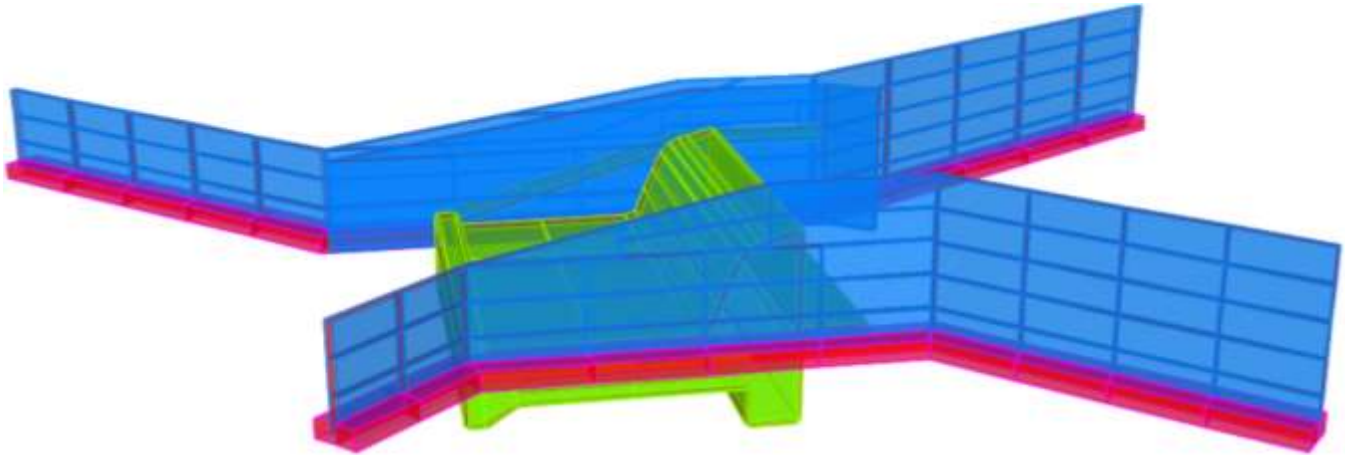
2020

Diseño Estructural Bocatoma Proyecto Construcción Acueducto Localidad El Rodeo-Resguardo de Belalcázar-Municipio de Páez-Cauca

RESUMEN DISEÑO ESTRUCTURAL BOCATOMA EL RODEO



DATOS

Largo muros	11.39 m
Altura muros	1.60 m
Altura zarpa	0.30 m
Espesor de muro	0.20 m
Máxima distancia entre muros	4.09 m

ESTADOS DE CARGA:

1.2D + 1.6L (estado más crítico)

1.4 DF+1.6 LH

0.9 D +1.6 H+1 E

Supuestos de Diseño

1 - Muro sin rellenos laterales (estado crítico)

2- Muro sin agua (análisis solo con la actuación de los rellenos laterales, es crítico)

METODOLOGÍA

Se diseña con un modelo de elementos finitos en tres dimensiones que permite modelar las cargas de fondo por cada superficie y las cargas laterales por cada nudo en forma de trapecio según el estado de carga de la estructura. La capacidad portante del suelo es transmitida por medio de resortes de capacidad equivalente al suelo en los nodos de cada cuadricula de la grilla, conforme a la capacidad del suelo en cada punto, para el análisis de estados de carga se analizan las envolventes de cada estado de carga arriba mencionado y se obtienen los mayores requerimientos de acero que se puedan observar en la matriz de comparación, y se obtienen los aceros que denominamos aceros por envolventes, seguidamente chequeamos los aceros por retracción y temperatura y demás normas teóricas y empíricas obligatorias de la NSR 10 y del código ACI correspondiente, y se asignan los aceros definitivos dejando ciertas holguras de seguridad a criterio del ingeniero diseñador.

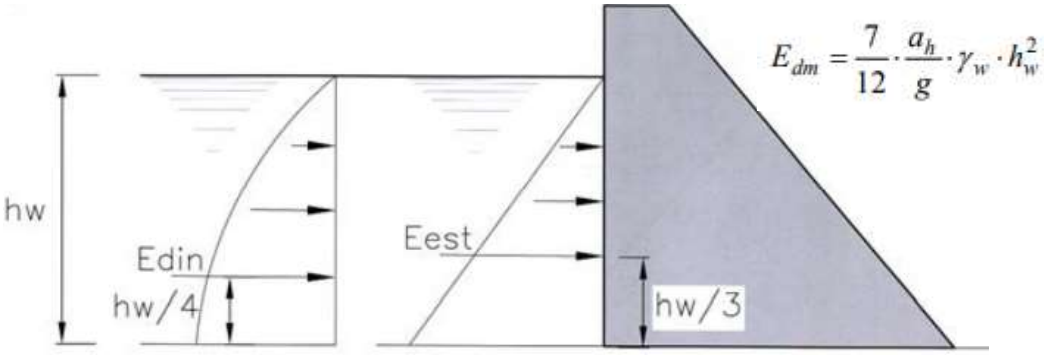
CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Los resultados obtenidos en capacidad portante son los siguientes, tomados del Estudio de Suelos anexado a este estudio.

q admisible = qult / fs = 63.80 Tn/m2

Fuerzas producidas por los sismos

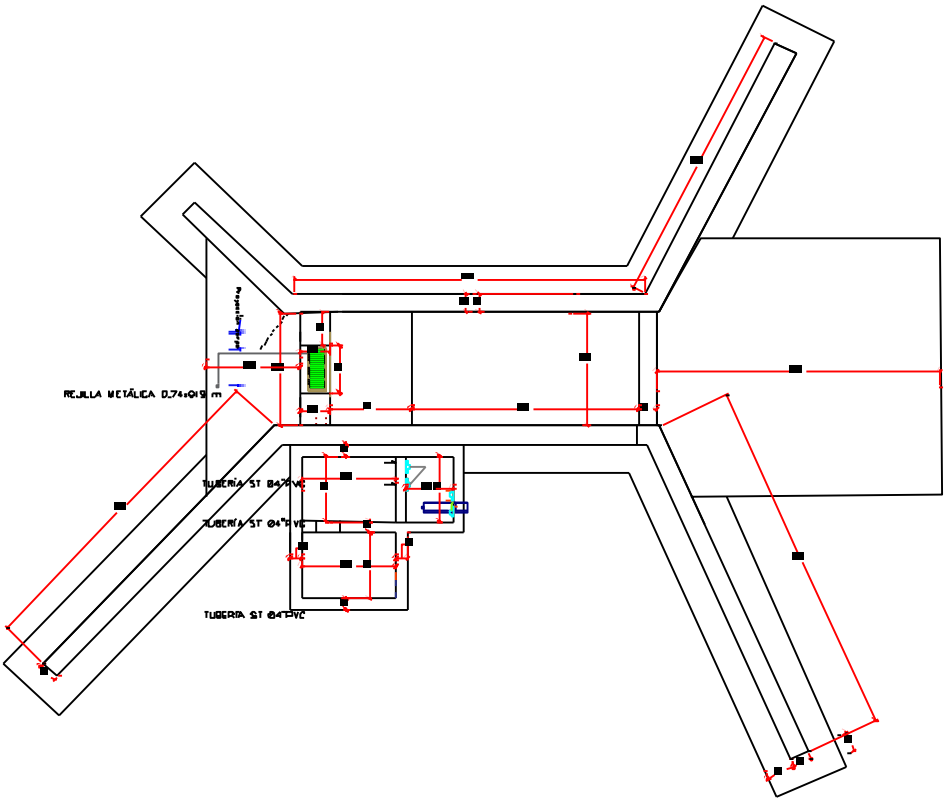
- **Calculo de fuerza hidrodinámica:** Se tiene en cuenta la fuerza hidrodinámica producida por el agua en el momento del sismo, la cual se calcula a continuación:



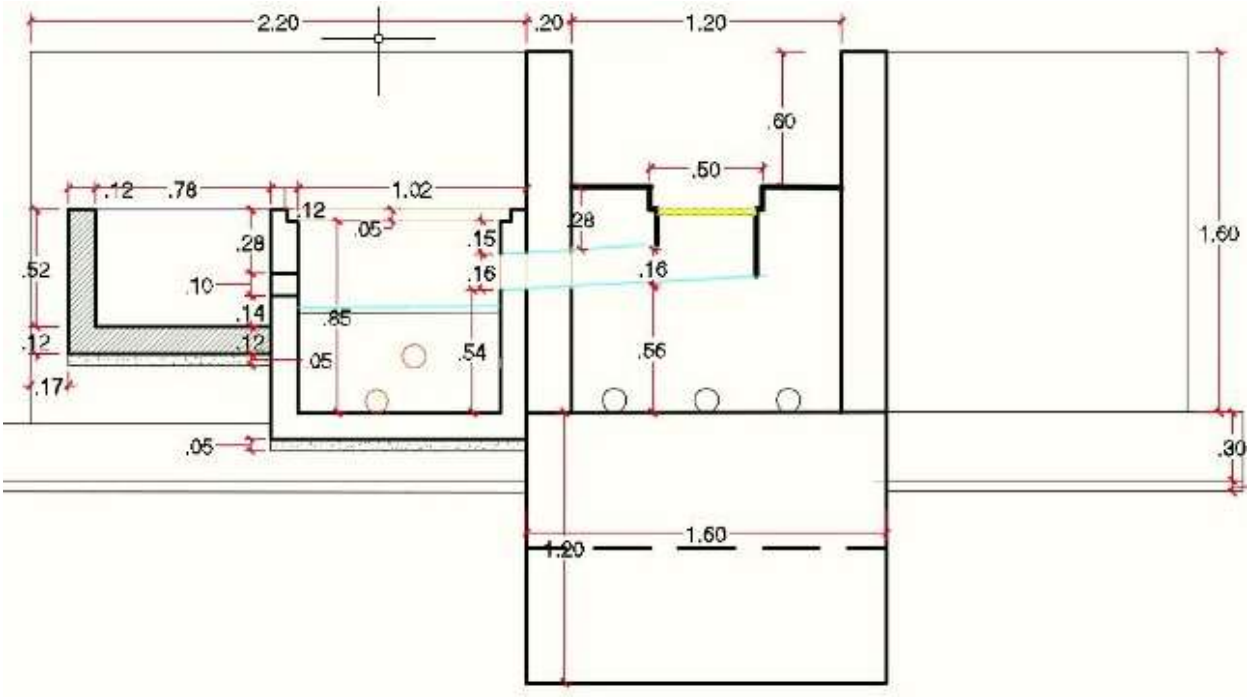
E_{dm} = 0.06 ton, altura de aplicación de la fuerza: 0.51 m

Las fuerzas producidas por olas no son tenidas en cuenta en muros pequeños, solo aplica para grandes cantidades de agua.

Vista en planta dimensiones muro Bocatoma



Vista en perfil muro Bocatoma



PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PARA DISEÑAR:

Peso específico del Agua: 1 ton/m3

Peso unitario del suelo: 2.0 ton/m3

Coeficiente de presión lateral activa de suelo: Ka=0.432

Coeficiente de presión de tierra pasiva: Kp=2.313

f´c = 28 Mpa

fy = 420 Mpa

DISEÑO ZAPATA DE CIMENTACION Y MUROS

C.23-C.14.6 — Espesor mínimo de muros

C.23-C.14.6.1 — El espesor de los muros que no sean de carga cuya estabilidad vertical no se derive de curvatura del muro en planta no debe ser menor de 150 mm, ni menor de 1/30 de la distancia mínima entre elementos que le proporcionen apoyo lateral.

C.23-C.14.6.2 — El espesor mínimo de muros convencionales de concreto reforzado construidos en sitio que estén en contacto con líquidos y tengan más de 3 m de altura debe ser 300 mm.

Calculo de espesor de muro

Espesor =L/30

Espesor = 409/30

Espesor = 14 cm

El espesor debe ser mínimo 15 cm, de acuerdo al C.23-C.14.6.1 entonces se adopta 20 cm de espesor para el muro.

C.23-C.15.14.3 — Espesor de la losa

C.23-C.15.14.3.1 — El mínimo espesor para losas sobre el terreno es:

- 100 mm para losas con solo una capa de refuerzo no preesforzado.
- 125 mm para losas con refuerzo preesforzado.
- 150 mm para losas con refuerzo, superior e inferior.

Calculo de espesor de zarpa

El espesor recomendado mínimo para losas con refuerzo inferior y superior es de 15 cm, se adopta un espesor de 30 cm.

CALCULO DE ACERO PARA LOSA INFERIOR

Retracción de fraguado y variación de temperatura:

TABLA C.23-C.7.12.2.1 CUANTÍAS MÍNIMAS DE RETRACCIÓN DE FRAGUADO Y VARIACIÓN DE TEMPERATURA**.**

Distancia entre juntas para compensar movimientos	Cuantías mínimas de refuerzo de retracción de fraguado y variación de temperatura	
	Fy = 240 Mpa	Fy = 420 Mpa
Menos de 6 m	0.003	0.003
6 a menos de 9 m	0.004	0.003
9 a menos de 12 m	0.005	0.004
12 m o mas	0.006	0.005

Distancia entre juntas de expansión y juntas de contracción de profundidad total. Cuando se trate de juntas de profundidad parcial se multiplican las distancias por 1.5

Longitud máxima entre juntas de construcción o retracción para el caso de esta unidad es L = 0 m, menos de 6 m.

Según la tabla C.23-C.7.12.2.1 Cuantías mínimas de retracción de fraguado y variación de temperatura la densidad mínima de temperatura para acero de 420 Mpa, será de 0.003

b = 100 cm

t = 30 cm (espesor)

d = 22.5 cm

Equivale a 9 cm^2 por ml

No 4 Área de la barra = 1.27 cm^2

Así que se requiere 7.1 unidades por ml

Se requiere una doble parrilla con varilla No 4 cada 28 cm en ambos sentidos de la losa.

Acero calculado por envolventes:

Sentido X, estado de carga 1.2D + 1.6L

Requiere 0.041 cm^2 por centímetro lineal, equivale a 4.1 cm^2 por ml en sentido X.

Se requiere una doble parrilla con varillas No 4 cada 30 cm en ambos sentidos de la losa.

Sentido Y, estado de carga 1.2D + 1.6L

Requiere 0.046 cm^2 por centímetro lineal, equivale a 4.6 cm^2 por ml en un sentido Y.

Se requiere una doble parrilla con varillas No 4 cada 27cm en ambos sentidos de la losa.

Acero mínimo por flexión:

$$A_{s,min} = \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \qquad \text{(C.10-3)}$$

pero no menor a $1.4 b_w d / f_y$

Refuerzo minimo en elementos sometidos a flexion		
Asmin	7.09	cm2
1.4*b*d/fy	7.50	cm2
Asmin	7.50	cm2
A#4:	1.27	
unidades por ml	5.91	
se requiere #4 @	16.0	cm

Se tomara un recubrimiento de 7.5 cm, según la tabla siguiente del NSR – 10

TABLA C.23-C.7.7.1 — PROTECCIÓN DE CONCRETO PARA EL REFUERZO EN ESTRUCTURAS AMBIENTALES

Condición			Concreto construido en sitio	Concreto prefabricado Nota-1	Concreto preesforzado vaciado en sitio
(a) Concreto vaciado contra la tierra y en permanente contacto con ella			75 mm	No aplica	75 mm
(b) Concreto expuesto a la tierra , liquidos, intemperie, o en losas que sostienen rellenos de tierra	Losas y viguetas		50 mm	40 mm	40 mm
	Vigas y columnas	Estribos y espirales	50 mm	40 mm	40 mm
		Refuerzo principal	65 mm	50 mm	50 mm
	Muros		50 mm	40 mm	40 mm
	Zapatas y losas de base	Superficies vaciadas contra formaleta	50 mm	No aplica	No aplica
		Superficie superior de zapatas y losas de base	50 mm	No aplica	No aplica
	Cascarones y losas plegadas		40 mm	25 mm	25 mm
(c) Condiciones no cubiertas en (a) o (b)	Losas y viguetas	Barras No. 11 (1-3/8") ó 36M (36 mm) y menores	20 mm	20 mm Nota-2	20 mm
		Barras No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm)	40 mm	40 mm Nota-3	40 mm
	Vigas y columnas	Estribos y espirales	40 mm	25 mm	25 mm
		Refuerzo principal	50 mm	40 mm	40 mm
	Muros	Barras No. 11 (1-3/8") ó 36M (36 mm) y menores	20 mm	20 mm Nota-2	20 mm
		Barras No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (1-3/8") ó 36M (36 mm) y menores	40 mm	40 mm Nota-3	40 mm
	Cascarones y losas plegadas	Barras No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm), alambre MW30 o MD30 (6.2 mm de diámetro), o menores	13 mm	20 mm	20 mm
		Barras No. 6 (3/4") ó 20M (20 mm) y mayores	20 mm	25 mm	25 mm

Nota-1 – Construido bajo condiciones de control en planta de prefabricación
Nota-2 – Incluye ductos de preesforzado menores de 40 mm de diámetro

Asignación de aceros:

Como el acero mínimo por flexión es mayor al calculado por retracción de fraguado y temperatura y el calculado por el método de elementos finitos se tendrá en cuenta el acero mínimo a flexión en la parrilla.

Se asigna una doble parrilla con varilla No 4 cada 15 cm en ambos sentidos de la losa.

Chequeo por flexión:

diseño por metro de ancho			
f´c =	28	Mpa	
fy =	420	Mpa	
t =	0.3	m	
recubrimiento =	75	mm	
Φ =	4	octavos	
S =	0.15	m	
As#4 =	1.27	cm2	
As =	8.47	cm2	
As =	847	mm2	
d =	218.65	mm	
ρ =	0.0039		
ρ min =	0.0030	ok cumple	
ρ def =	0.00387		
Mn=	75096.46	kn-mm	
Mn=	**75.10**	**Kn - m**	
Mu =	**2.44**	**Kn - m**	ok cumple

CALCULO DE ACERO PARA MUROS

Norma para diseño de muros

De acuerdo al C. 23 –C.7.12.2.2 el refuerzo de retracción y temperatura no se debe espaciar a más de 300 mm y el tamaño mínimo de la barra no debe ser menor a No 4, o 12mm. Al menos 1/3 del área requerida para refuerzo de retracción y temperatura debe colocarse cualquiera de las caras del elemento.

Se requiere colocar por lo menos 1/3 del acero requerido en cada cara, así que el refuerzo se calcula para que se distribuya las fuerzas en las dos parrillas.

Retracción de fraguado y variación de temperatura:

TABLA C.23-C.7.12.2.1 CUANTÍAS MÍNIMAS DE RETRACCIÓN DE FRAGUADO Y VARIACIÓN DE TEMPERATURA.

Distancia entre juntas para compensar movimientos	Cuantías mínimas de refuerzo de retracción de fraguado y variación de temperatura	
	Fy = 240 Mpa	Fy = 420 Mpa
Menos de 6 m	0.003	0.003
6 a menos de 9 m	0.004	0.003
9 a menos de 12 m	0.005	0.004
12 m o mas	0.006	0.005

Distancia entre juntas de expansión y juntas de contracción de profundidad total. Cuando se trate de juntas de profundidad parcial se multiplican las distancias por 1.5

Longitud máxima entre juntas de construcción o retracción para el caso de esta unidad es L = 0 m, Menos de 6 m

Según la tabla C.23-C.7.12.2.1 Cuantías mínimas de retracción de fraguado y variación de temperatura la densidad mínima de temperatura para acero de 420 Mpa, será de 0.003

b = 100 cm

t = 20 cm

d = 15 cm

Equivale a 6 cm^2 por ml

No 4 Área de la barra = 1.27 cm^2

Así que se requiere 4.7 unidades por ml

Se requiere una doble parrilla con varilla No 4 cada 27 cm en ambos sentidos del muro por retracción de fraguado y variación de temperatura.

Acero calculado por envolventes:

Sentido X, estado de carga 1.2D + 1.6L

Requiere 0.009813 cm^2 por centímetro lineal, equivale a 0.98 cm^2 por ml en un sentido X.

Satisface los cálculos

Se requiere una doble parrilla con varillas No 4 cada 129 cm en ambos sentidos del muro.

Sentido Y, estado de carga 1.2D + 1.6L

Requiere 0.012331 cm^2 por centímetro lineal, equivale a 1.23 cm2 por ml en el sentido Y.

Satisface los cálculos

Se requiere una doble parrilla con varillas No4 cada 102 cm en ambos sentidos del muro.

Acero mínimo por flexión:

$$A_{s,min} = \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \qquad \text{(C.10-3)}$$

pero no menor a $1.4 b_w d / f_y$

Refuerzo minimo en elementos sometidos a flexion		
Asmin	4.72	cm2
1.4*b*d/fy	5.00	cm2
Asmin	5.00	cm2
A#4:	1.27	
unidades por ml	3.94	
se requiere #4 @	25.0	cm

Se tomara un recubrimiento de 5 cm, según la tabla siguiente del NSR – 10

TABLA C.23-C.7.7.1 — PROTECCIÓN DE CONCRETO PARA EL REFUERZO EN ESTRUCTURAS AMBIENTALES

Condición			Concreto construido en sitio	Concreto prefabricado Nota-1	Concreto preesforzado vaciado en sitio
(a) Concreto vaciado contra la tierra y en permanente contacto con ella			75 mm	No aplica	75 mm
(b) Concreto expuesto a la tierra , liquidos, intemperie, o en losas que sostienen rellenos de tierra	Losas y viguetas		50 mm	40 mm	40 mm
	Vigas y columnas	Estribos y espirales	50 mm	40 mm	40 mm
		Refuerzo principal	65 mm	50 mm	50 mm
	Muros		50 mm	40 mm	40 mm
	Zapatas y losas de base	Superficies vaciadas contra formaleta	50 mm	No aplica	No aplica
		Superficie superior de zapatas y losas de base	50 mm	No aplica	No aplica
	Cascarones y losas plegadas		40 mm	25 mm	25 mm
(c) Condiciones no cubiertas en (a) o (b)	Losas y viguetas	Barras No. 11 (1-3/8") ó 36M (36 mm) y menores	20 mm	20 mm Nota-2	20 mm
		Barras No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm)	40 mm	40 mm Nota-3	40 mm
	Vigas y columnas	Estribos y espirales	40 mm	25 mm	25 mm
		Refuerzo principal	50 mm	40 mm	40 mm
	Muros	Barras No. 11 (1-3/8") ó 36M (36 mm) y menores	20 mm	20 mm Nota-2	20 mm
		Barras No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (1-3/8") ó 36M (36 mm) y menores	40 mm	40 mm Nota-3	40 mm
	Cascarones y losas plegadas	Barras No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm), alambre MW30 o MD30 (6.2 mm de diámetro), o menores	13 mm	20 mm	20 mm
		Barras No. 6 (3/4") ó 20M (20 mm) y mayores	20 mm	25 mm	25 mm

Nota-1 – Construido bajo condiciones de control en planta de prefabricación
Nota-2 – Incluye ductos de preesforzado menores de 40 mm de diámetro

Asignación de aceros:

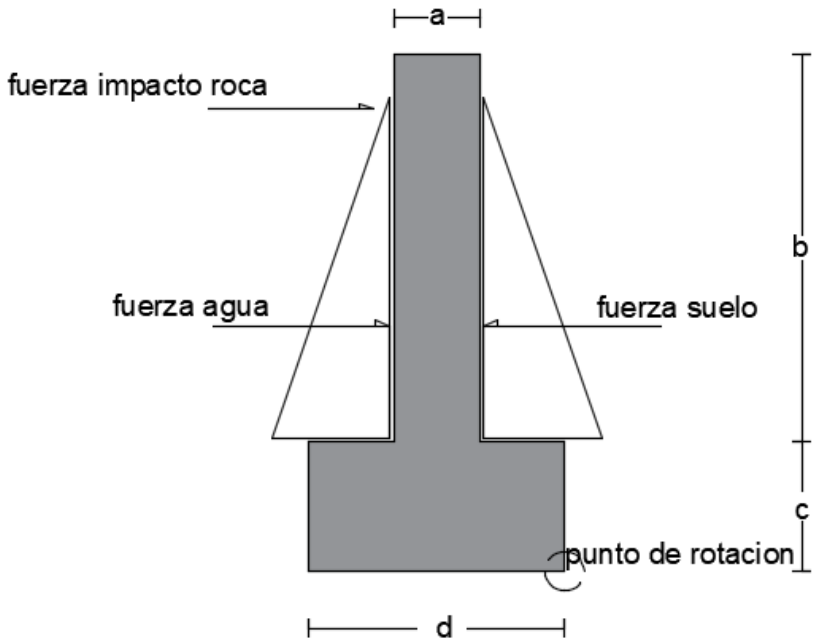
Como el acero mínimo por flexión es mayor al calculado por retracción de fraguado y temperatura y el calculado por el método de elementos finitos se tendrá en cuenta el acero mínimo a flexión en la parrilla.

Se asigna una doble parrilla con varilla No 4 cada 15 cm en ambos sentidos del muro.

Chequeo por flexión:

diseño por metro de ancho			
f´c =	28	Mpa	
fy =	420	Mpa	
t =	0.2	m	
recubrimiento =	50	mm	
Φ =	4	octavos	
S =	0.15	m	
As#4 =	1.27	cm2	
As =	8.47	cm2	
As =	847	mm2	
d =	143.65	mm	
ρ =	0.0059		
ρ min =	0.0030	ok cumple	
ρ def =	0.00589		
Mn=	48426.46	kn-mm	
Mn=	**48.43**	**Kn - m**	
Mu =	**2.44**	**Kn - m**	ok cumple

Chequeo de volcamiento y deslizamiento muro



dimensiones (m)	
a	0.2
b	1.6
c	0.3
d	0.8

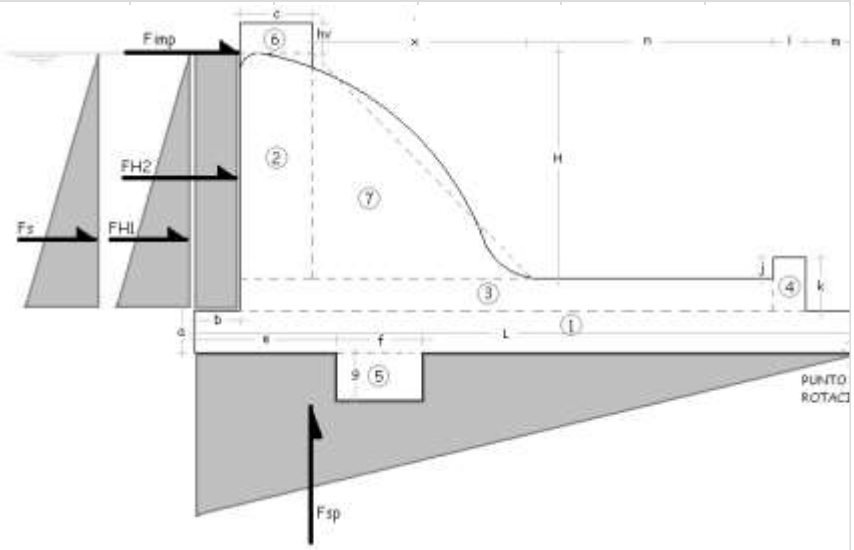
Fuerzas actuantes	valor (kg)	brazo (m)	momento (kg-m)
Fuerza agua	1280.00	0.83	1066.67
Fuerza impacto	100.00	1.00	100.00
	1380.00		**1166.67**

Fuerza resistiva	valor (kg)	brazo (m)	momento (kg-m)
Fuerza suelo	2393.60	0.83	1994.67
Fuerza muro	1344.00	0.40	537.60
	3737.60		**2532.27**

Verificacion volcamiento		
Fs	2.17	OK
Verificación deslizamiento		
Fs	1.90	OK

Chequeo de volcamiento y deslizamiento presa

DIMENSIONES (m)	
a	0.60
b	1.00
c	0.30
X	0.88
d	1.18
e	1.00
f	0.80
g	0.60
H	1.00
hv	0.00
i	0.20
j	0.20
k	0.20
m	0.00
n	2.40
L	4.78



AREAS

A1	2.87
A2	0.30
A3	0.00
A4	0.04
A5	0.48
A6	0.00
A7	0.44

FUERZAS ACTUANTES		VALOR	BRAZO	MTO VOLC
Fs por sedimentos		550.00	0.93	513.33
Fh1 empuje del agua		500.00	0.93	466.67
Fh2 por empuje del agua		0.00	1.10	0.00
Fimp impacto solidos flotantes		150.00	1.60	240.00
SUMA		1200.00		
Fsp subpresion del agua		3824.00	3.19	12185.81
			SUMA	13405.81

FUERZAS RESISTIVAS		VALOR	BRAZO	MTO RESIS
W1		6883.20	2.39	16450.85
W2		720.00	3.63	2613.60
W3		0.00	1.99	0.00
W4		96.00	0.10	9.60
W5		1152.00	3.38	3893.76
W6		0.00	3.63	0.00
W7		1056.00	3.19	3365.12
Wa		1000.00	4.28	4280.00
SUMA		10907.20		30612.93

Posicion resultante	2.43	OK
Exentricidad	-0.04	OK
Verificacion volcamiento		
Fs	2.28	OK
Verificación deslizamiento		
Fs	4.13	OK

Acero calculado para muros y losa de espesor 0.15 m

b = 100 cm

t = 15 cm

d = 5 cm

Equivale a 4.5 cm^2 por ml

No 4 Área de la barra = 1.27 cm^2

Así que se requiere 3.5 unidades por ml

Se requiere una parrilla con varilla No 4 cada 28 cm en ambos sentidos del muro.

Acero mínimo por flexión:

f´c	28	Mpa
fy	420	Mpa
bw	100	cm
d	10	cm

$$A_{s,min} = \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \qquad \text{(C.10-3)}$$

pero no menor a $1.4 b_w d / f_y$

Refuerzo minimo en elementos sometidos a flexion		
Asmin	3.15	cm2
1.4*b*d/fy	3.33	cm2
Asmin	3.33	cm2
unidades por ml	2.62	
se requiere #4 @	38.1	cm

Se tomara un recubrimiento de 5 cm, según la tabla siguiente del NSR – 10

Asignación de aceros:

Como el acero mínimo por flexión es menor al calculado por retracción de fraguado y temperatura se tiene en cuenta el acero calculado por retracción de fraguado y temperatura en la parrilla.

Se asigna una parrilla con varilla No 4 cada 20 cm en ambos sentidos del muro y losa.

BIBLIOGRAFÍA

ACI 350M-06. Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary.

ACI 350M-06. Seismic Design of Liquid – Containing Concrete Structures and Commentary.

ACI 350.2R-04. Concrete Structures for Containment of Hazardous Materials.

ACI 224.3R-95 (reaprobado en 2013). Joints in Concrete Construction.

ACI 504R-90 (reaprobado en 1997). Guide to Sealant Joints in Concrete Structures.

ACI 224R-01. Control of Cracking in Concrete Structures.

AIS 180-13. Recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes a edificaciones.

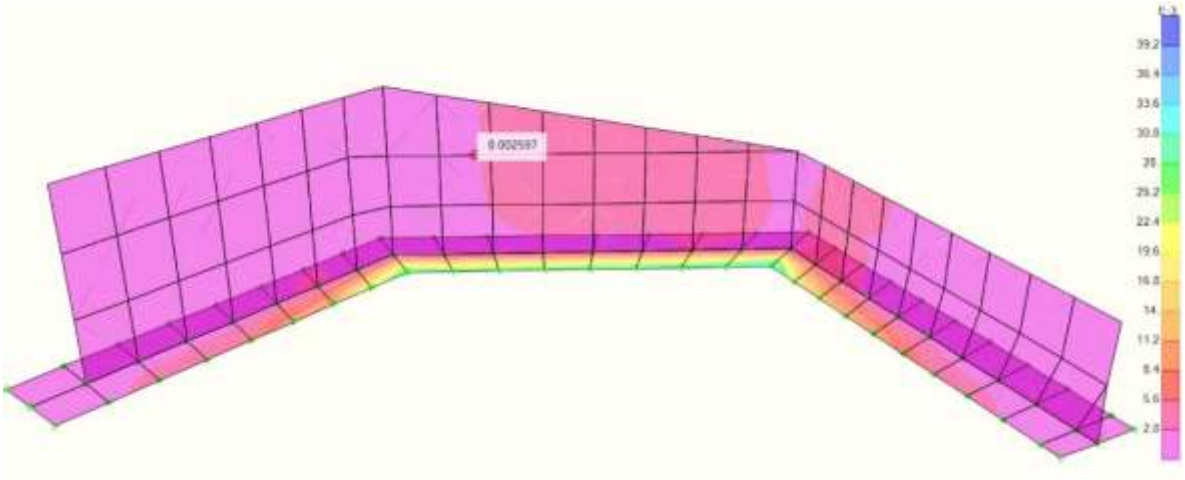
NSR-10. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.

Guía para la correcta instalación de Sika Waterbar/Cinta PVC.

Diseño:

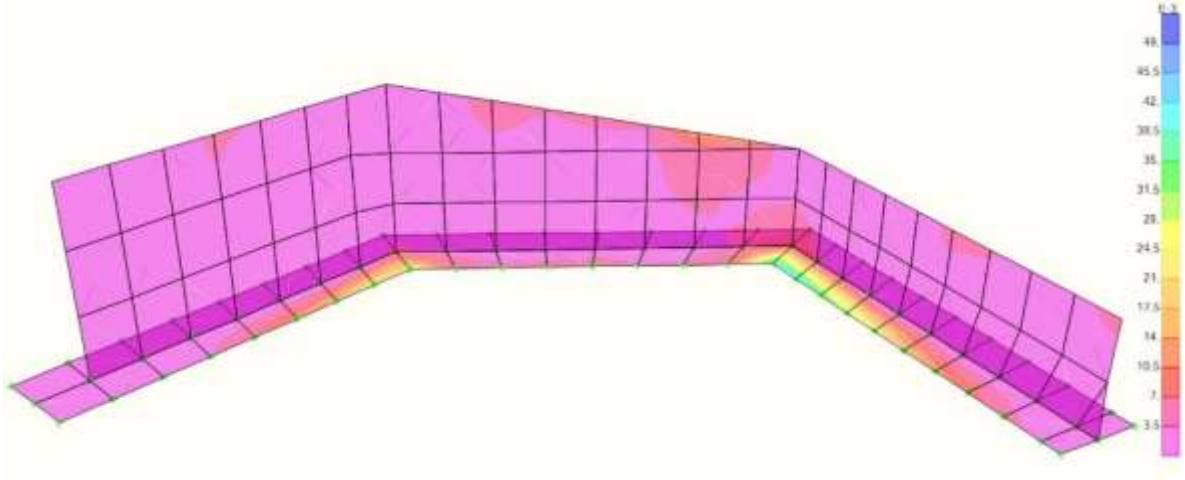
JAIME GREGORIO ESCOBAR RODRÍGUEZ
Ingeniero Civil
M.P. No 19202-74503CAU
CC. 85.460.948 Santa Marta
Especialista en estructuras

Anexo: Cálculos de diseño por elementos finitos Anexo:



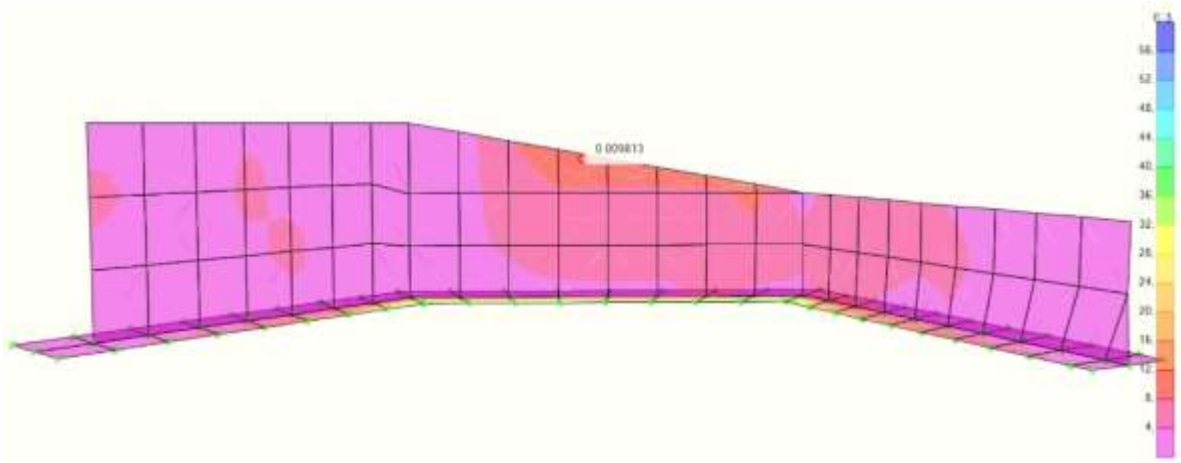
Densidad de Aceros en Sentido X, estado de carga 1.2D + 1.6L

Zarpa: 0.041 cm2/cm



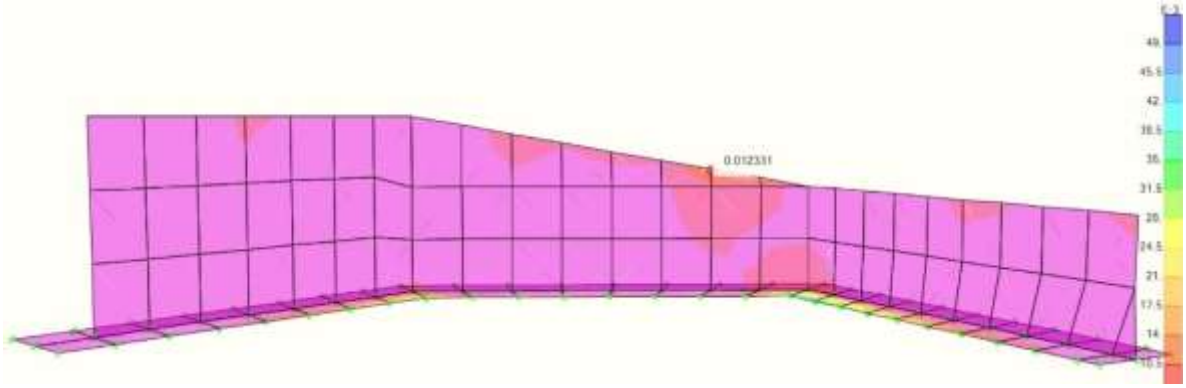
Densidad de Aceros en Sentido Y, estado de carga 1.2D + 1.6L

Zarpa: 0.046 cm2/cm



Densidad de Aceros en Sentido Y, estado de carga 1.2D + 1.6L

Muros: 0.009813 cm2/cm



Densidad de Aceros en Sentido Y, estado de carga 1.2D + 1.6L

Muros: 0.012331 cm2/cm