.5
ε	0.33333
Zmin (m)	9
Iz	0.305
gQ	3.4
gV	3.4
Lz	94.135
Q	0.854
qz=qh	488.267
G	0.839
Vz (Velocidad Promedio)	14.3005

Fuente: Propia.

6. COMBINACIONES DE CARGA

Las combinaciones de carga se tendrán en cuenta dentro del análisis para este tipo de estructuras, con base en el tipo de material y procedimiento de diseño, cada uno de acuerdo con lo establecido en la norma NSR-10 donde:

D= carga muerta

Lr =carga viva

G= granizo

Le= agua

W= viento

Sx=fuerza de sismo en x

Sy= fuerza de sismo en y

6.1 COMBINACIONES DE CARGA PARA DISEÑO DE VIGAS Y COLUMNAS. (NSR 10 B.2.4)

COMB1= 1.4D

COMB2=1.2D+0.5Lr

COMB3=1.2D+0.5G

COMB4=1.2D+0.5Le

COMB5=1.2D+1.6Lr+0.5W

COMB6=1.2D+1.6G+0.5W

COMB7=1.2D+1.6Le+0.5W

COMB8=1.2D+0.5Lr+1.0W

COMB9=1.2D+0.5G+1.0W

COMB10=1.2D+0.5Le+1.0W

COMB11=1.2D+0.67Sx+0.2Sy

COMB12=1.2D-0.67Sx-0.2Sy

COMB13=1.2D+0.67Sx-0.2Sy

COMB14=1.2D-0.67Sx+0.2Sy

COMB15=1.2D+0.2Sx+0.67Sy

COMB16=1.2D-0.2Sx-0.67Sy

COMB17=1.2D+0.2Sx-0.67Sy

COMB18=1.2D-0.2Sx+0.67Sy

COMB19=0.9D+1.0W

COMB20=0.9D+0.67Sx+0.2Sy

COMB21=0.9D-0.67Sx-0.2Sy

COMB22=0.9D+0.67Sx-0.2Sy

COMB23=0.9D-0.67Sx+0.2Sy

COMB24=0.9D+0.2Sx+0.67Sy

COMB25=0.9D-0.2Sx-0.67Sy

COMB26=0.9D+0.2Sx-0.67Sy

COMB27=0.9D-0.2Sx+0.67Sy

6.1.1 COMBINACIONES DE CARGA BASICAS PARA DISEÑO DE CERCHA, CIMENTACION. (NSR 10 B.2.3)

D= Carga Muerta.

E=Fuerzas sísmicas reducidas de diseño.

Ed=Fuerza Sísmica del umbral de daño.

F=Cargas debidas al peso y presión de fluidos.

Fa=Carga debida a la inundación.

Fs=Fuerzas Sismicas.

G=Carga debido al granizo.

L=Cargas Vivas.

Le=Carga de empozamiento.

Lr=Carga viva sobre la cubierta.

L0=Carga sin reducir.

H=Cargas debidas al empuje lateral del suelo.

R0=Coeficiente de capacidad de disipación de energía básico.

R=Coeficiente de capacidad de disipación de energía para ser empleado en el diseño.

T=Fuerzas y efectos causados por efectos acumulados de temperatura.

W=Carga de viento.

- **COMBCIMENTACION1:** D
- **COMBCIMENTACION2:** D+L
- **COMBCIMENTACION3:** D+0,75L
- **COMBCIMENTACION4:** D+0,246EX+0,074EY
- **COMBCIMENTACION5:** D+0,246EX-0,074EY
- **COMBCIMENTACION6:** D-0,246EX+0,074EY
- **COMBCIMENTACION7:** **D**-0,246EX-0,074EY

- **COMBCIMENTACION8:** D+0,074EX+0,246EY
- **COMBCIMENTACION9:** D+0,074EX-0,246EY
- **COMBCIMENTACION10:** D-0,074EX+0,246EY
- **COMBCIMENTACION11:** D-0,074EX-0,246EY
- **COMBCIMENTACION12:** D+0,75L+0,185EX+0,0185EY
- **COMBCIMENTACION13:** D+0,75L+0,185EX-0,0185EY
- **COMBCIMENTACION14:** D+0,75L-0,185EX+0,0185EY
- **COMBCIMENTACION15:** D+0,75L-0,185EX-0,0185EY
- **COMBCIMENTACION16:** D+0,75L+0,0185EX+0,185EY
- **COMBCIMENTACION17:** D+0,75L+0,0185EX-0,185EY
- **COMBCIMENTACION18:** D+0,75L-0,0185EX+0,185EY
- **COMBCIMENTACION19:** D+0,75L-0,0185EX+0,185EY
- **COMBCIMENTACION20:** 0,6D
- **COMBCIMENTACION21:** 0,6D+0,1729EX+0,0222EY
- **COMBCIMENTACION22:** 0,6D+0,1729EX-0,0222EY
- **COMBCIMENTACION23:** 0,6D-0,1729EX+0,0222EY
- **COMBCIMENTACION24:** 0,6D-0,1729EX-0,0222EY
- **COMBCIMENTACION25:** 0,6D+0,0222EX+0,1729EY
- **COMBCIMENTACION26:** 0,6D+0,0222EX-0,1729EY
- **COMBCIMENTACION27:** 0,6D-0,0222EX+0,1729EY
- **COMBCIMENTACION28:** 0,6D-0,0222EX-0,1729EY

7. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para el cálculo estructural se utilizará herramientas especializadas de software: SAP200, el análisis estructural se realiza por medio de métodos numéricos. Seguido de esto se introducen modelos e ideas que muestran de la mejor manera el posible comportamiento de la estructura.

7.1 DISPOSICIÓN ESTRUCTURAL

Según las características de la estructura se desarrolló un modelo completo de toda la estructura la cual se determina por ser una estructura aporticada de concreto reforzado unida por medio de cerchas espaciales y correas dispuestas en perfiles de lámina delgada. La cimentación no se consideró en el modelo principal en SAP2000.

Ilustración 2 cubierta polideportivo-vista 1

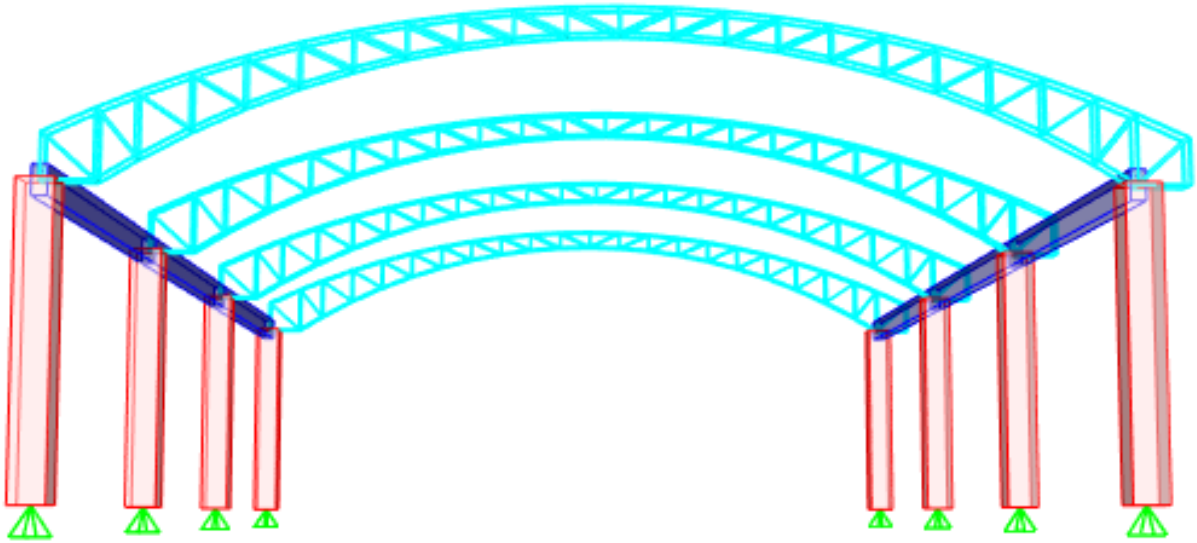
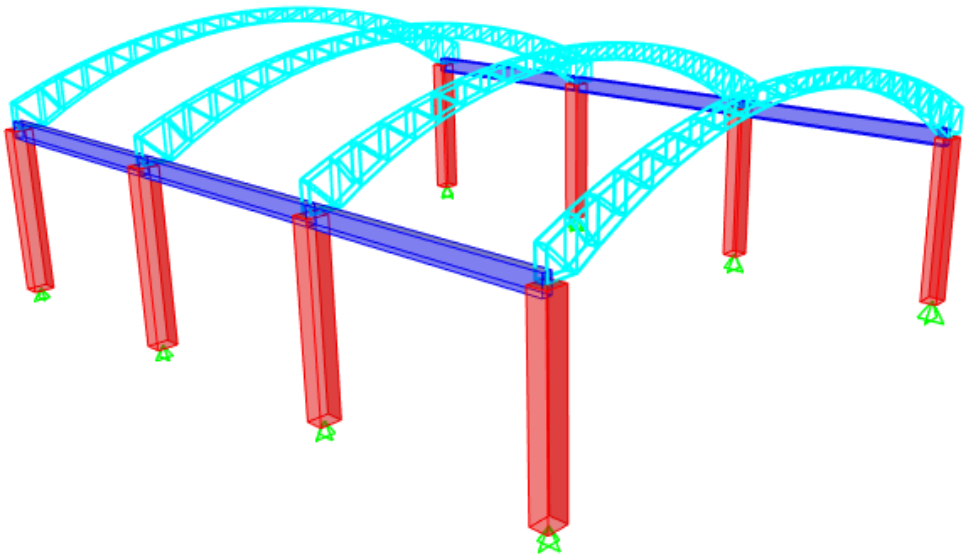


Ilustración 3 cubierta polideportivo-vista 2



Fuente: Propia.

8. CONTROL DE DERIVAS

Como lo establece el titulo A.6.4.1.5 de la norma NSR-10, no se definió la deriva para esta construcción por tratarse de una edificación de un piso.

9. DISEÑO DE CORREAS

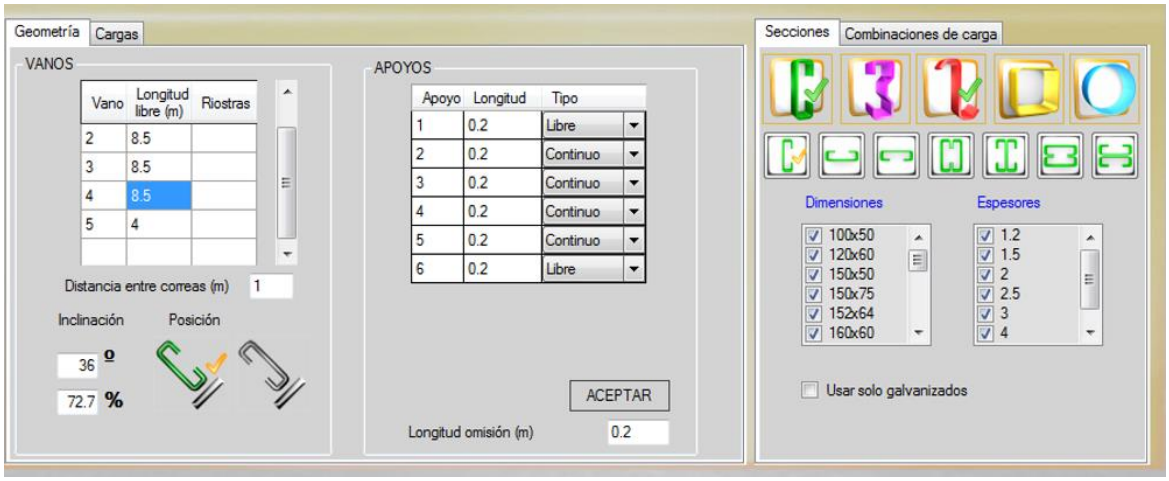
para el diseño de las correas de la cubierta del polideportivo se diseñaron mediante la herramienta de software llamado Colmena, la cual nos permitió diseñar las correas optimas que debería llevar el diseño propuesto de cercha, cumpliendo con la disposición de salvar las tres luces de 8.5m y dos voladizos a cada uno de sus extremos de 4m.

Por medio del software especializado en el cual se desarrolló el cálculo estructural (Colmena) se realizan las debidas verificaciones que el reglamento NSR-10 exige, tanto en las condiciones de diseño como en las de servicio.

9.1 Datos De Entrada Para Diseño De Correas

A continuación, se muestran los datos de entrada que se ingresaron en el software para el diseño, como lo son las luces de 8.5m (continuo) y los voladizos 4m (libre).

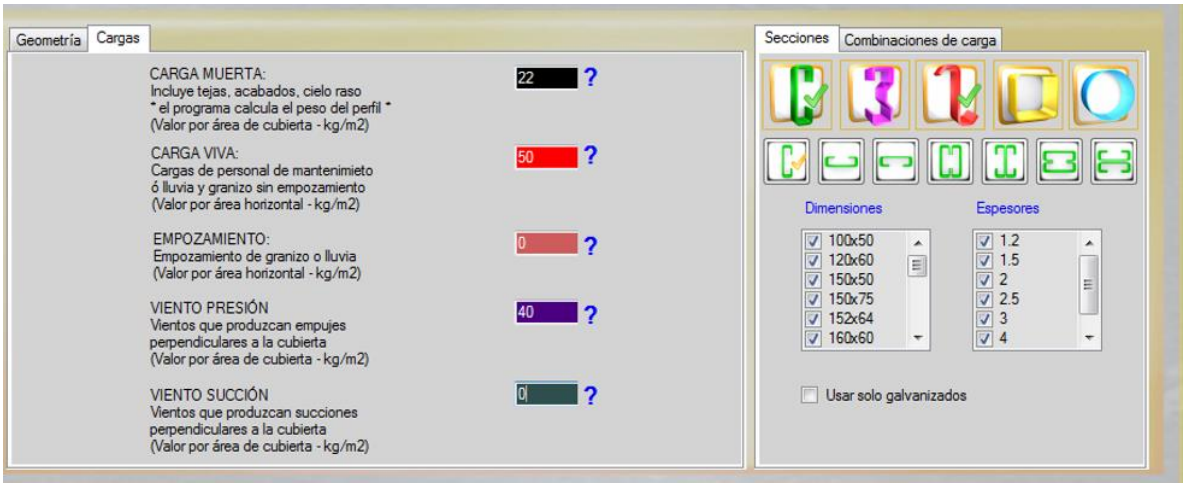
Ilustración 4 datos de entrada para software colmena



fuente: colmena

Después de ingresar los datos de entrada se ingresan la carga viva, muerta y de viento que fueron calculadas anteriormente.

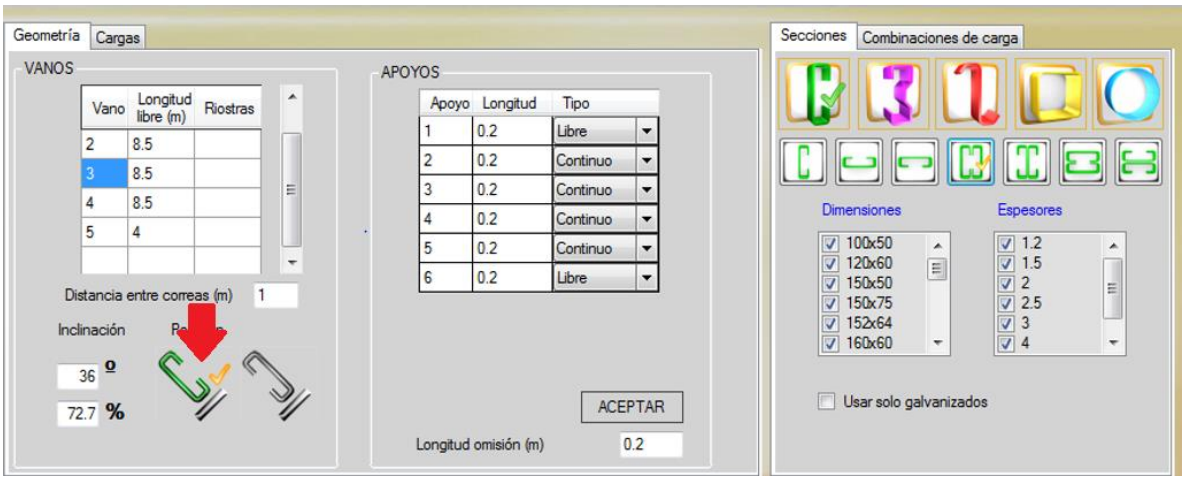
Ilustración 5 ingreso de cargas al software



fuente: Colmena

El tipo de perfil escogido para el diseño de las correas es un perfil en C así como se evidencia en la siguiente imagen, donde la flecha señala el tipo de perfil escogido.

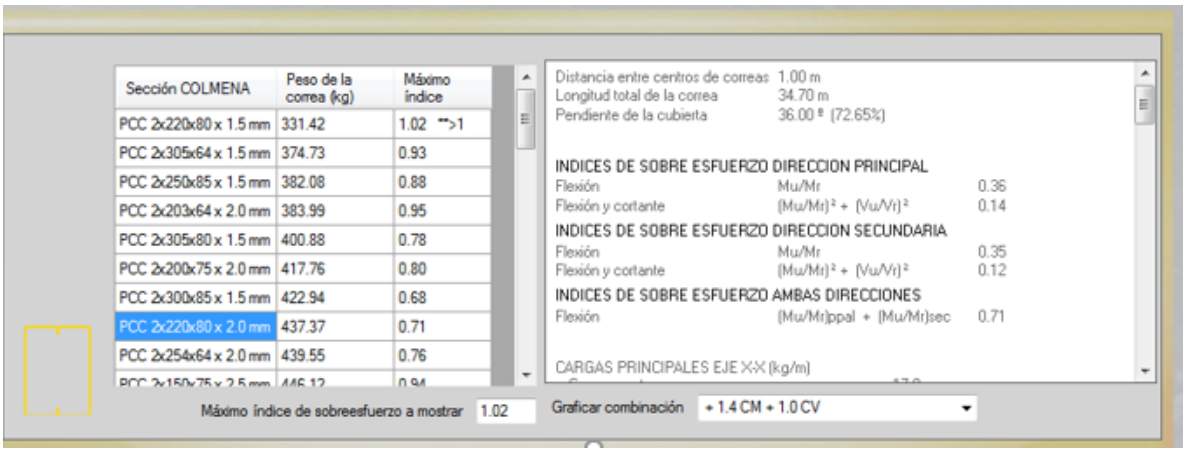
Ilustración 6 tipo de perfil en Colmena



fuente: Colmena

A continuación, se presenta el reporte de salida del programa Colmena. En este se puede observar que el perfil elegido PCC 2X220X80X2.0mm cumple con las condiciones de seguridad necesarias.

Ilustración 7 secciones del perfil elegido

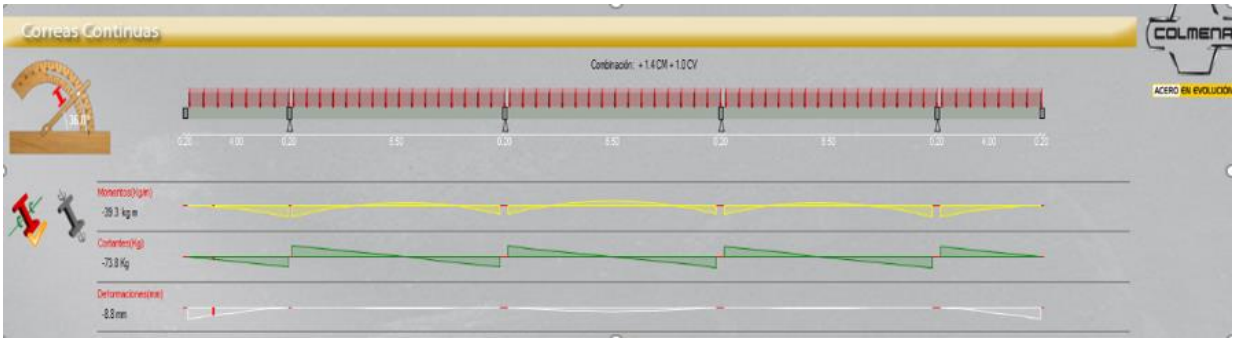


Sección COLMENA	Peso de la correa (kg)	Máximo índice
PCC 2x220x80 x 1.5 mm	331.42	1.02 **>1
PCC 2x305x64 x 1.5 mm	374.73	0.93
PCC 2x250x85 x 1.5 mm	382.08	0.88
PCC 2x203x64 x 2.0 mm	383.99	0.95
PCC 2x305x80 x 1.5 mm	400.88	0.78
PCC 2x200x75 x 2.0 mm	417.76	0.80
PCC 2x300x85 x 1.5 mm	422.94	0.68
PCC 2x220x80 x 2.0 mm	437.37	0.71
PCC 2x254x64 x 2.0 mm	439.55	0.76

fuente: Colmena

En la siguiente grafica se evidencia la máxima deformación de 8mm que pueden alcanzar a tener las correas, esta deformación máxima se presenta en los dos voladizos porque es donde se presenta la mayor condición de esfuerzo debido a que no poseen estructuras de apoyo.

Ilustración 8 grafica de momento, cortante y deformación en las correas



fuente: Colmena

10. Diseño Elementos Metálicos Estructurales

10.1 Diseño De La Cercha

La cercha hace parte del sistema de resistencia sísmica pero principalmente se encarga de soportar los elementos que componen la cubierta, debido a que esta cercha espacial trabaja especialmente para las cargas verticales obtenidas mediante el cálculo y diseño de las correas, el comportamiento para las condiciones inerciales como las cargas sísmicas, estas no modifican de manera importante el índice de diseño de los elementos que la componen, se definió una única geometría, el módulo de diseño esta verificado por las condiciones exigidas en la norma NSR-

10. el software SAP2000 presenta una escala de colores la cual muestra el índice de sobreesfuerzo de los elementos que componen la cercha también alerta si el elemento presenta falla.

10.1.1 Datos De Entrada Para El Diseño De La Cercha

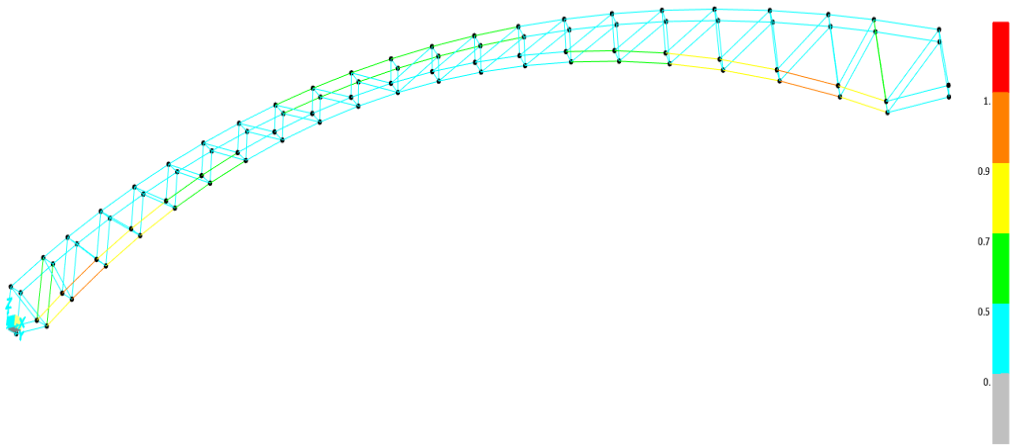
En la siguiente tabla se muestran las cargas asignadas al software SAP2000 para obtener el diseño óptimo de la cercha.

Tabla 9 cargas asignadas para el diseño de cercha

Cargas asignadas para el diseño de la cercha		
Lr	0.18	Ton
DEAD	0.155	Ton
WIND	0.145	Ton

Fuente: Propia.

Ilustración 9 Índices de sobreesfuerzo de la cercha principal



Los elementos que cumplieron los requerimientos de la cercha a los diferentes esfuerzos, los cordones superiores e inferiores son perfiles L2”x2”x3/8”, la celosía está compuesta por perfiles con medidas de L1.5”x1.5”x3/16”, los cuales hicieron que el diseño la cercha sea optimo, cumpliendo con todos los estándares establecidos por la norma.

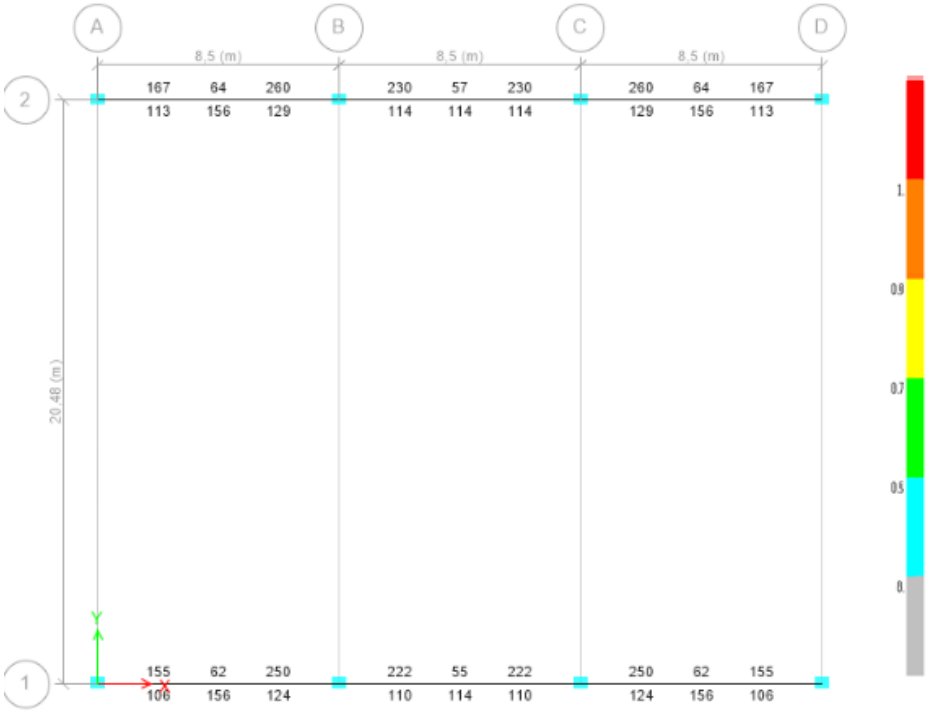
11. Diseño Elementos Estructurales En Concreto

El diseño de los elementos en concreto reforzado se realiza con el módulo interno de diseño del software SAP2000.

11.1 Diseño De Vigas

Para estos elementos estructurales existe un único nivel de vigas aéreas que hacen parte del sistema de resistencia sísmica, el módulo de diseño presenta todas las verificaciones establecidas por la norma sismo resistente NSR-10.

Ilustración 10 solicitación de acero de refuerzo para vigas

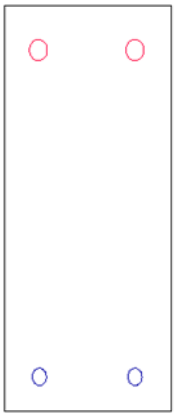


Fuente: sap 2000

En la imagen anterior se presenta el porcentaje de acero longitudinal requerido, el software SAP2000 muestra una escala de colores si el elemento presenta falla.

$$\text{área de acero} = \frac{\text{cuantia } (p)}{\text{área de barra}}$$

Tabla 10 acero de refuerzo para las vigas



fuente: propia

El refuerzo para las vigas requiere de dos barras No. 5 en la parte superior y dos barras No. 4 para el refuerzo inferior, este número y diámetro de barras se tomaron a partir de verificar las áreas mas grandes presentadas en la parte superior e inferior de la viga.

11.2 Diseño De Columnas

Para este tipo de elementos existe un único tipo de columna que hacen parte del sistema de resistencia sísmica las cuales se muestran a continuación, si bien el módulo de diseño presenta todas las verificaciones exigidas por el reglamento NSR-10, las siguientes imágenes presentan la condición más crítica para este tipo de elementos, es decir, el porcentaje de acero longitudinal requerido.

- **Datos de entrada para el diseño de columnas**

En la siguiente tabla se muestran las reacciones que se obtuvieron del cálculo de la cercha las cuales fueron ingresadas a SAP2000 para poder determinar las dimensiones de las columnas buscando que estas sean capaces de soportar las solicitaciones de carga impuestas por la cercha.

Tabla 11 cálculo de fuerza sísmica

CALCULO DE FUERZA SISMICA						
nivel	**peso(ton)**	**h(m)**	**mxh^k**	**Cvx**	**Vs**	**Fs (ton)**
1	15.246	8.5	129.591	1	19.177	19.177

Fuente: propia

Tabla 12 cargas impuestas a las columnas

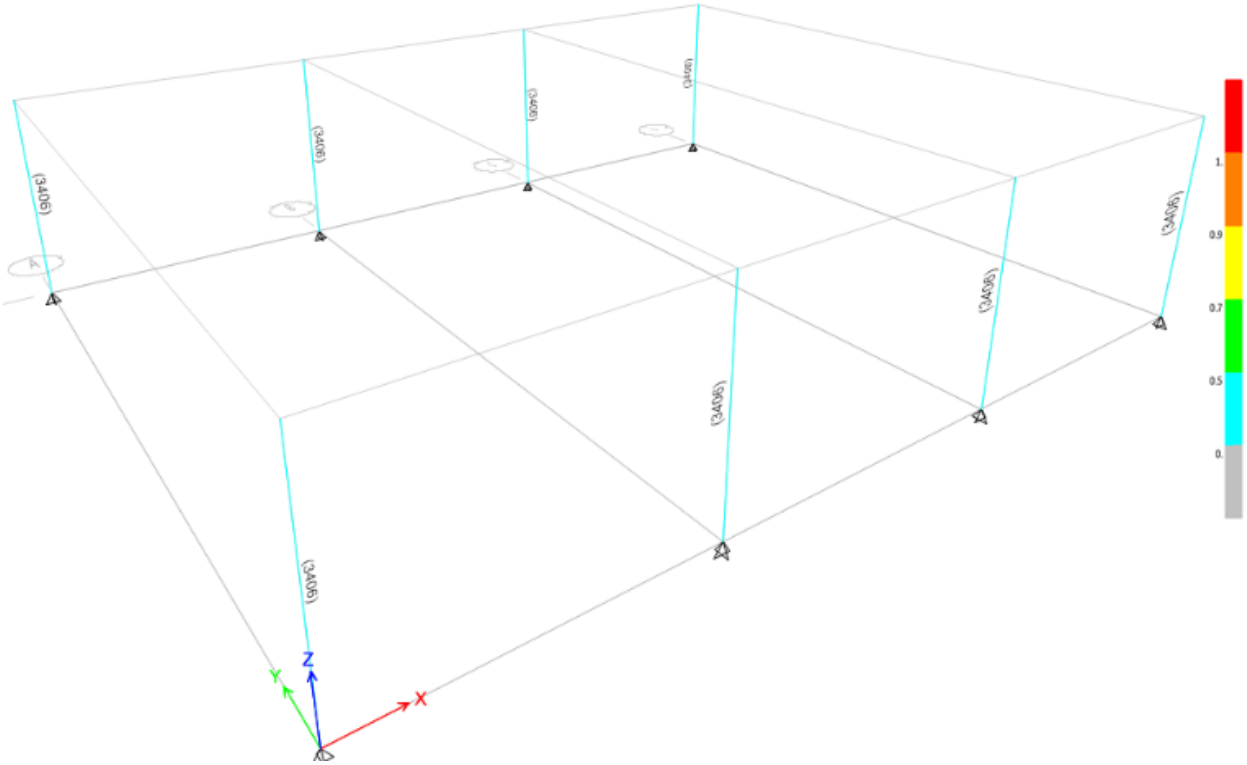
CARGA	DIRECCION	DERECHA	IZQUIERDA
CARGA DE VIENTO	X	43.14	-43.14
	Z	32.71	32.71

CARGA VIVA	X	53.55	-53.55
	Z	40.6	40.6
CARGA MUERTA	X	51.97	-51.97
	Z	39.35	39.35
CARGA DE PESO PROPIO	X	5.85258	-5.85258
	Z	4.385	4.385

fuente: propia

- Sumado a las cargas anteriores se le debe aplicar a la columna la carga de fuerza sísmica anteriormente especificada.

Ilustración 11 porcentaje refuerzo longitudinal columnas



Fuente: Propia.

Las columnas según el diseño obtenido requieren un refuerzo de 12 barras #6 para cada una, haciendo que estas sean óptimas para poder resistir las cargas impuestas por la cercha.

Como se muestra en la imagen anterior las columnas de la edificación, cumplen con las condiciones como lo establece la norma NSR-10, estas columnas en su mayoría

requieren una cuantía la cual está dada en mm2 mayor a la mínima de diseño exigido por el reglamento NSR-10 (1.0%), sin sobrepasar la cuantía máxima permitida para este tipo de elementos estructurales (4.0%).

12. MEMORIA DE CÁLCULO DE CIMENTACIÓN

- Según el estudio de suelos se definió una capacidad portante de 0,260 **MPa**, y siguiendo los pasos de diseño dio como resultado que para el tipo de solicitación de la estructura se deben construir dos tipos de zapata, cada una a la cual corresponda según el nodo asignado.

12.1 Datos De Entrada Para La Cimentación

- En la siguiente tabla se muestra los datos de entrada que se ingresaron a la hoja de calculo para poder determinar las dimensiones de las zapatas, fz siendo la fuerza puntual para cada uno. La hoja de calculo **(ver anexo).**

Tabla 13 Datos de entrada para cálculo de cimentación

Story	Joint Label	Unique Name	Load Case/Combo	FX	FY	FZ
				kN	kN	kN
Base	1	11	Envolvente Cimen Max	4.9083	6.8975	155.826
Base	9	12	Envolvente Cimen Max	1.3512	6.9288	172.1985
Base	12	13	Envolvente Cimen Max	2.2846	6.9639	172.1985
Base	13	14	Envolvente Cimen Max	-0.8579	7.0148	155.826
Base	14	16	Envolvente Cimen Max	2.5791	3.9742	172.1985
Base	15	15	Envolvente Cimen Max	-0.6489	4.0221	155.826
Base	16	17	Envolvente Cimen Max	1.6237	3.9417	172.1985
Base	17	18	Envolvente Cimen Max	5.1341	3.9135	155.826

Fuente: propia

Ilustración 12memoria de cálculo para cimentación

P	155.826	[KN]	Mx	34.718	[KN*m2]	
qa	0.260	[Mpa]	My	13.0678	[KN*m2]	
f'c	21.000	[Mpa]	Mr	37.096	[KN*m2]	$M_r = \sqrt{M_1^2 + M_2^2}$
Fy	420.000	[Mpa]	e	0.238	[m]	
b1	0.400	[m]				
b2	0.500	[m]				
h	0.420	[m]	$e = \frac{M_R}{P_S}$			
d'	0.070	[m]				
d	0.380	[m]				
B	0.659	[m]	0.700	[m]		
L	0.659	[m]	0.700	[m]		
FC	1.200	factor de seguridad				
c	1.000	[m]				
Ic	2.67E+09	[mm4]				
E	21538.106	[Mpa]				
µ	0.200		*Poisson*			
f	1.000	f=1+0.5(B/L) / 1.5				
mv	0.100	[mm2/N]	*Módulo de Compresibilidad Volumétrica*			
Es	10.000	[N/mm2]	*Módulo de Elasticidad del Suelo*			
k	2.22E-02	[N/mm3]				
λ	0.750					

Fuente: propia

En la tabla anterior se muestra los datos de entrada necesarios para ingresar en la hoja de cálculo, como lo son la fuerza puntual de cada nodo, los momentos en Y y X, obteniendo como resultado el momento resultante.

Tabla 14 corte por punzonamiento

Revisar Cortante Por Punzonamiento

$$q_{\frac{d}{2}u} = q_{u\,\max} - \frac{q_{u\,\max} - q_{u\,\min}}{B}\left[b_2 + \frac{d}{2}\right]$$

$$V_{up} = P_u - \frac{q_{u\,\max} + q_{d/2\,u}}{2}\left[(b_2 + d)\cdot\left(b_1 + \frac{d}{2}\right)\right]$$

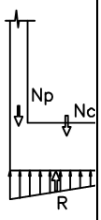
$$\upsilon_{up} = \frac{V_{up}}{b_o d}$$

$$b_o = (b_1 + d) + 2\left(b_2 + \frac{d}{2}\right)$$

qu_min	477.018	qu_d/2	477.018	[KN/m2]
qu_max	477.019			
qu_max-qu_min	0.001			

Pu	186.9912	Vup	-19.399	[KN]
(qu_max+qu_d/2) / 2	397.515			
(b2+d) (b1+d/2)	0.5192			

b1+d	0.780	vu_p	-0.024	[Mpa]
b2+d/2	0.69			
bo	2.16			



Debe cumplirse que

$$\upsilon_{up} \le \begin{cases} \dfrac{\phi_v\sqrt{f'_c}}{3} \\ \dfrac{\phi_v\sqrt{f'_c}}{6}\left(1 + \dfrac{\alpha_s d}{2b_o}\right), \alpha_s = \begin{cases} 40\ Columna\ interior \\ 30\ Columna\ borde \\ 20\ Columna\ esquina \end{cases} \\ \dfrac{\phi_v\sqrt{f'_c}}{6}\left(1 + \dfrac{2}{\beta_c}\right),\ \beta_c = \dfrac{b}{l} \end{cases}$$

ϕ	0.85	vu_p	-0.024	<=	1.298	Ok
α	40				2.933	Ok
β=(b2/b1)	1.25				1.688	Ok

En la tabla anterior se muestra el chequeo cortante por punzonamiento, el cual se verifica que estén cumpliendo.

Tabla 15cortante unidireccional longitudinal

Cortante Unidireccional (Longitudinal)

$$q_{ud} = q_{u\min} + \frac{q_{u\max} - q_{u\min}}{B}\left[B - b_2 - d\right]$$

$$V_{ud} = \frac{q_{u\min} + q_{ud}}{2}\left[B - b_2 - d\right]L$$

$$\upsilon_{ud} = \frac{V_{ud}}{Ld} \quad \leq \frac{\phi_v\sqrt{f'_c}}{6}$$

qu_min	477.018	qu_d	477.018	[KN/m2]	
qu_max	477.019				
(qu_max-qu_min) / B	0.001				
(qu_min+qu_d) / 2	477.018	Vu_d	-60.104	[KN/m2]	
vu_d	-0.226	[Mpa]	<=	0.649	Ok

Cortante Unidireccional (Transversal)

$$q_{ud} = q_{u\min} + \frac{q_{u\max} - q_{u\min}}{B}\left[B - b_2 - d\right]$$

$$V_{ud} = \frac{q_{u\min} + q_{u\max}}{2}\left[\frac{(L - b_1)}{2} - d\right]B$$

$$\upsilon_{ud} = \frac{V_{ud}}{Ld} \quad \leq \frac{\phi_v\sqrt{f'_c}}{6}$$

qu_min	477.018	qu_d	477.018	[KN/m2]	
qu_max	477.019				
(qu_max-qu_min) / B	0.001				
(qu_min+qu_d) / 2	477.018	Vu_d	-76.800	[KN/m2]	
(L-b1) / 2	0.150				
vu_d	-0.289	[Mpa]	<=	0.649	Ok

iseño a Flexión (Transversal)

$$q_{uf} = q_{u\min} + \frac{q_{u\max} - q_{u\min}}{B}(B - b)$$

$$L_v = B - b_2$$

$$M_u = \left[q_{u\min}\left(\frac{L_v^2}{2}\right) + \left(\frac{q_{uf} - q_{u\min}}{2}\right)\left(\frac{L_v^2}{3}\right)\right]L$$

(qu_max - qu_min) / B	0.001	Mu	6.678	[KN-m]	
Lv	0.200				
qu_f	477.018				
		K=M/bd^2	0.00661		
		ρ	*Usar ρ mín = 0.0018*		
		As_min	4.788	[cm2]	ρ_min 0.0018
		As_tabla	5.320	[cm2]	ρ_tabla 0.002

Tabla 16 número de barras para el refuerzo

barra #	Ld a compresion	AS [cm2]	diametro [pulg]
4	0.3	1.27	1/2
5	0.37	2	5/8
6	0.44	2.85	3/4
7	0.51	3.88	7/8
8	0.58	5.07	1

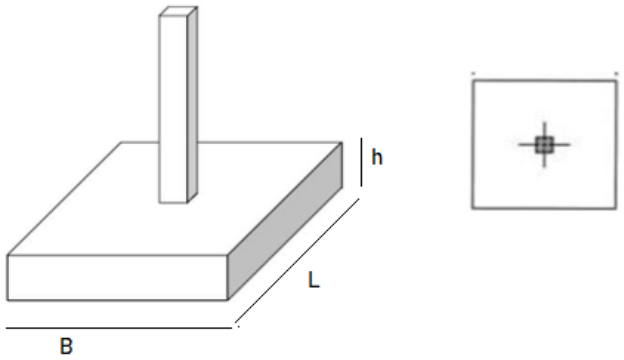
Suposicion de barras		
numero de la barra	cantidad	As aporta
4	4	5.08
0		0
0	0	0
total aporte		5.08
As teorico -As supuesto		-0.292

Barras a poner		
numero barra	cantidad	diametro
5	4	1.59
		0

- En la tabla anterior se muestra el número de barras requeridas para el tipo de zapata

Las zapatas se realizarán a una profundidad de cimentación de **2.00 m**, donde, según el estudio de suelos se presenta la mejor condición de capacidad portante.

Ilustración 13 Geometría de la Zapata.



Fuente: Propia.

Tabla 17 Zapata tipo 1

ZAPATA TIPO 1					
Nodo	B(m)	L(m)	d(m)	h(m)	Refuerzo Horizontal y Vertical
1	1	1	0.38	0.45	8#4
13	1	1	0.38	0.45	8#4
15	1	1	0.38	0.45	8#4
17	1	1	0.38	0.45	8#4

Fuente: Propia

Tabla 18 Zapata tipo2

ZAPATA TIPO 2					
Nodo	B(m)	L(m)	d(m)	h(m)	Refuerzo Horizontal y Vertical
9	1	1	0.38	0.45	8#5
12	1	1	0.38	0.45	8#5
14	1	1	0.38	0.45	8#5
16	1	1	0.38	0.45	8#5

Fuente: Propia