INCORES S.A.S

# MEMORIAS DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

## BOX CULVERT

## BARRIO LAS COLINAS - CORREGIMIENTO BARCELONA

## CALARCÁ - QUINDÍO

**JUNIO 2025**

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
FECHA 25-06-25.
HORA 10:06 Am
ENTREGADO Sandra Rivera

Carrera 13 N° 18-31 Edificio Sociedad de Ingenieros Oficina 303 - Armenia - Quindío
CEL: 3165329355 - 3107773658
incoresciviles@gmail.com

# *MEMORIAS DE CÁLCULO ESTRUCTURAL*

| | |
|---|---|
| PROYECTO: | BOX CULVERT BARRIO LAS COLINAS – CORREGIMIENTO BARCELONA |
| PROPIETARIO: | ALCALDÍA DE CALARCÁ |
| LOCALIZACIÓN: | CALARCÁ - QUINDÍO |
| FECHA: | JUNIO 2025 |
| CÓDIGO: | NSR – 10 |

## 1 INTRODUCCIÓN

A continuación, se presenta el diseño estructural del box culvert ubicado en el barrio Las Colinas, corregimiento de Barcelona, Municipio de Calarcá. Este se diseña según la NSR-10 y CCP-14.

## 2 MATERIALES

Todos los materiales a utilizar en la estructura deben cumplir con lo estipulado en los capítulos C.3 y C.23 de la NSR-10. Durante la construcción deberán hacerse los controles de calidad necesarios para garantizar que se cumplan los parámetros del diseño:

**CONCRETO**

| | |
|---|---|
| Box Culvert | f'c=280 kgf/cm2 (4000 psi) |

**ACERO DE REFUERZO:**

| | |
|---|---|
| Diámetro mayor o igual a 3/8" | fy=4200 kg/cm2 (60000 psi), corrugado. NTC 2289 (ASTM A706M) (C.21.1.5) |

# 3 ANÁLISIS DE CARGAS

## *3.1 Cargas permanentes.*

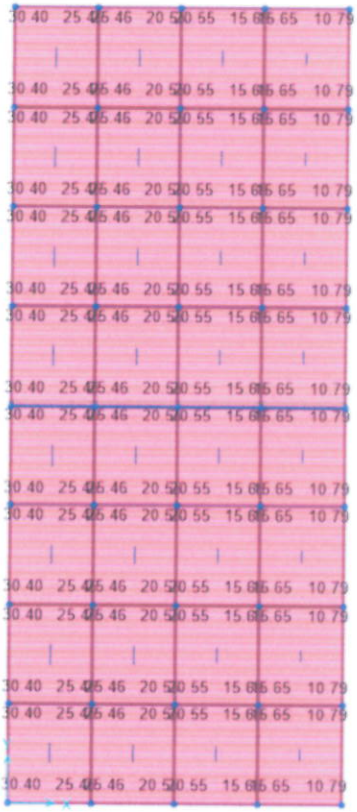
### 3.1.1 Peso propio

Para evaluar el peso propio de la estructura, se utiliza un peso específico del concreto de 2.4 ton/m$^3$.

### 3.1.2 Material lleno sobre box

Se define por medio de joint pattern en el modelo.

| joint pattern vertical (lleno suelo) | | |
|---|---|---|
| CONSTANTE D | 3.096 | ton/m$^2$ |
| CONSTANTE A O B | -0.597 | ton/m$^2$ |



Carrera 13 N° 18-31 Edificio Sociedad de Ingenieros Oficina 303 - Armenia - Quindío
CEL: 3165329355 - 3107773658
incoresciviles@gmail.com

### 3.1.3 Estructura de pavimento sobre box

| peso pavimento | | | |
|---|---|---|---|
| material | peso específico (ton/m³) | espesor (m) | peso por area (ton/m²) |
| Base granular clase B | 2 | 0.3 | 0.6 |
| Losa Concreto MR 43 | 2.4 | 0.2 | 0.48 |
| total | | | 1.08 |

### 3.1.4 Empuje horizontal en muros del box

| joint pattern horizontal (suelo contra muros) | | | |
|---|---|---|---|
| | izquierda | derecha | |
| Ko | 0.515 | 0.515 | |
| Ka | 0.347 | 0.347 | |
| esfuerzo vertical | 3.096 | 1.096 | ton/m² |
| esfuerzo horizontal en reposo | 1.595 | 0.565 | ton/m² |
| esfuerzo horizontal en reposo | 1.074 | 0.380 | ton/m² |
| sobrecarga | 1.595 | 0.565 | ton/m² |

## *3.2 Cargas vivas*

### 3.2.1 Carga carril de diseño

Se calcula según el numeral 3.6.1.2.4 de la CCP-14

| Carga carril de diseño | | |
|---|---|---|
| Carril de diseño | 10.3 | kN/m |
| carril de diseño en ancho de vía | 1.2875 | kN/m² |
| | 0.131 | ton/m² |

### 3.2.2 Camión y tándem de diseño

Se definen el camión y el tándem de diseño según el numeral 3.6.1.2 Carga viva vehicular de diseño.

### 3.2.3 Carga de agua – presión de la corriente

| Carga viva agua | | |
|---|---|---|
| altura de lámina de agua | 2.000 | m |
| peso específico del agua | 1.000 | ton/m$^3$ |
| losa inferior | 2.000 | ton/m$^2$ |

## *3.3 COMBINACIONES DE CARGA*

Se definen las combinaciones y factores de Resistencia I, II y Servicio I de la tabla 3.4.1-1 Combinaciones y factores de carga de CCP-14.

| Estado Límite de la Combinación de carga | *DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH* | *LL IM CE BR PL LS* | *WA* | *WS* | *WL* | *FR* | *TU* | *TG* | *SE* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Resistencia I (a menos que se indique) | $\gamma_p$ | 1.75 | 1.00 | - | - | 1.00 | 0.50/1.20 | $\gamma_{TG}$ | $\gamma_{SE}$ |
| Resistencia II | $\gamma_p$ | 1.35 | 1.00 | - | - | 1.00 | 0.50/1.20 | $\gamma_{TG}$ | $\gamma_{SE}$ |
| Resistencia III | $\gamma_p$ | - | 1.00 | 1.400 | - | 1.00 | 0.50/1.20 | $\gamma_{TG}$ | $\gamma_{SE}$ |
| Resistencia IV | $\gamma_p$ | - | 1.00 | - | - | 1.00 | 0.50/1.20 | - | - |
| Resistencia V | $\gamma_p$ | 1.35 | 1.00 | 0.400 | 1.0 | 1.00 | 0.50/1.20 | $\gamma_{TG}$ | $\gamma_{SE}$ |
| Evento Extremo I | $\gamma_p$ | $\gamma_{EQ}$ | 1.00 | - | - | 1.00 | - | - | - |
| Evento Extremo II | $\gamma_p$ | 0.50 | 1.00 | - | - | 1.00 | - | - | - |
| Servicio I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.300 | 1.0 | 1.00 | 1.00/1.20 | $\gamma_{TG}$ | $\gamma_{SE}$ |

Los factores $\gamma_p$ se definen de la tabla 3.4.1-2 de CCP-14.

También se evalúan combos mayorados de 1.4 veces cargas permanentes verticales (1.4D) y 1.2 veces cargas permanentes verticales y 1.6 horizontales (1.2D+1.6H).

## *3.4 CIMENTACIÓN*

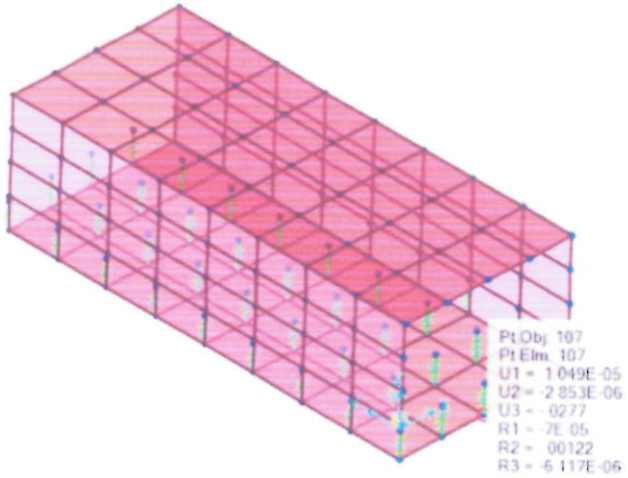
### 3.4.1 Suelo portante

Se obtiene del estudio de suelos, tabla 11 el módulo de reacción vertical del terreno para un ancho de 4m.

| B (m) | $k_s$ (kN/m$^3$) | $k_s$ (ton/m$^3$) |
|---|---|---|
| 0,50 | 4.800,00 | 489,45 |
| 1,00 | 3.168,75 | 323,11 |
| 1,50 | 2.700,00 | 275,31 |
| 2,00 | 2.479,69 | 252,85 |
| 2,50 | 2.352,00 | 239,83 |
| 3,00 | 2.268,75 | 231,34 |
| 3,50 | 2.210,20 | 225,37 |
| 4,00 | 2.166,80 | 220,94 |
| 4,50 | 2.133,33 | 217,53 |
| 5,00 | 2.106,75 | 214,82 |
| 5,50 | 2.085,12 | 212,62 |
| 6,00 | 2.067,19 | 210,79 |

### 3.4.2 Asentamientos

Para verificar el asentamiento del box, se evalúa la combinación de Servicio para obtener el desplazamiento en la losa inferior.

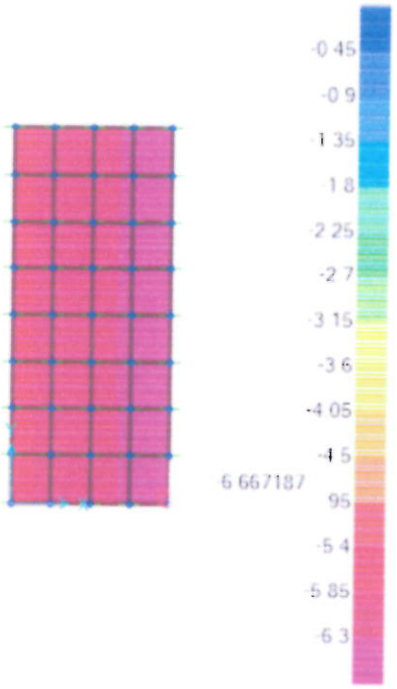


### 3.4.3 Presiones de contacto

La presión de contacto máxima es de 6.7 Ton/m2, siendo menor a la capacidad para cargas de servicio del diseño geotécnico.

**Tabla No. 7. Valores Capacidad Portante Mayorada**

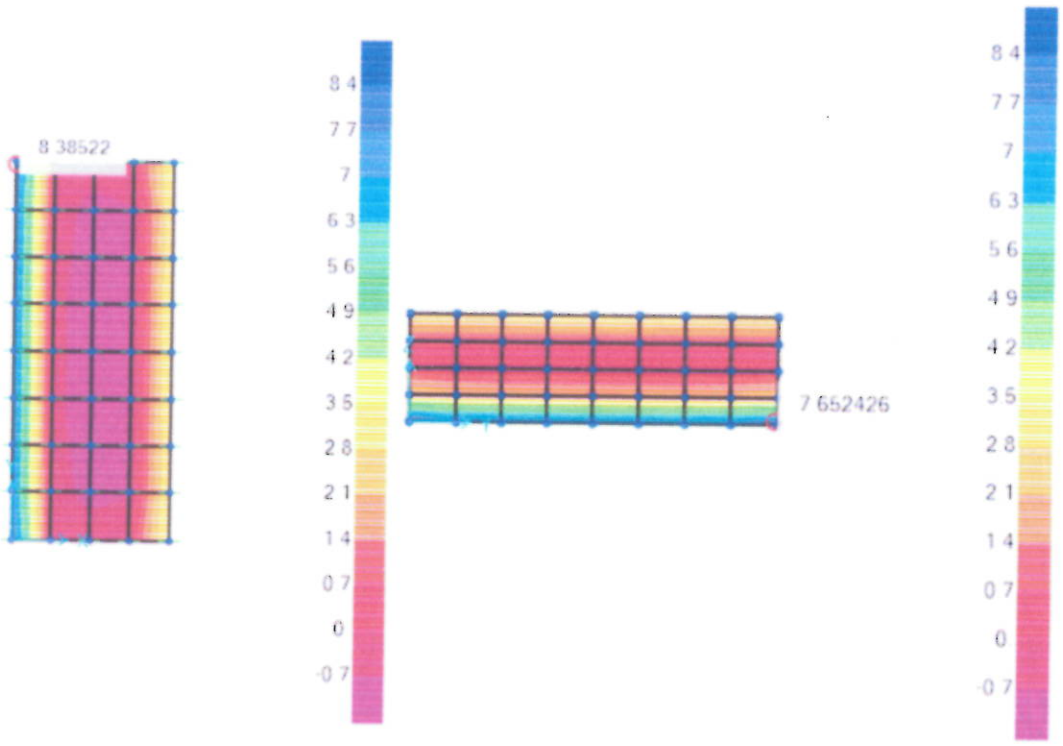
| B (m) | L (m) | Df (m) | Q (ton) | $q_n$ (ton/m$^2$) | Estado Límite | | | σ (ton/m$^2$) | ka | kp | ko |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Resistencia I | Servicio | Evento Extremo | | | | |
| | | | | | $q_R$ (ton/m$^2$) | $q_R$ (ton/m$^2$) | $q_R$ (ton/m$^2$) | | | | |
| 3,00 | 8,00 | 1,00 | 136,20 | 52,61 | 23,67 | 34,20 | 42,09 | 5,68 | 0,35 | 2,88 | 0,52 |




Carrera 13 N° 18-31 Edificio Sociedad de Ingenieros Oficina 303 - Armenia - Quindío
CEL: 3165329355 - 3107773658
incorescivíles@gmail.com

## 4 DISEÑO A FLEXIÓN

Para los combos gravitacionales mayorados se obtiene como demanda máxima 8.4 ton.m/m para la losa de contrapiso, y de 7.65 ton.m/m.




Carrera 13 N° 18-31 Edificio Sociedad de Ingenieros Oficina 303 - Armenia - Quindío
CEL: 3165329355 - 3107773658
incoresciviles@gmail.com

Se verifica el refuerzo para estos muros y losas.

Muros:

| CUANTÍA DE LOSA SEGÚN C.23 | | | |
|---|---|---|---|
| f'c (MPa) | 28 | fy (MPa) | 420 |
| $\rho_{min}$ | 0.0033 | fs (MPa) | 182.65732 |
| B (m) | 1 | h (m) | 0.35 |
| L (m) | 3 | rec (cm) | 9 |
| d (m) | 0.26 | | |

| | | |
|---|---|---|
| Carga mayorada | 84.5 | kN.m |
| Carga no mayorada | 61.3 | kN.m |
| $\gamma$ | 1.3785 | |
| Sd | 1.0000 | |

| | X | |
|---|---|---|
| Asmin | 8.67 | $cm^2$ |
| barras a usar | #5 | |
| espaciamiento a usar (cm) | 20 | |
| cant. Barras en 1 m | 5 | |
| As uso | 9.95 | $cm^2$ |
| | OK | |

| | X | |
|---|---|---|
| Mn | 104.99 | kN.m |
| $\phi$ | 0.90 | |
| $\phi$Mn | 94.49 | kN.m |
| | OK | |

| | |
|---|---|
| ACERO REQUERIDO: | usar barras #5 cada 20 cm |

Carrera 13 N° 18-31 Edificio Sociedad de Ingenieros Oficina 303 - Armenia - Quindío
CEL: 3165329355 - 3107773658
incoresciviles@gmail.com

Losas:

| CUANTÍA DE LOSA SEGÚN C.23 | | | |
|---|---|---|---|
| f'c (MPa) | 28 | fy (MPa) | 420 |
| $\rho_{min}$ | 0.0033 | fs (MPa) | 182.65732 |
| B (m) | 1 | h (m) | 0.35 |
| L (m) | 3 | rec (cm) | 9 |
| d (m) | 0.26 | | |

| | | |
|---|---|---|
| Carga mayorada | 83.8 | kN.m |
| Carga no mayorada | 61.1 | kN.m |
| $\gamma$ | 1.3715 | |
| Sd | 1.0000 | |

| | X | |
|---|---|---|
| Asmin | 8.67 | $cm^2$ |
| barras a usar | #5 | |
| espaciamiento a usar (cm) | 20 | |
| cant. Barras en 1 m | 5 | |
| As uso | 9.95 | $cm^2$ |
| | OK | |

| | X | |
|---|---|---|
| Mn | 104.99 | kN.m |
| $\phi$ | 0.90 | |
| $\phi$Mn | 94.49 | kN.m |
| | OK | |

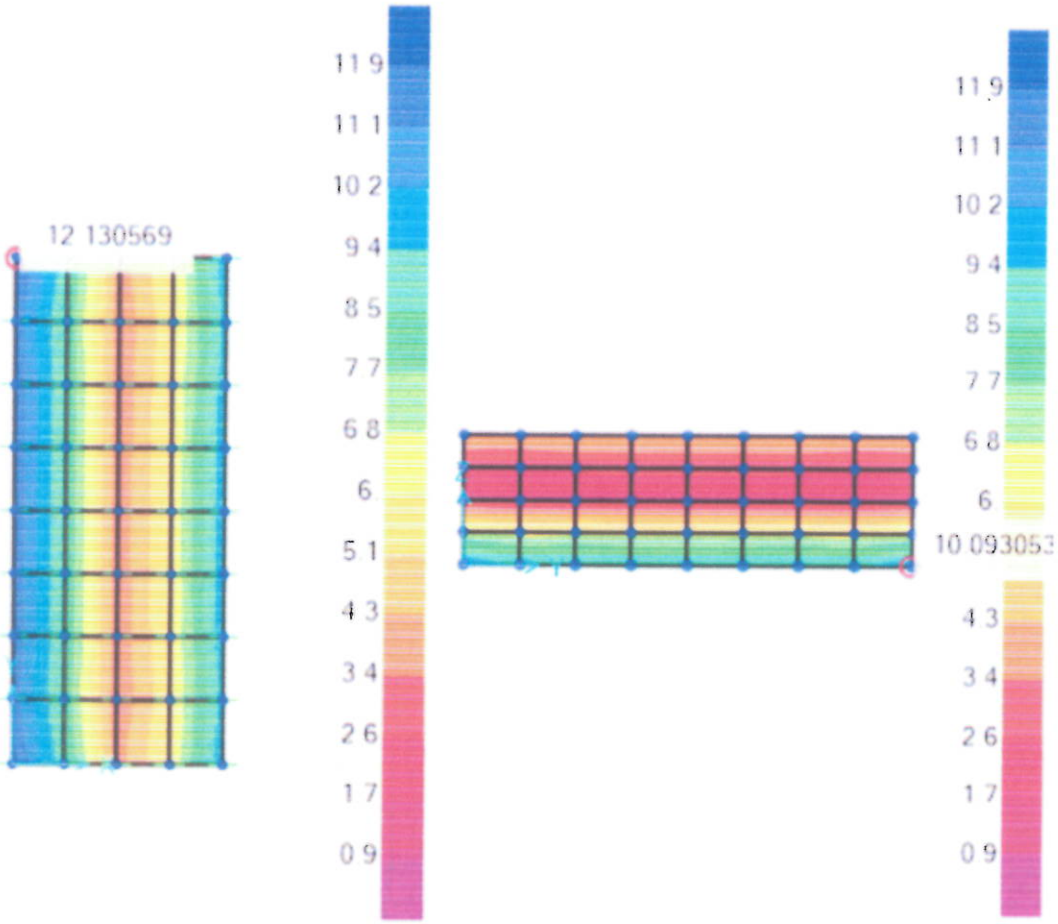
| | |
|---|---|
| ACERO REQUERIDO: | usar barras #5 cada 20 cm |

Se define como refuerzo del box culvert, en todos sus muros y losas barras #5 cada 20 cm.

Carrera 13 N° 18-31 Edificio Sociedad de Ingenieros Oficina 303 - Armenia - Quindío
CEL: 3165329355 - 3107773658
incoresciviles@gmail.com

## 5 DISEÑO A CORTANTE

Para los combos gravitacionales mayorados se obtiene como demanda máxima 10.1 ton/m para la losa de contrapiso, y de 12.13 ton/m.




Se verifica la capacidad del muro a cortante.

| | *Sistema SI esfuerzos en MPa* |
|---|---|
| **Sección C.11.11.3.1** | $0.17\lambda\sqrt{f'_c}\,b_o d$ |


Carrera 13 N° 18-31 Edificio Sociedad de Ingenieros Oficina 303 - Armenia - Quindío
CEL: 3165329355 - 3107773658
incorescivíles@gmail.com

| CHEQUEO CORTANTE EN CONCRETO | | | |
|---|---|---|---|
| f'c (MPa) | 28 | fy (MPa) | 420 |
| B (m) | 1 | h (m) | 0.35 |
| L (m) | 3 | rec (cm) | 9 |
| d (m) | 0.26 | | |

| | | |
|---|---|---|
| Carga mayorada | 121.3 | kN |

| | |
|---|---|
| barras a usar | #5 |
| espaciamiento a usar (cm) | 20 |

| | X | |
|---|---|---|
| Vc | 233.88 | kN |
| $\phi$ | 0.75 | |
| $\phi$Vc | 175.41 | kN |
| | OK | |

## 6 ESTRUCTIRA DE CIMENTACIÓN

Para la cimentación del box culvert, se recomienda incluir un concreto ciclópeo de 30 cm de espesor, y sobre este, 5 cm de concreto de limpieza. Esto en busca de prevenir la erosión por flujo de agua bajo la losa inferior, situación que generaría agrietamientos y fracturas del concreto con el tiempo. También es muy importante esta condición, ya que, como el box culvert se encuentra bajo una vía con una pendiente pronunciada, debido a esta geometría esta puede ser sometida a asentamientos diferenciales que puedan afectar la estructura, y la cimentación recomendada controla de gran manera esta condición.

Diseñó:

**YEISON HUMBERTO CUBILLOS CARDONA**
**Ingeniero civil especialista en estructuras**
**MP: 63202-385286QND**

Visto bueno geotecnia:

**JUAN JOSE PIEDRAHITA RIOS**
**Ingeniero civil Msc. Geotecnia**
**MP: 25202-57736CND**