# AGENCIA PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL META

**DISEÑO ESTRUCTURAL**

**MEJORAMIENTO DE LA VIA QUE CONDUCE DESDE LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN CARLOS DE GUAROA HASTA EL PUENTE SOBRE EL RIO METICA EN LA VEREDA EL BARRO EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAROA, META**


## PRESENTADO POR:
## JUAN FERNANDO LOZANO SEPÚLVEDA
## CARGO: ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS


## VILLAVICENCIO, ENERO DE 2022

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

| | | |
|---|---|---|
| ELABORO | Nombre | JUAN FERNANDO LOZANO S. |
| | Cedula | 1121865618 |
| | Matricula Profesional | 25202323109 CND |
| | N° de Contrato | 529 de 2021 |
| | Firma | |
| VALIDÓ | Nombre | MIGUEL ÁNGEL PINZÓN DIAZ |
| | Cedula | 1.026.575.035 |
| | Matricula Profesional | 25202-261734 CND |
| | N° de Contrato | 543 DE 2021 |
| | Firma | |
| REVISÓ | Nombre | GINA TATIANA ELAICA |
| | Cedula | 40.189.306 |
| | Matricula Profesional | 25238-173393 CND |
| | N° de Contrato | 067 DE 2022 |
| | Firma | |
| APROBÓ | Nombre | OSCAR DANIEL SALAMANCA VARGAS |
| | Cedula | 79724607 |
| | Matricula Profesional | 54202- 116253 NTS |
| | N° de Contrato | 313-2021 |
| | Firma | |



Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN ..... 7
1.1. OBJETIVO ..... 8
1.2. ALCANCE ..... 8
1.3. MARCO DE REFERENCIA LEGAL ..... 9
1.3.1 NORMAS GENERALES ..... 9
1.3.2 NORMAS REGLAMENTARIAS ..... 9
1.4. ANTECEDENTES ..... 10
2. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO ..... 11
2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO ..... 11
2.2. ACTIVIDADES DE DISEÑO Y DESARROLLO ..... 12
3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ALCANTARILLAS ..... 13
3.1. MATERIALES ..... 14
3.1.1. ESPESOR DE LA PLACA INFERIOR ..... 15
3.1.2. ESPESOR DE LOS MUROS ..... 15
3.1.3. RECUBRIMIENTO DEL ACERO DE REFUERZO ..... 16
3.2. CARGAS ..... 17
3.2.1. CARGAS PERMANENTES – DC y DW ..... 17
3.2.2. CARGAS MUERTAS POR PESO PROPIO ..... 18
3.2.3. CARGAS VIVAS – LL ..... 19
3.2.3.1. CAMIÓN DE DISEÑO DEL CCP-14 ..... 19
3.2.3.2. TÁNDEM DE DISEÑO DEL CCP-14 ..... 20
3.2.4. CARGA DE CARRIL DE DISEÑO ..... 20
3.2.4.1. FACTOR DE PRESENCIA MÚLTIPLE ..... 21
3.2.5. CARGAS DE SUELO – ES ..... 22
3.2.6. SOBRECARGA POR CARGA VIVA – LS ..... 23
3.2.7. CARGAS DE SISMO – EQ ..... 23
4. COMBINACIONES DE CARGA PARA DISEÑO ..... 25
5. ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA ALCANTARILLA ..... 26
6. ALCANTARILLA SENCILLA TIPO – Ø36” ..... 27
6.1. DISEÑO DE CABEZAL ..... 28
6.2. DISEÑO DE ALETA ..... 31
7. ALCANTARILLA DOBLE TIPO – Ø36” ..... 34
7.1. DISEÑO DE CABEZAL ..... 35
7.2. DISEÑO DE ALETA ..... 38



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

8. CONCLUSIONES ..... 41
9. RECOMENDACIONES ..... 42
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ..... 43
11. ANEXOS Y REGISTROS DE CALIDAD ..... 44
11.1. MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD ..... 44
12. CONTROL DE CAMBIOS ..... 47
13. REGISTROS DE CALIDAD ..... 47



Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

## TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1. Localización general del proyecto ..... 11
Imagen 2. Camión de diseño CCP-14..... 19
Imagen 3. Tándem de diseño CCP-14..... 20
Imagen 4. Carga de carril de diseño del CCP-14..... 20
Imagen 5. Espectro elástico de aceleraciones..... 24
Imagen 6. Geometría de alcantarilla sencilla Ø36” – Sección transversal..... 27
Imagen 7. Geometría de alcantarilla sencilla Ø36” – Vista en planta ..... 27
Imagen 8. Geometría de alcantarilla doble Ø36” – Sección transversal ..... 34
Imagen 9. Geometría de alcantarilla doble Ø36” – Vista en planta..... 34



Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factor de distribución de carga viva para estructuras enterradas..... 12
Tabla 2. Características generales de la alcantarilla. ..... 13
Tabla 3. Propiedades mecánicas de los concretos empleados ..... 14
Tabla 4. Propiedades mecánicas de la cero de refuerzo convencional ..... 14
Tabla 5. Propiedades mecánicas del acero de refuerzo..... 14
Tabla 6. Profundidad mínima de la placa superior ..... 15
Tabla 7. Recubrimiento para armaduras principales ..... 16
Tabla 8. Tabla 8 Valores típicos de diferentes materiales ..... 17
Tabla 9. Factores de presencia múltiple..... 21
Tabla 10. Parámetros sísmicos del proyecto ..... 23
Tabla 11. Tabla 12 Combinaciones de carga para diseño ..... 25



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 1. INTRODUCCIÓN

El siguiente informe corresponde al diseño estructural de una alcantarilla tipo que se presentan como solución a las obras necesarias que se ubican sobre la vía que conduce desde la cabecera municipal de San Carlos de Guaroa hasta el puente sobre el rio metica en la vereda el barro en el municipio de San Carlos de Guaroa,

El análisis estructural se realizado empleó un modelo matemático bidimensional (plano vertical). La metodología de análisis usada corresponde al método de las franjas equivalentes, establecido en el Código Colombiano de Puentes – CCP14. Las cargas permanentes DC y DW se consideraron por m de ancho de tablero y las cargas vivas se repartieron en el ancho de franja para franjas interiores y de borde.

Una vez calculadas las máximas solicitaciones, se realizó el diseño de los elementos estructurales de concreto reforzado según los requisitos y recomendaciones establecidas en la SECCIÓN 5 – ESTRUCTURAS DE CONCRETO DE CCP -14.



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

## 1.1. OBJETIVO

Realizar el diseño estructural de las obras hidráulicas (alcantarillas), de acuerdo con los requisitos y recomendaciones establecidos en Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes CCP-14.

## 1.2. ALCANCE

El alcance de este componente del proyecto obedece al diseño estructural estructuras para los descoles de alcantarillas.

- Realizar un predimensionamiento y/o definición de la geometría de alcantarillas con base en los requisitos y recomendaciones establecidos en CCP-14 y en las recomendaciones del estudio hidráulico.
- Realizar la evaluación de cargas verticales y horizontales y posteriormente, su respectiva aplicación en un modelo matemático bidimensional.
- Obtener la distribución del refuerzo principal y secundario de acuerdo con los resultados obtenidos del respectivo análisis estructural.



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

## 1.3. MARCO DE REFERENCIA LEGAL

- AASHTO LRFD Bridge Design Specification Edition 2007 SI.
- Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes. C.C.D.S.P. 114.
- ACI 318.

De acuerdo con el C.C.D.S.P. 14 en el apartado A.1.1.3. Las normas AASHTO LRFD representan un enfoque más moderno y confiable por lo que se opta por utilizar esta normativa como parámetro para la realización de los diseños de este proyecto.

### 1.3.1 NORMAS GENERALES

- AASHTO LRFD Bridge Design Specification Edition 2007 SI.
- Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes. C.C.D.S.P. 114.
- ACI 318.

### 1.3.2 NORMAS REGLAMENTARIAS

- AASHTO LRFD Bridge Design Specification Edition 2007 SI.
- Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes. C.C.D.S.P. 114.
- ACI 318.

## 1.4. ANTECEDENTES

Como solución para conducción de aguas residuales y sistemas de control de agua en pasos naturales que cruzan proyectos viales, las estructuras enterradas han resultado ser buenas alternativas. La más popular de estas es la alcantarilla, estructura ampliamente utilizada en la conducción de fluidos (tubería-túnel). Actualmente, hay estudios sobre su comportamiento y respuesta ante distintas solicitaciones. En 1990 se completó un estudio en la Universidad de Nebraska en Estados Unidos en el cual se instrumentó un Box Culvert de doble canal sometido a distintas condiciones de carga viva y de alturas de relleno variables. Los resultados mostrados por el estudio relacionan la validez de los datos con modelaciones obtenidas en computador y evalúan algunas consideraciones que presenta la normativa AASTHO Estándar para el diseño de estas estructuras.
En Colombia se han utilizado este tipo de estructuras durante las últimas dos décadas. En 1994 se publicó el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes que contiene un capítulo de estructuras enterradas, las consideraciones para el diseño y construcción de éstas. Tanto la AASTHO como el CCDSP-95 utilizan expresiones y consideraciones empíricas para cuantificar la disipación de esfuerzos generados por la carga viva a la que están expuestas estas estructuras. Hay varios estudios acerca de cómo las estructuras enterradas sienten el efecto de la carga viva que, aunque demuestran un conocimiento bastante avanzado acerca del comportamiento y respuesta sigue siendo una incertidumbre para los diseñadores el poder conocer las condiciones exactas a las que son sometidas éstas.
Fuente:
GONZALES MERCHAN, G. A., & DE CASTRO PASSEGA, J. M. (ABRIL de 2010). ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS VERTICALES EN RELLENOS COMPACTADOS EN COMPARACION CON LA ESTABLECIDA EN EL CCDSP-95.



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 2. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

## 2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado el corredor vial inicia en casco urbano del municipio de San Carlos de Guaroa en su costado oriental, hasta llegar al puente del rio Metica, en la Vereda El Barro, el tramo de vía contempla aproximadamente 8.0 km




*Imagen 1. Localización general del proyecto*

*Fuente: Tomado de Google Earth*

## 2.2. ACTIVIDADES DE DISEÑO Y DESARROLLO

GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA

Para cada tipo de estructura se planteó una geometría específica, la cual fue proyectada de acuerdo con los requerimientos hidráulicos y la capacidad estructural de cada elemento que conforma la alcantarilla, cabezal de descarga entre otros. La geometría detallada de cada estructura se muestra en el desarrollo del documento.

ALTURA DEL RELLENO POR ENCIMA DE LA PLACA SUPERIOR

De acuerdo con las disposiciones establecidas en CCP-14, el tratamiento de las cargas vivas actuantes sobre estructuras como alcantarillas, depende de la altura del relleno sobre estas. A continuación, se mencionan las principales características lo descrito:

CASO 1

Cuando la altura del relleno sobre la estructura sea mayor a 300 mm, pero menor a 600 mm, la carga viva debe distribuirse como en los puentes.

CASO 2

Cuando la altura del lleno sobre la estructura sea mayor a 600 mm, pero menor a 2400 mm la carga viva debe ser distribuida como carga de rueda, uniformemente distribuida sobre un área rectangular con lados equivalentes a las dimensiones del área de contacto del neumático como lo especifica el artículo 3.6.1.2.5 del código, incrementando por los factores de distribución de carga viva (LLDF) especificados en la tabla 3.6.1.2.6a-1 de la Norma.

| Tipo de Estructura | LLDF transversal o paralelo al tramo |
|---|---|
| Tuberías de concreto con relleno con profundidad de 600mm o mayor | 1.15 para diámetros de 600mm o menos<br>1.75 para diámetros de 2400mm o mayores<br>Para hallar el LLDF, Interpolar linealmente entre estos límites. |
| Todas las demás alcantarillas y estructuras enterradas | 1.15 |

*Tabla 1. Factor de distribución de carga viva para estructuras enterradas*

*Fuente: CCP-14*

CASO 3

Cuando el relleno sobre la estructura es superior a 2400 mm los efectos por carga viva no se tienen en cuenta.

Con el propósito de contar con un factor de seguridad adicional, se supone un espesor de 60 cm de relleno sobre las paredes de la tubería de la alcantarilla.



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ALCANTARILLAS

A continuación, se presentan las principales características del proyecto:

| | |
|---|---|
| Tipo de estructura: | Alcantarilla |
| Tipo de celda: | Sencilla Ø36” |
| Longitud (medida en la dirección paralela al tránsito): | 1.10 m |
| Ancho total (medido en la dicción ortogonal): | 7.50 m |
| Región de la estructura (CCP-14): | 4 |
| $f'_c$ para muros, placas y bordillos: | 21 MPa (3000 psi) |
| Espesor de los muros: | 200 mm |
| Espesor de la placa de fondo: | 150 mm |
| $f'_c$ para aletas (vástago y zarpa) | 21 MPa (3000 psi) |

*Tabla 2. Características generales de la alcantarilla.*

*Fuente: Elaboración propia*



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

## 3.1. MATERIALES

Los materiales empleados en el análisis y diseño de las alcantarillas se especifican en la siguiente tabla:

CONCRETO PARA LAS ALCANTARILLAS

| Elemento | $f'_c\ (MPa)$ | $E\ (MPa)$ | $\gamma\ (kN/m^3)$ | $\mu$ | $G\ (MPa)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Muros | 21 | 17872,04 | 24 | 0,20 | 7446,68 |
| Placas | 21 | 17872,04 | 24 | 0,20 | 7446,68 |
| Bordillos | 21 | 17872,04 | 24 | 0,20 | 7446,68 |
| Aletas | 21 | 17872,04 | 24 | 0,20 | 7446,68 |

*Tabla 3. Propiedades mecánicas de los concretos empleados*

*Fuente: Elaboración propia*

ACERO DE REFUERZO

| - | Norma | $F_y\ (MPa)$ | $E\ (MPa)$ |
|---|---|---|---|
| Ref. longitudinal | ASTM A706 Gr. 60 | 420 | 200.000 |
| Ref. transversal | ASTM A706 Gr. 60 | 420 | 200.000 |

*Tabla 4. Propiedades mecánicas de la cero de refuerzo convencional*

*Fuente: Elaboración propia*

ACERO LAMINADO EN CALIENTE

| Elemento | $F_y\ (MPa)$ | $F_u\ (MPa)$ | $E\ (MPa)$ | $\gamma\ (kN/m^3)$ | $\mu$ | $G\ (MPa)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ASTM A36 | 250 | 400 | 200.000 | 78 | 0,30 | 76903,07 |

*Tabla 5. Propiedades mecánicas del acero de refuerzo*

*Fuente: Elaboración propia*



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

### 3.1.1. ESPESOR DE LA PLACA INFERIOR

La altura de la placa se calculó con base en las recomendaciones de la tabla 2.5.2.6.3-1 del CCP-14. A continuación, se muestra la parte correspondiente a placas, de dicha tabla:

| Superestructura | | Profundidad mínima (incluyendo el tablero)<br><br>Los valores pueden ajustarse para tener en cuenta cambios en rigidez de secciones de momento positivo y negativo | |
|---|---|---|---|
| Material | Tipo | Luces simplemente apoyadas | Luces continuas |
| Concreto reforzado | Losas con refuerzo principal paralelo al trafico | $h = \frac{1.2\ (S + 3000)}{30}$ | $h = \frac{S + 3000}{30} \geq 165\ mm$ |

*Tabla 6. Profundidad mínima de la placa superior*

*Fuente: CCP-14*

Reemplazando los términos de la ecuación, es posible evidenciar que el espesor de la losa resulta en un valor inferior al mínimo (150 mm), sin embargo, se escoge:

$$h = 150\ mm$$

### 3.1.2. ESPESOR DE LOS MUROS

Los muros se proyectan con un espesor de 250 mm para el muro principal del descole de la alcantarilla y muros con espesor de 200 mm para las aletas



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

### 3.1.3. RECUBRIMIENTO DEL ACERO DE REFUERZO

El recubrimiento y/o protección del refuerzo empleado para fines de diseño y elaboración de planos, obedece a los requisitos establecidos en la SECCIÓN 5 – ESTRUCTURAS DE CONCRETO DE CCP-14. La siguiente tabla muestra los valores del recubrimiento para cada condición.

| **Situación** | **Recubrimiento (mm)** |
|---|---|
| Exposición directa al agua salada | 100 |
| Hormigonado contra el suelo | 75 |
| Ubicaciones costeras | 75 |
| Exposición a sales anticongelantes | 60 |
| Superficies de losa del puentes con tránsito de neumáticos con clavos o cadenas | 60 |
| Otras situaciones exteriores | 50 |
| Otras situaciones interiores<br>• Hasta Barras No. 11<br>• Barras No. 14 y No. 18 | <br>40<br>50 |
| Fondo de losas vaciadas *in situ*<br>• Hasta Barras No. 11<br>• Barras No. 14 y No. 18 | <br>25<br>50 |
| Encofrados inferiores para paneles prefabricados | 20 |
| Pilotes prefabricados de concreto armado<br>• Ambientes no corrosivos<br>• Ambientes corrosivos | <br>50<br>75 |
| Pilotes prefabricados de concreto presforzado | 50 |
| Pilotes vaciados *in situ*<br>• Ambientes no corrosivos<br>• Ambientes corrosivos<br>– En general<br>– Refuerzo protegido<br>• Cáscaras<br>• Concreto vaciado con bentonita, concreto vaciado por el sistema tremie o construcción con lechada | <br>50<br><br>75<br>75<br>50<br><br>75 |

*Tabla 7. Recubrimiento para armaduras principales*

*Fuente: CCP-14*



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

## 3.2. CARGAS

Las cargas aplicadas en la estructura están bajo las consideraciones y recomendaciones establecidas en SECCIÓN 3 – CARGAS Y FACTORES DE CARGA DEL CCP-14.

### 3.2.1. CARGAS PERMANENTES – DC y DW

Se consideran como cargas muertas: DC, DW y EV, en donde:

- DC Cargas por el peso propio de componentes estructurales y no estructurales
- DW Peso propio de la capa de rodadura y de instalaciones
- EV Presión vertical del peso propio del suelo de relleno

La siguiente tabla (tomada del CCP-14) muestra valores típicos para pesos unitarios de diferentes materiales:

| Material | | Peso Unitario (kN/m³) |
|---|---|---|
| Aleaciones de Aluminio | | 28 |
| Pavimentos Bituminosos | | 22,5 |
| Hierro fundido | | 72 |
| Relleno de ceniza | | 9,6 |
| Arena, Limo o Arcilla Compactadas | | 19,25 |
| Concreto simple | Liviano | 17,75 |
| | De Arena Liviana | 19,25 |
| | Normal con f´c ≤ 35 MPa | 23,20 |
| | Normal con 35 < f´c ≤ 105 MPa | 23,04 |
| Arena, Limo o Grava Sueltas | | 16 |
| Arcilla Blanda | | 16 |
| Grava Compactada, Macadam, o Cascajo | | 22,5 |
| Acero | | 78,5 |
| Mampostería de Piedra | | 27,25 |
| Madera | Dura | 9,6 |
| | Blanda | 8 |
| Agua | Dulce | 1 |
| | Salada | 10,25 |
| Sistemas de rieles, Traviesas, y fijaciones por cada Riel | | 3 |

*Tabla 8. Tabla 8 Valores típicos de diferentes materiales*

*Fuente: CCP-14*



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

### 3.2.2. CARGAS MUERTAS POR PESO PROPIO

Las cargas muertas correspondientes al peso propio de la estructura son tomadas automáticamente por el programa de cálculo estructural, al leer el peso de los elementos y su respectivo material, que obedece a concreto reforzado.
Por último, se consideró una carga de pavimento de 5 cm de espesor previendo futuros mantenimientos de la carretera.



Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

### 3.2.3. CARGAS VIVAS – LL

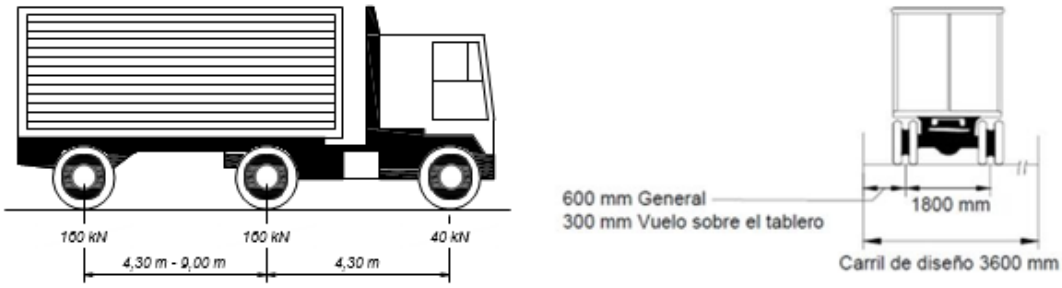
La carga que actúa sobre la alcantarilla corresponde a una combinación de:

- Carga de carril de diseño más el camión de diseño del CCP-14
- Carga de carril de diseño más el tándem de diseño del CCP-14

Debe escogerse aquella que produzca los efectos más desfavorables sobre el puente. A continuación, se presentan las principales características de dichas cargas.

#### 3.2.3.1. CAMIÓN DE DISEÑO DEL CCP-14

El camión de diseño es en vehículo compuesto por 3 ejes. El primer eje produce una carga de 40 kN, el segundo eje, a 4.30 m del primer eje produce una carga de 160 kN y el eje posterior está a una distancia variable entre 4.30 m y 9.00 medida desde el eje intermedio (debe utilizarse aquella que produzca los efectos de mayor magnitud sobre el puente) y produce una carga de 160 kN (En puentes de luz simple, el efecto más desfavorable del camión corresponde a aquel en el cual, los ejes de 160 kN tienen la menor separación posible). Cada eje está compuesto por dos ruedas, cada una produce una carga de 80 kN y están separadas (transversalmente) 1.80 m entre sí. La siguiente figura muestra la configuración del camión CCP-14.




(a) Perfil longitudinal del camión de diseño CCP-14 (b) Vista posterior del camión de diseño CCP-14

*Imagen 2. Camión de diseño CCP-14*

*Fuente: CCP-14*

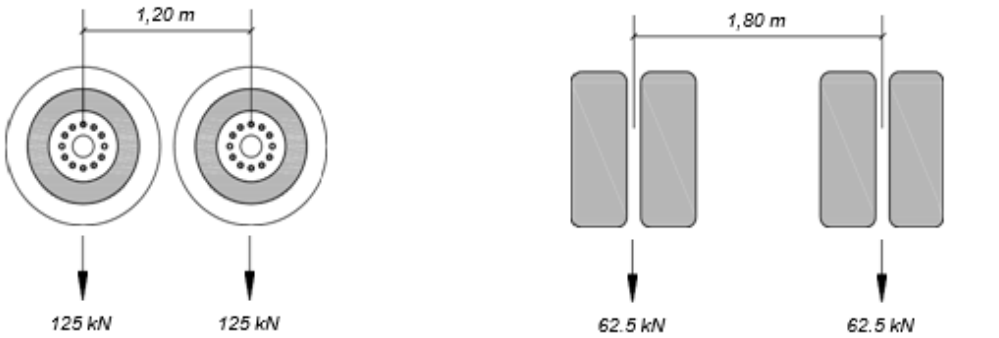


DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

### 3.2.3.2. TÁNDEM DE DISEÑO DEL CCP-14

El tándem está compuesto por dos ejes que están separados longitudinalmente una distancia de 1.20 m y transversalmente 1.80 m (igual que el camión CCP – 14). Cada eje produce una carga de 125 kN. En puentes simples, de luz corta, los efectos producidos por el tándem son generalmente más desfavorables que los producidos por el camión.




Perfil longitudinal del camión de diseño CCP-14 (b) Vista posterior del camión de diseño CCP-14

*Imagen 3. Tándem de diseño CCP-14*

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.4. CARGA DE CARRIL DE DISEÑO

Se debe considerar una carga de carril de diseño que corresponde a una carga uniformemente distribuida en toda la longitud del puente y tiene una magnitud de 10.3 kN/m. Los efectos producidos por la carga de carril de diseño no deben afectarse por el factor de amplificación dinámica.

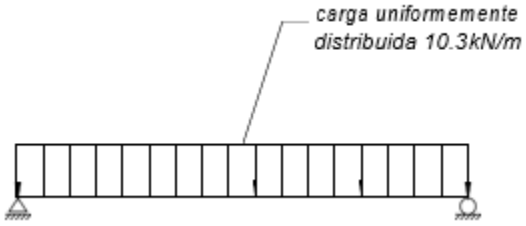



*Imagen 4. Carga de carril de diseño del CCP-14*

*Fuente: Elaboración propia*



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

### 3.2.4.1. FACTOR DE PRESENCIA MÚLTIPLE

El factor de presencia múltiple, m, (Tabla 3.6.1.1.2-1) considera que múltiples carriles del puente están cargados simultáneamente. Se debe aplicar a los efectos producidos por la carga viva.

- Deben usarse cuando se investigue el efecto de un carril cargado
- Puede usarse cuando se investigue el efecto de 3 o más carriles cargados

| Número de carriles cargados | Factor de presencia múltiple, m |
|---|---|
| 1 | 1.20 |
| 2 | 1.00 |
| 3 | 0.85 |
| >3 | 0.65 |

*Tabla 9. Factores de presencia múltiple*

*Fuente: CCP-14*



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

### 3.2.5. CARGAS DE SUELO – ES

Las cargas de suelo son: EH, ES y DD, en donde:

- EH Empuje horizontal del suelo
- ES Sobrecargas del suelo
- DD Fuerza de fricción negativa

La carga proveniente del empuje lateral de tierras, aplicada en las paredes del descole y aletas de la alcantarilla, se calcula de la siguiente manera:

$$p = \gamma * k_a * h$$

En donde:

| | |
|---|---|
| $h$ (m) | Altura total de la alcantarilla |
| $\gamma$ (kN/m³) | Peso específico del material |
| $k_a$ | Coeficiente de presión activa del terreno (según estudio de suelos) |
| $p$ (kN/m²) | Presión en la base del muro |



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

### 3.2.6. SOBRECARGA POR CARGA VIVA – LS

En el caso de las alcantarillas se ha tenido en cuenta únicamente el caso de sobrecarga horizontal sobre las paredes de la alcantarilla

.

De acuerdo con la Ec. 3.11.6.4-1 de CCP-14, la presión constante por sobrecarga horizontal, es:

$$\sigma 1 = \gamma * k_a * h_e$$

### 3.2.7. CARGAS DE SISMO – EQ

No se considera el efecto sísmico sobre estructuras enterradas como alcantarillas. No obstante, se considera el efecto sísmico para el diseño de las aletas, cuyo comportamiento es similar al de muros de contención.

La siguiente tabla muestra los parámetros sísmicos para el diseño de los elementos estructurales:

| | | |
|---|---|---|
| Municipio: | San Carlos de Guaroa | Localización del municipio |
| Departamento: | Meta | Departamento al cual pertenece el municipio |
| Tipo de Perfil | E | Tipo de perfil del terreno de acuerdo con estudio geotécnico |
| Región PGA | 3 | Valor de PGA según Figura 3.10.2.1-1 de CCP-14 |
| Región $S_s$ | 3 | Valor de $S_s$ según Figura 3.10.2.1-2 de CCP-14 |
| Región $S_1$ | 3 | Valor de $S_1$ según Figura 3.10.2.1-3 de CCP-14 |
| PGA | 0.150 | Aceleración Pico Horizontal del Terreno |
| $S_s$ (g) | 0.300 | Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal (para T = 0.20 s) |
| $S_1$ | 0.150 | Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal (para T = 1.00 s) |
| $F_{pga}$ | 2.100 | Factor de sitio |
| $F_a$ | 2.340 | Factor de sitio |
| $F_v$ | 3.350 | Factor de sitio |
| As | 0.315 | Coeficiente sísmico de aceleración horizontal |
| $T_0$ (s) | 0.1432 | Periodo de vibración de referencia |
| $S_{DS}$ | 0.702 | Coeficiente de aceleración espectral de respuesta horizontal |
| $S_{D1}$ | 0.5025 | Coeficiente sísmico para un período de vibración Tm = 1 |
| $T_S$ (s) | 0.798 | Periodo de vibración (Ver CCP-14) |

*Tabla 10. Parámetros sísmicos del proyecto*

*Fuente: Elaboración propia*



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

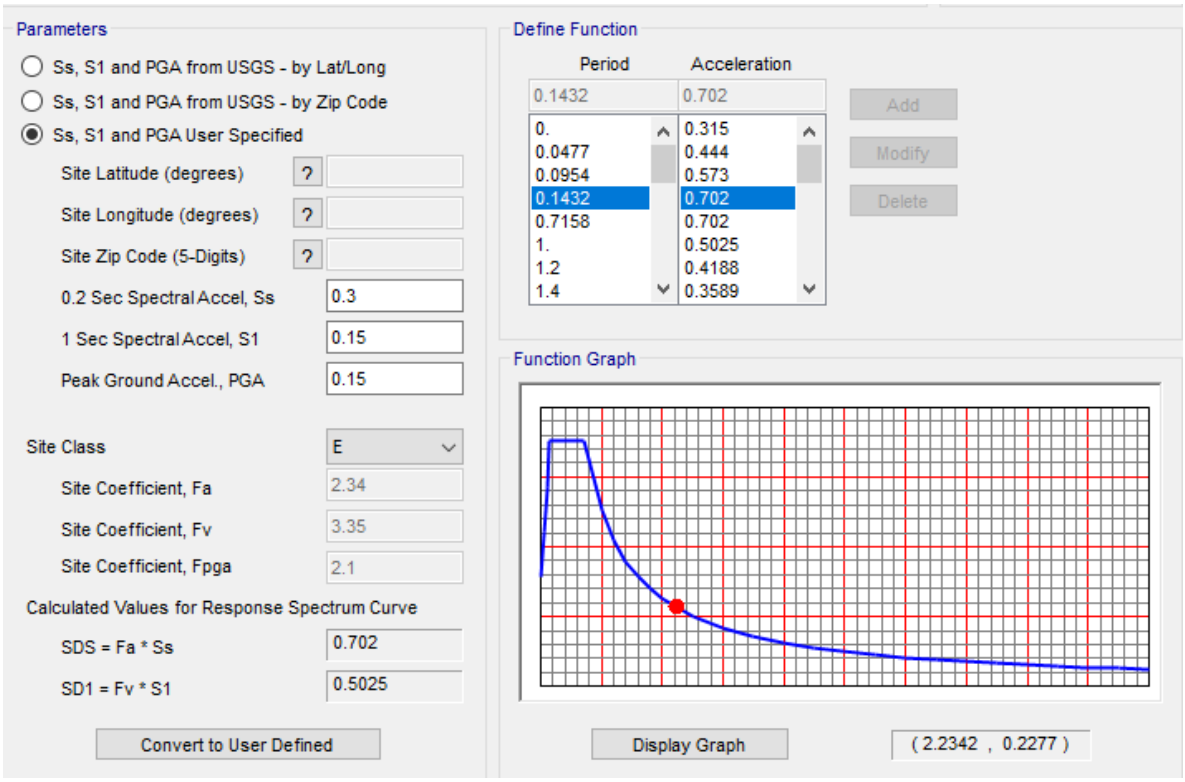



*Imagen 5. Espectro elástico de aceleraciones*

*Fuente: Elaboración propia*



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 4. COMBINACIONES DE CARGA PARA DISEÑO

La siguiente tabla muestra las combinaciones de carga de diseño según CCP-14:

| Estado límite | Nombre de la combinación | Combinación |
|---|---|---|
| Estado límite de resistencia | Resistencia I | $1.25DC + 1.50DW + 1.75LL$ |
| | Resistencia II | $1.25DC + 1.50DW + 1.35LL$ |
| | Resistencia III | $1.25DC + 1.50DW + 1.40WS$ |
| | Resistencia IV | $1.50DC + 1.50DW$ |
| | Resistencia V | $1.25DC + 1.50DW + 1.35LL$ |
| Estado límite de evento extremo | Evento extremo I | $1.25DC + 1.50DW + \gamma_{EQ}EQ$ |
| | Evento extremo II | $1.25DC + 1.50DW + 0.5LL$ |
| Estado límite de servicio | Servicio I | $1.00DC + 1.00DW + 1.00LL + 0.30WS + 1.00WL$ |
| | Servicio II | $1.00DC + 1.00DW + 1.30LL$ |
| | Servicio III | $1.00DC + 1.00DW + 0.80LL$ |
| Estado límite de fatiga | Fatiga I | $1.50LL$ |
| | Fatiga II | $0.75LL$ |

*Tabla 11. Tabla 12 Combinaciones de carga para diseño*

*Fuente: Elaboración propia*



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 5. ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA ALCANTARILLA

Aunque existen varios métodos para modelar alcantarillas, la experiencia en el análisis y diseño de este tipo de estructuras ha demostrado una mayor preferencia por el uso de modelos bidimensionales (2D) compuestos de elementos tipo viga-columna.

El modelo de la alcantarilla se supone compuesto por un apoyo empotrado, a nivel de la placa de fondo. El muro que conforma el cabezal de descarga se encuentra en voladizo. El sistema de fuerzas del modelo se supone que está en equilibrio, por lo tanto, las cargas externas aplicadas son iguales y opuestas a las reacciones producidas en el modelo.

A continuación, se presentan las imágenes correspondientes a los datos de la geometría, cargas, combinaciones de carga, análisis y diseño estructural de la alcantarilla obtenidos del cálculo estructural empleado.



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 6. ALCANTARILLA SENCILLA TIPO – Ø36”

La alcantarilla está conformada por muros de 20 cm de espesor 15 cm para la placa inferior, respectivamente, en concreto de 21 MPa. El ancho total del tablero, medido en la sección perpendicular al sentido de los vehículos, es igual 7.50 m. La estructura corresponde a una alcantarilla sencilla, para una tubería de Ø36”.

Las siguientes figuras muestran la geometría de la sección transversal de la alcantarilla, la sección longitudinal y una vista en planta del mismo.

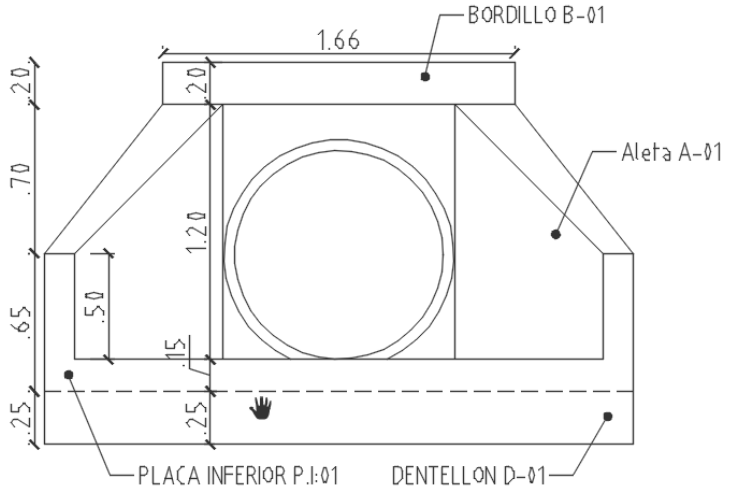



*Imagen 6. Geometría de alcantarilla sencilla Ø36” – Sección transversal*

*Fuente: Elaboración propia*

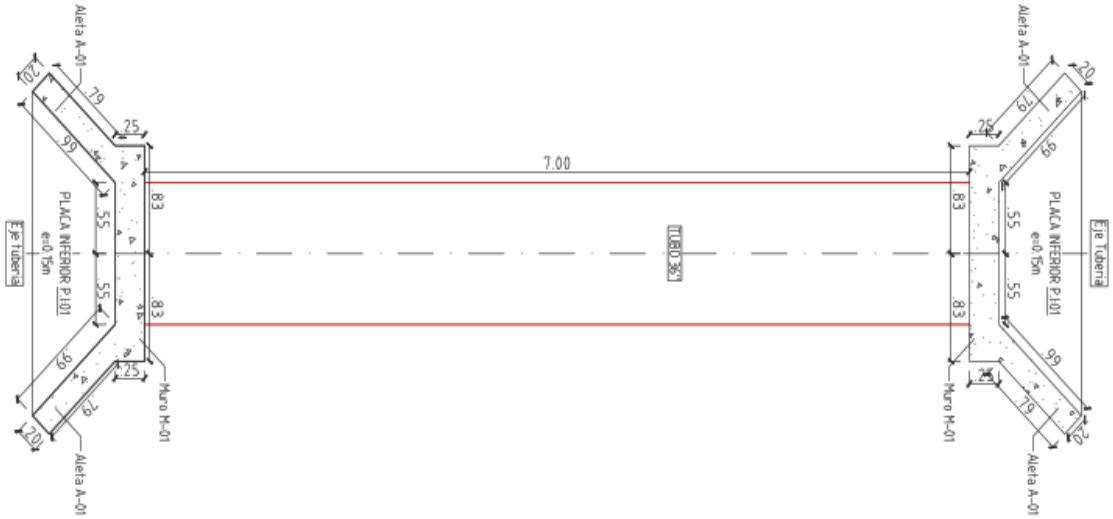



*Imagen 7. Geometría de alcantarilla sencilla Ø36” – Vista en planta*

*Fuente: Elaboración propia*



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 6.1. DISEÑO DE CABEZAL

**Proyecto:** CABEZAL PARA TUBERÍA SENCILLA DE Ø36"
**Localización:** **MEJORAMIENTO DE LA VIA QUE CONDUCE DESDE LA CABECERA MUNICPAL DE SAN CARLOS DE GUAROA HASTA EL PUENTE SOBRE EL RIO METICA EN LA VEREDA EL BARRO EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAROA, META**

***Avaluo de cargas para diseño de muros***

| | | |
|---|---|---|
| Peso unitario del terreno | 17.67 | kN/m3 |
| Perfil de Suelo | E | |
| Capacidad de carga nominal ($q_u$) | 256.00 | kN/m2 |
| Capacidad de carga Resistencia I ($q_R$) | 115.20 | kN/m2 |
| Capacidad de carga Servivio I ($q_S$) | 166.40 | kN/m2 |
| Capacidad de carga Evento Extremo I ($q_E$) | 204.80 | kN/m2 |
| Angulo de friccion interna Ø | 17.94 | ° |
| ka | 0.5291 | |
| Altura (h) del muro | 1.40 | m |
| Altura (h) del Terreno | 1.40 | m |
| Sobrecarga en el terreno (w) | 5.00 | kN/m2 |

Se considera la carga viva sobre el terreno
Para el diseño de los muros se considera el tanque vacio, que es la condición más desfavorable de

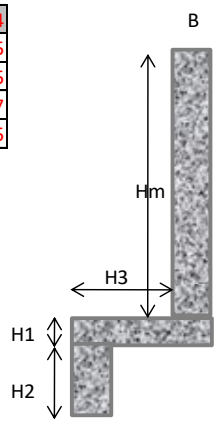
Empuje total: $$Et = \frac{1}{2}k_a\gamma h^2 + wk_a h$$

| | | |
|---|---|---|
| **Et =** | **12.9 kN** | **Puntuales localizados en el centroide del trapecio de presiones.** |

| | | |
|---|---|---|
| **et =** | **14.2 kN/m** | **Carga distribuida supuesta (afectada por un factor de 1.55 para considerar cargas ultimas)** |

| | |
|---|---|
| Wa | 13.0882847 |
| FH1 | 9.161799293 |
| FH2 (sobre carga) | 3.70353274 |
| FH total | 12.86533203 |
| M1 | 4.275506337 |
| m2 (sobre carga) | 2.592472918 |
| m total | 6.867979255 |
| Pp | 13.32 |
| e | 0.515614058 |
| σmax | 59.68074851 |
| σmin | -31.63864325 |
| Kp | 1.890087247 |

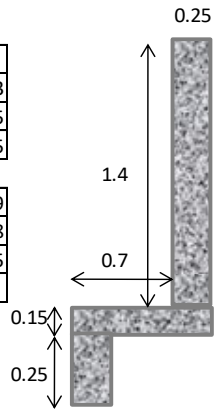
| | |
|---|---|
| Hm | 1.4 |
| H1 | 0.15 |
| H2 | 0.25 |
| H3 | 0.7 |
| B | 0.25 |




| DESLIZAMIENTO | |
|---|---|
| μ | 0.45 |
| Rdesl | 8.665827332 |
| FH1 | 8.41389731 |
| FH2 | 4.761684952 |
| FHTOTAL | 13.17558226 |
| Fsdeslizamiento | 1.557824689 |
| Fssugerido | 1.5 |
| verificacion | OK |

| VOLCAMIENTO | |
|---|---|
| Mantivol1 | 6.93 |
| Mantivol2 | 1.2375 |
| Mantivol3 | 2.8215 |

| | |
|---|---|
| Mtotal | 10.989 |
| FSVOLCA | 1.52574688 |
| Fssugerido | 1.5 |
| verificacion | OK |






DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

| Diseño a flexión para momento máximo positivo | |
|---|---|
| f'c (Mpa) | 21.0 |
| fy (Mpa) | 420.0 |
| h (m) | 0.25 |
| b (m) | 1.00 |
| Recubrimiento (m) | 0.05 |
| d (m) | 0.2 |
| p min | 0.0020 |
| Mu (KN.m) | 14.0 KN.m |
| p flexión | 0.000933 |
| p adoptado | 0.002000 |
| As min (mm2) | 500 |
| As (mm2) | 400 |
| BARRA (/8 inch) | 4 |
| MALLA (mm) | |
| REFUERZO | 4 |
| SEPARACIÓN (m) | 0.200 |

Separación juntas < 6 m

*Momento inferior en la losa por metro de ancho.*

Se debe seleccionar un tipo de barra de refuerzo. NO LOS DOS TIPOS DE BARRAS.

barras

| Diseño a flexión para momento máximo negativo | |
|---|---|
| f'c (Mpa) | 21.0 |
| fy (Mpa) | 420.0 |
| h (m) | 0.25 |
| b (m) | 1.00 |
| Recubrimiento (m) | 0.08 |
| d (m) | 0.175 |
| p min | 0.0022 |
| Mu (KN.m) | 14.0 KN.m |
| p flexión | 0.001223 |
| p adoptado | 0.002200 |
| As min (mm2) | 550 |
| As (mm2) | 385 |
| BARRA (/8 inch) | 4 |
| BARRA (mm) | |
| REFUERZO | 5 |
| SEPARACIÓN (m) | 0.200 |

Separación juntas < 6 m

*Momento superior en la*

Se debe seleccionar un tipo de barra de refuerzo. NO LOS DOS TIPOS DE BARRAS.

barras

| Cargas de diseño (ver pagina anterior) | | |
|---|---|---|
| $w_u$ | 14.2 KN/m | |
| Luz puenteo (L) | 1.40 m | |
| Luz libre (ln) | 1.40 m | |
| **Momento en la base del voladizo** | | |
| **Luz y apoyo** | | |
| | Mu | 14.0 KN.m |
| **Momentos negativos** | | |
| **Luz y apoyo** | | |
| | Mu | 14.0 KN.m |
| **Cortante** | | |
| **Luz y apoyo** | | |
| | Vu | 20.4 KN |

| REFUERZO DE SECCIÓN (1/8 inch) | | |
|---|---|---|
| # | As (mm2) | Separación (m) |
| 2 | 32 | 0.064 |
| 3 | 71 | 0.142 |
| 4 | 129 | 0.258 |
| 5 | 199 | 0.398 |
| 6 | 284 | 0.568 |
| 7 | 387 | 0.774 |
| 8 | 510 | 1.020 |

| REFUERZO DE SECCIÓN (mm) | | |
|---|---|---|
| # | As (mm2) | Separación (m) |
| 4 | 13 | 0.025 |
| 4.5 | 16 | 0.032 |
| 5 | 20 | 0.039 |
| 5.5 | 24 | 0.048 |
| 6 | 28 | 0.057 |
| 6.5 | 33 | 0.066 |
| 7 | 38 | 0.077 |
| 7.5 | 44 | 0.088 |
| 8 | 50 | 0.101 |
| 8.5 | 57 | 0.113 |



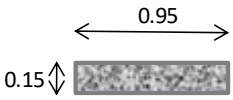
Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

| Revisión a cortante | |
|---|---|
| Vu (KN) | 20.4 KN |
| bw (m) | 1.00 |
| d (m) | 0.2 |
| vu (KN/m2) | 102.1 |
| ϕ | 0.7 |
| ϕvc (KN/m2) | 535 |
| CHEQUEO | OK!!! |
| NO REQUIERE REFUERZO A CORTE | |

*Cortante en la losa por metro de ancho*




DISEÑO DE ZARPA 1




| | |
|---|---|
| σmax | 59.68074851 |
| σmin | -31.63864325 |
| X | 0.620861681 |
| M | 14.15853614 |
| D | 0.08 |
| p min | 0.0022 |
| p flexión | 0.006323 |
| p adoptado | 0.006323 |
| As min (mm2) | 330 |
| As (mm2) | 506 |
| BARRA (/8 inch) | 4 |
| SEPARACIÓN (m) | 0.200 |



Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 6.2. DISEÑO DE ALETA

**Proyecto:** ALETA PARA TUBERÍA SENCILLA DE Ø36"
**Localización:** **MEJORAMIENTO DE LA VIA QUE CONDUCE DESDE LA CABECERA MUNICPAL DE SAN CARLOS DE GUAROA HASTA EL PUENTE SOBRE EL RIO METICA EN LA VEREDA EL BARRO EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAROA, META**

***Avaluo de cargas para diseño de muros***

| | | |
|---|---|---|
| Peso unitario del terreno | 17.67 | kN/m3 |
| Perfil de Suelo | E | |
| Capacidad de carga nominal ($q_u$) | 256.00 | kN/m2 |
| Capacidad de carga Resistencia I ($q_R$) | 115.20 | kN/m2 |
| Capacidad de carga Servivio I ($q_S$) | 166.40 | kN/m2 |
| Capacidad de carga Evento Extremo I ($q_E$) | 204.80 | kN/m2 |
| Angulo de friccion interna Ø | 17.94 | ° |
| ka | 0.5291 | |
| Altura (h) del muro | 1.40 | m |
| Altura (h) del Terreno | 1.40 | m |
| Sobrecarga en el terreno (w) | 5.00 | kN/m2 |

Empuje total: $$Et = \frac{1}{2} k_a \gamma h^2 + w k_a h$$

Se considera la carga viva sobre el terreno

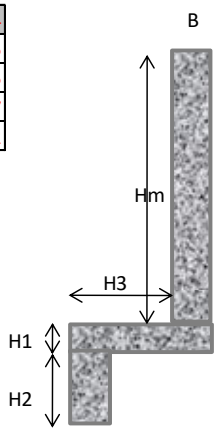
Para el diseño de los muros se considera el tanque vacio, que es la condición más desfavorable de

| | | |
|---|---|---|
| **Et =** | **12.9 kN** | **Puntuales localizados en el centroide del trapecio de presiones.** |

| | | |
|---|---|---|
| **et =** | **14.2 kN/m** | **Carga distribuida supuesta (afectada por un factor de 1.55 para considerar cargas ultimas)** |

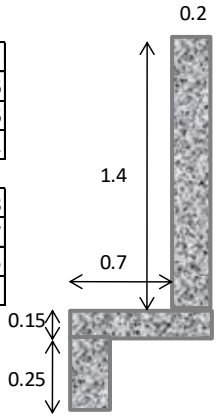
| | |
|---|---|
| Wa | 13.0882847 |
| FH1 | 9.161799293 |
| FH2 (sobre carga) | 3.70353274 |
| FH total | 12.86533203 |
| M1 | 4.275506337 |
| m2 (sobre carga) | 2.592472918 |
| m total | 6.867979255 |
| Pp | 11.16 |
| e | 0.615410328 |
| σmax | 63.27392041 |
| σmin | -38.47392041 |
| Kp | 1.890087247 |

| | |
|---|---|
| Hm | 1.4 |
| H1 | 0.15 |
| H2 | 0.25 |
| H3 | 0.7 |
| B | 0.2 |




| DESLIZAMIENTO | |
|---|---|
| μ | 0.45 |
| Rdesl | 7.693827332 |
| FH1 | 8.41389731 |
| FH2 | 4.761684952 |
| FHTOTAL | 13.17558226 |
| Fsdeslizamiento | 1.525782469 |
| Fssugerido | 1.5 |
| verificacion | OK |

| VOLCAMIENTO | |
|---|---|
| Mantivol1 | 5.376 |
| Mantivol2 | 0.96 |
| Mantivol3 | 2.592 |
| Mtotal | 8.928 |
| FSVOLCA | 1.50468807 |
| Fssugerido | 1.5 |
| verificacion | OK |






DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

| Diseño a flexión para momento máximo positivo | |
|---|---|
| f'c (Mpa) | 21.0 |
| fy (Mpa) | 420.0 |
| h (m) | 0.20 |
| b (m) | 1.00 |
| Recubrimiento (m) | 0.05 |
| d (m) | 0.15 |
| p min | 0.0020 |
| Mu (KN.m) | 14.0 KN.m |
| p flexión | 0.001674 |
| p adoptado | 0.002000 |
| As min (mm2) | 400 |
| As (mm2) | 300 |
| BARRA (/8 inch) | 4 |
| MALLA (mm) | |
| REFUERZO | 4 |
| SEPARACIÓN (m) | 0.200 |

Separación juntas < 6 m

*Momento inferior en la losa por metro de ancho.*

Se debe seleccionar un tipo de barra de refuerzo. NO LOS DOS TIPOS DE BARRAS.

barras

| Diseño a flexión para momento máximo negativo | |
|---|---|
| f'c (Mpa) | 21.0 |
| fy (Mpa) | 420.0 |
| h (m) | 0.20 |
| b (m) | 1.00 |
| Recubrimiento (m) | 0.08 |
| d (m) | 0.125 |
| p min | 0.0022 |
| Mu (KN.m) | 14.0 KN.m |
| p flexión | 0.002433 |
| p adoptado | 0.002433 |
| As min (mm2) | 440 |
| As (mm2) | 304 |
| BARRA (/8 inch) | 4 |
| BARRA (mm) | |
| REFUERZO | 4 |
| SEPARACIÓN (m) | 0.200 |

Separación juntas < 6 m

*Momento superior en la*

Se debe seleccionar un tipo de barra de refuerzo. NO LOS DOS TIPOS DE BARRAS.

barras

| Cargas de diseño (ver pagina anterior) | | |
|---|---|---|
| $w_u$ | 14.2 KN/m | |
| Luz puenteo (L) | 1.40 m | |
| Luz libre (ln) | 1.40 m | |
| **Momento en la base del voladizo** | | |
| **Luz y apoyo** | | |
| | Mu | 14.0 KN.m |
| **Momentos negativos** | | |
| **Luz y apoyo** | | |
| | Mu | 14.0 KN.m |
| **Cortante** | | |
| **Luz y apoyo** | | |
| | Vu | 20.4 KN |

| REFUERZO DE SECCIÓN (1/8 inch) | | |
|---|---|---|
| # | As (mm2) | Separación (m) |
| 2 | 32 | 0.080 |
| 3 | 71 | 0.178 |
| 4 | 129 | 0.323 |
| 5 | 199 | 0.498 |
| 6 | 284 | 0.710 |
| 7 | 387 | 0.968 |
| 8 | 510 | 1.275 |

| REFUERZO DE SECCIÓN (mm) | | |
|---|---|---|
| # | As (mm2) | Separación (m) |
| 4 | 13 | 0.031 |
| 4.5 | 16 | 0.040 |
| 5 | 20 | 0.049 |
| 5.5 | 24 | 0.059 |
| 6 | 28 | 0.071 |
| 6.5 | 33 | 0.083 |
| 7 | 38 | 0.096 |
| 7.5 | 44 | 0.110 |
| 8 | 50 | 0.126 |
| 8.5 | 57 | 0.142 |



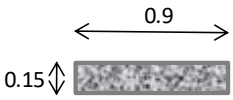
Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

| Revisión a cortante | |
|---|---|
| Vu (KN) | 20.4 KN |
| bw (m) | 1.00 |
| d (m) | 0.15 |
| vu (KN/m2) | 136.1 |
| ϕ | 0.7 |
| ϕvc (KN/m2) | 535 |
| CHEQUEO | OK!!! |
| NO REQUIERE REFUERZO A CORTE | |

*Cortante en la losa por metro de ancho*




DISEÑO DE ZARPA 1




| | |
|---|---|
| σmax | 63.27392041 |
| σmin | -38.47392041 |
| X | 0.559682917 |
| M | 14.09150487 |
| D | 0.08 |
| p min | 0.0022 |
| p flexión | 0.006290 |
| p adoptado | 0.006290 |
| As min (mm2) | 330 |
| As (mm2) | 503 |
| BARRA (/8 inch) | 4 |
| SEPARACIÓN (m) | 0.200 |



Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 7. ALCANTARILLA DOBLE TIPO – Ø36”

La alcantarilla está conformado por muros de 20 cm de espesor 15 cm para la placa inferior, respectivamente, en concreto de 21 MPa. El ancho total del tablero, medido en la sección perpendicular al sentido de los vehículos, es igual 7.50 m. La estructura corresponde a una alcantarilla sencilla, para una tubería doble de Ø36”.

Las siguientes figuras muestran la geometría de la sección transversal de la alcantarilla, la sección longitudinal y una vista en planta del mismo.

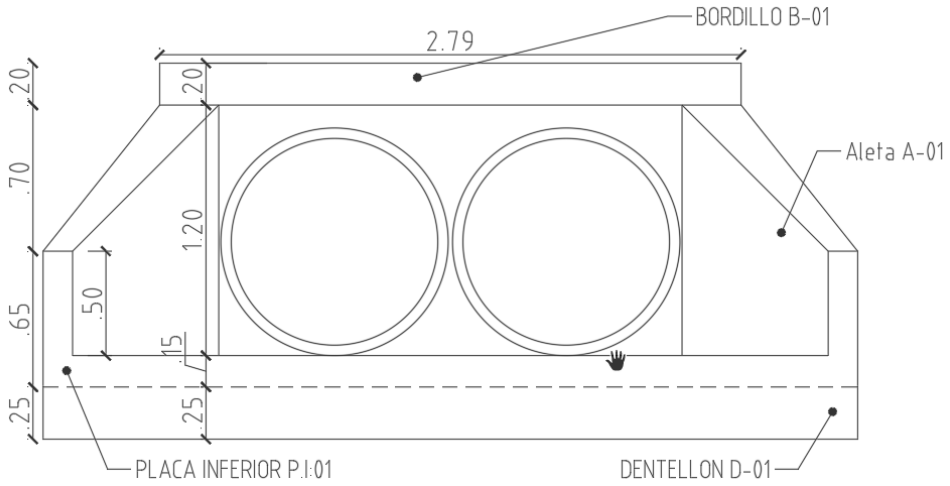



*Imagen 8. Geometría de alcantarilla doble Ø36” – Sección transversal*

*Fuente: Elaboración propia*

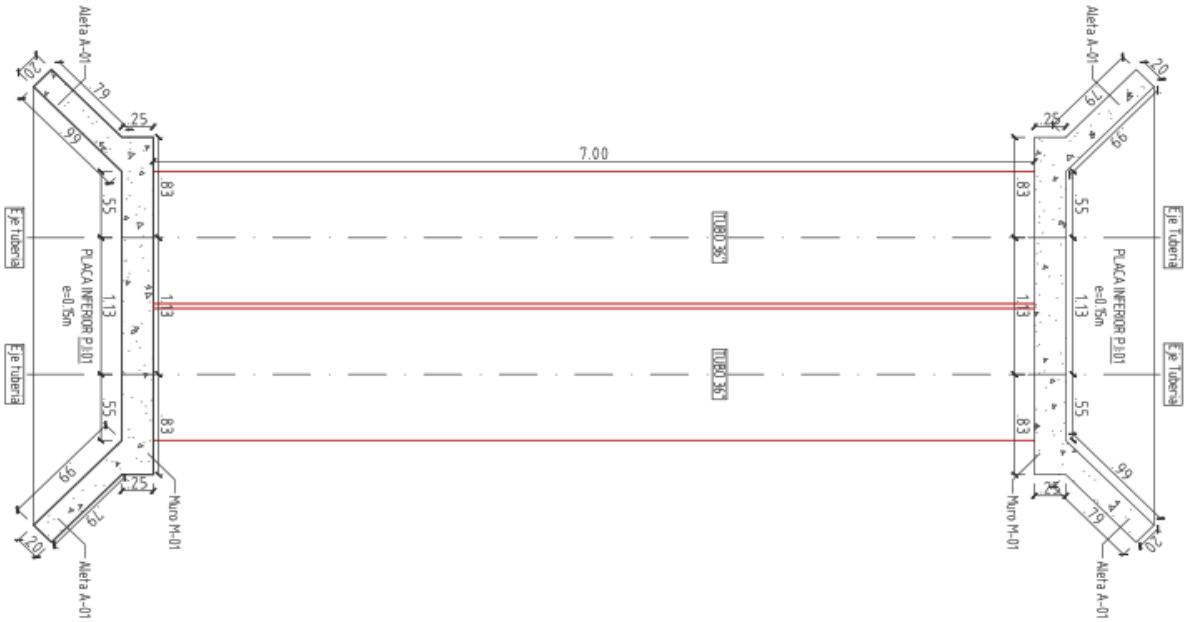



*Imagen 9. Geometría de alcantarilla doble Ø36” – Vista en planta*

*Fuente: Elaboración propia*



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 7.1. DISEÑO DE CABEZAL

**Proyecto:** CABEZAL PARA TUBERÍA DOBLE DE Ø36"
**Localización:** **MEJORAMIENTO DE LA VIA QUE CONDUCE DESDE LA CABECERA MUNICPAL DE SAN CARLOS DE GUAROA HASTA EL PUENTE SOBRE EL RIO METICA EN LA VEREDA EL BARRO EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAROA, META**

***Avaluo de cargas para diseño de muros***

| | | |
|---|---|---|
| Peso unitario del terreno | 17.67 | kN/m3 |
| Perfil de Suelo | E | |
| Capacidad de carga nominal ($q_u$) | 256.00 | kN/m2 |
| Capacidad de carga Resistencia I ($q_R$) | 115.20 | kN/m2 |
| Capacidad de carga Servivio I ($q_S$) | 166.40 | kN/m2 |
| Capacidad de carga Evento Extremo I ($q_E$) | 204.80 | kN/m2 |
| Angulo de friccion interna Ø | 17.94 | ° |
| ka | 0.5291 | |
| Altura (h) del muro | 1.40 | m |
| Altura (h) del Terreno | 1.40 | m |
| Sobrecarga en el terreno (w) | 5.00 | kN/m2 |

Empuje total: $$Et = \frac{1}{2}k_a \gamma h^2 + wk_a h$$

Se considera la carga viva sobre el terreno

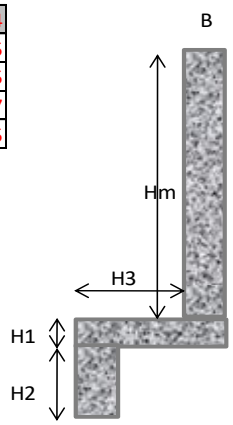
Para el diseño de los muros se considera el tanque vacio, que es la condición más desfavorable de

| | | |
|---|---|---|
| **Et =** | **12.9 kN** | **Puntuales localizados en el centroide del trapecio de presiones.** |

| | | |
|---|---|---|
| **et =** | **14.2 kN/m** | **Carga distribuida supuesta (afectada por un factor de 1.55 para considerar cargas ultimas)** |

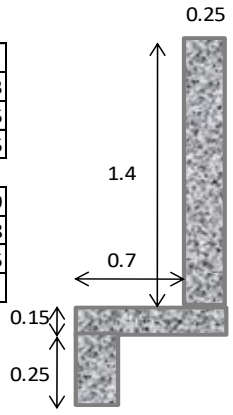
| | |
|---|---|
| Wa | 13.0882847 |
| FH1 | 9.161799293 |
| FH2 (sobre carga) | 3.70353274 |
| FH total | 12.86533203 |
| M1 | 4.275506337 |
| m2 (sobre carga) | 2.592472918 |
| m total | 6.867979255 |
| Pp | 13.32 |
| e | 0.515614058 |
| σmax | 59.68074851 |
| σmin | -31.63864325 |
| Kp | 1.890087247 |

| | |
|---|---|
| Hm | 1.4 |
| H1 | 0.15 |
| H2 | 0.25 |
| H3 | 0.7 |
| B | 0.25 |




| DESLIZAMIENTO | |
|---|---|
| μ | 0.45 |
| Rdesl | 8.665827332 |
| FH1 | 8.41389731 |
| FH2 | 4.761684952 |
| FHTOTAL | 13.17558226 |
| Fsdeslizamiento | 1.557824689 |
| Fssugerido | 1.5 |
| verificacion | OK |

| VOLCAMIENTO | |
|---|---|
| Mantivol1 | 6.93 |
| Mantivol2 | 1.2375 |
| Mantivol3 | 2.8215 |
| Mtotal | 10.989 |
| FSVOLCA | 1.52574688 |
| Fssugerido | 1.5 |
| verificacion | OK |






DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

| Diseño a flexión para momento máximo positivo | |
|---|---|
| f'c (Mpa) | 21.0 |
| fy (Mpa) | 420.0 |
| h (m) | 0.25 |
| b (m) | 1.00 |
| Recubrimiento (m) | 0.05 |
| d (m) | 0.2 |
| p min | 0.0020 |
| Mu (KN.m) | 14.0 KN.m |
| p flexión | 0.000933 |
| p adoptado | 0.002000 |
| As min (mm2) | 500 |
| As (mm2) | 400 |
| BARRA (/8 inch) | 4 |
| MALLA (mm) | |
| REFUERZO | 4 |
| SEPARACIÓN (m) | 0.200 |

Separación juntas < 6 m

*Momento inferior en la losa por metro de ancho.*

Se debe seleccionar un tipo de barra de refuerzo. NO LOS DOS TIPOS DE BARRAS.

barras

| Diseño a flexión para momento máximo negativo | |
|---|---|
| f'c (Mpa) | 21.0 |
| fy (Mpa) | 420.0 |
| h (m) | 0.25 |
| b (m) | 1.00 |
| Recubrimiento (m) | 0.08 |
| d (m) | 0.175 |
| p min | 0.0022 |
| Mu (KN.m) | 14.0 KN.m |
| p flexión | 0.001223 |
| p adoptado | 0.002200 |
| As min (mm2) | 550 |
| As (mm2) | 385 |
| BARRA (/8 inch) | 4 |
| BARRA (mm) | |
| REFUERZO | 5 |
| SEPARACIÓN (m) | 0.200 |

Separación juntas < 6 m

*Momento superior en la*

Se debe seleccionar un tipo de barra de refuerzo. NO LOS DOS TIPOS DE BARRAS.

barras

| Cargas de diseño (ver pagina anterior) | | |
|---|---|---|
| $w_u$ | 14.2 KN/m | |
| Luz puenteo (L) | 1.40 m | |
| Luz libre (ln) | 1.40 m | |
| **Momento en la base del voladizo** | | |
| **Luz y apoyo** | | |
| | Mu | 14.0 KN.m |
| **Momentos negativos** | | |
| **Luz y apoyo** | | |
| | Mu | 14.0 KN.m |
| **Cortante** | | |
| **Luz y apoyo** | | |
| | Vu | 20.4 KN |

| REFUERZO DE SECCIÓN (1/8 inch) | | |
|---|---|---|
| # | As (mm2) | Separación (m) |
| 2 | 32 | 0.064 |
| 3 | 71 | 0.142 |
| 4 | 129 | 0.258 |
| 5 | 199 | 0.398 |
| 6 | 284 | 0.568 |
| 7 | 387 | 0.774 |
| 8 | 510 | 1.020 |

| REFUERZO DE SECCIÓN (mm) | | |
|---|---|---|
| # | As (mm2) | Separación (m) |
| 4 | 13 | 0.025 |
| 4.5 | 16 | 0.032 |
| 5 | 20 | 0.039 |
| 5.5 | 24 | 0.048 |
| 6 | 28 | 0.057 |
| 6.5 | 33 | 0.066 |
| 7 | 38 | 0.077 |
| 7.5 | 44 | 0.088 |
| 8 | 50 | 0.101 |
| 8.5 | 57 | 0.113 |



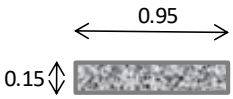
Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

| Revisión a cortante | |
|---|---|
| Vu (KN) | 20.4 KN |
| bw (m) | 1.00 |
| d (m) | 0.2 |
| vu (KN/m2) | 102.1 |
| ϕ | 0.7 |
| ϕvc (KN/m2) | 535 |
| CHEQUEO | OK!!! |
| NO REQUIERE REFUERZO A CORTE | |

*Cortante en la losa por metro de ancho*




DISEÑO DE ZARPA 1




| | |
|---|---|
| σmax | 59.68074851 |
| σmin | -31.63864325 |
| X | 0.620861681 |
| M | 14.15853614 |
| D | 0.08 |
| p min | 0.0022 |
| p flexión | 0.006323 |
| p adoptado | 0.006323 |
| As min (mm2) | 330 |
| As (mm2) | 506 |
| BARRA (/8 inch) | 4 |
| SEPARACIÓN (m) | 0.200 |



Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 7.2. DISEÑO DE ALETA

**Proyecto:** ALETA PARA TUBERÍA DOBLE DE Ø36"
**Localización:** **MEJORAMIENTO DE LA VIA QUE CONDUCE DESDE LA CABECERA MUNICPAL DE SAN CARLOS DE GUAROA HASTA EL PUENTE SOBRE EL RIO METICA EN LA VEREDA EL BARRO EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAROA, META**

***Avaluo de cargas para diseño de muros***

| | | |
|---|---|---|
| Peso unitario del terreno | 17.67 | kN/m3 |
| Perfil de Suelo | E | |
| Capacidad de carga nominal ($q_u$) | 256.00 | kN/m2 |
| Capacidad de carga Resistencia I ($q_R$) | 115.20 | kN/m2 |
| Capacidad de carga Servivio I ($q_S$) | 166.40 | kN/m2 |
| Capacidad de carga Evento Extremo I ($q_E$) | 204.80 | kN/m2 |
| Angulo de friccion interna Ø | 17.94 | ° |
| ka | 0.5291 | |
| Altura (h) del muro | 1.40 | m |
| Altura (h) del Terreno | 1.40 | m |
| Sobrecarga en el terreno (w) | 5.00 | kN/m2 |

Empuje total: $$Et = \frac{1}{2}k_a \gamma h^2 + wk_a h$$

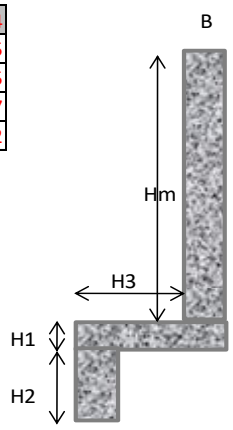
| Se considera la carga viva sobre el terreno |
|---|
| Para el diseño de los muros se considera el tanque vacio, que es la condición más desfavorable de |

| | | |
|---|---|---|
| **Et =** | **12.9 kN** | **Puntuales localizados en el centroide del trapecio de presiones.** |

| | | |
|---|---|---|
| **et =** | **14.2 kN/m** | **Carga distribuida supuesta (afectada por un factor de 1.55 para considerar cargas ultimas)** |

| | |
|---|---|
| Wa | 13.0882847 |
| FH1 | 9.161799293 |
| FH2 (sobre carga) | 3.70353274 |
| FH total | 12.86533203 |
| M1 | 4.275506337 |
| m2 (sobre carga) | 2.592472918 |
| m total | 6.867979255 |
| Pp | 11.16 |
| e | 0.615410328 |
| σmax | 63.27392041 |
| σmin | -38.47392041 |
| Kp | 1.890087247 |

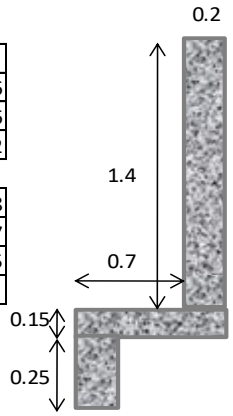
| | |
|---|---|
| Hm | 1.4 |
| H1 | 0.15 |
| H2 | 0.25 |
| H3 | 0.7 |
| B | 0.2 |




| DESLIZAMIENTO | |
|---|---|
| μ | 0.45 |
| Rdesl | 7.693827332 |
| FH1 | 8.41389731 |
| FH2 | 4.761684952 |
| FHTOTAL | 13.17558226 |
| Fsdeslizamiento | 1.525782469 |
| Fssugerido | 1.5 |
| verificacion | OK |

| VOLCAMIENTO | |
|---|---|
| Mantivol1 | 5.376 |
| Mantivol2 | 0.96 |
| Mantivol3 | 2.592 |

| | |
|---|---|
| Mtotal | 8.928 |
| FSVOLCA | 1.50468807 |
| Fssugerido | 1.5 |
| verificacion | OK |






Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

| Diseño a flexión para momento máximo positivo | |
|---|---|
| f'c (Mpa) | 21.0 |
| fy (Mpa) | 420.0 |
| h (m) | 0.20 |
| b (m) | 1.00 |
| Recubrimiento (m) | 0.05 |
| d (m) | 0.15 |
| p min | 0.0020 |
| Mu (KN.m) | 14.0 KN.m |
| p flexión | 0.001674 |
| p adoptado | 0.002000 |
| As min (mm2) | 400 |
| As (mm2) | 300 |
| BARRA (/8 inch) | 4 |
| MALLA (mm) | |
| REFUERZO | 4 |
| SEPARACIÓN (m) | 0.200 |

Separación juntas < 6 m

*Momento inferior en la losa por metro de ancho.*

Se debe seleccionar un tipo de barra de refuerzo. NO LOS DOS TIPOS DE BARRAS.

barras

| Diseño a flexión para momento máximo negativo | |
|---|---|
| f'c (Mpa) | 21.0 |
| fy (Mpa) | 420.0 |
| h (m) | 0.20 |
| b (m) | 1.00 |
| Recubrimiento (m) | 0.08 |
| d (m) | 0.125 |
| p min | 0.0022 |
| Mu (KN.m) | 14.0 KN.m |
| p flexión | 0.002433 |
| p adoptado | 0.002433 |
| As min (mm2) | 440 |
| As (mm2) | 304 |
| BARRA (/8 inch) | 4 |
| BARRA (mm) | |
| REFUERZO | 4 |
| SEPARACIÓN (m) | 0.200 |

Separación juntas < 6 m

*Momento superior en la*

Se debe seleccionar un tipo de barra de refuerzo. NO LOS DOS TIPOS DE BARRAS.

barras

| Cargas de diseño (ver pagina anterior) | | |
|---|---|---|
| $w_u$ | 14.2 KN/m | |
| Luz puenteo (L) | 1.40 m | |
| Luz libre (ln) | 1.40 m | |
| **Momento en la base del voladizo** | | |
| **Luz y apoyo** | | |
| | Mu | 14.0 KN.m |
| **Momentos negativos** | | |
| **Luz y apoyo** | | |
| | Mu | 14.0 KN.m |
| **Cortante** | | |
| **Luz y apoyo** | | |
| | Vu | 20.4 KN |

| REFUERZO DE SECCIÓN (1/8 inch) | | |
|---|---|---|
| # | As (mm2) | Separación (m) |
| 2 | 32 | 0.080 |
| 3 | 71 | 0.178 |
| 4 | 129 | 0.323 |
| 5 | 199 | 0.498 |
| 6 | 284 | 0.710 |
| 7 | 387 | 0.968 |
| 8 | 510 | 1.275 |

| REFUERZO DE SECCIÓN (mm) | | |
|---|---|---|
| # | As (mm2) | Separación (m) |
| 4 | 13 | 0.031 |
| 4.5 | 16 | 0.040 |
| 5 | 20 | 0.049 |
| 5.5 | 24 | 0.059 |
| 6 | 28 | 0.071 |
| 6.5 | 33 | 0.083 |
| 7 | 38 | 0.096 |
| 7.5 | 44 | 0.110 |
| 8 | 50 | 0.126 |
| 8.5 | 57 | 0.142 |



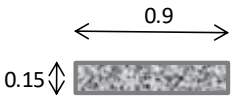
Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

| Revisión a cortante | |
|---|---|
| Vu (KN) | 20.4 KN |
| bw (m) | 1.00 |
| d (m) | 0.15 |
| vu (KN/m2) | 136.1 |
| ϕ | 0.7 |
| ϕvc (KN/m2) | 535 |
| CHEQUEO | OK!!! |
| NO REQUIERE REFUERZO A CORTE | |

*Cortante en la losa por metro de ancho*




DISEÑO DE ZARPA 1




| | |
|---|---|
| σmax | 63.27392041 |
| σmin | -38.47392041 |
| X | 0.559682917 |
| M | 14.09150487 |
| D | 0.08 |
| p min | 0.0022 |
| p flexión | 0.006290 |
| p adoptado | 0.006290 |
| As min (mm2) | 330 |
| As (mm2) | 503 |
| BARRA (/8 inch) | 4 |
| SEPARACIÓN (m) | 0.200 |



Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 8. CONCLUSIONES

- Se realiza el diseño estructural de dos tipos de alcantarillas, una alcantarilla sencilla de Ø36” y una alcantarilla doble Ø36” y de ancho de vía 7.50 m de los cuales 7.00 m conforman la calzada y los restantes 50cm en los bordillos de los extremos respectivamente. Para los cuales, se diseñarán en estado sumergido según las condiciones del terreno, estudiadas y analizadas por el ingeniero geotecnista.

- El diseño se realiza teniendo en cuenta el informe del geotecnista donde se indican los parámetros del suelo en condición de suelo seco y sumergido, se diseña bajo las condiciones más críticas, encontradas en estado sumergido, debido a que son las condiciones más desfavorables del terreno para la ejecución del proyecto.

## 9. RECOMENDACIONES

Una vez realizada la visita de la vía que comunica el municipio de San Carlos de Guaroa en el departamento del Meta, se realizó el inventario de las estructuras complementarias encontradas. Las obras encontradas corresponden dos (2) tipos de alcantarillas como se evidencia en los anexos y registro fotográfico. En algunas abscisas de la vía, se hicieron recomendaciones para la implantación de estructuras hidráulicas nuevas, debido a que las condiciones del terreno lo exigen.

En el inventario se registraron las medidas geométricas de cada estructura existente, como lo son, el ancho, la longitud y la altura de la superestructura, con respecto a la lámina de agua o nivel del terreno.



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS


- AIS, Código Colombiano de diseño sísmico de puentes CCP-14. Colombia, 2014.
- AIS, Reglamento de construcciones sismorresistentes NSR-10. Colombia, 2012.
- Diseño de puentes; José Eusebio Trujillo; UIS.
- Norma colombiana de diseño de puentes CCP - 14; AIS.
- Puentes; Jerónimo Herrera; Universidad Católica de Colombia.




Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

# 11. ANEXOS Y REGISTROS DE CALIDAD

## 11.1. MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

**A QUIEN PUEDA INTERESAR.**

**REF: MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **JUAN FERNANDO LOZANO SEPÚLVEDA** Ingeniero Civil con matrícula profesional NO. **25202-323109 CND**, e identificado con CC. **1.121.865.618** de Villavicencio, Certifico que avalo, en calidad de ingeniero consultor el estudio estructural de:

**PROYECTO:** MEJORAMIENTO DE LA VIA QUE CONDUCE DESDE LA CABECERA MUNICPAL DE SAN CARLOS DE GUAROA HASTA EL PUENTE SOBRE EL RIO METICA EN LA VEREDA EL BARRO EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAROA, META
**MUNICIPIO:** SAN CARLOS DE GUAROA
**DEPARTAMENTO:** Meta

Declaro que este estudio, se desarrolló de acuerdo con el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes CCP-14 y el ACI 318-14

Aclaro que hago el aval del estudio realizado, siempre y cuando en la etapa de construcción se sigan y se hayan seguido todas y cada una de las especificación y recomendaciones, suscritas en el mismo.

Cordialmente,




**JUAN FERNANDO LOZANO SEPÚLVEDA**
Ingeniero Civil
Magíster en estructuras ECI Julio Garavito
Esp. En estructuras UNAL
M.P. 25202-323109 CND



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

# La Universidad Nacional de Colombia

Teniendo en cuenta que

*Juan Fernando Lozano Sepúlveda*

C.C. 1.121.865.618 de Villavicencio

cumplió satisfactoriamente todos los requisitos académicos reglamentarios del Plan de Estudios de Posgrado, le confiere el Título de

## *Especialista en Estructuras*

En la ciudad de Manizales, a los 14 días del mes de septiembre de 2018

Decanatura de Facultad | Rectoría | Secretaría General

Registro n.° 1676, Folio 12 del Libro de Diplomas n.° 3
de la Sede Manizales, Facultad de Ingeniería y Arquitectura



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2021-754310

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA**
**COPNIA**

**EL DIRECTOR GENERAL**

**CERTIFICA:**

1. Que JUAN FERNANDO LOZANO SEPULVEDA, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1121865618, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-323109 desde el 12 de Febrero de 2016, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 171.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los quince (15) días del mes de Mayo del año dos mil veintiuno (2021).

**Rubén Dario Ochoa Arbeláez**

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

## 12. CONTROL DE CAMBIOS

| CONTROL DE CAMBIOS | | |
|---|---|---|
| VERSIÓN | FECHA | DESCRIPCIÓN |
| 1 | 18/01/22 | Memorias de diseño estructural |

## 13. REGISTROS DE CALIDAD

<Código de los formatos utilizados para los registros de calidad, incluidos en el capítulo 6. Anexos y registros de calidad>



DEPARTAMENTO DEL META

Calle 15 No. 40 – 01 Lobby 1 Piso 8
CC. Primavera Urbana - Villavicencio
contactenos@idm-meta.gov.co