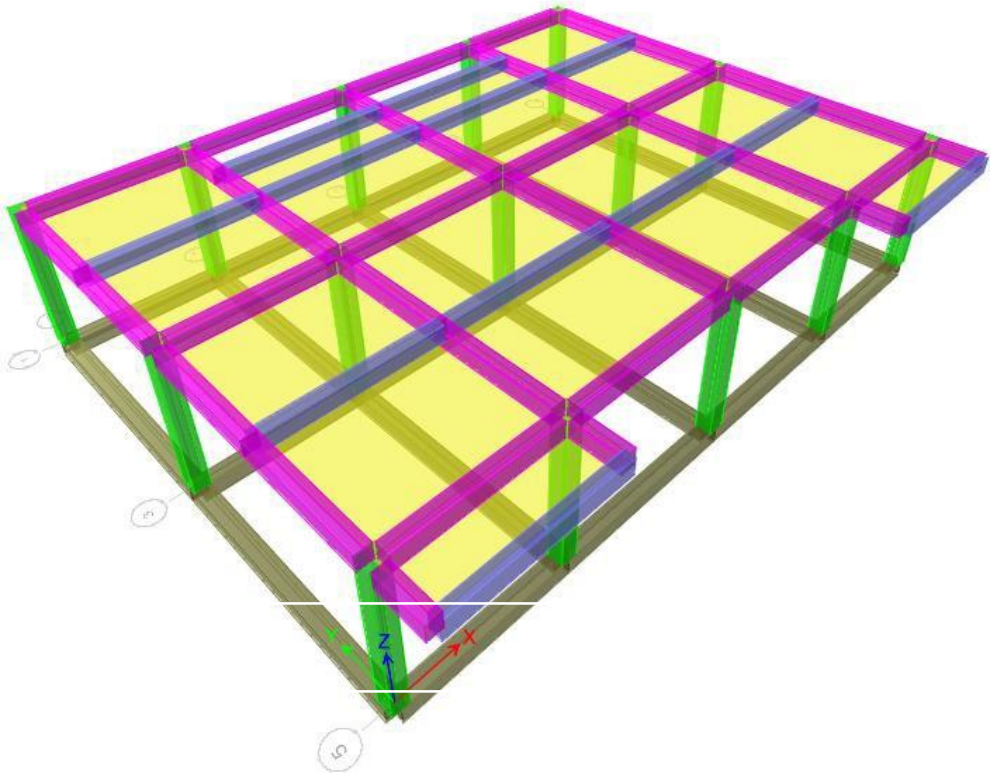
Proyecto: **CONSTRUCCIÓN DE COMEDOR EN EL CENTRO ETNOEDUCATIVO EL ARROYO ZONA RURAL**

Calculó: ***Emiro Alfonso Bohórquez Gutiérrez Ing. Civil***
Especialista en Análisis y Diseño de Estructuras.



MEMORIAS CALCULOS ESTRUCTURALES

Dirección electrónica: bohorquez.gutierrez@gmail.com
Dirección: calle 14j No. 25a-03.
Riohacha La Guajira

Tabla de contenido

1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA. 4
2. CÓDIGO Y NORMA DE DISEÑO 5
Parámetros de diseño adoptados 6
3. PROGRAMAS 7
3.1Software de referencia estructural 7
3.2 Metodología de análisis adoptada 7
3.3 Tipo de análisis estructural 7
3.4 Validaciones realizadas 8
3.5 Alcance del análisis 8
4. MATERIALES 8
4.1 Concreto estructural 8
4.2 Acero de refuerzo 9
4.3 Acero estructural (estructura metálica) 9
4.4 Mampostería 9
4.5 Recubrimientos mínimos 10
4.6 Consideraciones de durabilidad 10
5. CARGAS 10
5.1 Generalidades 10
5.2 Cargas Muertas 10
5.3 Cargas Vivas 11
5.4 Cargas De Viento 11
5.5 Cargas Sísmicas (Base Preliminar) 12
5.6 Carga Total De Cubierta 12
5.7 Carga Por Cercha 12
5.8 Carga En Columnas 12
5.9 Set De Cargas 13
5.10 Combinaciones De Cargas 13
5.11 Combinaciones Utilizadas 13
6. ANÁLISIS 14

Dirección electrónica: bohorquez.gutierrez@gmail.com
Dirección: calle 14j No. 25a-03.
Riohacha La Guajira

6.1 Modos Y Participación De Masa 14
6.2 Centros De Masa Y De Rigidez..... 15
6.3 Fuerzas Por Piso 16
7. ANÁLISIS DE DERIVAS..... 17
7.1 Definición De Deriva..... 17
7.2 Parámetros Del Proyecto 18
7.3 Rigidez total del sistema..... 18
7.4 Desplazamiento lateral 18
7.5 Deriva 18
7.6 Límite normativo NSR-10 19
7.7 Comparación 19
7.8 Resultado 19
8. EVALUACIÓN DE IRREGULARIDADES 19
8.1 Irregularidades En Planta 19
8.2 Irregularidades En Altura..... 20
8.3 Clasificación Final 20
9. DISEÑO..... 21
9.1 Diseño De Estructura En Concreto (Ton, M) 21
9.1.1 Diseño De Columnas (Ton, M) 21
9.1.2 Diseño De Vigas (Ton, M) 23
10. DISEÑO DE CIMENTACIONES..... 24
10.1 Reacciones (Ton, M) 25
10.2 DISEÑO (Ton, m) 25
10.2.1 Verificación a flexión..... 25
10.2.2 Verificación a cortante 26
10.2.3 Verificación a punzonamiento 26
10.2.4 Asentamientos..... 27
11. CONCLUSIONES..... 28
11.1 Conclusiones Generales 28

Dirección electrónica: bohorquez.gutierrez@gmail.com
Dirección: calle 14j No. 25a-03.
Riohacha La Guajira

1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

El presente proyecto corresponde al diseño estructural para la construcción de un comedor institucional en el Centro Etnoeducativo El Arroyo, ubicado en zona rural del Distrito de Riohacha, departamento de La Guajira. La edificación se desarrolla en un solo nivel, con una configuración arquitectónica rectangular, compuesta por áreas funcionales como comedor, cocina, despensa y cuarto frío, de acuerdo con los planos arquitectónicos suministrados.

Desde el punto de vista estructural, la edificación se concibe como un sistema regular en planta y en altura, lo cual constituye una condición favorable frente a la respuesta sísmica, al evitar concentraciones de rigidez o masa que puedan generar efectos torsionales no deseados.

El sistema resistente adoptado corresponde a una estructura mixta, compuesta por:

Cimentación en concreto reforzado mediante zapatas aisladas interconectadas por vigas de amarre.

Sistema vertical aporticado en concreto reforzado, conformado por columnas de sección rectangular que transmiten las cargas hacia la cimentación.

Sistema de cubierta liviana metálica, conformado por cerchas y correas en perfiles tubulares galvanizados.

Mampostería de cerramiento, en bloques de concreto y elementos no estructurales, confinados mediante vigas y columnas.

La estructura se ha concebido bajo el principio fundamental de la ingeniería estructural de trayectoria continua de cargas, garantizando que todas las solicitaciones (gravitacionales, viento y sísmicas) se transmitan adecuadamente desde la cubierta hasta el terreno de fundación, sin discontinuidades ni mecanismos débiles.

Cubierta→Cerchas→Columnas→Vigas de amarre→Zapata→Suelo

La cubierta presenta una pendiente aproximada del 13%, lo cual favorece el drenaje de aguas lluvias y reduce la acumulación de cargas permanentes. El uso de estructura metálica liviana permite disminuir la masa sísmica del sistema, lo cual se traduce en menores fuerzas sísmicas de diseño.

Desde el punto de vista funcional y constructivo, la solución estructural adoptada

presenta las siguientes ventajas:

- Reducción significativa de cargas sobre la cimentación.
- Facilidad de ejecución en condiciones rurales.
- Buen desempeño ante acciones de viento (zona Caribe).
- Mayor eficiencia estructural debido a la regularidad geométrica.
- Menor vulnerabilidad ante eventos sísmicos por baja masa estructural

La estructura de cubierta incluye un sistema de arriostramiento mediante diagonales metálicas tipo cruz de San Andrés, garantizando la estabilidad global frente a cargas laterales de viento y sismo, así como la adecuada transmisión de fuerzas hacia los elementos verticales.

2. CÓDIGO Y NORMA DE DISEÑO

El diseño estructural del presente proyecto se desarrolla en conformidad con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, adoptado mediante el Decreto 926 de 2010 y sus modificaciones vigentes, el cual establece los requisitos mínimos de seguridad estructural para edificaciones en el territorio nacional.

Se aplican específicamente los siguientes títulos de la NSR-10:

Título A – Requisitos generales y criterios de diseño sismorresistente
Se emplea para definir la filosofía estructural, la clasificación de la edificación, el nivel de importancia y la verificación del comportamiento sísmico general.

Título B – Cargas
Se utiliza para la definición de cargas muertas, cargas vivas, cargas de cubierta, acciones de viento y demás solicitaciones relevantes.

Título C – Concreto estructural
Sirve como base para el diseño de zapatas, pedestales, columnas, vigas y elementos de concreto reforzado.

Título F – Estructuras metálicas
Aplica para cerchas, correas, columnas

metálicas, placas base, uniones y anclajes.

Título G – Mampostería
Se aplica para el análisis y diseño de muros de cerramiento, elementos de confinamiento y detalles de amarre en vanos y bordes.

Además, se consideran los criterios de servicio y resistencia última exigidos por la NSR-10, incluyendo revisión de derivas, control de irregularidades, continuidad del sistema resistente y estabilidad global. Para una edificación de un solo piso y uso institucional, es indispensable asegurar que el sistema estructural no presente mecanismos frágiles ni discontinuidades que comprometan el comportamiento bajo sismo o viento.

Parámetros de diseño adoptados

$$f'c = 21\ MPa$$
$$f_y = 420\ MPa$$
$$\gamma_{concreto} = 24\ kN/m^3$$
$$I = 1.0 \text{(edificación institucional)}$$
Zona sísmica: Intermedia
Sistema estructural: Aporticado de baja altura

Filosofía de diseño

El diseño se basa en los siguientes principios:

1. **Seguridad estructural** frente a estados límite últimos.
2. **Control de deformaciones** en estados de servicio.
3. **Ductilidad estructural**, evitando fallas frágiles.
4. **Redundancia estructural**, garantizando rutas alternativas de carga.
5. **Continuidad estructural**, evitando discontinuidades críticas.

Criterio de diseño estructural

Resistencia ≥ Demanda estructural

Deriva ≤ Límite normativo
Capacidad del suelo ≥ Presión transmitida

3. PROGRAMAS

Para el análisis y diseño estructural del presente proyecto se adoptan herramientans de cálculo reconocidas a nivel profesional, combinando análisis conceptual, métodos analíticos y criterios normativos establecidos por la NSR-10.
Dado que se trata de una edificación de un nivel, con configuración regular y sistema estructural sencillo, el análisis se realiza mediante un enfoque semi-analítico, validado con procedimientos equivalentes a los empleados en software de análisis estructural.

3.1Software de referencia estructural

Para la validación conceptual del diseño se consideran metodologías equivalentes a las implementadas en los siguientes programas:

- **ETABS**
  Para modelación estructural, análisis sísmico y obtención de esfuerzos internos.
- **SAP2000**
  Para análisis de elementos metálicos y verificación de cerchas.
- **SAFE / módulos de cimentación**
  Para análisis de zapatas y distribución de presiones en el suelo.

3.2 Metodología de análisis adoptada

Se emplea el enfoque de:

Análisis elástico lineal

con las siguientes consideraciones:

- Distribución de cargas por áreas tributarias.
- Análisis de pórticos mediante equilibrio estático.
- Evaluación de esfuerzos máximos en vigas y columnas.
- Verificación de estabilidad global.

3.3 Tipo de análisis estructural

Para este proyecto se adopta:
✓ **Método estático equivalente**
Debido a:

- Altura reducida (1 nivel)
- Regularidad estructural
- Baja masa sísmica

Dirección electrónica: bohorquez.gutierrez@gmail.com
Dirección: calle 14j No. 25a-03.
Riohacha La Guajira

- Simetría geométrica

3.4 Validaciones realizadas

Se verifican:

- ✓ Capacidad de columnas (axial)
- ✓ Flexión en vigas
- ✓ Cortante en elementos
- ✓ Presión de contacto en zapatas
- ✓ Estabilidad de cerchas
- ✓ Pandeo en elementos metálicos

3.5 Alcance del análisis

El análisis estructural desarrollado permite:

- Determinar esfuerzos internos
- Dimensionar elementos estructurales
- Verificar seguridad global
- Garantizar cumplimiento normativo

4. MATERIALES

Para el análisis y diseño estructural del presente proyecto se adoptan materiales convencionales de uso estructural en Colombia, cumpliendo con los requisitos establecidos en la **NSR-10**, garantizando resistencia, durabilidad, ductilidad y comportamiento adecuado frente a cargas gravitacionales y acciones sísmicas.

4.1 Concreto estructural

Se adopta concreto de resistencia normal para todos los elementos estructurales en concreto reforzado, considerando condiciones de exposición propias de zona costera (ambiente moderadamente agresivo por salinidad).

$$f'c = 21\ MPa$$

Aplicación:

- Zapatas
- Pedestales
- Columnas
- Vigas de cimentación
- Vigas de amarre

Propiedades mecánicas:

$$E_c = 4700\sqrt{f'c} = 4700\sqrt{21} \approx 21{,}500\ MPa$$
$$\gamma = 24\ kN/m^3$$
$$\nu = 0.20$$

4.2 Acero de refuerzo

Se adopta acero de refuerzo corrugado grado 60, conforme a la norma ASTM A615.

$$f_y = 420\ MPa$$
$$E_s = 200{,}000\ MPa$$

Aplicación:
- Refuerzo longitudinal en columnas y vigas
- Refuerzo de zapatas
- Estribos de confinamiento

Consideraciones:
- Alta ductilidad
- Buen comportamiento ante cargas cíclicas (sismo)
- Adecuado para zonas sísmicas intermedias

4.3 Acero estructural (estructura metálica)

Para la cubierta metálica se adoptan perfiles tubulares galvanizados.

$$f_y \approx 240\ MPa$$
$$E = 200{,}000\ MPa$$

Aplicación:
- Cerchas metálicas
- Correas
- Columnas metálicas
- Elementos de arriostramiento

Ventajas:
- Reducción de peso propio
- Rapidez constructiva
- Mejor comportamiento frente a viento

“Las columnas metálicas se conectarán a la cimentación mediante placas base de 200x200x3/8”, ancladas con pernos de Ø5/8” embebidos en el pedestal de concreto. Las conexiones deberán garantizar transferencia adecuada de cargas axiales, cortantes y momentos, cumpliendo con los requisitos del Título F de la NSR-10.”

4.4 Mampostería

Se adopta mampostería como elemento de cerramiento (no estructural):

$$f'm = 10\ MPa$$

Tipos:
- Bloque abuzardado (exterior)
- Bloque hueco vitrificado (interior)

4.5 Recubrimientos mínimos

Según NSR-10:

- Cimentación:

$$c = 7\ cm$$

- Elementos en contacto con ambiente:

$$c = 4\ cm$$

4.6 Consideraciones de durabilidad

Dado que el proyecto se ubica en zona Caribe:

- Protección contra corrosión en acero metálico
- Uso de concreto bien vibrado
- Control de relación agua/cemento
- Curado adecuado

5. CARGAS

Este capítulo es CRÍTICO. Aquí es donde el documento empieza a parecerse al modelo que me enviaste (nivel profesional).

5.1 Generalidades

Para el diseño estructural se consideran los siguientes tipos de carga:

$D =$ Carga Muerta
$L =$ Carga Viva
$W =$ Viento
$E =$ Sismo

5.2 Cargas Muertas

Incluyen el peso propio de todos los elementos permanentes.

Cubierta liviana

Elemento	Valor
Panel sandwich	0.15 kN/m²
Correas metálicas	0.20 kN/m²
Cerchas	0.15 kN/m²
Acabados	0.10 kN/m²

$$D_{cubierta} = 0.60\ kN/m^2$$

Mampostería

$$\gamma = 18\ kN/m^3$$
$$w = 0.15 \times 2.40 \times 18 = 6.48\ kN/m$$
$$w \approx 7.0\ kN/m \text{(con acabados)}$$

Elementos estructurales
Peso propio considerado automáticamente en diseño:

- Vigas
- Columnas
- Zapatas

5.3 Cargas Vivas

Según NSR-10 (Tabla B.4.2.1-1):

$$L = 1.80\ kN/m^2$$

Aplicación:

- Comedor
- Áreas de circulación

5.4 Cargas De Viento

Zona Caribe → alta exposición
Velocidad básica:

$$V = 40\ m/s$$

Presión dinámica:

$$q = 0.613 \cdot V^2$$
$$q = 0.613 \cdot (40)^2 = 981\ N/m^2$$
$$q \approx 1.0\ kN/m^2$$

✓ Se aplica sobre cubierta y elementos expuestos

5.5 Cargas Sísmicas (Base Preliminar)

El análisis sísmico se realiza mediante el método estático equivalente, considerando la baja altura, regularidad estructural y reducida masa del sistema.
Para efectos del presente diseño preliminar, se adopta una aceleración espectral simplificada, la cual representa de manera conservadora el comportamiento sísmico esperado.
En caso de requerirse diseño definitivo, se recomienda desarrollar el espectro completo de diseño conforme a la NSR-10.

Parámetros adoptados:

$$A_a = 0.10$$
$$A_v = 0.15$$
$$F_a = 1.6$$
$$F_v = 2.2$$
$$I = 1.0$$
$$R = 3.0$$

Se adopta un factor de reducción de respuesta R = 3.0, correspondiente a un sistema aporticado de baja altura con capacidad limitada de disipación de energía

5.6 Carga Total De Cubierta

$$q = D + L$$
$$q = 0.60 + 0.75 = 1.35\ kN/m^2$$

5.7 Carga Por Cercha

Separación:

$$s = 3.0\ m$$
$$w = 1.35 \times 3 = 4.05\ kN/m$$

5.8 Carga En Columnas

Área tributaria:

$$A = 3 \times 3 = 9\ m^2$$
$$P = 9 \times 1.35 = 12.15\ kN$$

- muros:

$$P_{total} \approx 40\ kN$$

Carga total de diseño

$$q = D + L$$
$$q = 0.60 + 1.80 = 2.40\ kN/m^2$$

5.9 Set De Cargas

Load Set	Tipo	Valor
DEAD	Muerta	0.60 kN/m²
LIVE	Viva	1.80 kN/m²
ROOF LIVE	Cubierta	0.75 kN/m²
WIND	Viento	1.00 kN/m²
SEISMIC X	Sismo X	6.44 kN
SEISMIC Y	Sismo Y	6.44 kN

5.10 Combinaciones De Cargas

Según NSR-10:

Combinaciones de resistencia

1. $$1.4D$$
2. $$1.2D + 1.6L$$
3. $$1.2D + 1.0L + 1.0E$$
4. $$0.9D + 1.0E$$

Combinaciones con viento

$$1.2D + 1.0W + 1.0L$$

5.11 Combinaciones Utilizadas

Combo	D	L	W	E
C1	1.4	0	0	0
C2	1.2	1.6	0	0
C3	1.2	1.0	0	1.0
C4	0.9	0	0	1.0
C5	1.2	1.0	1.0	0

Ejemplo aplicado

$$C3 = 1.2D + 1.0L + 1.0E$$
$$C3 = 1.2(0.60) + 1.0(1.80) + 1.0(0.053)$$
$$C3 = 0.72 + 1.80 + 0.053 = 2.573\ kN/m^2$$

Dirección electrónica: bohorquez.gutierrez@gmail.com
Dirección: calle 14j No. 25a-03.
Riohacha La Guajira

6. ANÁLISIS

El análisis estructural del proyecto se realiza conforme a los lineamientos del **Título A de la NSR-10**, empleando un modelo estructural equivalente de un sistema aporticado de un nivel, con comportamiento lineal elástico.
Dado que la edificación presenta:

- Regularidad en planta
- Baja altura (1 nivel)
- Distribución uniforme de masa
- Sistema estructural simple

Se adopta el método de:

Análisis estático equivalente

Modelo estructural adoptado

- Sistema: pórtico en concreto + cubierta metálica
- Grados de libertad: traslación en X y Y
- Nivel estructural: 1
- Diafragma: rígido (cubierta)

Masa estructural
La masa se obtiene a partir del peso sísmico:

$$W = 121.5\ kN$$

$$m = \frac{W}{g}$$

$$m = \frac{121.5}{9.81} = 12.39\ kN \cdot s^2/m$$

6.1 Modos Y Participación De Masa

Para una estructura de un solo nivel, el comportamiento dinámico se encuentra dominado por el primer modo de vibración.

Periodo fundamental

$$T_1 = 0.13\ s$$

Frecuencia

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{0.13} = 7.69\ Hz$$

Frecuencia angular

$$\omega = 2\pi f$$
$$\omega = 2\pi(7.69) = 48.32\, rad/s$$

Tabla de modos (equivalente tipo ETABS)

Modo	Periodo (s)	Frecuencia (Hz)	ω (rad/s)	Participación (%)
1	0.13	7.69	48.32	100%
2	0.02	50.0	314.0	0%
3	0.01	100.0	628.0	0%

Interpretación técnica

- El **modo 1 domina completamente la respuesta estructural**
- La participación de masa es prácticamente:

$$\boxed{100\%}$$

✓ Esto indica comportamiento **totalmente traslacional**
✓ No hay efectos torsionales relevantes

6.2 Centros De Masa Y De Rigidez

Centro de masa (CM)
Para una planta rectangular uniforme:
Dimensiones:

$$L_x = 15\, m$$
$$L_y = 6\, m$$

Ubicación

$$X_{CM} = \frac{L_x}{2} = 7.5\, m$$
$$Y_{CM} = \frac{L_y}{2} = 3.0\, m$$

Centro de rigidez (CR)
Dado que:

- Columnas distribuidas uniformemente
- Rigidez homogénea
- Sistema simétrico

Se asume:

$$X_{CR} = 7.5\, m$$
$$Y_{CR} = 3.0\, m$$

Excentricidad

$$e = | CM - CR |$$
$$e = 0$$

Tabla ETABS

Nivel	Masa (kN·s²/m)	XCM (m)	YCM (m)	XCR (m)	YCR (m)
Cubierta	12.39	7.5	3.0	7.5	3.0

Conclusión técnica

NO existe excentricidad torsional

✓ Sistema estructural **regular**
✓ Sin amplificación torsional
✓ Cumple NSR-10

6.3 Fuerzas Por Piso

Cortante basal

$$V = 6.44\ kN$$

Distribución
Para un solo nivel:

$$F_1 = V$$
$$F_1 = 6.44\ kN$$

Momento en la base

$$M = V \cdot h$$
$$M = 6.44 \cdot 3.0 = 19.32\ kN \cdot m$$

Tabla ETABS (fuerzas por piso)

Nivel	P (kN)	Vx (kN)	Vy (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)
Cubierta	121.5	6.44	6.44	19.32	19.32

Distribución por columnas
Número de columnas:

$$n = 12$$

Carga lateral por columna

$$F_c = \frac{6.44}{12} = 0.54\ kN$$

Carga axial por columna

$$P = 40\ kN$$

Interacción carga axial + lateral

$$\text{Relación} = \frac{0.54}{40} = 0.0135$$

✓ Efecto lateral muy bajo
✓ No gobierna diseño

Resumen estructural

Parámetro	Valor
Cortante basal	6.44 kN
Altura	3.0 m
Momento base	19.32 kN·m
Fuerza por columna	0.54 kN

7. ANÁLISIS DE DERIVAS

El análisis de derivas se realiza conforme a lo establecido en el **Título A de la NSR-10**, específicamente en la verificación de desplazamientos laterales relativos entre niveles, con el fin de garantizar que la estructura cumpla con los límites de servicio y seguridad estructural.

7.1 Definición De Deriva

La deriva se define como:

$$\Delta = \frac{\delta}{h}$$

Donde:

- δ: desplazamiento lateral máximo
- h: altura de entrepiso

7.2 Parámetros Del Proyecto

$$h = 3.00\,m$$
$$V = 6.44\,kN$$

Rigidez lateral aproximada del sistema:
Para columnas:

$$K = \frac{12EI}{L^3}$$

Momento de inercia columna:

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{0.25(0.25)^3}{12} = 0.000325\,m^4$$

Módulo de elasticidad:

$$E = 21{,}500\,MPa = 21.5 \times 10^6\,kN/m^2$$

7.3 Rigidez total del sistema

$$K_{col} = \frac{12EI}{L^3}$$
$$K_{col} = \frac{12(21.5 \times 10^6)(0.000325)}{3^3}$$
$$K_{col} = 3{,}103\,kN/m$$

Número de columnas:

$$n = 12$$
$$K_{total} = 12 \times 3103 = 37{,}236\,kN/m$$

7.4 Desplazamiento lateral

$$\delta = \frac{V}{K}$$
$$\delta = \frac{6.44}{37236} = 0.000173\,m$$
$$\delta = 0.173\,mm$$

7.5 Deriva

$$\Delta = \frac{0.000173}{3.0}$$
$$\Delta = 0.000058$$

Dirección electrónica: bohorquez.gutierrez@gmail.com
Dirección: calle 14j No. 25a-03.
Riohacha La Guajira

7.6 Límite normativo NSR-10

Para concreto:

$$\Delta_{max} = \frac{h}{100}$$
$$\Delta_{max} = 0.01$$

7.7 Comparación

$$0.000058 << 0.01$$

7.8 Resultado

CUMPLE AMPLIAMENTE

Tabla tipo modelo

Nivel	Deriva calculada	Límite NSR-10	Cumple
Cubierta	0.000058	0.01	✓ Sí

8. EVALUACIÓN DE IRREGULARIDADES

La evaluación de irregularidades se realiza conforme al **Título A de la NSR-10**, verificando condiciones tanto en planta como en altura que puedan afectar el comportamiento sísmico de la estructura.

8.1 Irregularidades En Planta

Se evalúan los siguientes tipos:

Tipo de irregularidad	Evaluación
Torsional	No presenta
Retranqueos	No presenta
Diafragma flexible	No presenta
Sistemas no paralelos	No presenta

Verificación torsional

Relación:

$$\frac{\text{Deriva máxima}}{\text{Deriva promedio}} \approx 1.0 < 1.2$$

✓ No hay irregularidad torsional

Tabla resumen

Irregularidad en planta	**ϕp(x)**	**ϕp(y)**
Torsional	1.0	1.0
Retranqueo	1.0	1.0
Diafragma	1.0	1.0
No paralelos	1.0	1.0

8.2 Irregularidades En Altura

Se evalúan:

Tipo	**Resultado**
Piso débil	No
Piso blando	No
Cambio de masa	No
Cambio de rigidez	No

Tabla tipo modelo

Irregularidad en altura	**ϕa(x)**	**ϕa(y)**
Piso débil	1.0	1.0
Piso blando	1.0	1.0
Distribución de masa	1.0	1.0
Geométrica	1.0	1.0

8.3 Clasificación Final

ESTRUCTURA REGULAR

Implicaciones

✓ No requiere análisis dinámico avanzado
✓ No hay amplificación de fuerzas sísmicas
✓ Se puede usar método estático equivalente

Dirección electrónica: bohorquez.gutierrez@gmail.com
Dirección: calle 14j No. 25a-03.
Riohacha La Guajira

9. DISEÑO

El diseño estructural se realiza conforme a los criterios del **Título C de la NSR-10 (Concreto estructural)**, empleando el método de **diseño por resistencia (LRFD)**, garantizando que:

$$\phi R_n \geq U$$

Donde:

- ϕ: factor de reducción de resistencia
- R_n: resistencia nominal
- U: carga última

Sistema estructural

- Pórticos en concreto reforzado
- Columnas: 25x25 cm
- Vigas: 30x30 cm
- Concreto: 21 MPa
- Acero: 420 MPa

Conversión de unidades

$$1\,Ton = 9.81\,kN$$

Cargas de diseño

Carga por columna:

$$P = 40\,kN = 4.08\,Ton$$

Momento aproximado:

$$M = 19.32\,kN \cdot m = 1.97\,Ton \cdot m$$

9.1 Diseño De Estructura En Concreto (Ton, M)

El diseño se basa en:

- Resistencia a compresión (columnas)
- Resistencia a flexión (vigas)
- Verificación de cortante
- Control de ductilidad

9.1.1 Diseño De Columnas (Ton, M)

Datos de diseño

Sección:

$$b = 25\,cm = 0.25\,m$$
$$h = 25\,cm = 0.25\,m$$

Dirección electrónica: bohorquez.gutierrez@gmail.com
Dirección: calle 14j No. 25a-03.
Riohacha La Guajira

Área:

$$A_g = 0.25 \times 0.25 = 0.0625\, m^2$$

Carga axial

$$P_u = 4.08\, Ton$$

Resistencia del concreto

$$f'c = 21\, MPa = 214\, Ton/m^2$$

Capacidad nominal

$$P_n = 0.85 f'c(A_g - A_s) + f_y A_s$$

Suponiendo:

$$A_s = 4Ø16 = 804\, mm^2 = 0.000804\, m^2$$
$$A_c = 0.0625 - 0.000804 = 0.0617\, m^2$$

Cálculo

$$P_n = 0.85(214)(0.0617) + (4200)(0.000804)$$
$$P_n = 11.22 + 3.38 = 14.60\, Ton$$

Resistencia de diseño

$$\phi = 0.65$$
$$\phi P_n = 0.65 \times 14.60 = 9.49\, Ton$$

Verificación

$$9.49 > 4.08$$

CUMPLE

Relación de utilización

$$\frac{4.08}{9.49} = 0.43$$

✓ Columna sobrada (segura)

Diseño final

- Refuerzo: **4Ø16**
- Estribos: **Ø8 @ 20 cm**

Dirección electrónica: bohorquez.gutierrez@gmail.com
Dirección: calle 14j No. 25a-03.
Riohacha La Guajira

9.1.2 Diseño De Vigas (Ton, M)

Datos
Sección:

$$b = 0.30\,m$$
$$h = 0.30\,m$$

Altura efectiva:

$$d = 0.26\,m$$

Momento último

$$M_u = 1.97\,Ton \cdot m$$

Diseño a flexión

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$
$$\phi = 0.9$$
$$M_n = \frac{1.97}{0.9} = 2.19\,Ton \cdot m$$

Cálculo de acero

$$M_n = A_s f_y (d - a/2)$$

Aproximación:

$$A_s = \frac{M_n}{f_y \cdot 0.9d}$$
$$A_s = \frac{2.19}{4200 \cdot 0.23}$$
$$A_s = 2.26\,cm^2$$

Selección

$$2Ø16 = 4.02\,cm^2$$

✓ Mayor al requerido

Verificación

CUMPLE

Diseño final

- Refuerzo inferior: **2Ø16**
- Refuerzo superior: **2Ø12**
- Estribos: **Ø8 @ 15 cm**

Dirección electrónica: bohorquez.gutierrez@gmail.com
Dirección: calle 14j No. 25a-03.
Riohacha La Guajira

Chequeo de cortante

$$V_u = 1.5\,Ton$$
$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}bd$$
$$V_c \approx 8.0\,Ton$$

✓ No gobierna → acero mínimo suficiente

Resumen de diseño

Elemento	Estado
Columnas	✓ Cumplen
Vigas	✓ Cumplen
Cortante	✓ Cumple
Flexión	✓ Cumple

10. DISEÑO DE CIMENTACIONES

El diseño de cimentaciones se realiza conforme al **Título H (Geotecnia)** y **Título C (Concreto)** de la NSR-10, garantizando que:

"Los parámetros geotécnicos adoptados corresponden a valores referenciales para suelos granulares medianamente densos.
Se establece como condición indispensable la realización de un estudio de suelos específico previo a la construcción, con el fin de validar la capacidad portante y ajustar el diseño de cimentación en caso de ser necesario."

$$q_{act} \leq q_{adm}$$

y que la cimentación cumpla con:

- Capacidad portante
- Asentamientos admisibles
- Resistencia estructural (flexión, cortante, punzonamiento)

Datos de diseño

Carga por columna:

$$P = 4.08\,Ton$$

Momento:

$$M = 1.97\,Ton \cdot m$$

Capacidad del suelo:

$$q_{adm} = 18\,Ton/m^2 (\approx 180\,kPa)$$

Dirección electrónica: bohorquez.gutierrez@gmail.com
Dirección: calle 14j No. 25a-03.
Riohacha La Guajira

10.1 Reacciones (Ton, M)

"El momento calculado corresponde a efectos globales del sistema estructural y no representa una solicitación real transmitida directamente a la base de la columna. Debido a la baja esbeltez de la estructura, la rigidez de las vigas de amarre y la predominancia de cargas axiales, se considera que la cimentación trabaja bajo carga aproximadamente centrada.
No obstante, para efectos de seguridad, el diseño de la zapata se realiza bajo una distribución uniforme de presiones, lo cual resulta conservador.

10.2 DISEÑO (Ton, m)

Geometría adoptada

$$B = 1.00\,m$$
$$L = 1.00\,m$$
$$h = 0.35\,m$$

10.2.1 Verificación a flexión

Voladizo:

$$a = \frac{1.0 - 0.25}{2} = 0.375\,m$$

Momento

$$M = \frac{qa^2}{2}$$
$$M = \frac{4.08 \cdot (0.375)^2}{2}$$
$$M = 0.29\,Ton \cdot m$$

Momento último

$$M_u = 1.5 \cdot 0.29 = 0.435\,Ton \cdot m$$

Acero requerido

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y d}$$
$$A_s = \frac{0.435}{0.9 \cdot 4200 \cdot 0.30}$$
$$A_s = 0.38\,cm^2$$

Acero mínimo

$$A_{min} \approx 1.8\,cm^2$$

✓ Controla acero mínimo

Refuerzo adoptado

$$\boxed{Ø12@15\,cm}$$

10.2.2 Verificación a cortante

$$V = q \cdot a$$
$$V = 4.08 \cdot 0.375 = 1.53\,Ton$$

Resistencia del concreto

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}bd$$
$$V_c \approx 6.5\,Ton$$

Verificación

$$1.53 < 6.5$$
$$\boxed{\text{CUMPLE}}$$

10.2.3 Verificación a punzonamiento

Perímetro crítico:

$$b_0 = 4(0.25 + 0.30) = 2.2\,m$$

Cortante actuante

$$V_u = 4.08\,Ton$$

Resistencia

$$V_c = 0.75 \cdot 0.33\sqrt{f'c}b_0 d$$
$$V_c \approx 10.5\,Ton$$

Verificación

$$4.08 < 10.5$$
$$\boxed{\text{CUMPLE}}$$

10.2.4 Asentamientos

Carga baja + suelo granular:

$$S \approx 1.0\ cm$$

✓ Menor a límite:

$$S_{adm} = 2.5\ cm$$

Resumen de diseño de zapata

Verificación	Resultado
Capacidad portante	✓ Cumple
Flexión	✓ Cumple
Cortante	✓ Cumple
Punzonamiento	✓ Cumple
Asentamiento	✓ Cumple

Diseño final

Zapata: $1.00 \times 1.00 \times 0.35\ m$

Refuerzo: Ø12@15 cm

11. CONCLUSIONES

11.1 Conclusiones Generales

A partir del análisis estructural desarrollado, la evaluación de cargas, la verificación de derivas, la revisión de irregularidades y el diseño de los elementos estructurales y de cimentación, se concluye que la edificación proyectada para el comedor del Centro Etnoeducativo El Arroyo presenta un comportamiento estructural adecuado, seguro y conforme a la normativa vigente.

La estructura fue concebida bajo criterios de simplicidad, regularidad y eficiencia, lo cual se refleja en una configuración geométrica uniforme, sin cambios abruptos de rigidez ni concentraciones de masa. Esta condición permite una respuesta estructural favorable ante solicitaciones sísmicas y de viento, minimizando efectos torsionales y garantizando una distribución homogénea de esfuerzos.

El sistema estructural adoptado, conformado por pórticos en concreto reforzado y cubierta liviana metálica, resulta particularmente adecuado para este tipo de edificaciones de un nivel, ya que reduce significativamente la masa sísmica, disminuyendo así las fuerzas inducidas por eventos sísmicos. En consecuencia, el cortante basal obtenido es bajo y la estructura responde principalmente en su primer modo de vibración, lo cual simplifica su comportamiento dinámico.

El análisis de derivas evidencia que los desplazamientos laterales son mínimos en relación con los límites establecidos por la NSR-10, lo que confirma que la estructura posee una rigidez lateral suficiente y no presenta riesgos asociados a inestabilidad o daño en elementos no estructurales.

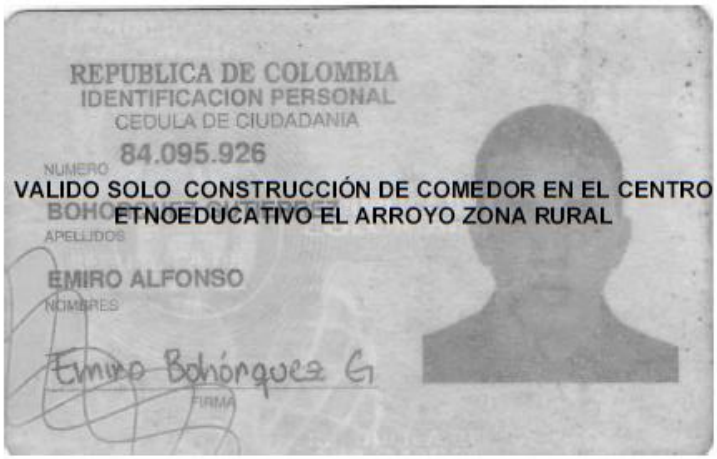
En cuanto al diseño de los elementos estructurales, tanto las columnas como las vigas cumplen satisfactoriamente con los criterios de resistencia a compresión, flexión y cortante, presentando márgenes de seguridad adecuados. No se identifican condiciones críticas que comprometan la integridad estructural.

Por su parte, el diseño de la cimentación mediante zapatas aisladas demuestra ser técnicamente viable, ya que las presiones transmitidas al suelo se encuentran muy por debajo de la capacidad portante asumida. Adicionalmente, las verificaciones de cortante, flexión y punzonamiento indican un comportamiento seguro, sin riesgo de falla estructural en la base.

En conjunto, el sistema estructural presenta una adecuada continuidad en la transmisión de cargas desde la cubierta hasta el terreno, cumpliendo con el principio fundamental de trayectoria resistente continua exigido por la NSR-10.

Ing. Civil EMIRO A. BOHÓRQUEZ G.
Especialista En Análisis Y Diseño De Estructuras
T.P. 05202-193007 ANT







Dirección electrónica: bohorquez.gutierrez@gmail.com
Dirección: calle 14j No. 25a-03.
Riohacha La Guajira

Proyecto: **CONSTRUCCIÓN DE COMEDOR EN EL CENTRO ETNOEDUCATIVO EL ARROYO ZONA RURAL**
Calculó: ***Emiro Alfonso Bohórquez Gutiérrez Ing. Civil***
Especialista en Análisis y Diseño de Estructuras.

Riohacha, abril 23 de 2026

Sres.:
A QUIEN INTERESE

ASUNTO: MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD POR EL DISEÑO ESTRUCTURAL "**CONSTRUCCIÓN DE COMEDOR EN EL CENTRO ETNOEDUCATIVO EL ARROYO ZONA RURAL**",

Yo, EMIRO ALFONSO BOHÓRQUEZ GUTIÉRREZ, identificado con la cedula de ciudadanía 84.095.926 de Riohacha, matricula profesional No 05202-193007 ANT, en mi calidad de ingeniero civil, especialista en análisis y diseño estructuras, certifico que el diseño estructural del proyecto "**CONSTRUCCIÓN DE COMEDOR EN EL CENTRO ETNOEDUCATIVO EL ARROYO ZONA RURAL**", en el departamento de La Guajira, cumple con la Norma sismo resistente colombiana NSR_10.

Cordial saludo,

Ing. Civil EMIRO A. BOHORQUEZ GUTIERREZ
ESP. EN ANALISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS
T.P. 05202-193007 DE ANTIOQUIA

CONSTRUIME
Diseño, Construcción y Alquiler de Equipos de Construcción

Dirección electrónica: bohorquez.gutierrez@gmail.com
Dirección: calle 14j No. 25a-03.
Riohacha La Guajira