

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: PARQUE DE LA FAMILIA	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN DIEGO
MEMORIAS DE CALCULO	Ing. Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

PROYECTO

PARQUE DE LA FAMILIA

DISEÑO ESTRUCTURAL

CUBIERTA PLACA POLIDEPORTIBA

MUNICIPIO

GIRARDOTA

MEMORIAS DE CÁLCULO

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: PARQUE DE LA FAMILIA	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN DIEGO
MEMORIAS DE CALCULO	Ing. Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

MUNICIPIO DE GIRARDOTA
Marzo de 2025

MEMORIAS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

DATOS DEL PROYECTO:

Nombre: *Placa Polideportiva*
Ubicación: *Vía San Diego*
Municipio: *Girardota-Antioquia*
Cliente: *Alcaldía de Girardota*

Diseñador Estructural:

Daniel Carmona Sierra
Ingeniero civil.

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: PARQUE DE LA FAMILIA	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN DIEGO
MEMORIAS DE CALCULO	Ing. Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

1. TABLA DE CONTENIDO

1.DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
1.1. NORMA DE DISEÑO:.....	6
1.2. ESPECIFICACIONES:	7
1.3. SISTEMA DE CÁLCULO:.....	7
1.4. CARACTERÍSTICAS:.....	7
1.5. MATERIALES ESTRUCTURALES:	7
1.6. ELEMENTOS ESTRUCTURALES	8
2. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO	8
2.1 TIPO DE SUELO:.....	8
2.2 COEFICIENTES SÍSMICOS DE DISEÑO:.....	8
2.3. TIPO DE CONSTRUCCIÓN:.....	8
2.4. GRADO DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA	8
2.5. MÉTODO DEL ANÁLISIS:	8
2.6 SISTEMA ESTRUCTURAL:	9
2.7. PROGRAMA UTILIZADO PARA EL MODELO MATEMÁTICO:	9
3. PREDIMENSIONAMIENTO	10
3.1. DEFINICIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.....	10
3.2. DIMENSIONES TENTATIVAS PARA EVALUAR PRELIMINARMENTE LAS SOLICITACIONES DE CARGA CORRESPONDIENTES A LAS REQUERIDAS POR LA ESTRUCTURA.	10
4. CASOS DE CARGA	10
4.1. ESTIMACIÓN DE CARGAS GRAVITACIONALES	11

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: PARQUE DE LA FAMILIA	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN DIEGO
MEMORIAS DE CALCULO	Ing. Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

4.1.1. Cubierta	11
4.2. ESTIMACIÓN DE CARGAS INERCIALES.....	11
4.2.1. Tipo de Suelo	12
5. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURACIÓN Y DEL MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO	17
5.1CAPACIDAD DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA:	17
5.2 TIPO DE MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO:	17
6.1. ANÁLISIS MODAL.	18
6.1.1. Metodología del análisis.....	18
7.DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES	21
7.1. Cubierta en estructura Metálica	21
7.1.1 Diseño de zapatas:.....	21
7.1.2. Modelo de la estructura	26
7.1.3. Desplazamientos	27
7.1.4. Comprobación de Elementos.	27
REFERENCIAS:.....	28

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

INTRODUCCIÓN

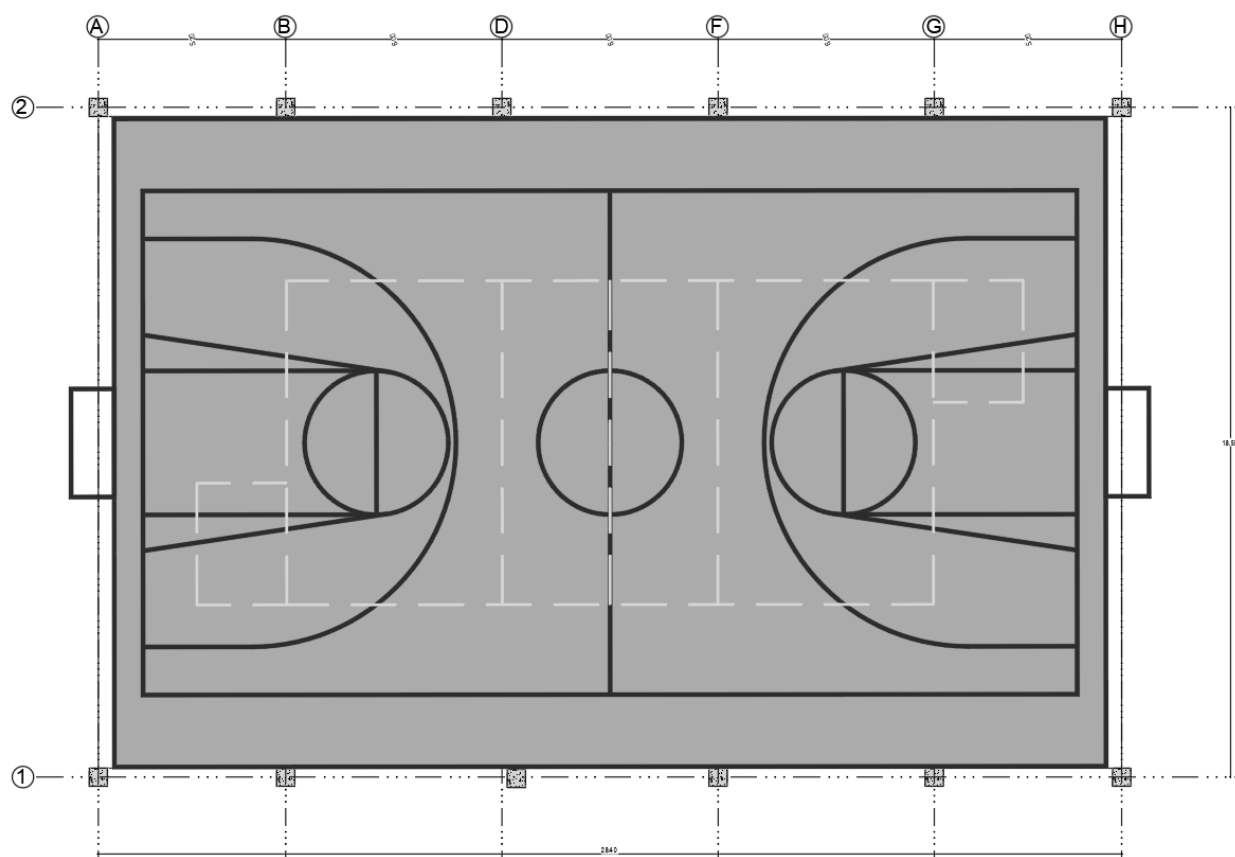
En este informe se exponen los criterios, cálculos y conclusiones, acerca del diseño estructural de la cubierta de una placa polideportiva.

En este sentido, en primer lugar, se realizó el cálculo estructural a la edificación por medio del programa matemático ETABS y CYPE con el que se obtuvo el comportamiento de la estructura ante la ocurrencia de un evento sísmico y el refuerzo que debe llevar cada uno de los elementos estructurales pertenecientes al pórtico para soportar las fuerzas sísmicas. Para el procedimiento de diseño desde la normativa del reglamento NSR – 10, este, en primer lugar, plantea una serie de pasos para el diseño de los elementos en donde para poder desarrollarlos, se debe tener en cuenta la teoría explicada desde diferentes referencias donde se da conocimiento del comportamiento y diseño de cada uno de estos elemento.

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

1.DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La estructura del proyecto del parque de la familia del municipio de Girardota departamento de Antioquia. Consiste en la construcción la cubierta de dos placas polideportivas. De 18.55m x 28.40m



1.1. NORMA DE DISEÑO:

Nsr-10

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

1.2. ESPECIFICACIONES:

Concreto:

$$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$$

Acero de refuerzo:

$$f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

Acero de Perfiles: A653Gr50 Y A500GrC.

1.3. SISTEMA DE CÁLCULO:

Análisis Sísmico

Método Modal

Herramienta de cálculo:

Elementos finitos ETABS y CYPE

1.4. CARACTERÍSTICAS:

Sistema Estructural

Pórtico y cubierta en estructura metálica

1.5. MATERIALES ESTRUCTURALES:

Concreto:

$$f'c = 21 \text{ MPa}$$

Acero de refuerzo:

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

Acero perfiles:

Perfil PTR

Capacidad de energía:

Moderada

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

1.6. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Zapatas

Perfiles metálicos

Correas

Cubierta en teja sin traslapo tipo Standing Sean

2. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO

2.1 TIPO DE SUELO:

De acuerdo con los parámetros geotécnicos en tipo de suelos es D

2.2 COEFICIENTES SÍSMICOS DE DISEÑO:

$A_a = 0.15$ $A_v = 0.20$

Coefficiente de importancia 1.00

Grupo de uso I

Zona de amenaza sísmica Media

2.3. TIPO DE CONSTRUCCIÓN:

Estructura de ocupación normal

2.4. GRADO DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA

MOD: Moderada

2.5. MÉTODO DEL ANÁLISIS:

Fuerza horizontal equivalente.

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

2.6 SISTEMA ESTRUCTURAL:

Sistema para cargas verticales: Pórticos

2.7. PROGRAMA UTILIZADO PARA EL MODELO MATEMÁTICO:

ETABS.
CYPE.

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

3. PREDIMENSIONAMIENTO

3.1. DEFINICIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

En cuanto a la definición del sistema estructural, correspondiendo al Título A según A.3.2 – Sistemas estructurales, se selecciona un sistema de pórtico dado en A.3.2.1.2 en donde se especifica que este sistema estructural está compuesto por un pórtico espacial resistente a momentos, esencialmente completo, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales

3.2. DIMENSIONES TENTATIVAS PARA EVALUAR PRELIMINARMENTE LAS SOLICITACIONES DE CARGA CORRESPONDIENTES A LAS REQUERIDAS POR LA ESTRUCTURA.

Para el Predimensionamiento se garantizando el cumplimiento de la rigidez entendiéndose por rigidez como la medida de capacidad para soportar esfuerzos sin presentar grandes deformaciones y en efecto, controlar las deflexiones de los elementos.

Por lo tanto, para el Predimensionamiento se evalúan las solicitaciones que puedan afectar la estructura incluyendo el efecto gravitacional de la masa de los elementos o peso propio, las cargas de acabados y elementos no estructurales, las cargas muertas, las fuerzas de viento y las diferentes combinaciones de carga. A su vez, se utiliza el programa ETABS y se aplican las solicitaciones antes mencionadas. Posteriormente, tras realizar un proceso iterativo de verificación de perfiles metálicos, se seleccionan aquellos que cumplan con las solicitaciones correspondientes.

4. CASOS DE CARGA

Load Case Name	Load Case Type
Dead	Linear Static
Modal	Modal - Eigen
Super Dead	Linear Static
Live	Linear Static
SX	Response Spectrum
SY	Response Spectrum
Viento 1	Linear Static
Viento 2	Linear Static

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

Dead: Carga muerta
Super dead: Carga muerta sobreimpuesta
Live: Carga viva
SX: Carga de sismo en X
SY: Carga de sismo en Y
Viento 1: Carga de viento (Barlovento)
Viento 2: Carga de viento (Sotavento)

4.1. ESTIMACIÓN DE CARGAS GRAVITACIONALES

4.1.1. Cubierta

- Carga Muerta
Peso propio de la cercha → 0,05 kN/m²
Peso propio de las correas → 0,05 kN /m²
Instalaciones (Iluminación, ventilación, cableado) → 0,05 kN/m²
Teja tipo Standing sean → 0,05 kN/m²

C_m=0,20 kN/m²

- Carga Viva
Según la tabla B.4.2.1-2 de la NSR-10 para cubiertas con pendiente menor al 27% (15°) la carga viva es equivalente a 0,50 kN/m²

C_v=0,50 kN/m²

Carga ultima (W_u) = 1,2*0,20 + 1,6*0,50 = 1,04 kN/m²

4.2. ESTIMACIÓN DE CARGAS INERCIALES

Para el cálculo de la fuerza de sismo, se utilizará el método estático de la Fuerza horizontal equivalente descrito por la NSR-10 en su título A.

La edificación se encuentra ubicada en el municipio de Girardota perteneciente al Departamento de Antioquia. Dicho municipio se encuentra en zona sísmica media y le corresponde un valor de $A_a=0.15$, $A_v=0.2$ NSR-10 Apéndice A-4

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

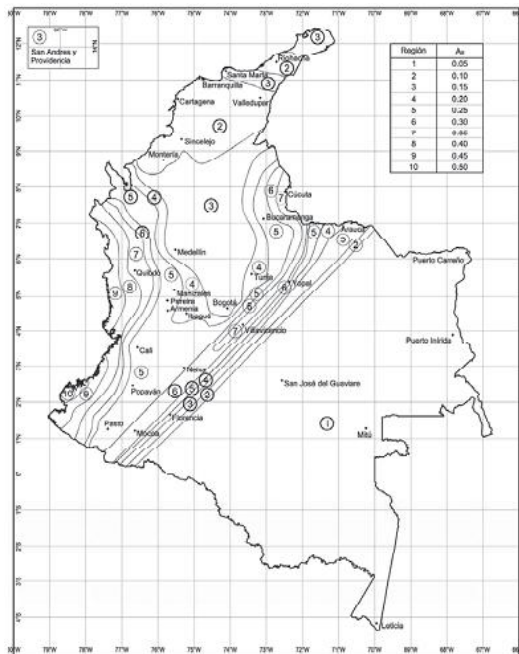


Figura A.2.3-2 — Mapa de valores de A_g

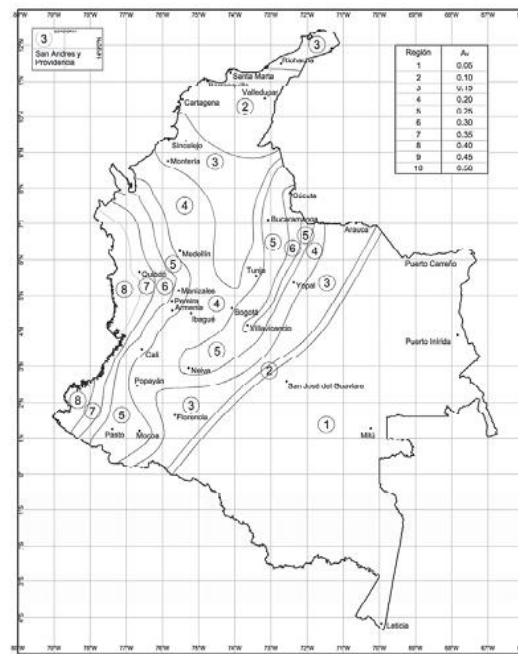


Figura A.2.3-3 — Mapa de valores de A_g

4.2.1. Tipo de Suelo

El perfil de suelo según la información de los estudios de suelos, se tiene un suelo equivalente para la nueva norma tipo D al dado en su informe, del cual se obtienen N.S.R-10 A.2.4.4:

Tabla A.2.4-3
Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Según lo anterior: $F_a = 1,5$

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Coeficiente de importancia: SEGÚN LO ANTERIOR: $F_v=2$

Grupo I – Estructuras de ocupación normal

Obtención del nivel de amenaza

Edificio ubicado en el municipio de Girardota (Ant), en el apéndice A-4, NSR-10 se encuentra que está ubicado en zona de amenaza sísmica media

Por tanto

$A_a = 0,15$

$A_v = 0,20$

Características de la estratificación del suelo subyacente

Tipo de perfil: D

$F_a = 1,50$ (tabla A.2.4-3, de la NSR-10)

$F_v = 2,00$ (tabla A.2.4-4 de la NSR-10)

Coeficiente de importancia= 1 (tabla A.2.5-1 de la NSR-10)

. Fuerzas de diseño en los elementos — Las fuerzas sísmicas internas totales de los elementos, F_s , debidamente ajustadas de acuerdo con los requisitos de A.5.4.5, se dividen por el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía, R , del sistema de resistencia

Espectro de diseño:

La forma del espectro de aceleraciones, S_a expresada como fracción de la gravedad, para un coeficiente del 5% del amortiguamiento crítico, que se debe utilizar en el diseño, se da en la figura A2.6-1 y se define por medio de la ecuación A2.6-1, con limitaciones dadas en A2.6.1.1 a A2.6.1.3

$$S_a = \frac{1.2 A_v F_v I}{T} \quad (\text{A.2.6-1})$$

$$S_a = 2.5 A_a F_a I \quad (\text{A.2.6-3})$$

Para periodos de vibración menores de T_C , calculado de acuerdo con la ecuación A.2.6-2, el valor de S_a puede limitarse al obtenido de la ecuación A.2.6.3

$$T_C = 0.48 \frac{A_v F_v}{A_a F_a} \quad (\text{A.2.6-2})$$

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

Tc= 85 segundos.

Para periodos de vibración mayores que TL, calculado de acuerdo con la ecuación A.2.6-1, EL VALOR DE Sa no puede ser menor que el dado por la ecuación A,2,6-6

(A.2.6-4)

$$T_L = 2.4F_v$$

$$S_a = \frac{1.2A_vF_vT_LI}{T^2}$$

(A.2.6-5)

TL= 4.80 segundos

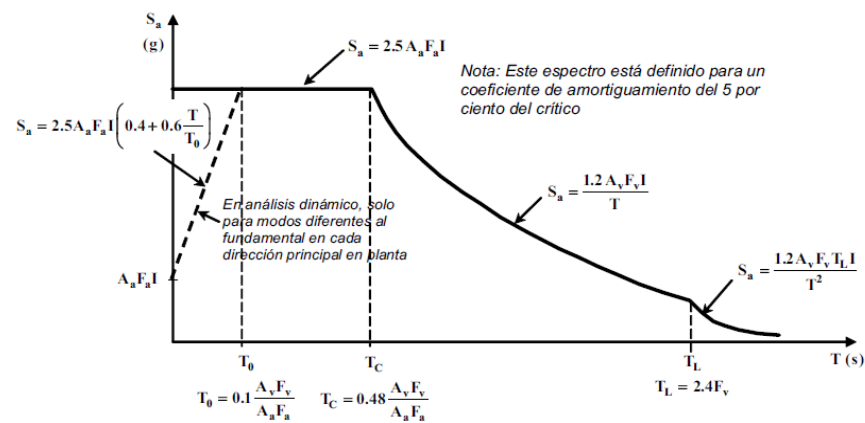
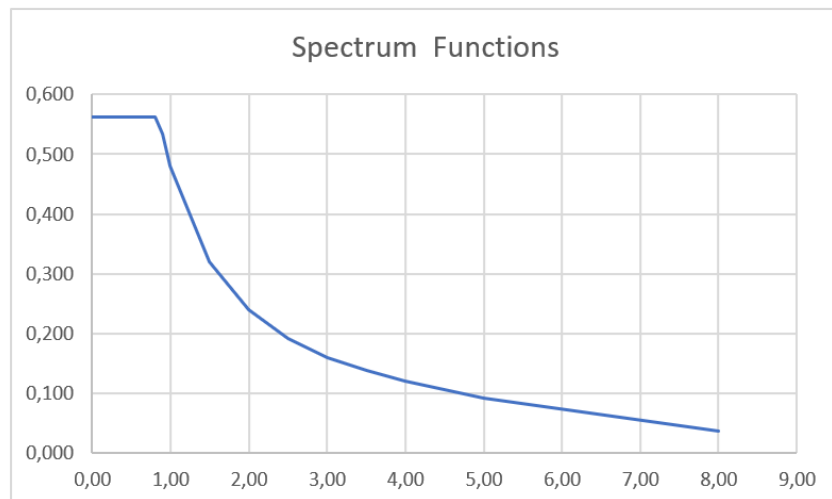


Figura A.2.6-1 — Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

Periodo	Sa
0,00	0,563
0,10	0,563
0,20	0,563
0,30	0,563
0,40	0,563
0,50	0,563
0,60	0,563
0,70	0,563
0,80	0,563
0,90	0,533
1,00	0,480
1,50	0,320
2,00	0,240
2,50	0,192
3,00	0,160
3,50	0,137
4,00	0,120
5,00	0,092
8,00	0,036



Factor de reducción de resistencia por ausencia de redundancia en el sistema estructural $\Phi_r = 1$ Coeficiente de disipación de energía R
Según tabla A.3-3 NSR-10

$R_0 = 5,00$

$\Phi_P = 1,00$

$\Phi_a = 1,00$

$R = \Phi_P \cdot \Phi_a \cdot \Phi_r \cdot R_0 = 5,00$

$1/R = 0,20$

Periodo fundamental de la edificación

El valor del periodo fundamental de la edificación, T, debe obtenerse a partir de las propiedades de su sistema de resistencia sísmica, estructural en la dirección bajo consideración, de acuerdo con los principios de la dinámica lineal elástico estructural, utilizando un modelo matemático lineal elástico de la estructura. Este requisito puede suplirse por medio del uso de la siguiente ecuación;

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i \delta_i^2)}{\sum_{i=1}^n (f_i \delta_i)}} \quad (\text{A.4.2-1})$$

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

Los valores de f_i representan los esfuerzos horizontales distribuidas aproximadamente de acuerdo con los ecuaciones A.4.42 y A.4.33, o utilizando cualquier otra distribución racional que se aproxime a la del modo fundamental de la estructura en la dirección en estudio, Las deflexiones horizontales, deben calcularse utilizando las fuerzas horizontales F_i

El valor de T no puede exceder $C_u T_a$, donde C_u se calcula por medio de la ecuación A.4.2-2 y T_a se calcula de acuerdo con A.4.2-3

$$C_u = 1.75 - 1.2 A_v F_v \quad (\text{A.4.2-2})$$

$C_u = 1.27$

No menor a 1.2

Alternativamente el valor de T puede ser igual al periodo fundamental aproximado, T_a , que se obtenga por medio de la ecuación A.4.2—3

$$T_a = C_t h^\alpha \quad (\text{A.4.2-3})$$

Donde C_t y α tienen los valores en la tabla A.4.2-1

$C_t = 0,072$

$\alpha = 0,80$

$h = 11,60$ metros

$T_a = 0,512$ segundos.

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

5. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURACIÓN Y DEL MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO

5.1 CAPACIDAD DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA:

MOD: capacidad de energía moderada

5.2 TIPO DE MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO:

El tipo de material estructural empleado es el concreto estructural reforzado con varillas de acero y Acero. El concreto es formado por una mezcla homogénea de:

Agregados inertes finos o arena

. Cemento hidráulico

. Agua

Se definió como resistencia del concreto a los 28 días:

- 21 MPa, en vigas de fundación y pilotes.

El módulo de elasticidad del concreto se toma como el valor para agregado grueso de origen metamórfico

NSR-10 C.8.5.1

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} \text{ en MPa}$$

Para las barras de refuerzo será de 420 MPa para diámetros mayores o iguales a 3/8 de pulgada.

El módulo de elasticidad del acero de refuerzo se tomará como NSR-10 C.8.5.2

$$E_s = 200000 \text{ en MPa}$$

Para los perfiles PTR se tiene resistencia de fluencia mínima (345 Mpa) y Resistencia la Tracción mínima (425 Mpa).

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

6. ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

El análisis estructural se efectuó mediante la modelación de estructura empleando un pórtico espacial de elementos Frame con 6 grados de libertad en cada nudo y los extremos rígidos de cada elemento igual a la mitad de la dimensión del elemento con el cual se interceptan en cada uno de sus extremos, y un factor de reducción de 0.850.

6.1. ANÁLISIS MODAL.

Mediante el uso del programa de computación ETABS se analiza la estructura tridimensionalmente. El programa calcula inicialmente la matriz de rigidez, considerando deformaciones axiales y de corte. Para la obtención de las fuerzas sísmicas de diseño se utiliza el método del análisis dinámico elástico, incluyendo en el análisis dinámico todos los modos de vibración que contribuyan de una manera significativa a la respuesta dinámica de la estructura, demostrando que, con el número de modos empleados, se ha incluido en el cálculo de la respuesta de cada una de las direcciones horizontales principales, por lo menos el 90% de la masa participante de la estructura.

Además, se controla que una vez obtenido el valor del cortante dinámico total en la base después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones principales, no sea menor que el valor del cortante sísmico en la base calculado de acuerdo con el método de la Fuerza Horizontal Equivalente, teniendo en cuenta el porcentaje según la irregularidad de la estructura, que por ser este caso una edificación clasificada como regular se toma el 80% del valor total.

6.1.1. Metodología del análisis

— Deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos, cuando se utilice el método de análisis dinámico elástico espectral:

Obtención de los modos de vibración — Los modos de vibración deben obtenerse utilizando establecidas de dinámica estructural. Deben utilizarse todos los modos de vibración de la estructura que contribuyan de una manera significativa a la respuesta dinámica de la misma, cumpliendo los requisitos de A.5.4.2.

Respuesta espectral modal — La respuesta máxima de cada modo se obtiene utilizando las ordenadas del espectro de diseño definido en A.5.3.2, para el período de vibración propio del modo.

Respuesta total — Las respuestas máximas modales, incluyendo las de deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos, cortantes de piso, cortante en la base y fuerzas en los elementos, se combinan de una manera estadística para obtener la respuesta total de la estructura a los movimientos sísmicos de diseño. Deben cumplirse los requisitos de A.5.4.4 en la combinación estadística de las respuestas modales máximas.

Ajuste de los resultados — Si los resultados de la respuesta total son menores que los valores mínimos prescritos en A.5.4.5, los resultados totales del análisis dinámico deben ser ajustados como se indica allí. El ajuste debe cubrir todos los resultados del análisis dinámico, incluyendo las deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos, cortantes de piso, cortante en la base y fuerzas en los elementos.

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

Evaluación de las derivas — Se debe verificar que las derivas totales obtenidas, debidamente ajustadas de acuerdo con los requisitos de A.5.4.5, no excedan los límites establecidos en el Capítulo A.6.

Requisitos de la deriva para el umbral de daño.

Desplazamientos totales horizontales para el umbral de daño (Titulo A. 12.5.1)-Los desplazamientos horizontales, en las dos direcciones principales en planta, que tienen todos los grados de libertad de la estructura al verse afectada por los movimientos sísmicos para el umbral de daño, definidos en A.12.2, se determinan por medio del análisis estructural realizado utilizando el método de análisis definido en A.12.4 y con las rigideces indicadas en A. Los desplazamientos horizontales para el umbral de daño, en cualquiera de las direcciones principales en planta y para cualquier grado de libertad de la estructura, se obtienen por medio de la ecuación A.6.2-1, con la excepción de que no hay necesidad de incluir los desplazamientos causados por los efectos P-Delta.

Deriva máxima para el umbral de daño — la deriva máxima, para el umbral de daño, en cualquier punto del piso bajo estudio se obtiene por medio de la ecuación a.6.3-1.

límites de la deriva para el umbral de daño — la deriva máxima, para el umbral de daño, evaluada en cualquier punto de la estructura, determinada de acuerdo con el procedimiento de A.12.5.2, no puede exceder los límites establecidos en la tabla A.12.5-1, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso h_{pi}:

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.1	0.40% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.0040 h_{pi} \right)$
de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.2	0.20% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.0020 h_{pi} \right)$

Para cada una de las columnas de la edificación, se obtienen los desplazamientos en X e Y en cada uno de sus extremos, y mediante la siguiente ecuación se calculan las derivas. NSR-10 A..6.3

$$\Delta = \sqrt{\left(\delta_X^{I+1} - \delta_X^I \right)^2 + \left(\delta_Y^{I+1} - \delta_Y^I \right)^2} \leq 1\% h_i$$

Por tanto, el edificio cumple con la deriva máxima como % de la altura entre niveles.

Desplazamiento horizontal causado por efecto P-delta: corresponden a los efectos adicionales, en las dos direcciones principales en planta, causados por los efectos de segundo orden (efectos p-delta) de la estructura. los efectos p-delta producen un aumento en las deflexiones horizontales y en las fuerzas internas de la estructura. Estos efectos deben tenerse en cuenta cuando el índice de estabilidad, i q, es mayor de 0.10. el índice de estabilidad, para el piso, i y en la dirección bajo estudio, se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_i = \frac{P_i \Delta_{cm}}{V_i h_{pi}} \quad (A.6.2-2)$$

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

El índice de estabilidad de cualquier piso, i Q , no debe exceder el valor de 0.30. Cuando el valor de Q_i es mayor que 0.30, la estructura es potencialmente inestable y debe rigidizarse, a menos que se cumplan, en estructuras de concreto reforzado, la totalidad de los requisitos enumerados en C.10.11.6.2 (b).

La deflexión adicional causada por el efecto P-Delta en la dirección bajo estudio y para el piso i , se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\delta_{pd} = \delta_{cm} \left(\frac{Q_i}{1 - Q_i} \right) \quad (\text{A.6.2-3})$$

Alternativamente, los efectos P-Delta pueden evaluarse siguiendo los requisitos de C.10.11 en estructuras de concreto reforzado.

Cuando el índice de estabilidad es mayor de 0.10, los efectos P-Delta en las fuerzas internas de la estructura causadas por las cargas laterales deben aumentarse, multiplicándolas en cada piso por el factor

$$\frac{1}{(1 - Q_i)}$$

Separación de la estructura adyacente:

Tabla A.6.5-1
Separación sísmica mínima en la cubierta entre
edificaciones colindantes que no hagan parte de la misma construcción

Altura de la edificación nueva	Tipo de Colindancia		
	Existe edificación vecina que no ha dejado la separación sísmica requerida		No existe edificación vecina o la que existe ha dejado la separación sísmica requerida
	Coinciden las losas de entrepiso	No coinciden las losas de entrepiso	
1 y 2 pisos	no requiere separación	no requiere separación	no requiere separación
3 pisos	no requiere separación	0.01 veces la altura de la edificación nueva (1% de h_n)	no requiere separación
Más de 3 pisos	0.02 veces la altura de la edificación nueva (2% de h_n)	0.03 veces la altura de la edificación nueva (3% de h_n)	0.01 veces la altura de la edificación nueva (1% de h_n)

Notas:

1. Para obtener la separación sísmica en pisos diferentes a la cubierta se aplicará el coeficiente indicado en la Tabla multiplicado por la altura sobre el terreno del piso en particular.
2. Cuando el terreno en la colindancia sea inclinado en el sentido del paramento, o haya diferentes alturas de piso o diferentes números de pisos aéreos en la colindancia, se tomará en la edificación nueva la altura de piso, o el número de pisos aéreos que conduzca a la mayor separación sísmica.

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

7.DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

7.1. Cubierta en estructura Metálica

Los elementos estructurales se diseñan y detallan siguiendo los requisitos propios del grado de capacidad de disipación de energía correspondiente del material, de acuerdo con los requisitos del Capítulo A.3. La estructura fue modelada con el programa Etabs y CYPE

7.1.1 Diseño de zapatas:

Como procedimiento de diseño, se obtuvieron las reacciones para cada una de las columnas de la estructura y para cada una de las combinaciones de carga a nivel de servicio. Se trabajó un sistema de fundación consistente en zapatas aisladas.

Estimación de resistencia del suelo.

Para este caso se toman 1,5 tonf/m² de resistencia,

Qa del terreno estimado= 150 kN/cm².

- Carga Muerta

Peso propio de la cercha → 0,05 kN/m²

Peso propio de las correas → 0,05 kN /m²

Instalaciones (Iluminación, ventilación, cableado) → 0,05 kN/m²

Teja tipo Standing sean → 0,05 kN/m²

Cm=0,20 kN/m²

- Carga Viva

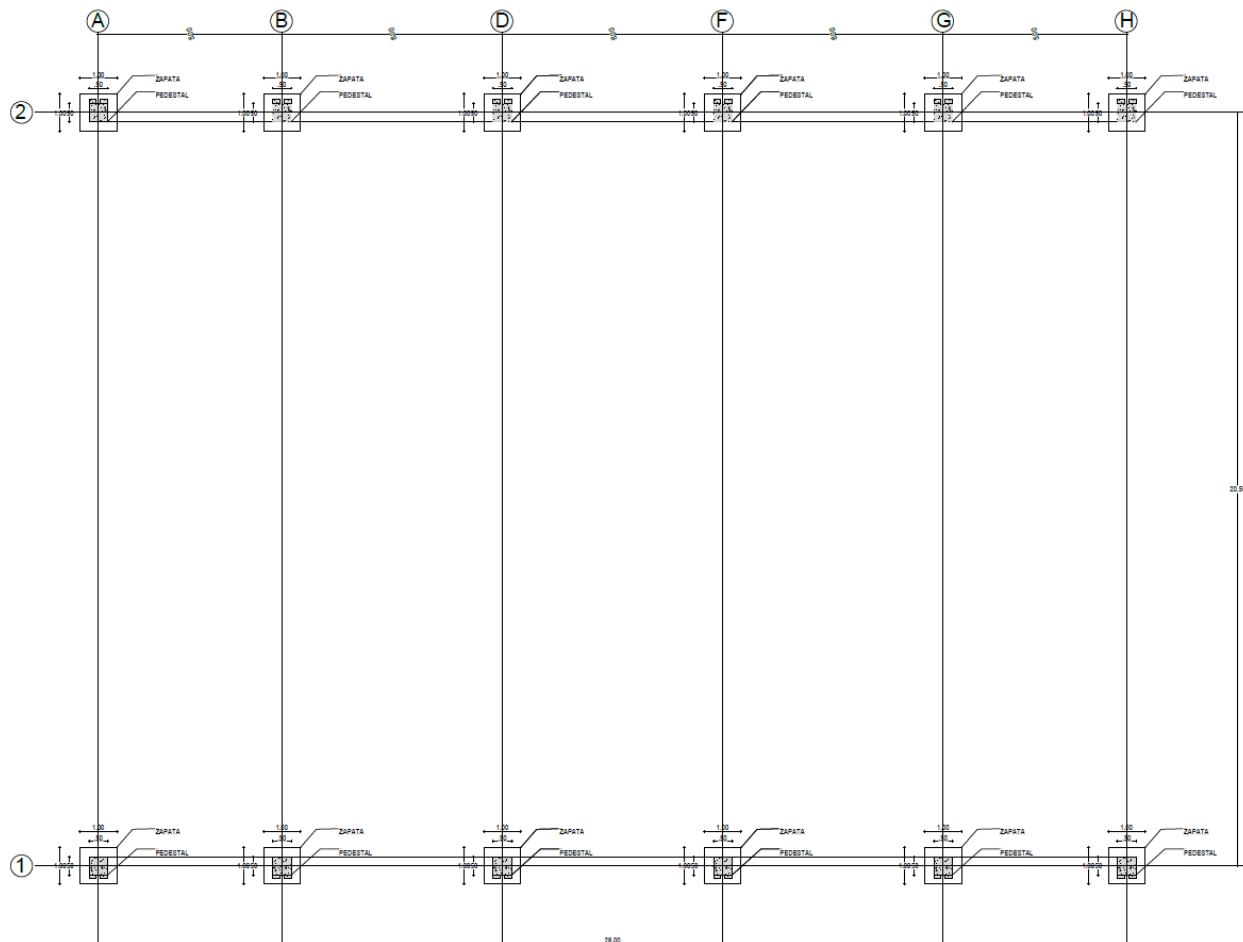
Según la tabla B.4.2.1-2 de la NSR-10 para cubiertas con pendiente menor al 27% (15°) la carga viva es equivalente a 0,50 kN/m²

Cv=0,50 kN/m²

Carga de servicio= Carga muerta + carga viva

(Wu) = 0,20 + 0,50 =0,70 kN/m²

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75



Diseño de zapata

Área aferente pedestales = 55,5 m²

Carga pedestales= 0,70kN x 55,5 m²= 38,85 kN

Peso pedestales= 0,5 x 0,5 x 12 x 2400 = 70,60 kN

Carga Total Columna (pu) = 109,458 kN.

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

Cálculo de Área de superficie de zapata

$$A = \frac{pu}{Qa}$$

$$A = \frac{109,45 \text{ kN}}{150 \text{ kN/m}^2}$$

$$A = 0,73 \text{ m}^2$$

$$\sqrt{A} = 0,85 \text{ m}$$

Por lo tanto, realizará una zapata cuadrada, con las siguientes consideraciones.

$$b_1 = 0,5 \text{ m}$$

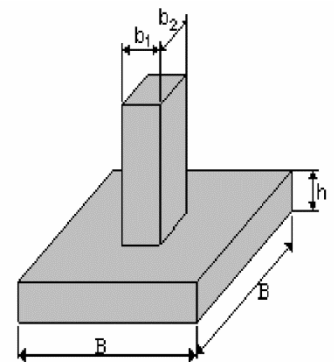
$$b_2 = 0,5 \text{ m}$$

$$B = 1,0 \text{ m}$$

$$h = 0,3 \text{ m}$$

recubrimiento de 75mm

$$d = 0,225 \text{ m}$$



El esfuerzo último aplicado sobre el suelo de cimentación para el diseño estructural de la zapata es:

$$Qu = \frac{pu}{B^2}$$

$$Qu = \frac{109,45 \text{ kN}}{(1,4 \text{ m})^2} = 121,28 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} < 150 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Cumple

- Punzonamiento

$$Vup = Qu(B^2 - (b_1 + d)(b_2 + d))$$

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

$$V_{up} = 121,28 \frac{kN}{m^2} ((1,0m)^2 - (0,5m + 0,225m)(0,5m + 0,225m)) = 57,53 kN$$

El esfuerzo cortante por punzonamiento es:

$$U_{up} = \frac{V_{up}}{B_o d} \quad \text{donde } b_0 = 2(b_1 + b_2 + 2d)$$

$$b_0 = 2(0,5m + 0,5m + 0,225m) = 2,9 m$$

$$U_{up} = \frac{57,53 kN}{2,9m \times 0,225m} = 88,17 \frac{kN}{m^2}$$

Debe cumplirse:

$$U_{up} \leq \begin{cases} \frac{\phi_v \sqrt{f'c}}{3} \\ \frac{\phi_v \sqrt{f'c}}{6} \left(1 + \frac{\alpha_s d}{2b_0}\right), \alpha_s = \begin{cases} 40 \text{ Columna interior} \\ 30 \text{ Columna borde} \\ 20 \text{ Columna esquina} \end{cases} \\ \frac{\phi_v \sqrt{f'c}}{6} \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right), \beta_c = \frac{b_2}{b_1} \end{cases}$$

$$\phi_v = 0,85$$

$$\alpha_s = 40$$

$$\beta_c = 1$$

$$f'c = 21 \text{ Mpa}$$

$$88,17 \frac{kN}{m^2} \leq \begin{cases} \frac{0,85 \sqrt{21} \text{ Mpa}}{3} \\ \frac{0,85 \sqrt{21} \text{ Mpa}}{6} \left(1 + \frac{40 \times 0,225m}{2 \times 2,9m}\right) \\ \frac{0,85 \sqrt{21} \text{ Mpa}}{6} \left(1 + \frac{2}{1}\right) \end{cases}$$

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

$$88,17 \frac{kN}{m^2} \leq \begin{cases} 1298,39 \frac{kN}{m^2} \\ 1656,57 \frac{kN}{m^2} \\ 1947,59 \frac{kN}{m^2} \end{cases}$$

Con este espesor de zapata se cumplen todos los requerimientos necesarios para que la zapata no falle por punzonamiento.

- Cortante Unidireccional

La fuerza cortante vertical que actúa sobre el voladizo por la ecuación

$$Vud = QuB \left(\frac{B - b1}{2} - d \right)$$

$$Vud = 121,28 \frac{kN}{m^2} \times 1,0m \left(\frac{1,0m - 0,5m}{2} - 0,225m \right) = 3,032 kN$$

El esfuerzo a cortante es

$$Uud = \frac{Vud}{Bd} = \frac{3,032 kN}{1,0m \times 0,225m} = 13,47 \frac{kN}{m^2}$$

Este debe ser menor que el resistido por el concreto

$$Uud \leq \frac{\phi_v \sqrt{f'c}}{6} \rightarrow 13,47 \frac{kN}{m^2} \leq \frac{0,85 \sqrt{21} MPa}{6}$$

$$13,47 \frac{kN}{m^2} \leq 649,198 \frac{kN}{m^2}$$

Cumple por cortante

- Diseño a flexión

$$Mu = \frac{Qu}{2} \left(\frac{B - b1}{2} \right)^2 B \rightarrow Mu = \frac{121,28 kN/m^2}{2} \left(\frac{1,0m - 0,225m}{2} \right)^2 1,0 = 3,79 kN \cdot m$$

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

$$Z = 0,9 \times d \rightarrow Z = 0,9 \times 0,225 = 0,203 \text{ m}$$

$$As = \frac{Mu}{0,9 \times fy \times Z} \rightarrow As = \frac{3,79 \text{ kN} \cdot \text{m}}{0,9 \times 420 \text{ MPa} \times 0,203 \text{ m}} = 0,495 \text{ m}^2$$

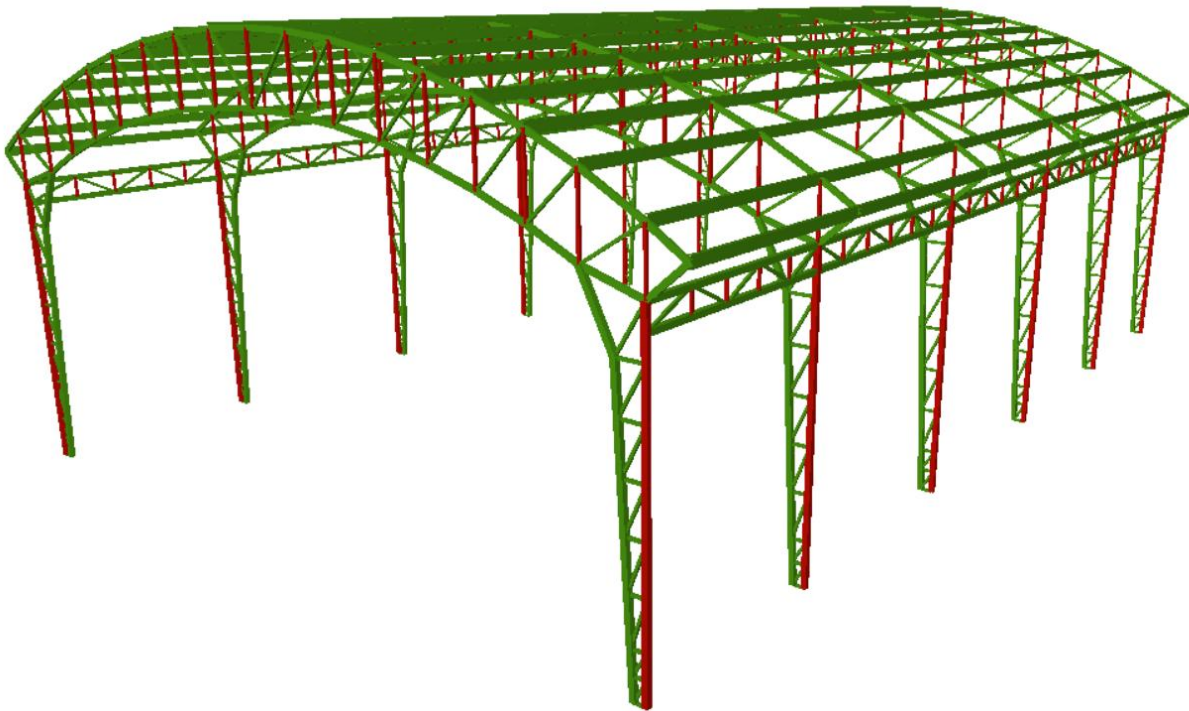
Cálculo con cuantía mínima

$$\rho = 0,0033$$

$$As = \rho B d \rightarrow As = 0,0033 \times 1,4 \text{ m} \times 0,225 \text{ m} = 9,9 \text{ cm}^2$$

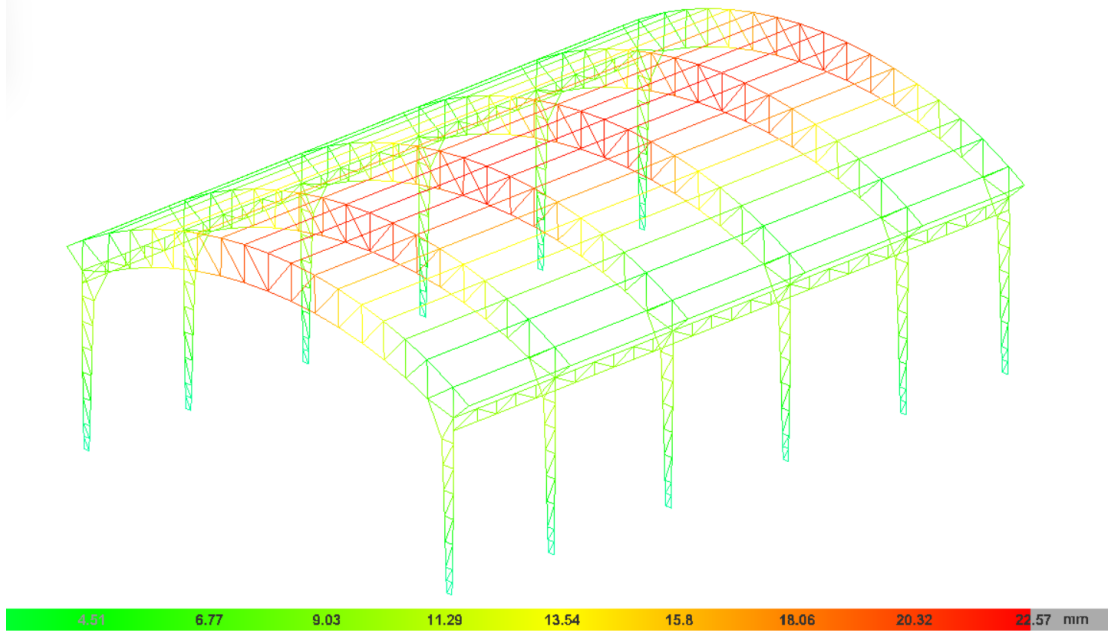
Colocar 5 barras # 5

7.1.2. Modelo de la estructura

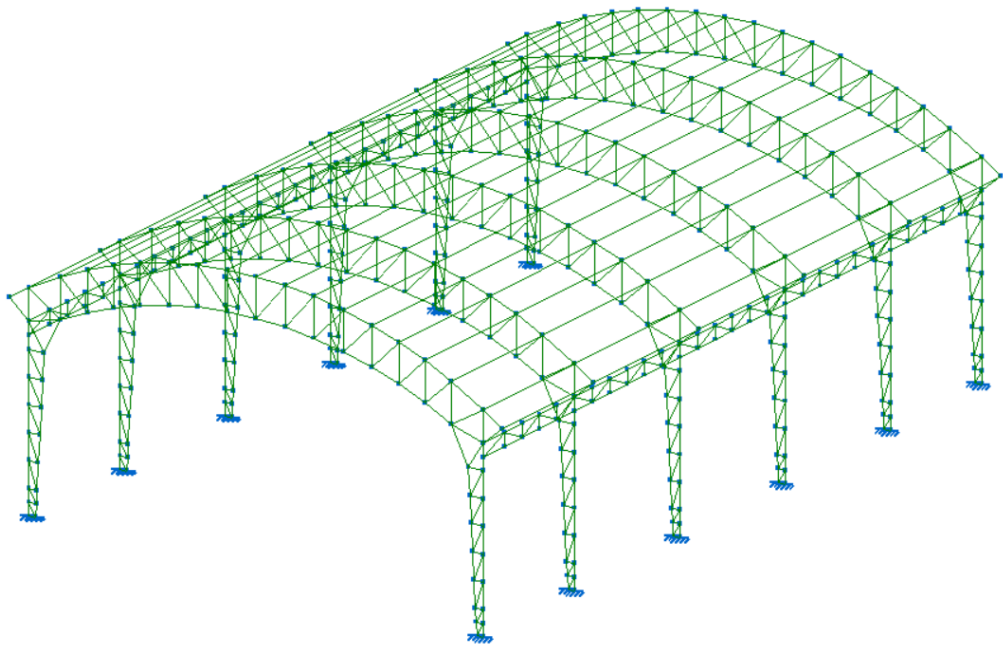


PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

7.1.3. Desplazamientos



7.1.4. Comprobación de Elementos.



PROPIETARIO: MUNICIPIO DE GIRARDOTA PROYECTO: AMPLIACION DE I.E. SAN ANDRES	MUNICIPIO DE GIRARDOTA VEREDA SAN ANDRES
MEMORIAS DE CALCULO	Ing, Daniel Carmona. Email: dcarmonas195@gmail.com Tel: 319 493 31 75

7.1.5. Resumen de medición.

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	A36	PTR	COL	174.608	1080.615	1080.615	0.324	1.053	1.053	2543.97	8268.05	8268.05
			BRIDAS	259.766			0.271			2128.88		
			MONTANTE	285.233			0.132			1038.93		
			DIAGONALES	247.409			0.115			901.16		
			RIOSTRA	113.600			0.211			1655.11		
Acero conformado	A36	PERFIL C	CORREAS	539.600	539.600	539.600	0.439	0.439	0.439	3445.69	3445.69	3445.69

Elaboró:

Daniel Carmona Sierra,

REFERENCIAS:

Normas colombianas de diseño y construcción NSR-10, Asociación Colombiana de ingeniería sísmica, Ley 400 de 1997, Decreto 926 de 2010. Bogotá D.C.

Reglamento ACI-318-05, American Concrete Institute, Estados Unidos

Análisis y Diseño Sísmico de Edificios, Roberto Rocher Awad, Escuela de Ingeniería Universidad EAFIT, 2006.