Memorias

De cálculo

ALFREDO NAVARRO

CIVIL ESTRUCTURA SAS

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Las obras proyectadas por el municipio de Soledad consisten en la recuperación de la sección hidráulica de la continuación del arroyo platanal, así como del caño Soledad paralelo al arroyo, mediante canalizaciones en concreto y obras de protección contra inundaciones. Estos diseños acatan y respetan los estándares y parámetros establecidos en la normativa vigente (NSR-10).

Localización: El presente estudio se encuentra localizado en desembocaduras del arroyo Platanal, municipio de Soledad, departamento del Atlántico. El estudio corresponde a la continuidad del arroyo platanal (Longitud del tramo final del Arroyo Platanal de 800 metros) y de manera paralela el Caño Soledad hasta su desembocadura en el rio Magdalena (Longitud total de 3.750 metros para el Caño de Soledad).

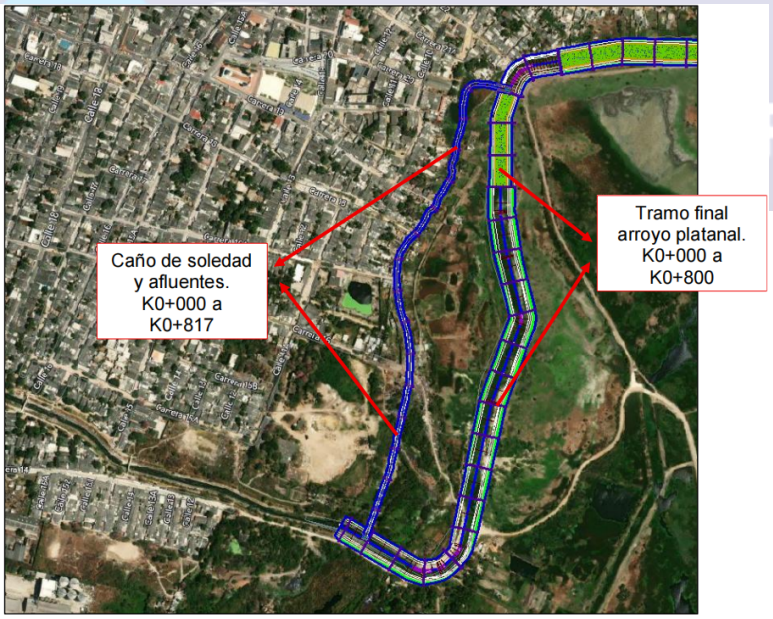


Foto 1. Foto satelital, Caño de Soledad y Arroyo Platanal.

Entidad contratante: La entidad contratante de los diseños estructurales es la Alcaldía Municipal de Soledad (Departamento del Atlántico).

Ingeniero Estructural a Cargo de los diseños:

Ingeniero Alfredo Navarro

NIT. 900.833.780-6

Especialista en Ingeniería Civil

Matrícula profesional No. 08202131934TL

Programa Utilizado: SAP2000 V16.0.0.

Objetivo:

El presente documento contiene las memorias de cálculo estructural de los diseños de canales en concreto reforzado de secciones trapezoidales y muro de contención sobre pilotes.

Descripción del proyecto estructural:

El proyecto estructural lo trabajaremos de igual forma como se tienen los proyectos hidráulicos para la canalización del caño de soledad y la continuación de la canalización del arroyo del platanal.

Normativa Utilizada:

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (Ley 400 de 1997, Decreto 926 del 19 de marzo de 2010) NSR-10.

Materiales:

-Concretos

Concreto de limpieza f'_c = 145 kg/cm2 (14.5MPa)

Placa inferior o de fondo f'_c = 280 kg/cm2 (28MPa)

Muros laterales f'_c = 280 kg/cm2 (28MPa)

Muros verticales f'_c = 280 kg/cm2 (28MPa)

Pilotes de concreto f'_c = 280 kg/cm2 (28MPa)

-Aceros de Refuerzo

Esfuerzo de fluencia barras f_y = 4200 kg/cm2 (420MPa)

Esfuerzo de fluencia malla electro soldada f_y = 4850 kg/cm2 (485MPa)

Espectro de Diseño:

La construcción del espectro de aceleraciones para un suelo tipo E y con un coeficiente de importancia de 1, grupo de uso de la edificación como Grupo I.

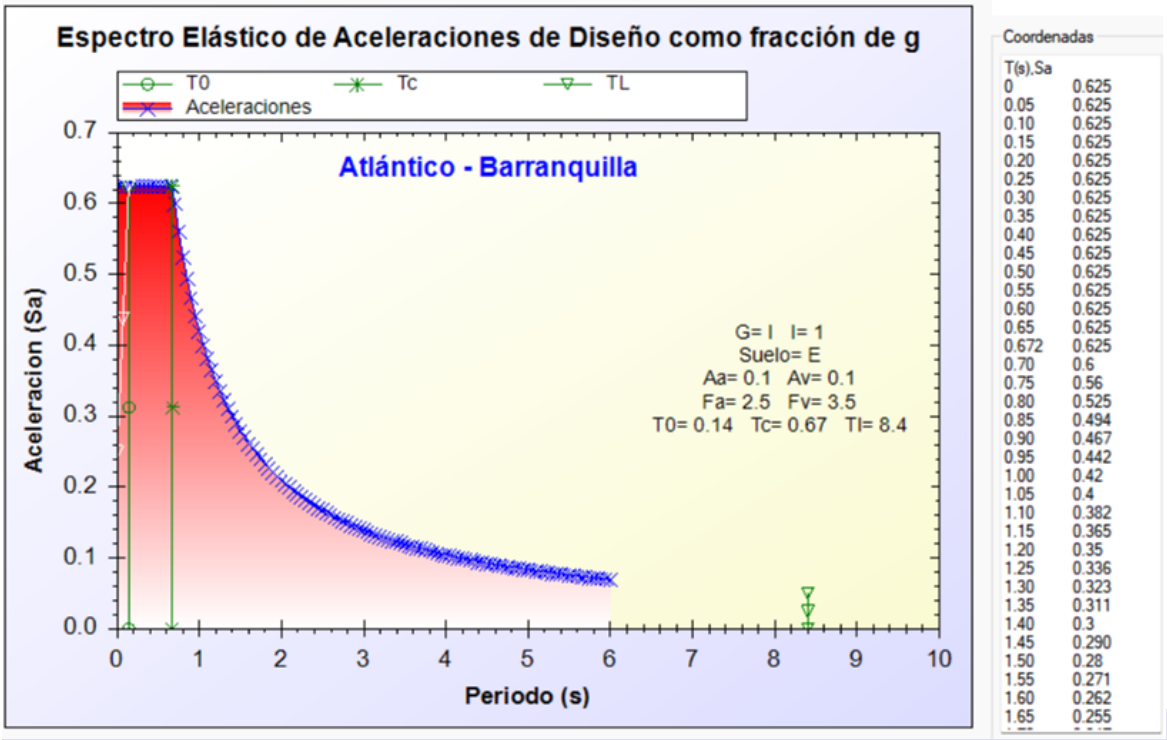


Figura 2. Espectro de diseño.

Combinaciones de Carga:

Se trabajaron con las combinaciones de cargas descrita por NSR10 tanto para estado de servicio como para resistencia ultima:

COMBINACIONES ESTADO DE SERVICIO

$D+F$

$D+H+F+L+T$

$D+H+F+(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$

$D+H+F+0.75(L+T)+0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$

$D+H+F+W$

$D+H+F+0.7E$

$D+H+F+0.75W+0.75L+0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$

$D+H+F+0.75(0.7E)+0.75L+0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$

$0.6D+W+H$

$0.6D+0.7E+H$

COMBINACIONES PARA DISEÑO

$1.4D$

$1.2D+1.6L+0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$

$1.2D+1.6(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)+(1.0L \text{ ó } 0.5W)$

$1.2D+1.0W+1.0L+0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$

$1.2D+1.0E+1.0L$

$0.9D+1.0W$

$0.9D+1.0E$

2. CANALIZACION CAÑO DE SOLEDAD

Consiste en la construcción de canal en concreto reforzado con una longitud de 817 mts (del K0+000 al K0+817), se harán actividades correspondientes a excavaciones y llenos conforme a la topografía actual y al diseño final y se construirá un canal en concreto reforzado (ver foto 1 y figura 1).

2.1 MODELACION DE LA ESTRUCTURA

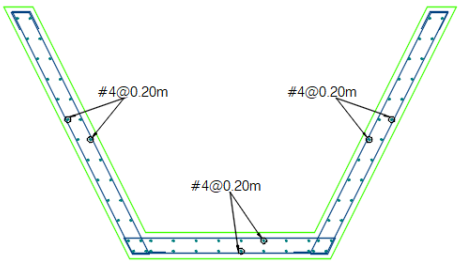
La estructura canal objeto de este estudio se diseñó con elementos de concreto reforzado. Se contemplaron todas las cargas presentes durante la vida útil del canal:

- Peso propio
- Presiones hidrostáticas
- Empujes laterales del terreno
- Carga por Mantenimiento (maquinaria pesada)

La modelación computacional se desarrolló utilizando el software para análisis y diseño estructural SAP2000. Se utilizaron elementos tipo “Frame” (Elementos tipo Barra) con el fin de representar tanto la placa inferior del canal como los muros laterales. El modelo utilizo apoyos elásticos representados por resortes lineales en los nodos con el fin de integrar una versión simplificada de la interacción entre la estructura y el terreno.

2.1.1 DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA

La geometría final de la sección se definió de conformidad con los resultados obtenidos por la modelación hidráulica para los caudales solicitados, conformando así una sección trapezoidal con elementos de espesor de 23cm, como se muestra a continuación:



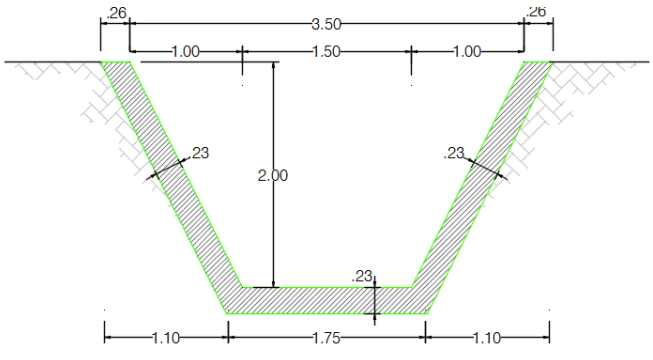


Figura 1. Sección transversal canal caño de Soledad.

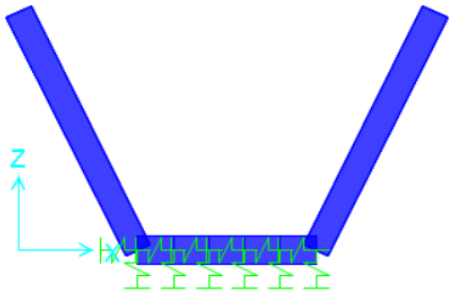


Figura 2. Modelo 2D Elementos finitos (FEM.

2.2 DEFINICIÓN DE LOS MATERIALES

A continuación, se presentan los formularios de entrada de información que caracterizan los materiales definidos en el modelo. Dado que el diseño de los elementos estructurales se desarrolló por medio de hojas de cálculo externas, el único material definido corresponde al concreto con resistencia a la compresión f'c=28MPa.

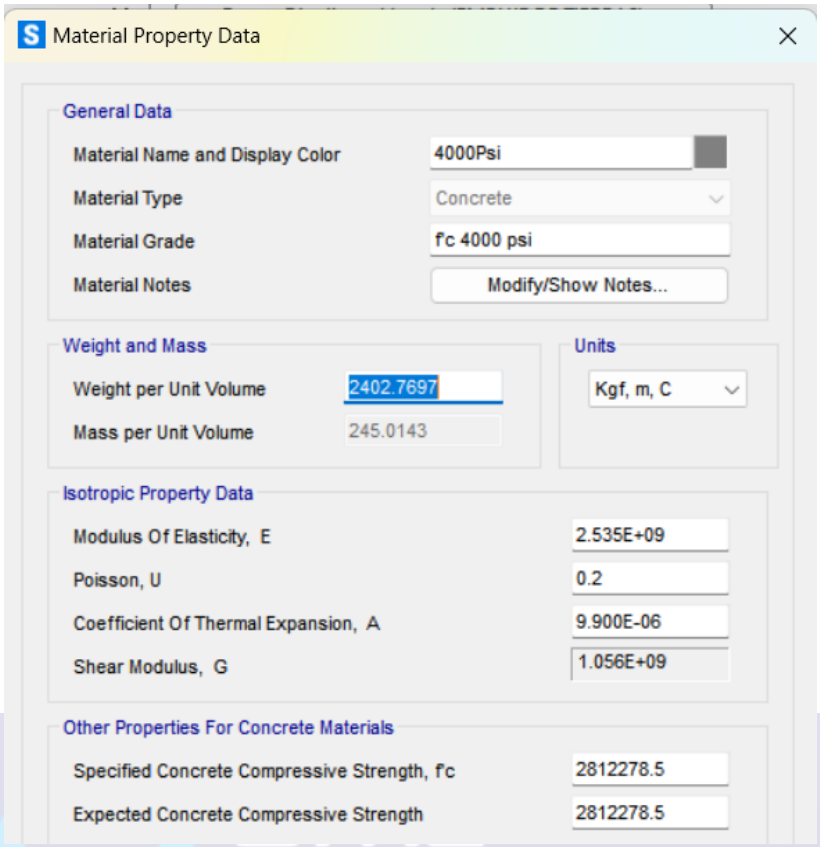


Figura 3. Definición de las propiedades del concreto

2.3 SECCIONES DE LOS ELEMENTOS

A continuación, se presentan los formularios de entrada de información que permiten definir las secciones transversales de los elementos tipo “frame” que representan la placa inferior y los muros en el modelo.

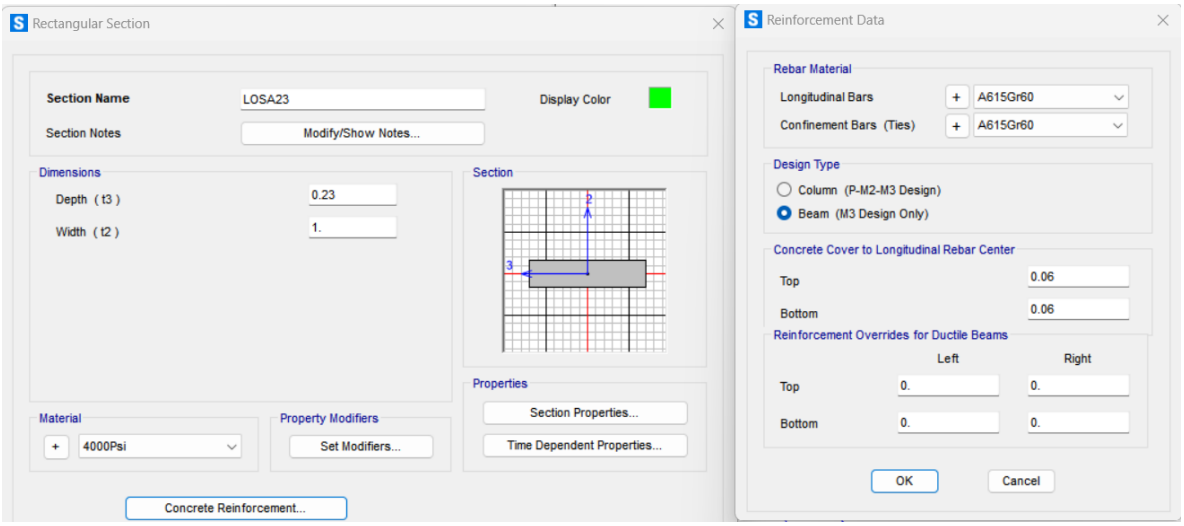


Figura 4. Definición de la sección del elemento tipo “frame”

2.4 APOYOS DEL MODELO

Con el fin de generar solicitaciones conservadoras, se decidió utilizar una capacidad portante admisible considerablemente deficiente:

qa = 5.0 tonf/m2 = 0.5 kgf/cm2

Utilizando esta capacidad portante admisible y una serie de recomendaciones obtenidas en el programa SAFE de la empresa Computers & Structures Inc. se determinó un módulo de balasto (Módulo de Winkler) que permitió definir los resortes de los nodos de la estructura.

MODULOS DE REACCIÓN DEL SUELO

Distinguidos Usuarios de CSI, Morrison & Morrison Ingenieros www.morrisoningenieros.com, Coordinadores CSI Latinoamérica, Proporciona la siguiente Tabla para uso con el SAFE.

Está en una tabla con diferentes valores del Modulo de Reacción del Suelo (conocido también como Coeficiente de Balasto o Modulo de Winkler) en función de la resistencia admisible del terreno en cuestión. Los valores de esta tabla son para una superficie de apoyo (Área) Estos valores son los que hay que darles al SAFE (no requieren ninguna Modificación).

Esta tabla es un resumen de diferentes trabajos en mecánica de suelos que han realizado el Prof. Terzaghi y otros cinco Ingenieros connotados (en diferentes épocas).

Esta tabla se extrajo de la Tesis de maestría "Interacción Suelo-Estructuras: Semi-espacio de Winkler", Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona- España. 1993 (Autor Nelson Morrison).

Modulo de Reacción del Suelo
Datos para SAFE

Esf Adm (Kg/Cm^2)	Winkler (Kg/Cm^3)	Esf Adm (Kg/Cm^2)	Winkler (Kg/Cm^3)	Esf Adm (Kg/Cm^2)	Winkler (Kg/Cm^3)
0.25	0.65	**1.55**	3.19	**2.85**	5.70
0.30	0.78	**1.60**	3.28	**2.90**	5.80
0.35	0.91	**1.65**	3.37	**2.95**	5.90
0.40	1.04	**1.70**	3.46	**3.00**	6.00
0.45	1.17	**1.75**	3.55	**3.05**	6.10
0.50	1.30	**1.80**	3.64	**3.10**	6.20
0.55	1.39	**1.85**	3.73	**3.15**	6.30
0.60	1.48	**1.90**	3.82	**3.20**	6.40
0.65	1.57	**1.95**	3.91	**3.25**	6.50
0.70	1.66	**2.00**	4.00	**3.30**	6.60
0.75	1.75	**2.05**	4.10	**3.35**	6.70
0.80	1.84	**2.10**	4.20	**3.40**	6.80
0.85	1.93	**2.15**	4.30	**3.45**	6.90
0.90	2.02	**2.20**	4.40	**3.50**	7.00
0.95	2.11	**2.25**	4.50	**3.55**	7.10
1.00	2.20	**2.30**	4.60	**3.60**	7.20
1.05	2.29	**2.35**	4.70	**3.65**	7.30
1.10	2.38	**2.40**	4.80	**3.70**	7.40
1.15	2.47	**2.45**	4.90	**3.75**	7.50
1.20	2.56	**2.50**	5.00	**3.80**	7.60
1.25	2.65	**2.55**	5.10	**3.85**	7.70
1.30	2.74	**2.60**	5.20	**3.90**	7.80
1.35	2.83	**2.65**	5.30	**3.95**	7.90
1.40	2.92	**2.70**	5.40	**4.00**	8.00
1.45	3.01	**2.75**	5.50		
1.50	3.10	**2.80**	5.60		

Tabla 1. Módulo de reacción del suelo para modelación con valores capacidad portante.

$$k_{balasto} = 1.20\ kgf/cm3 = 1200\ tonf/m3$$

El elemento se discretizo cada 0.30m luego el área aferente típica a cada nodo de la estructura es:

$$A_{aferente} = 0.30\ m2$$

Por lo tanto, la constante del resorte para el grado de libertad vertical de los nodos se estableció como:

$$k_{resorte_vertical} = 1200\ tonf/m_3 \times 0.30\ m_2 = 360\ tonf/m$$

Con el fin de estabilizar el modelo y restringir parcialmente los desplazamientos laterales, se generó un resorte en las direcciones horizontales cuya magnitud fuera la mitad del resorte vertical:

$$k_{resorte_horizontal} = k_{resorte_vertical} / 2 = 180\ tonf/m$$

Finalmente, la implementación de los resortes en el modelo se refleja en la siguiente imagen:

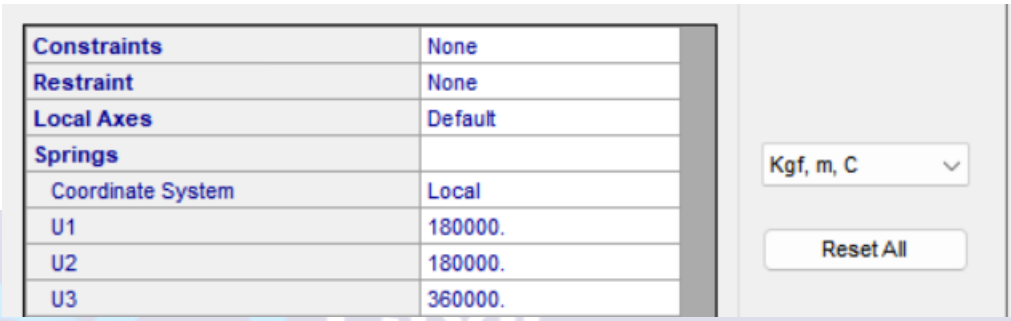


Figura 5. Resortes Losa fondo.

2.5 CASOS DE CARGA

En primer lugar, se definieron los patrones de carga en el modelo:

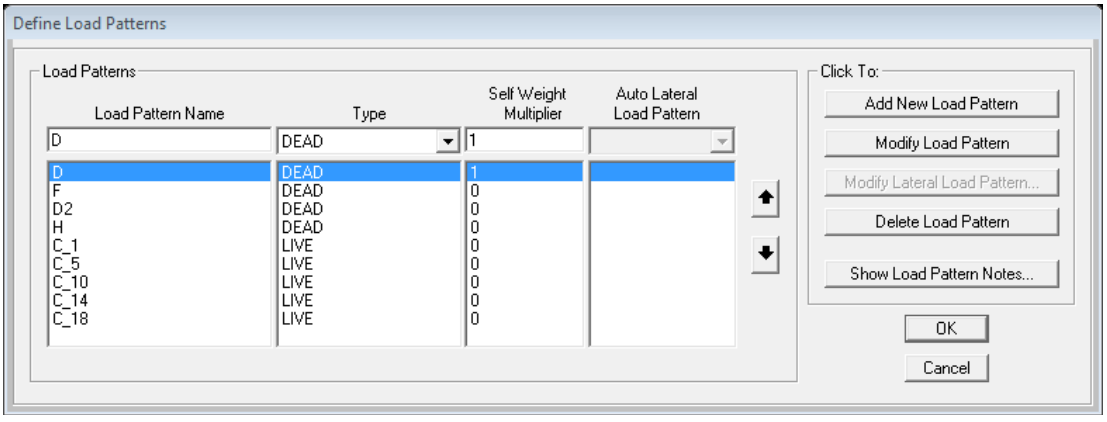


Figura 6. Patrones de Carga.

PESO PROPIO (D)

El peso propio de todos los elementos estructurales de concretos modelados es evaluado internamente por el programa a partir de los pesos unitarios de los materiales (2.4 tonf/m3) y de la geometria de los mismos.

PRESIÓN HIDROSTÁTICA (F)

Corresponde a la presión ejercida sobre los elementos del canal por el fluido que viaja por él. Para este caso de carga, se asumió el caso crítico en el que el canal se encuentra completamente lleno con una profundidad de agua de 2.00m.

Profundidad	Presion Hidrostatica
0 m	0 kg/m2
1 m	1000 kg/m2
2 m	2000 kg/m2

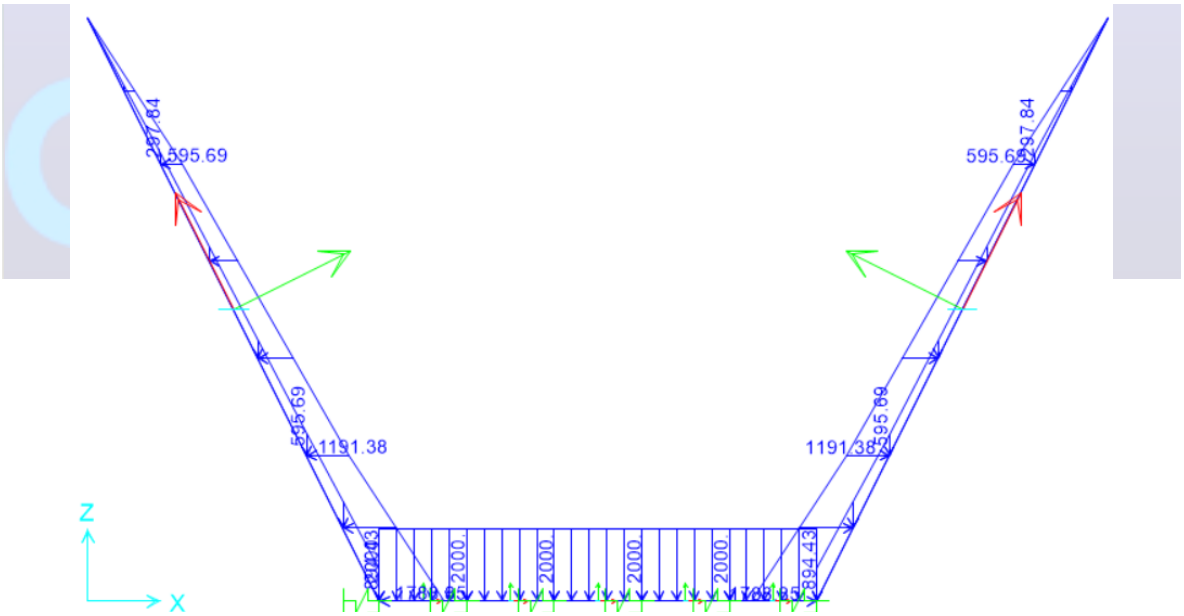


Figura 7. Presión Hidrostática.

PRESIÓN LATERAL DEL TERRENO (H)

En este patrón de carga se incluyó el efecto de la presión lateral del terreno adyacente al canal. Para carga el modelo se asumió una densidad del terreno típica de 2.00 tonf/m3 y un coeficiente presión activa Ka=0.28.

Profundidad	Presión Terreno

0 m	0	kg/m2
1 m	560	kg/m2
2 m	1120	kg/m2

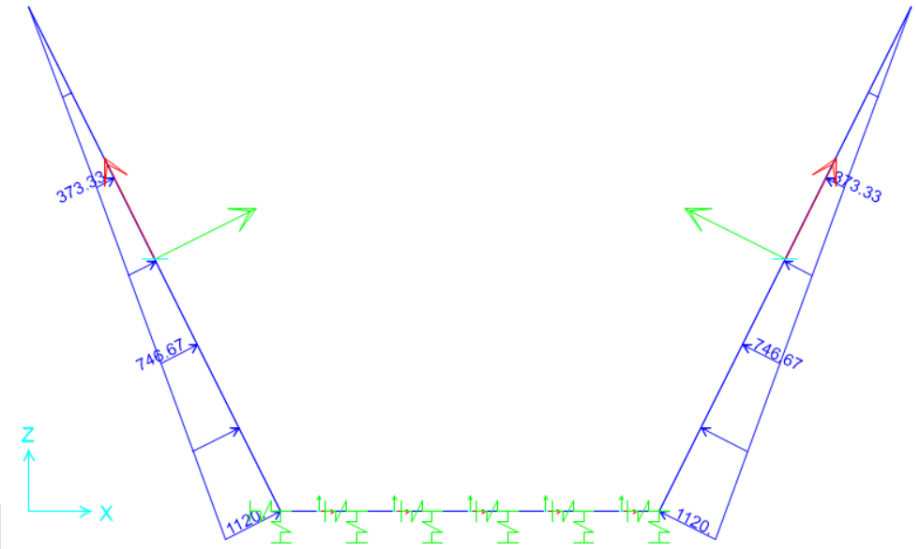


Figura 8. Presión Lateral del terreno.

CARGA POR MANTENIMEINTO

Debido a las labores de mantenimiento y limpieza se consideró el tránsito de un vehículo mini cargador sobre el fondo del canal:

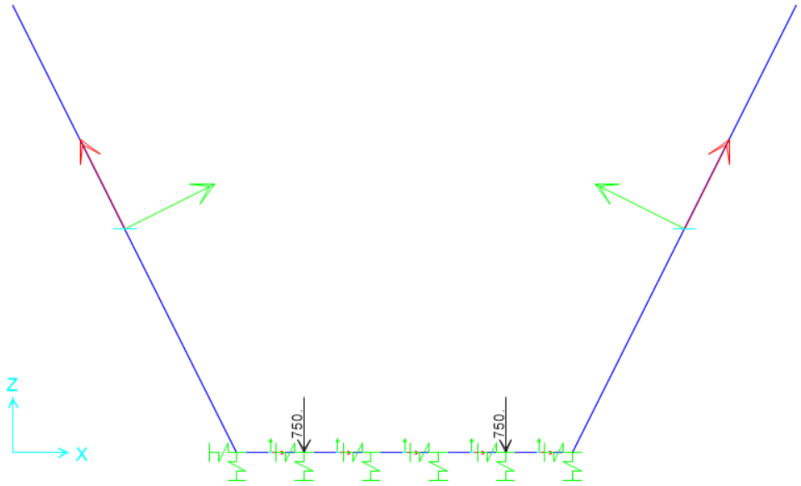


Figura 9. Mini cargador.

Según las especificaciones del vehículo, la carga máxima que transmitirá a la placa superior son 2.3 tonf. y la distancia entre los ejes de las llantas es de 1.10m.

2.6 DISEÑO ESTRUCTURAL

Se desarrolla el diseño estructural del canal en concreto reforzado con el método del estado límite de resistencia, utilizando el programa de computador SAP 2000, según requisitos NSR -10.

DISEÑO A CORTANTE

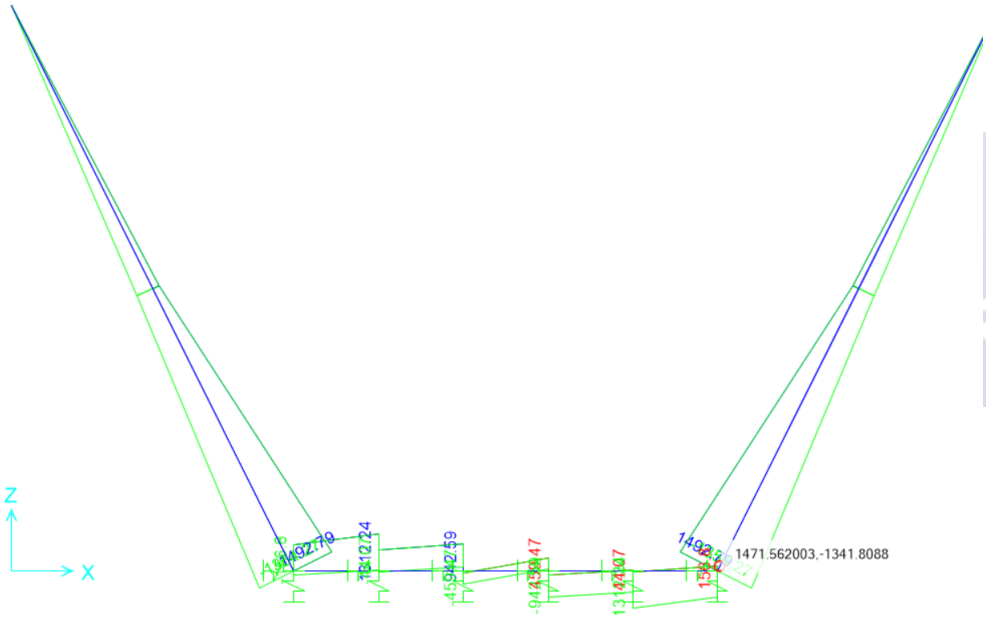


Figura 10. Diagrama de cortante por una combinación envolvente.

NIT. 900.833.780-6

Design of Shear according to ACI318M-11(Members with Clear Span to Depth Ratio > 4)

Material Properties:

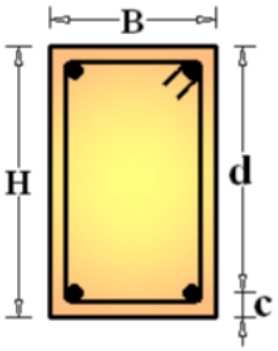
. f'c = 28 MPa	Concrete Compressive Strength
. fy = 420 MPa	Shear Reinforcement Yield Strength
. phi = 0.75	Shear Strength Reduction Factor
. Lm = 1.00	Normalweight Concrete Strength Reduction Factor

Section Properties:

. B = 1000 mm	Section Width
. H = 230 mm	Section Height
. c = 60 mm	Cover to Center of Steel Bars
. d = H - c = 170 mm	Section Effective Depth

Applied Forces:

. Vu = 15 kN	Ultimate Shear Force



Concrete Shear Strength:

. For Nonprestressed Members Subject to Shear and Flexure Only: (ACI318M-11, Clause-11.2.1)

. Vcn = phi * Vc = phi*{0.17*Lm*sqrt(f'c)*B*d} = 114.693 kN Concrete Shear Strength

Check Section Size Adequacy:

. Vu = 15 kN < Vmax = 559.973 kN ..... (Vu / Vmax=0.027<1) ..... OK - Section Size is Adequate

Where:

. Vmax = (Vcn + Vsn_max) = 559.973 kN

. Vsn_max = phi*{0.66*sqrt(f'c)*B*d} = 445.28 kN

Calculate Area of Shear Reinforcement:

. Av = 0, Shear Reinforcement is not required because of: Vu = 15 kN < 0.5 * Vcn = 57.347 kN

DISEÑO A FLEXION

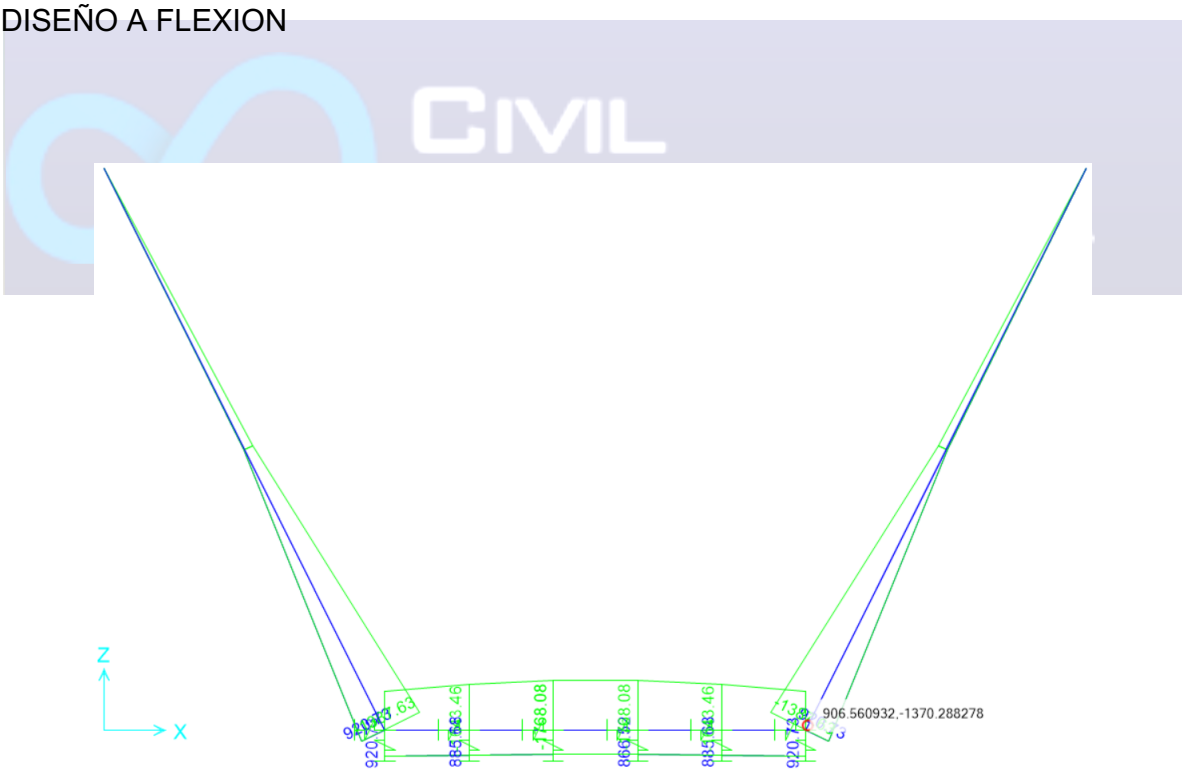


Figura 11. Diagrama de momentos por una combinación envolvente.

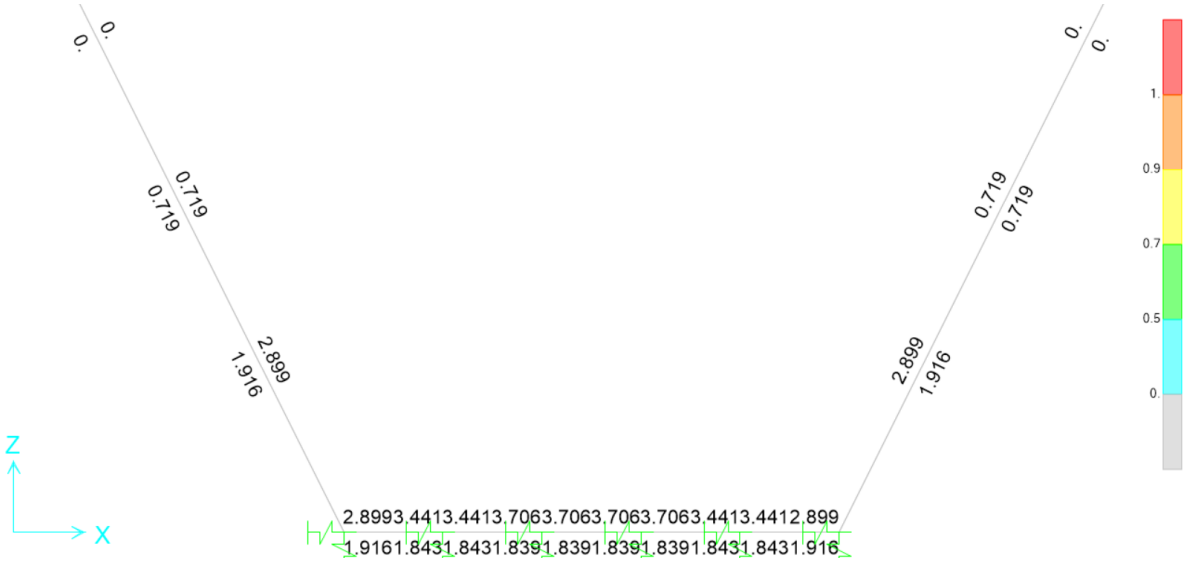
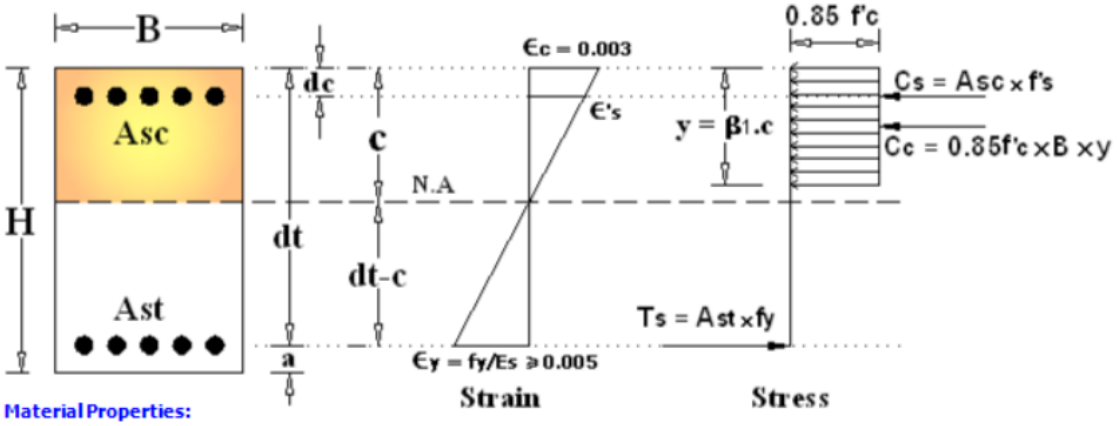


Figura 12. Diseño Estructural.

CALCULATE EQUIVALENT AREA OF STEEL DUE TO APPLIED MOMENT

Tension-Controlled Section

Sections are tension-controlled when the net tensile strain in the extreme tension steel is equal to or greater than 0.005 just as the concrete in compression reaches its assumed strain limit of 0.003.



Material Properties:

. f'c = 28 MPa	Concrete compressive strength
. fy = 420 MPa	Bending Reinforcement yield strength
. Es = 200000 MPa	Reinf. modulus of elasticity
. phi = 0.90	Flexure strength reduction factor (Tension-controlled section)

Section Properties:

. B = 1000 mm	Section breadth
. H = 230 mm	Section height
. a = 60 mm	Cover to tension rebar center
. dc = 60 mm	Cover to compression rebar center

Applied Moment:

. Mua = 14 kNm

Singly Reinforced Section properties:

. ec = 0.003	Concrete compressive strain
. es = 0.005	Reinf. tensile strain
. dt = H - dc = 170.0 mm	Effective depth
. Ct = [ec/(ec+es)]*dt = 0.375*dt = 63.75 mm	Neutral axis depth
. 0.85 >= {beta = 0.85-0.05[(f'c-28)/7]} >= 0.65, then beta = 0.850	Equivalent depth factor
. Ymax = beta * Ct = 54.19 mm	Equivalent compressive block depth
. As = {[0.85*f'c*B*Ymax]/fy} = 3070.63 mm2	Maximum area of steel for singly reinforced section
. Mur = phi*{0.85*f'c*B*Ymax*[dt-(Ymax/2)]} = 165.87 kNm	Maximum resistance moment for singly reinforced section

Section works as a Singly Reinforced Section because of:

The applied moment Mua = 14 kN.m is lesser than the maximum resistance moment for singly reinforced section Mur = 165.87 kN.m

Calculate required area of steel:

. Y = dt - {sqrt(dt*dt-[(2*Mua)/(phi*0.85*f'c*B)])} = 3.89 mm	Equivalent compressive block depth
. As(req) = 0.85*f'c*B*Y / fy = 220.39 mm2	Required area of steel

. Check minimum & maximum area of steel:

. Asmax = 0.04*B*dt = 6800.00 mm2 — Maximum area of steel

. As(req) = 220.39 mm2 < Asmax = 0.04*B*dt = 6800.00 mm2 then OK

. Minimum area of steel for Slab section against Shrinkage & Temperature (Each Face):

. fy = 420 MPa then Asmin = 0.0018*B*H/2 = 207.00 mm2

. As(req) = 220.39 mm2 > Asmin = 207.00 mm2 then OK

. Used area of steel: As(used) = 220.39 mm2

. Used Bars: (2 T 12)

3. CANALIZACION ARROYO PLATANAL

Consiste en la construcción de canal trapezoidal en concreto reforzado con una longitud de 800 mts (del K0+000 al K0+800), se harán actividades correspondientes a excavaciones y llenos conforme a la topografía actual y al diseño final y se construirá un canal en concreto reforzado de sección trapezoidal (ver foto 1 y figura 2).

3.1 MODELACION DE LA ESTRUCTURA

La estructura canal objeto de este estudio se diseñó con elementos de concreto reforzado. Se contemplaron todas las cargas presentes durante la vida útil del canal:

- Peso propio
- Presiones hidrostáticas
- Empujes laterales del terreno
- Carga por Mantenimiento (maquinaria pesada)

La modelación computacional se desarrolló utilizando el software para análisis y diseño estructural SAP2000. Se utilizaron elementos tipo “Frame” (Elementos tipo Barra) con

el fin de representar tanto la placa inferior del canal como los muros laterales. El modelo utilizo apoyos elásticos representados por resortes lineales en los nodos con el fin de integrar una versión simplificada de la interacción entre la estructura y el terreno.

2.1.1 DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA

La geometría final de la sección se definió de conformidad con los resultados obtenidos por la modelación hidráulica para los caudales solicitados, conformando así una sección trapezoidal con elementos de espesor de 25cm, como se muestra a continuación.

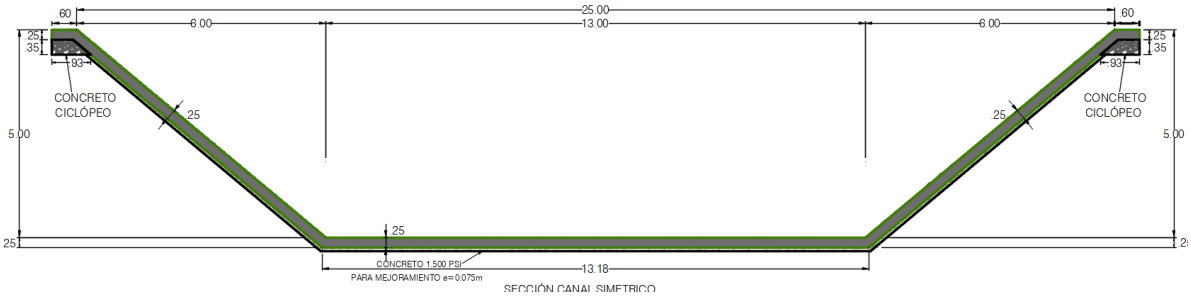


Figura 13. Sección transversal típica Arroyo Platanal.

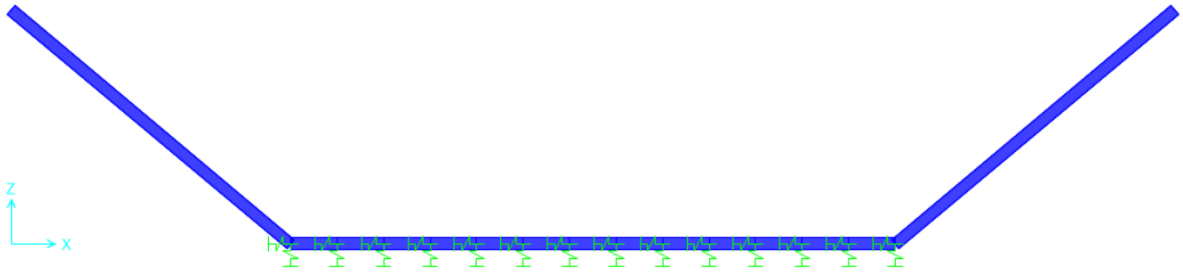


Figura 14. Modelo 2D Elementos finitos (FEM).

2.2 DEFINICIÓN DE LOS MATERIALES

A continuación, se presentan los formularios de entrada de información que caracterizan los materiales definidos en el modelo. Dado que el diseño de los elementos estructurales se desarrolló por medio de hojas de cálculo externas, el único material definido corresponde al concreto con resistencia a la compresión f'c=28MPa.

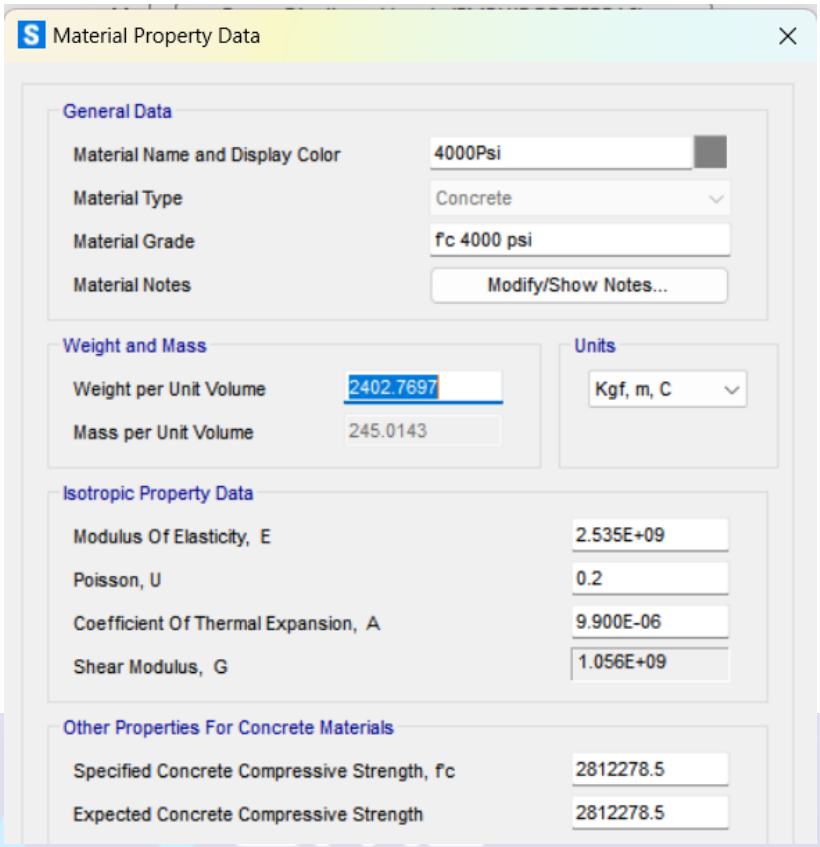


Figura 15. Definición de las propiedades del concreto

2.3 SECCIONES DE LOS ELEMENTOS

A continuación, se presentan los formularios de entrada de información que permiten definir las secciones transversales de los elementos tipo “frame” que representan la placa inferior y los muros en el modelo.

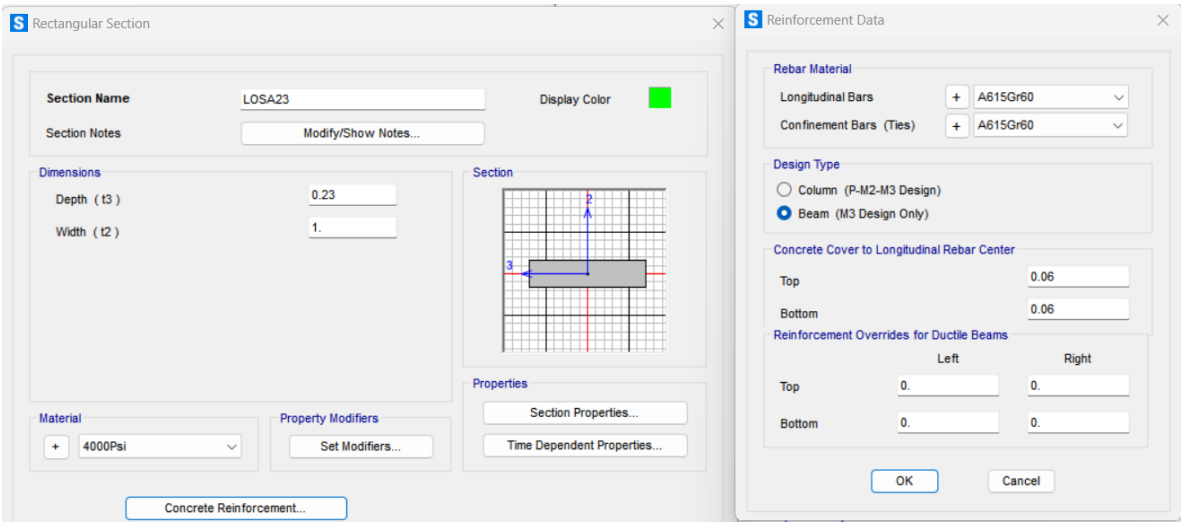


Figura 16. Definición de la sección del elemento tipo “frame”

2.4 APOYOS DEL MODELO

Con el fin de generar solicitaciones conservadoras, se decidió utilizar una capacidad portante admisible considerablemente deficiente:

$$qa = 5.0 \text{ tonf/m2} = 0.5 \text{ kgf/cm2}$$

Utilizando esta capacidad portante admisible y una serie de recomendaciones obtenidas en el programa SAFE de la empresa Computers & Structures Inc. se determinó un módulo de balasto (Módulo de Winkler) que permitió definir los resortes de los nodos de la estructura.

MODULOS DE REACCIÓN DEL SUELO

Distinguidos Usuarios de CSI, Morrison & Morrison Ingenieros www.morrisoningenieros.com, Coordinadores CSI Latinoamérica, Proporciona la siguiente Tabla para uso con el SAFE.

Está en una tabla con diferentes valores del Modulo de Reacción del Suelo (conocido también como Coeficiente de Balasto o Modulo de Winkler) en función de la resistencia admisible del terreno en cuestión. Los valores de esta tabla son para una superficie de apoyo (Área) Estos valores son los que hay que darles al SAFE (no requieren ninguna Modificación).

Esta tabla es un resumen de diferentes trabajos en mecánica de suelos que han realizado el Prof. Terzaghi y otros cinco Ingenieros connotados (en diferentes épocas).

Esta tabla se extrajo de la Tesis de maestría "Interacción Suelo-Estructuras: Semi-espacio de Winkler", Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona- España. 1993 (Autor Nelson Morrison).

Modulo de Reacción del Suelo
Datos para SAFE

Esf Adm (Kg/Cm²)	Winkler (Kg/Cm³)	Esf Adm (Kg/Cm²)	Winkler (Kg/Cm³)	Esf Adm (Kg/Cm²)	Winkler (Kg/Cm³)
0.25	0.65	**1.55**	3.19	**2.85**	5.70
0.30	0.78	**1.60**	3.28	**2.90**	5.80
0.35	0.91	**1.65**	3.37	**2.95**	5.90
0.40	1.04	**1.70**	3.46	**3.00**	6.00
0.45	1.17	**1.75**	3.55	**3.05**	6.10
0.50	1.30	**1.80**	3.64	**3.10**	6.20
0.55	1.39	**1.85**	3.73	**3.15**	6.30
0.60	1.48	**1.90**	3.82	**3.20**	6.40
0.65	1.57	**1.95**	3.91	**3.25**	6.50
0.70	1.66	**2.00**	4.00	**3.30**	6.60
0.75	1.75	**2.05**	4.10	**3.35**	6.70
0.80	1.84	**2.10**	4.20	**3.40**	6.80
0.85	1.93	**2.15**	4.30	**3.45**	6.90
0.90	2.02	**2.20**	4.40	**3.50**	7.00
0.95	2.11	**2.25**	4.50	**3.55**	7.10
1.00	2.20	**2.30**	4.60	**3.60**	7.20
1.05	2.29	**2.35**	4.70	**3.65**	7.30
1.10	2.38	**2.40**	4.80	**3.70**	7.40
1.15	2.47	**2.45**	4.90	**3.75**	7.50
1.20	2.56	**2.50**	5.00	**3.80**	7.60
1.25	2.65	**2.55**	5.10	**3.85**	7.70
1.30	2.74	**2.60**	5.20	**3.90**	7.80
1.35	2.83	**2.65**	5.30	**3.95**	7.90
1.40	2.92	**2.70**	5.40	**4.00**	8.00
1.45	3.01	**2.75**	5.50		
1.50	3.10	**2.80**	5.60		

Tabla 1. Módulo de reacción del suelo para modelación con valores capacidad portante.

$$k_{balasto} = 1.20 \text{ kgf/cm}^3 = 1200 \text{ tonf/m}^3$$

El elemento se discretizo cada 1.0m luego el área aferente típica a cada nodo de la estructura es:

$$A_{aferente} = 1.00 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, la constante del resorte para el grado de libertad vertical de los nodos se estableció como:

$$k_{resorte_vertical} = 1200\ tonf/m_3 \times 1.00\ m_2 = 1200\ \ tonf/m$$

Con el fin de estabilizar el modelo y restringir parcialmente los desplazamientos laterales, se generó un resorte en las direcciones horizontales cuya magnitud fuera la mitad del resorte vertical:

$$k_{resorte_horizontal} = k_{resorte_vertical} / 2 = 600\ tonf/m$$

Finalmente, la implementación de los resortes en el modelo se refleja en la siguiente imagen:

Figura 5. Resortes Losa fondo.

2.5 CASOS DE CARGA

En primer lugar, se definieron los patrones de carga en el modelo:

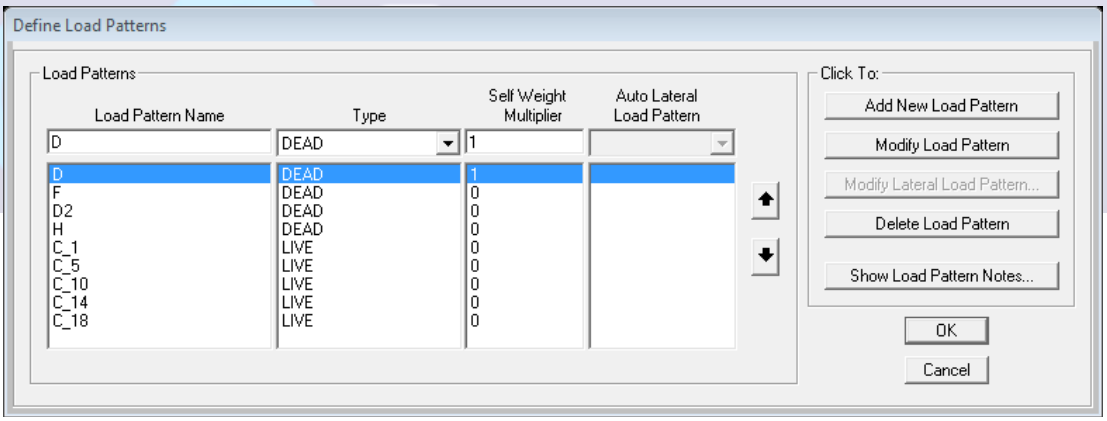


Figura 17. Patrones de Carga.

PESO PROPIO (D)

El peso propio de todos los elementos estructurales de concretos modelados es evaluado internamente por el programa a partir de los pesos unitarios de los materiales (2.4 $tonf/m_3$) y de la geometria de los mismos.

PRESIÓN HIDROSTÁTICA (F)

Corresponde a la presión ejercida sobre los elementos del canal por el fluido que viaja por él. Para este caso de carga, se asumió el caso crítico en el que el canal se encuentra completamente lleno con una profundidad de agua de 2.00m.

Profundidad	Presion Hidrostatica
0 m	0 kg/m2
1 m	1000 kg/m2
2 m	2000 kg/m2
3 m	3000 kg/m2
4 m	4000 kg/m2
5 m	5000 kg/m2

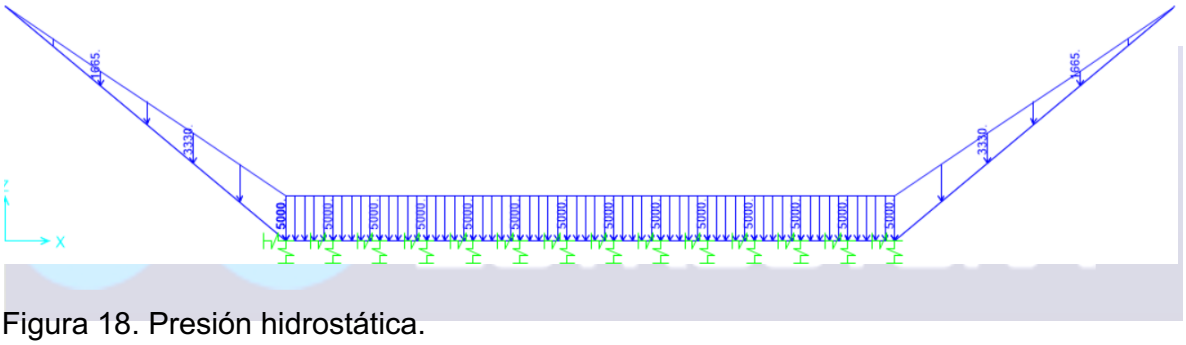


Figura 18. Presión hidrostática.

PRESIÓN LATERAL DEL TERRENO (H)

En este patrón de carga se incluyó el efecto de la presión lateral del terreno adyacente al canal. Para carga el modelo se asumió una densidad del terreno típica de 2.00 tonf/m3 y un coeficiente presión activa Ka=0.28.

Profundidad	Presion Terreno	
0 m	0	kg/m2
1 m	660	kg/m2
2 m	1320	kg/m2
3 m	1980	kg/m2
4 m	2640	kg/m2
5 m	3300	kg/m2

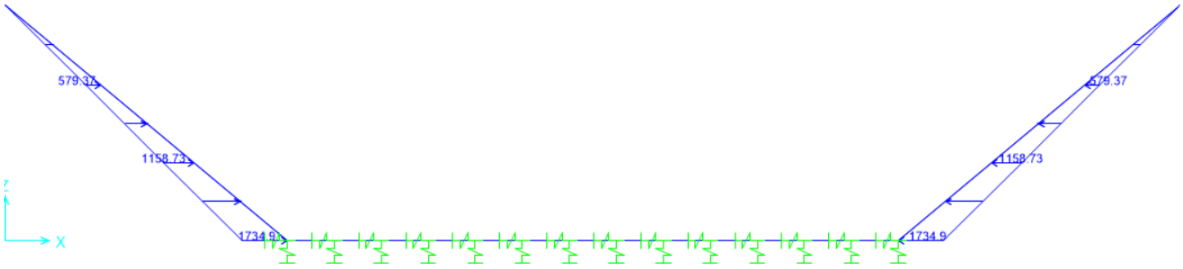


Figura 19. Presión lateral de tierra.

CARGA POR MANTENIMEINTO

Debido a las labores de mantenimiento y limpieza se consideró el tránsito de un vehículo mini cargador sobre el fondo del canal:

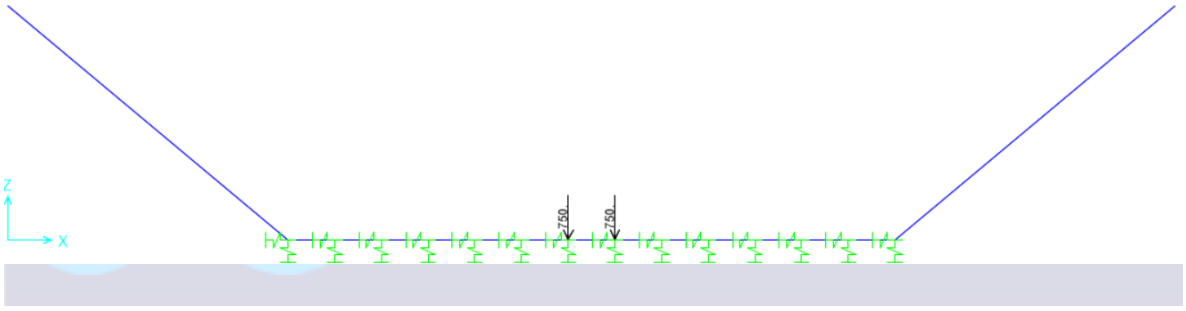


Figura 20. Cargas por mantenimiento y limpieza.

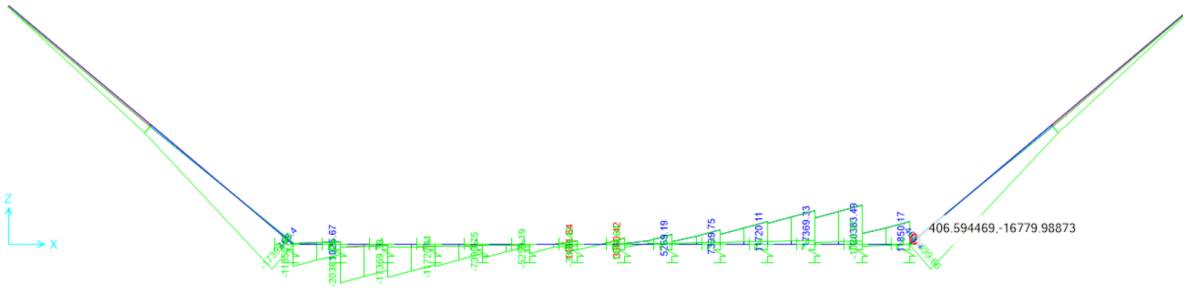
Según las especificaciones del vehículo, la carga máxima que transmitirá a la placa superior son 2.3 tonf. y la distancia entre los ejes de las llantas es de 1.10m.

2.6 DISEÑO ESTRUCTURAL

Se desarrolla el diseño estructural del canal en concreto reforzado con el método del estado límite de resistencia, utilizando el programa de computador SAP 2000, según requisitos NSR -10.

NIT. 900.833.780-6

DISEÑO A CORTANTE



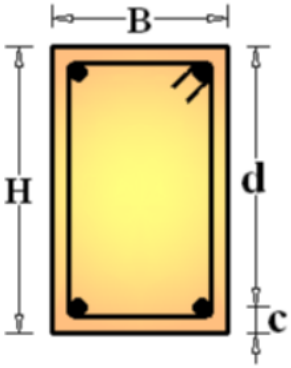
Design of Shear according to ACI318M-11(Members with Clear Span to Depth Ratio > 4)

Material Properties:

. f'c = 28 MPa	Concrete Compressive Strength
. fy = 420 MPa	Shear Reinforcement Yield Strength
. phi = 0.75	Shear Strength Reduction Factor
. Lm = 1.00	Normalweight Concrete Strength Reduction Factor

Section Properties:

. B = 100 mm	Section Width
. H = 250 mm	Section Height
. c = 60 mm	Cover to Center of Steel Bars
. d = H - c = 190 mm	Section Effective Depth



Applied Forces:

. Vu = 1.7 kN	Ultimate Shear Force

Concrete Shear Strength:

. For Nonprestressed Members Subject to Shear and Flexure Only: (ACI318M-11, Clause-11.2.1)

. Vcn = phi * Vc = phi*{0.17*Lm*sqrt(f'c)*B*d} = 12.819 kN Concrete Shear Strength

Check Section Size Adequacy:

. Vu = 1.7 kN < Vmax = 62.585 kN ..... (Vu / Vmax=0.027<1) ..... OK - Section Size is Adequate

Where:

. Vmax = (Vcn + Vsn_max) = 62.585 kN

. Vsn_max = phi*{0.66*sqrt(f'c)*B*d} = 49.767 kN

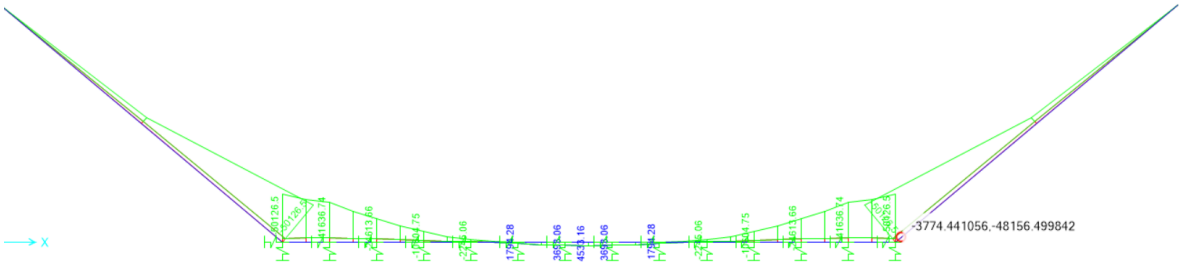
Calculate Area of Shear Reinforcement:

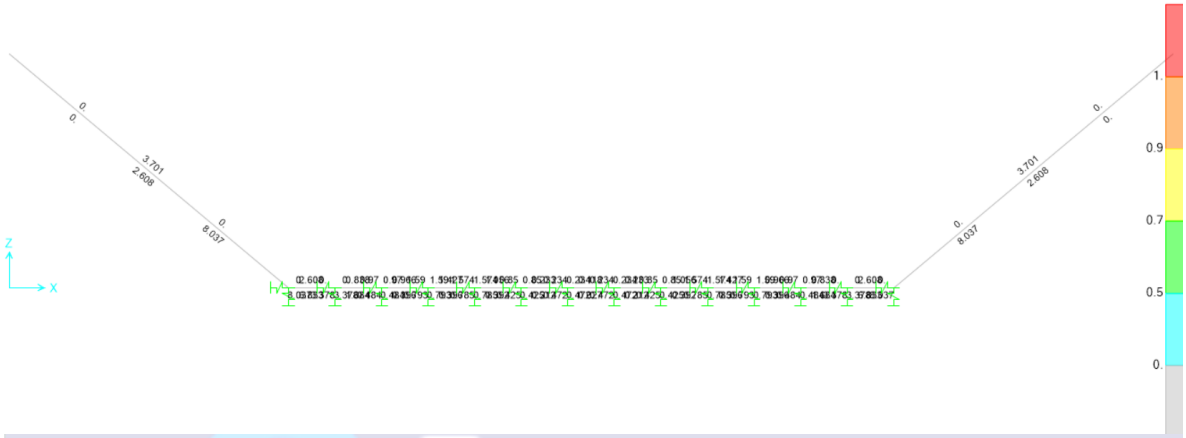
. Av = 0, Shear Reinforcement is not required because of: Vu = 1.7 kN < 0.5 * Vcn = 6.409 kN

DISEÑO A FLEXION

CIVIL ESTRUCTURA

NIT. 900.833.780-6



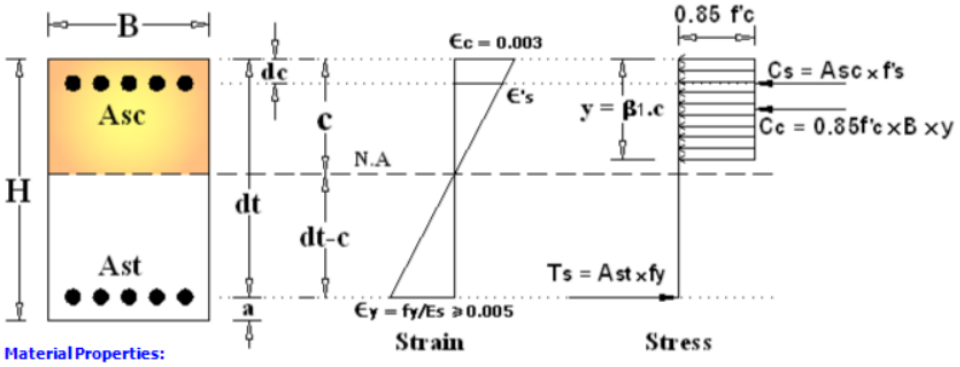


Design of Flexure According to ACI318M-11

CALCULATE EQUIVALENT AREA OF STEEL DUE TO APPLIED MOMENT

Tension-Controlled Section

Sections are tension-controlled when the net tensile strain in the extreme tension steel is equal to or greater than 0.005 just as the concrete in compression reaches its assumed strain limit of 0.003.



Material Properties:

. f'c	= 28 MPa	Concrete compressive strength
. fy	= 420 MPa	Bending Reinforcement yield strength
. Es	= 200000 MPa	Reinf. modulus of elasticity
. phi	= 0.90	Flexure strength reduction factor (Tension-controlled section)

NIT. 900.833.780-6

Section Properties:

. B = 1000 mm Section breadth
. H = 250 mm Section height
. a = 60 mm Cover to tension rebar center
. dc = 60 mm Cover to compression rebar center

Applied Moment:

. Mua = 45 kNm

Singly Reinforced Section properties:

. ec = 0.003 Concrete compressive strain
. es = 0.005 Reinf. tensile strain
. dt = H - dc = 190.0 mm Effective depth
. Ct = [ec/(ec+es)]*dt = 0.375*dt = 71.25 mm Neutral axis depth
. 0.85 >= {beta = 0.85-0.05[(f'c-28)/7]} >= 0.65, then beta = 0.850 Equivalent depth factor
. Ymax = beta * Ct = 60.56 mm Equivalent compressive block depth
. As = {[0.85*f'c*B*Ymax]/fy} = 3431.88 mm2 Maximum area of steel for singly reinforced section
. Mur = phi*{0.85*f'c*B*Ymax*[dt-(Ymax/2)]} = 207.19 kNm Maximum resistance moment for singly reinforced section

Section works as a Singly Reinforced Section because of:

The applied moment Mua = 45 kN.m is lesser than the maximum resistance moment for singly reinforced section Mur = 207.19 kN.m

Calculate required area of steel:

. Y = dt - {sqrt(dt*dt-[(2*Mua)/(phi*0.85*f'c*B)])} = 11.40 mm Equivalent compressive block depth
. As(req) = 0.85*f'c*B*Y / fy = 645.94 mm2 Required area of steel

. Check minimum & maximum area of steel:

. Asmax = 0.04*B*dt = 7600.00 mm2 Maximum area of steel
. As(req) = 645.94 mm2 < Asmax = 0.04*B*dt = 7600.00 mm2 then OK
. Minimum area of steel for Slab section against Shrinkage & Temperature (Each Face):
. fy = 420 MPa then Asmin = 0.0018*B*H/2 = 225.00 mm2
. As(req) = 645.94 mm2 > Asmin = 225.00 mm2 then OK

. Used area of steel: As(used) = 645.94 mm2

. Used Bars: (6 T 12)

CIVIL ESTRUCTURA