



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO FUNCIONAL DE TANQUES
DE CAMBIO DE RÉGIMEN,
CÁRCAMOS DE BOMBEO Y DISEÑO
ESTRUCTURAL DE CAJAS DE
VÁLVULA**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

Cisniega Carrera Edgar Iván

ASESOR DE INFORME

Ing. Jesús Gallegos Silva



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/113/18

Señor
EDGAR IVÁN CISNIEGA CARRERA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento que ha sido aprobado el tema que usted propuso, mismo que será asesorado por el profesor ING. JESÚS GALLEGOS SILVA para ser desarrollado como informe escrito, conforme a la opción VI. "Titulación mediante trabajo profesional" para obtener su título de INGENIERO CIVIL.

"DISEÑO FUNCIONAL DE TANQUES DE CAMBIO DE RÉGIMEN, CÁRCAMOS DE BOMBEO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE CAJAS DE VÁLVULA"

- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES
- II. DISEÑO FUNCIONAL DEL TANQUE DE CAMBIO DE RÉGIMEN EN UN ACUEDUCTO
- III. DISEÑO FUNCIONAL DEL CÁRCAMO DE BOMBEO
- IV. PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS TANQUES DE CAMBIO DE RÉGIMEN AL FINAL DE UN ACUEDUCTO
- V. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS CAJAS DE VÁLVULAS
- VI. CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA
- ANEXOS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 5 de diciembre del 2018.
EL PRESIDENTE

M.I. GERMÁN LOPEZ RINCÓN

GLR/MTH*gar

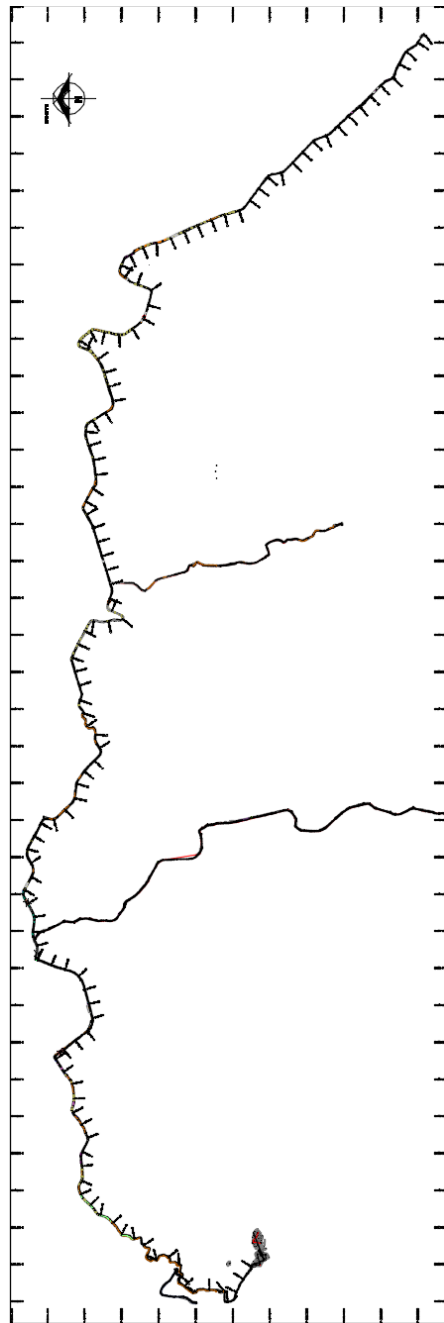
Diseño funcional de tanques de cambio de régimen, cárcamos de bombeo y diseño estructural de cajas de válvula.

Índice

I.	ANTECEDENTES	3
1.1	Introducción y objetivo	4
1.2	Puesto en la empresa y antigüedad	5
1.2.1	Responsabilidades y funciones	5
1.2.2	Actividades	5
1.2.3	Logros alcanzados	5
1.3	Introducción y resumen del trabajo	6
II	DISEÑO FUNCIONAL DE TANQUES DE CAMBIO DE RÉGIMEN EN UN ACUEDUCTO.	
2.1	Volumen del tanque de cambio de régimen	8
2.2	Conexiones del acueducto al tanque de cambio de régimen	11
2.2.1	Llegada al tanque de cambio de régimen.	11
2.2.2	Salida del tanque de cambio de régimen.	15
2.2.3	Arreglo mecánico del tanque de cambio de régimen	17
2.2.4	Fontanería de llegada	18
2.2.5	Fontanería de salida	20
2.2.6	Fontanería de desagüe.....	21
2.2.7	Fontanería de demasías.....	24
2.2.7	Ventilación y accesos al tanque.....	28
2.3	Obras accesorias	29
2.3.1	Caja para fontanería de desagües.....	29
2.3.2	Canal del desagüe.....	35
III.	DISEÑO FUNCIONAL DE CÁRCAMOS DE BOMBEO	
3.1	Cálculo de volumen del cárcamo de bombeo	40
3.2	Fontanería de llegada	40
3.3	Fontanería de desagües.....	42
3.4	Fontanería de demasías.....	44
3.5	Ventilación y accesorios	47
IV.	PREDIMENSIONAMIENTO DE TANQUES DE CAMBIO DE RÉGIMEN AL FINAL DEL ACUEDUCTO	

4.1 Tanque de cambio de régimen (TCR) Localidad 1 y 2	49
4.2 TCR localidad 3.....	50
4.3TCR localidad 4.....	51
4.4 TCR Régimen Localidad 5	53
4.5 Arreglo de propuesto de fontanería de llegada a TCR's	54
V. DISEÑO ESTRUCTURAL DE CAJAS DE VÁLVULAS	
5.1 Caja de desagües.....	57
5.1.1 Empuje lateral del suelo.	57
5.1.2 Carga vertical.	59
5.1.3 Momento resistente.....	60
5.1.4 Tableta de concreto tipo I.....	60
5.2 Caja de VAC's.....	67
5.2.1 Empuje lateral del suelo.	67
5.2.2 Carga vertical.	68
5.2.3 Momento resistente.....	68
5.2.4 Tableta de concreto tipo II.....	68
5.3 Caja conexión acueducto localidad 1 y 2.....	69
5.3.1 Empuje lateral del suelo.	69
5.3.2 Carga vertical.	70
5.3.3 Momento resistente.....	70
5.3.4 Tableta de concreto tipo III.	71
5.4 Caja conexión acueducto localidad 4	73
5.4.1 Empuje lateral del suelo.	73
5.4.2 Carga vertical.	74
5.4.3 Momento resistente.....	74
5.4.4 Tableta de concreto tipo IV.....	74
5.2 Caja conexión acueducto localidad 5	75
5.5.1 Empuje lateral del suelo.	75
5.5.2 Carga vertical.	76
5.5.3 Momento resistente.....	76
5.5.4 Tableta de concreto tipo V.	77
Conclusiones.....	80
Bibliografía.....	82

I. ANTECEDENTES



1.1 Introducción y objetivo

El trabajo escrito que presento trata de mi experiencia profesional en donde he aplicado los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Civil en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en el diseño de proyectos reales, contando siempre con la supervisión y aprobación del encargado correspondiente.

Lo que aquí expongo es el resultado final de todo un proceso de diseño donde se hicieron diversas modificaciones respecto a las ideas originales, pero siempre teniendo control sobre los cambios y correcciones a ellos, todo esto dentro de un marco reiterativo buscando siempre la solución que dejara satisfecho a todos los miembros del equipo de trabajo. Aunque las obras presentadas se muestran aisladas en realidad funcionan en conjunto con otras más por lo que es importante tomar en cuenta esta consideración.

La información básica y el detalle del manejo de este no se especifica en este trabajo debido a dos razones principales: la primera porque escapan de los alcances del mismo y la segunda a la confidencialidad, por respeto a la empresa y por el apoyo brindado en el desarrollo de este tema como modalidad de titulación por experiencia profesional.

1.2 Descripción de la empresa

La empresa en donde he trabajado se dedica a dar consulta y hacer investigaciones técnicas de estudios de factibilidad para proyectos ejecutivos, la empresa también hace labores de supervisión y auditoría. No solo ha laborado en México, también ha trabajado en otros países como Corea del Sur, Filipinas, Tanzania, Argentina, Colombia, Brasil y República Dominicana

Dentro de los trabajos importantes que ha realizado la empresa a lo largo de su fundación, destacan los siguientes:

- 1974 los Naranjos, Veracruz y Oaxaca. Proyecto ejecutivo para el bombeo de 20 m³/s para una zona de riego de 35 000 ha, agua captada del Río Tonto.
- 1965 presa Arroyo Grande, Colombia. Presa de tierra y enrocamiento con altura de 30 m para regar una zona de 5000 ha.
- 1970 Central de Nizao, República Dominicana. Planta Hidroeléctrica de 42 000 kW de capacidad instalada y túnel de presión de 6m de diámetro.

- El Porvenir, en los estados de Tamaulipas y San Luis Potosí, en la zona Pujal-Coy. Proyecto ejecutivo para el bombeo de 18m³/s del Río Tambaón a una zona de riego de 25 000 ha

Recientemente la empresa trabajó en el diseño de una presa y un acueducto para abastecer de agua potable a varias comunidades del país.

1.2 Puesto en la empresa y antigüedad

El puesto dentro de la empresa que he desempeñado es el de ayudante de proyectista, donde trabajo bajo las órdenes de un ingeniero, quien se desempeña como jefe de proyecto.

A la empresa ingresé el 9 de octubre del año 2017. Las labores en la empresa las inicié trabajando a medio tiempo a mediados de febrero del 2018 cambié a trabajar jornadas de tiempo completo

1.2.1 Responsabilidades y funciones

Las funciones que realizo son las siguientes:

- Realización de planos (civiles, hidráulicos y mecánicos).
- Diseño de estructuras que den apoyo al proyecto.
- Realización de memorias de cálculo y descriptivas.

1.2.2 Actividades

Las actividades que he realizado, en los diferentes proyectos en los que he participado, son: diseño de tanques de cambio de régimen, el cárcamo de bombeo y las cajas de válvulas, así como la elaboración de los respectivos planos y memorias de cálculo.

Otra actividad que he desarrollado en la empresa es la revisión de trabajos de otros compañeros para revisar que no existen errores u omisiones en las memorias de cálculo o en los planos correspondientes.

1.2.3 Logros alcanzados

El logro alcanzado dentro de mi experiencia profesional en la empresa ha sido la conclusión del proyecto del acueducto y la presa que lo alimenta. Beneficiando a un número importante de habitantes que requieren de este servicio.

1.3 Resumen del trabajo

El trabajo tiene como finalidad presentar el análisis y diseño de las diferentes partes estratégicas del sistema de un acueducto, siendo éstas: los tanques de cambio de régimen, ubicados en distintas partes del acueducto, un cárcamo de bombeo para una planta de bombeo y las cajas de válvulas que se encontrarán a lo largo del sistema y sus ramales.

Por lo que se refiere a los tanques de cambio de régimen, se revisarán en dos casos:

El primero, el diseño funcional completo del tanque de cambio de régimen principal del acueducto que se ubica en la parte más alta de la línea de conducción para poder distribuir el agua a los distintos puntos que tiene como objetivo el acueducto.

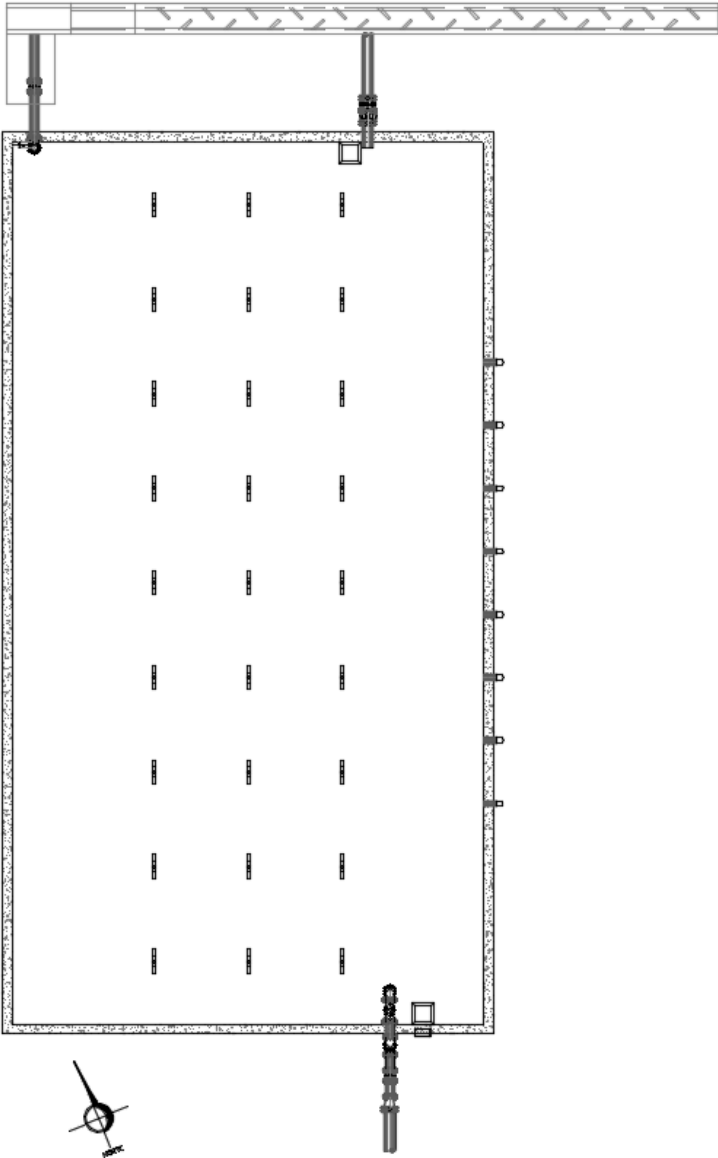
El segundo, corresponde al diseño de los otros tanques de cambio de régimen que reciben el agua para las comunidades a las que el acueducto abastecerá agua. Estos tanques están ubicados al final de los ramales del acueducto. En el caso de estos tanques, como su diseño completo estaba fuera del alcance del proyecto original solo se hace un predimensionamiento y la propuesta de su fontanería de entrada.

En uno de los ramales del acueducto se tiene la necesidad de bombear el agua, esto a razón de la topografía del lugar, por esto en medio del ramal se encuentra una planta de bombeo. La planta de bombeo no bombea directamente el agua que recibe de la tubería del acueducto, esta agua primero es almacenada en un cárcamo donde posteriormente es aprovechada por las bombas para ser enviada hasta su destino final.

El diseño de las cajas de válvula es importante, pues son estas válvulas las que permiten un correcto funcionamiento del acueducto. Para proteger estas válvulas de factores externos que puedan ocasionar daños y a su vez este daño impida el funcionamiento del acueducto.

Se destaca que este trabajo tampoco hará análisis fuera de los temas ya señalados, por lo que datos anteriores que se usan para el análisis fueron conseguidos del análisis de otras partes del acueducto por lo que no se explicará el detalle de los mismos.

II DISEÑO FUNCIONAL DE TANQUES DE CAMBIO DE RÉGIMEN EN UN ACUEDUCTO.



Se presenta la propuesta de diseño hidráulico del tanque de cambio de régimen que estará localizado en el acueducto, así como su conexión con la línea de conducción y las fontanerías necesarias para el funcionamiento del tanque

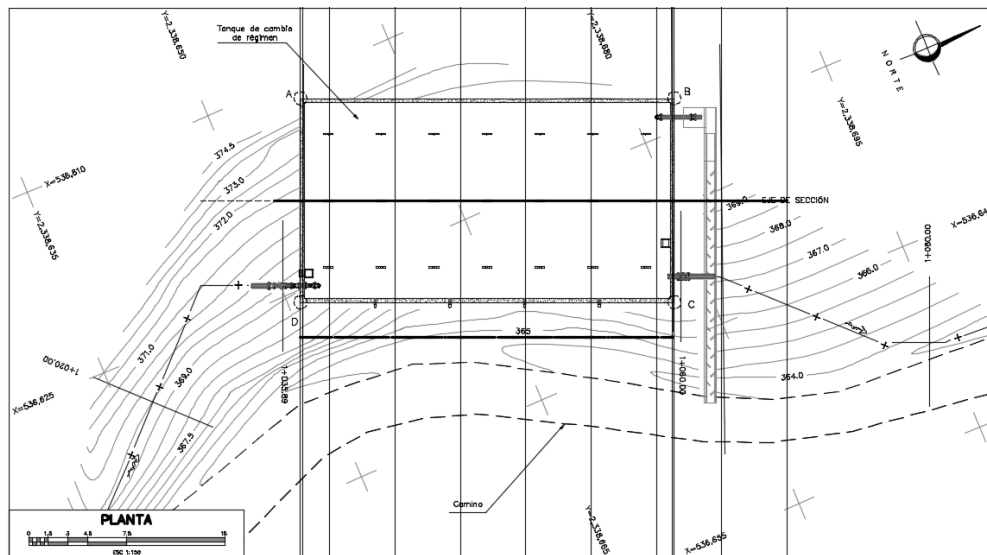


Figura 2.1-Vista en planta del TCR

El tanque estará ubicado en el cadenamiento 1+040 en donde el tanque se conecta con la conducción, esto permite que el resto de la conducción del acueducto sea por gravedad.

2.1 Volumen del tanque de cambio de régimen

El dimensionamiento del tanque de cambio de régimen se realiza mediante los criterios designados por el manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (MAPAS) 2015, el cuál indica que el gasto de diseño corresponde al gasto máximo diario, esto es:

$$Q_{Md} = CV_d Q_{med} \quad (2.1)$$

Donde:

- Q_{Md} gasto máximo diario (l/s)
- Q_{med} gasto medio diario (l/s)
- CV_d coeficiente de variación diaria.

Para el acueducto el gasto máximo diario es de 91.756 l/s. Este valor se obtuvo de multiplicar el gasto medio diario de 65.54 l/s (obtenido de la dotación media de 235.15 l/hab/día), por un coeficiente de variación diaria de 1.4 obtenido de Libro 4. Datos Básicos de Proyecto, MAPAS 2015.

Esto se decide debido a la diferencia de tamaño de población que tienen las diferentes comunidades a las que servirá el acueducto. El tamaño de la población para las diferentes localidades se muestra en la tabla 2.1

Localidad	Población
L1	3 710
L2	6 686
L3	3 689
L4	6 201
L5	3 898

Tabla 2.1 Tamaño de la población para las diferentes localidades

En el diseño del tanque se supone un bombeo diario de veinticuatro horas y una demanda establecida para comunidades pequeñas (Libro 4 Datos Básicos, Tabla 2.7 Coeficientes de variación horaria para pequeñas comunidades MAPAS 2015).

Con el objeto de obtener el valor del máximo excedente y máximo faltante se presenta el desarrollo en la 2.2. En donde la columna 1 indica la hora de registro, la columna dos el régimen de entrada (Gasto / Gasto máximo diario), la columna tres el régimen de salida (Gasto / Gasto máximo diario), la columna 4 la diferencia entre la columna 2 y 3, finalmente la columna 5 la diferencia que se va acumulando.

De las diferencias acumuladas se obtuvo el máximo excedente y el máximo faltante marcados en rojo en la tabla mencionada, con lo que se obtiene el volumen de la siguiente forma.

$$Volumen = Q_{MáxDiario}(Máx. excedente - Máx. faltante) * 3600 \quad (2.2)$$

Sustituyendo en la ecuación 2.2

$$Volumen = (0.091756)((3.25) - (-0.8)) * 3600 = 1337.80 \text{ m}^3$$

Horas	Régimen de Entrada (Q/Q _{MáxDiario})	Régimen de Salida (Q/Q _{MáxDiario})	Diferencia (entrada-salida)	Diferencia acumulada
00:00-01:00	1	0.45	0.55	0.55
01:00-02:00	1	0.45	0.55	1.1
02:00-03:00	1	0.45	0.55	1.65
03:00-04:00	1	0.45	0.55	2.2
04:00-05:00	1	0.45	0.55	2.75

05:00-06:00	1	0.60	0.4	3.15
06:00-07:00	1	0.90	0.1	3.25
07:00-08:00	1	1.35	-0.35	2.9
08:00-09:00	1	1.50	-0.5	2.4
09:00-10:00	1	1.50	-0.5	1.9
10:00-11:00	1	1.50	-0.5	1.4
11:00-12:00	1	1.40	-0.4	1
12:00-13:00	1	1.20	-0.2	0.8
13:00-14:00	1	1.40	-0.4	0.4
14:00-15:00	1	1.40	-0.4	0
15:00-16:00	1	1.30	-0.3	-0.3
16:00-17:00	1	1.30	-0.3	-0.6
17:00-18:00	1	1.20	-0.2	-0.8
18:00-19:00	1	1.00	0	-0.8
19:00-20:00	1	1.00	0	-0.8
20:00-21:00	1	0.90	0.1	-0.7
21:00-22:00	1	0.90	0.1	-0.6
22:00-23:00	1	0.80	0.2	-0.4
23:00-00:00	1	0.60	0.4	0

Tabla 2.2.- Cálculo del volumen de tanque de cambio de régimen

Se propone un tanque de 15x28m desplantados 1.2m por debajo del terreno natural, con una altura de 3.40 m, para albergar una cantidad de 1400 m³ y tener una facilidad constructiva con esas medidas, con un bordo libre de 20 cm y un nivel mínimo de 40 cm desde el nivel de piso terminado para que la altura mínima quede por encima del lomo de la tubería de salida de 14" dejando una altura interior total de 4.00 m.

Quedando el tanque con las siguientes condiciones en la tabla 2.3.

Datos del TCR	
Volumen de Almacenamiento	1 400 m ³
Dimensiones internas	28x15x4 m
Gastos de Diseño	91.75 lps
Nivel de Fondo	367.3 m.s.n.m.
Nivel Máx de Agua	371.1 m.s.n.m.
Nivel Mín de Agua	367.7 m.s.n.m.

Tabla 2.3.- Características del tanque de cambio de régimen (TCR)

2.2 Conexiones del acueducto al TCR.

El perfil longitudinal del trazo para el acueducto cuenta con características que hacen factible la instalación del TCR aproximadamente a 1km de la cortina.

2.2.1 Llegada al TCR.

Para conectar la línea al tanque, se usarán codos en gajos (figura 2.2), debido a que no se pretende que esos codos sean desmontables para

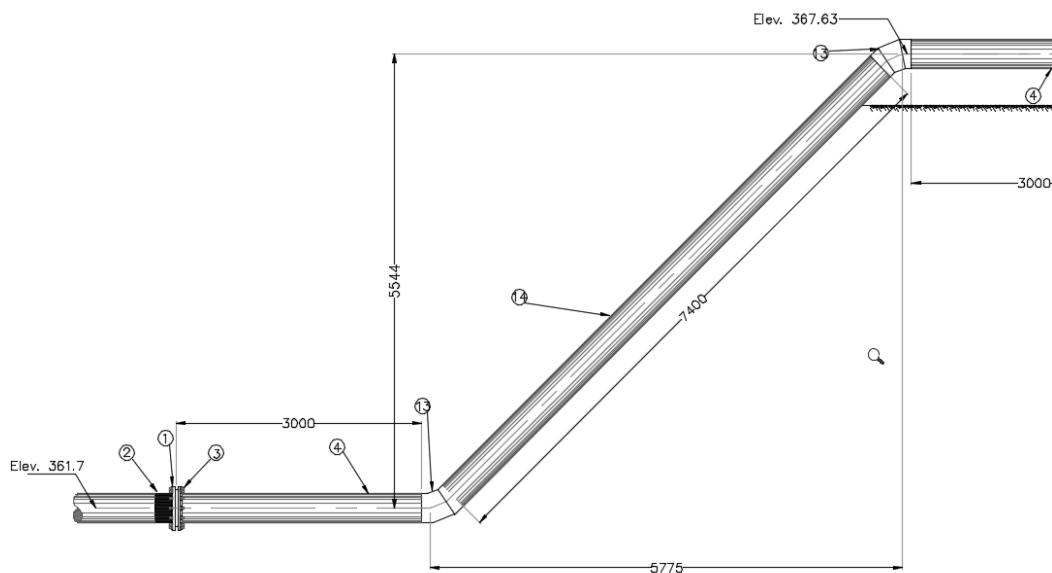


Figura 2.2.- Codos para entrada al TCR

mantenimiento, no así los codos presentes en las fontanerías

Teniendo la geometría de la conexión del acueducto al tanque de cambio de régimen el ángulo θ que se necesario para el codo.

$$\tan\theta = \frac{C.O.}{C.A.} \quad (2.4)$$

Se despeja θ

$$\theta = \tan^{-1} \frac{C.O.}{C.A.} \quad (2.5)$$

Al sustituir en (2.4) los valores de donde C.O. y C.A. son el cateto opuesto y el cateo adyacente del triángulo que se forma por el cambio de dirección de la tubería y cuyas medidas se pueden observar en la figura 2.2 de 5544 y 5775 mm respectivamente

$$\theta = \tan^{-1} \frac{5544}{5775} \approx 44^\circ$$

El codo a gajos se diseña acorde al Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) “*Diseño de Instalaciones Mecánicas*” del 2007 por lo que se utilizará esta metodología.

El ángulo θ teniendo solo un gajo (figura 2.3), se determine de la manera siguiente:

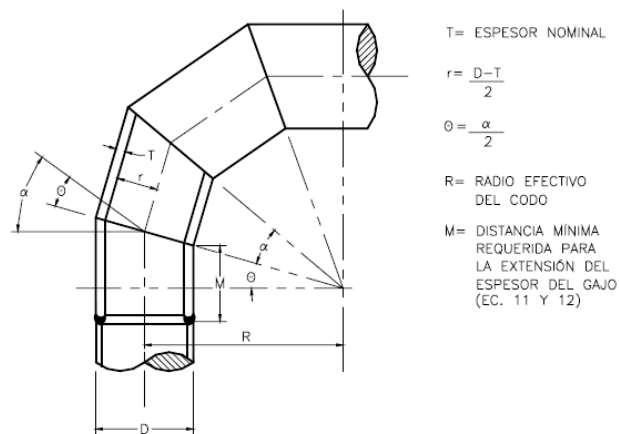


Figura 2.3.-Codo a gajos (MAPAS; 2007)

Se requiere calcular la presión máxima permisible, se usará el método mostrado en el MAPAS “*Diseño de instalaciones mecánicas*”. Para usar este método se debe calcular el ángulo θ tomando en cuenta el ángulo que se forma en el codo. Se calcula θ

$$\theta + \alpha + \theta = 44^\circ \quad (2.5)$$

Donde $\alpha=2\theta$, sustituyendo el valor de α en la ecuación (2.5) y despejando θ tenemos

$$\theta = 11^\circ$$

Calculamos la presión máxima permisible debe con las dos expresiones siguientes, obtenidas del MAPAS de “*Diseño de Instalaciones Mecánicas*”. Las expresiones mostradas solo pueden usarse cuando $\theta < 22.5^\circ$.

$$P_m = \frac{SE(T-C)}{r} \left[\frac{T-C}{(T-C)+0,643 \tan \theta \sqrt{r(T-C)}} \right] \quad (2.6)$$

$$P_m = \frac{SE(T-C)}{r} \left(\frac{R-r}{R-0,5r} \right) \quad (2.7)$$

Donde:

- T es el espesor nominal de la pared (cm).
- S es el esfuerzo permisible de la placa de codo (kg/cm²).
- r es el radio medio del tubo, usando el espesor (cm).
- E factor de calidad de la soldadura.
- C es el sobre espesor por corrosión (cm).
- R es el radio de giro del codo (cm)

El radio de giro se calculará acorde a lo siguiente

$$R = \frac{A}{\tan \theta} + \frac{D}{2} \quad (2.8)$$

Los valores empíricos de A que se muestran en el MAPAS de “*Diseño de instalaciones mecánicas*” serán los siguientes según el caso

$$(T - C) \leq 1,27; A = 2,54 \quad (2.9)$$

$$1,27 < (T - C) < 2,24; A = 2(T - C) \quad (2.10)$$

$$(T - C) \geq 2,24; A = \left[\frac{2(T-C)}{3} \right] + 2,97 \quad (2.11)$$

El valor de C se obtiene del MAPAS, “*Diseño de instalaciones mecánicas*”, cuya tabla se muestra en la tabla 2.4 de esta tabla se tomó el valor de 0.0 suponiendo la tubería con recubrimiento anticorrosivo interior.

c (cm)	APLICACIÓN
0.0	Para tubos con recubrimiento anticorrosivo Interior
1.10	Para tubos sin recubrimiento interior, para aguas claras no agresivas y largos Periodos de servicio.
0.66	Idem al anterior, con aguas negras o agresivas y largos periodos de servicio.

Tabla 2.4.- espesor por corrosión y servicio (MAPAS)

El espesor de la tubería es de 9.53 mm correspondiente a la tubería de 14” de espesor estándar el valor obtenido del ASME B36.10M-2004 por lo que se tiene:

$$T - C = 0,953 - 0 = 0,953$$

De lo anterior, y con el valor empírico de $A=2.54$, radio de giro resulta sustituyendo en (8):

$$R = \frac{2,54}{\tan(11^\circ)} + \frac{35,56}{2} = 13,07 + 17,78 = 30,85\text{cm}$$

Ahora del MAPAS, “*Diseño de instalaciones mecánicas*”, de la tabla 2.5 para tubos sin costuras, con inspección de la superficie o con película magnética

E	APLICACIÓN
0.78	Para tubos sin costura, con inspección de la superficie o con película magnética.
0.66	Para tubos con costura recta o espiral, fusión eléctrica con doble bisel, inspección de superficie o con película magnética.

Tabla 2.5.- Factor de calidad de soldaduras (MAPAS)

El factor de calidad de soldadura es $E=0.78$

Con el radio de giro obtenido y sabiendo de la NMX B-177-1990 que el esfuerzo para una tubería de grado B el esfuerzo permisible es de 2460 kg/cm^2 , buscaremos la presión permisible usando las ecuaciones anteriores (6) y (7), de la ecuación 6 resulta.

$$P_m = \frac{SE(T - C)}{r} \left[\frac{T - C}{(T - C) + 0,643 \tan \theta \sqrt{r(T - C)}} \right]$$

$$P_m = \frac{(2460)(0,78)(0,953 - 0)}{\left(\frac{35,56}{2}\right)} \left[\frac{0,953 - 0}{(0,953 - 0) + 0,643 \tan(11^\circ) \sqrt{\left(\frac{35,56}{2}\right)(0,953 - 0)}} \right]$$

$$P_m = (102,85) \left(\frac{0,953}{1,47} \right) = 66,67 \text{ kg/cm}^2$$

Y, de la ecuación 7, resulta

$$P_m = \frac{SE(T - C)}{r} \left(\frac{R - r}{R - 0,5r} \right)$$

$$P_m = \frac{(2460)(0,78)(0,953 - 0)}{\left(\frac{35,56}{2}\right)} \left(\frac{30,85 - \left(\frac{35,56}{2}\right)}{30,85 - 0,5 \left(\frac{35,56}{2}\right)} \right)$$

$$P_m = (102,85) \left(\frac{13,07}{21,96} \right) = 61,21 \text{ kg/cm}^2$$

Por el criterio mencionado anteriormente mencionado sobre la presión máxima permisible es de 61,21 kg/cm².

Se sabe por análisis hidráulicos de la conducción que no son objeto de revisión de este escrito que al momento de llegar al tanque tiene una presión de 15 mca, transformando a kg/cm² son 1,5, por lo que tenemos

$$1,5 \text{ kg/cm}^2 < 61,21 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto los codos de la entrada son seguros y se aceptan en el diseño.

2.2.2 Salida del tanque de cambio de régimen.

Para conectar el TCR, se usarán codos en gajos (figura 2.4), debido a que no se pretende que esos codos sean desmontables para mantenimiento, como si

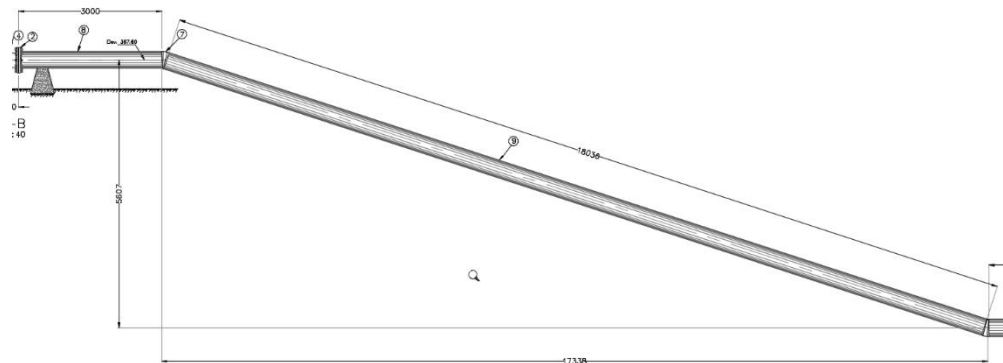


Figura 2.4.- Codos para salida del TCR

lo son otros codos presentes en las fontanerías

Teniendo la geometría de la conexión del acueducto al tanque de cambio de régimen calculamos el ángulo que se necesario para el codo, usando la ecuación (4) y tomando consideraciones iguales a la conexión de llegada.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{C.O.}{C.A.} = \tan^{-1} \frac{5607}{17338} \approx 18^\circ$$

El codo se calcula de manera análoga al codo anterior por lo usando la ecuación (5)

$$\theta + \alpha + \theta = 18^\circ; \theta + 2\theta + \theta = 18^\circ; \theta = 4,5^\circ$$

La presión máxima permisible debe ser la menor de la resultante de las ecuaciones (6) y (7) como se indica en el MAPAS “*Diseño de instalaciones mecánicas*”. Recordando que las expresiones solo son válidas para cuando $\theta < 22.5^\circ$.

$$P_m = \frac{SE(T - C)}{r} \left[\frac{T - C}{(T - C) + 0,643 \tan \theta \sqrt{r(T - C)}} \right]$$

$$P_m = \frac{SE(T - C)}{r} \left(\frac{R - r}{R - 0,5r} \right)$$

El valor de C de la tabla 2.5, suponiendo la tubería con recubrimiento anticorrosivo interior. El espesor de la tubería es de 9.53 mm correspondiente a la tubería de 14” de espesor estándar el valor obtenido del ASME B36.10M-2003, por lo que se tiene:

$$T - C = 0,953 - 0 = 0,953$$

De lo anterior, tenemos que el valor empírico de A=2.54, por lo que podemos calcular el radio de giro con la ecuación (8), por lo que se tiene:

$$R = \frac{A}{\tan \theta} + \frac{D}{2} = \frac{2,54}{\tan(4,5^\circ)} + \frac{35.56}{2} = 32,27 + 17,78 = 50,05 \text{ cm}$$

Ahora de la tabla 2.5, Factor de calidad de la soldadura del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento “*Diseño De Instalaciones Mécanicas*” (E), por lo que elegimos el valor de E para tubos sin costuras, con inspección de la superficie o con película magnética.

Con el radio de giro obtenido y sabiendo que el esfuerzo para una tubería de grado B el esfuerzo permisible es de 2460 kg/cm², buscaremos la presión permisible usando las ecuaciones anteriores.

$$P_m = \frac{SE(T - C)}{r} \left[\frac{T - C}{(T - C) + 0,643 \tan \theta \sqrt{r(T - C)}} \right]$$

$$P_m = \frac{(2460)(0,78)(0,953 - 0)}{\left(\frac{35,56}{2}\right)} \left[\frac{0,953 - 0}{(0,953 - 0) + 0,643 \tan(4,5^\circ) \sqrt{\left(\frac{35,56}{2}\right)(0,953 - 0)}} \right]$$

$$P_m = (102,85) \left(\frac{0,953}{1,16}\right) = 84,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_m = \frac{SE(T - C)}{r} \left(\frac{R - r}{R - 0,5r}\right)$$

$$P_m = \frac{(2460)(0,78)(0,953 - 0)}{\left(\frac{35,56}{2}\right)} \left(\frac{50,05 - \left(\frac{35,56}{2}\right)}{50,05 - 0,5 \left(\frac{35,56}{2}\right)}\right)$$

$$P_m = (102,85) \left(\frac{32,27}{41,16}\right) = 80,63 \text{ kg/cm}^2$$

Por el criterio mencionado anteriormente mencionado sobre la presión máxima permisible es de 80.63 kg/cm².

Se sabe que la carga estática al segundo codo es la altura desde el eje de la tubería hasta el nivel máximo de aguas, que es

$$371.1 - 361.7 = 9.4 \text{ mca} = 0.94 \text{ kg/cm}^2$$

$$0.94 \text{ kg/cm}^2 < 80.63 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto, los codos de la salida son seguros y se aceptan en el diseño.

2.2.3 Arreglo mecánico del TCR

Los accesorios que componen el sistema del TCR están dispuestos en cinco subsistemas con diferentes propósitos para el correcto funcionamiento del tanque.

Los subsistemas para los que se proponen los arreglos son tomados como base en lo indicado en el MAPAS libro 12 a “*Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable*” siendo estos los siguientes:

- Fontanería de llegada.
- Fontanería de salida.
- Fontanería de desagüe.
- Fontanería de demasías.
- Ventilación y accesos al tanque.

2.2.4 Fontanería de llegada

Se define como fontanería al conjunto de piezas, válvulas y tuberías que en conjunto permiten el funcionamiento de un TCR, las fontanerías están divididas en el tipo función que cumplen para el funcionamiento del TCR.

La fontanería de llegada, mostrada en la figura 2.5) cuenta con diferentes piezas para su correcto funcionamiento. En la tabla 2.6 se presenta el listado de materiales de la fontanería de llegada al TCR, en ella se identifican válvulas para cortar el suministro de agua y dar mantenimiento al tanque:

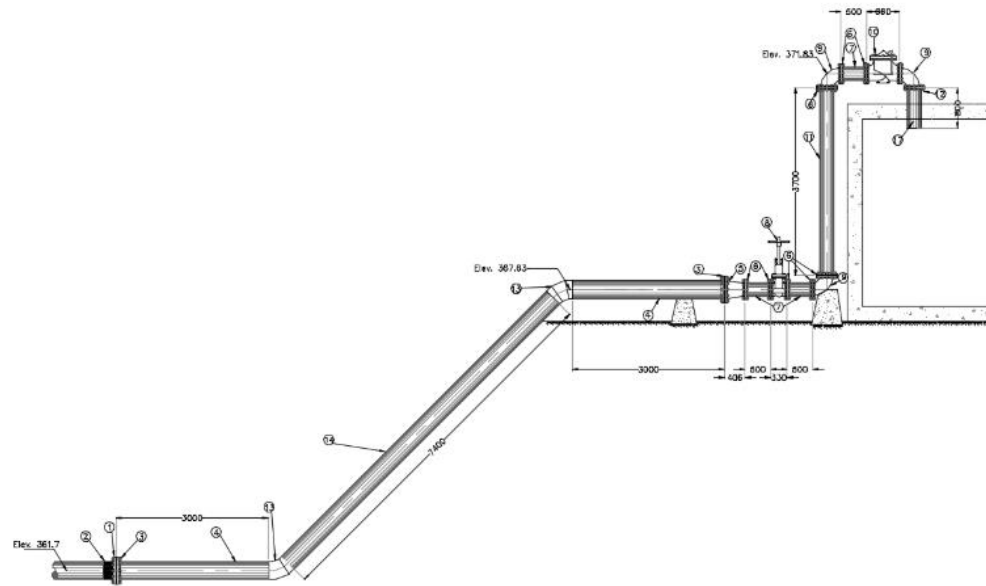


Figura 2.5.- Fontanería de Llegada

LISTADO DE MATERIALES TUBERÍA DE LLEGADA A TCR						
ID	Cantidad	Material	Tipo	Norma/Standard de referencia	Características	
					Medida	Clase
1	1	Brida	Lap Joint	ASTM A 105/ ASME B16.5-03	14"	150#
2	1	Stub End	HDPE 4710	AWWA C901-3 / ASTM F 714	14"	RD
3	2	Brida	Slip-on	ASTM A105 / ASME B16.5-03	14"	150#
4	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	14" x 3000mm	Grado B, e=9.53 mm (ced std)
5	1	Reducción Concéntrica	Fo Fo	ASTM A126 / ASME B16.1	14"x10"	Grado WPB, CED STD
6	12	Brida	Slip-on	ASTM A105 / ASME B16.5-03	10"	150#
7	3	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10" x500mm	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
8	1	Válvula	Compuerta	ASTM A536 / ASME B16.10M-04/ AWWA C515	10"	125#
9	1	Codo 90	Fo Fo	ASTM A126 / ASME B16.1	10"	125#
10	1	Válvula	Flotador	ASTM A536/ ANSI B16.42	10"	125#
11	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"x3700 mm	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
12	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"x 800 mm	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
13	2	Codo 45	Acero/Gajos	AWWA C208 / ASTM A134	14"	150#
14	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	14"x7400mm	Grado B, e=9.27mm (ced stb)
	2	Empaque	Neopreno	ASME B16.5-03	14"	150#, Shore A
	24	Espárrago	Acero Cadmizada	ASTM A193 / ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	1" x 5 1/4"	Grado B7
	48	Tuerca hexagonal	Acero Cadmizada	ASTM A194/ ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	1"	Grado 2H
	10	Empaque	Neopreno	ASME B16.5-03	10"	150#, Shore A
	120	Espárrago	Acero Cadmizada	ASTM A193 / ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	7/8"x4 3/4"	Grado B7
	240	Tuerca hexagonal	Acero Cadmizada	ASTM A194/ ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	7/8"	Grado 2H

Tabla 2.6.-Materiales de la fontanería de llegada al TCR

2.2.5 Fontanería de salida

La fontanería de salida (figura 2.6) cuenta principalmente con una válvula de compuerta para poder cortar el suministro y así dar mantenimiento a algún tramo de la tubería. En la tabla 2.7 se enlistan los materiales que forman parte de la tubería de salida al TCR.

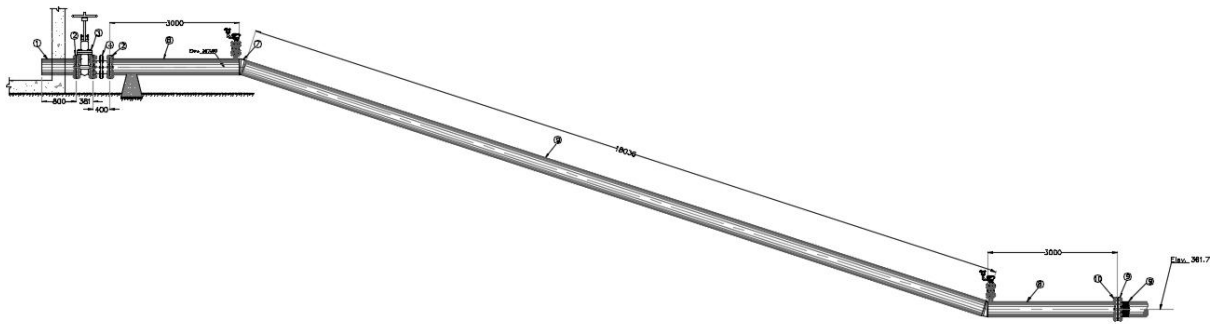


Figura 2.6.-Fontanería de salida

LISTADO DE MATERIALES SALIDA DE TCR						
ID	Cantidad	Material	Tipo	Norma/Standard de referencia	Características	
					Medida	Close
1	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	14" x 800mm	Grado B, e=9.53mm (ced std)
2	3	Brida	Slip-on	ASTM A105 / ASME B16.5-03	14"	150#
3	1	Válvula	Compuerta	ASTM A536 / ASME B16.10M-04/ AWWA C515	14"	125#
4	1	Junta	Desmantelamiento	AWWA C219-11	14"	150#
5	1	Stub End	HDPE 4710	AWWA C901-3 / ASTM F 714	14"	RD
6	1	Brida	Lap Joint	ASTM A 105/ ASME B16.5-03	14"	150#
7	2	Codo 18	Acero/Gajos	AWWA C208 / ASTM A134	14"	150#
8	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	14"x3000m	Grado B, e=9.53mm (ced std)
9	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	14"x7900mm	Grado B, e=9.53mm (ced std)
	4	Empaque	Neopreno	ASME B16.5-03	14"	150#, Shore A
	48	Espárrago	Acero Cadmizado	ASTM A193 / ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	7/8"x4 3/4"	Grado B7
	96	Tuerca hexagonal	Acero Cadmizado	ASTM A194/ ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	7/8"	Grado 2H

Tabla 2.7.- Materiales de fontanería de salida del TCR

2.2.6 Fontanería de desagüe

La función principal de la fontanería de desagüe del TCR es el de retirar de forma segura el agua para poder proporcionar mantenimiento, ya sea correctivo o preventivo.

Debido a que esta fontanería sale por abajo del tanque deberá ir enterrada, por lo que se propone dejar este arreglo mecánico dentro de una caja. Se propone que el desagüe cuente con una tubería de 10”.

Para el tiempo de vaciado se analiza considerando una carga variable donde el tanque tiene una superficie horizontal muy grande en comparación con el área de la tubería localizado en su fondo (Sotelo, 2000), del que se muestra su diagrama a continuación

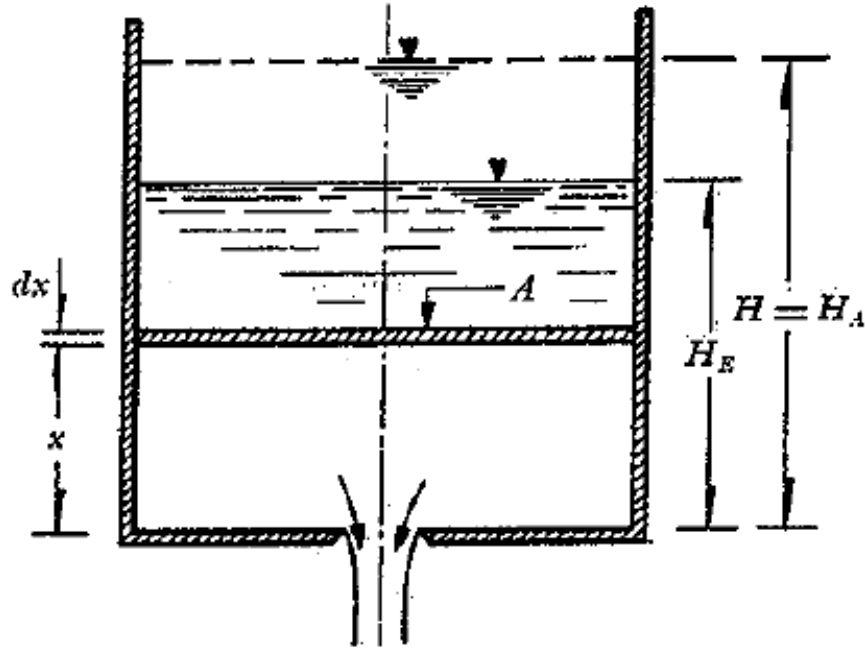


Figura 2.7.- Esquema para vaciado de un tanque

Como se indica en la referencia del párrafo anterior y en la figura 2.7, el gasto en cualquier instante t es:

$$Q = C_d A_1 \sqrt{2gx}$$

Un elemento de volumen A dx se vacía en un intervalo en un intervalo de tiempo

$$dt = \frac{A dx}{C_d A_1 \sqrt{2gx}}$$

Siendo T el tiempo total de vaciado, al integrar se obtiene

$$t = \frac{A}{C_d A_1} \frac{1}{\sqrt{2g}} \int_0^{H_A} \frac{dx}{\sqrt{x}}$$

$$t = \frac{A}{C_d A_1} \frac{2}{\sqrt{2g}} \sqrt{H_A}$$

Reacomodando la ecuación tenemos

$$t = 2 \frac{A}{C_d A_1} \frac{H_A}{\sqrt{2gH_A}}$$

Pero AH_A es el volumen total del recipiente V_A del recipiente y $C_d A_1 \sqrt{2gH_A}$ es el gasto Q_A al iniciarse el vaciado bajo la carga H_A , de donde resulta finalmente que

$$t = 2 \frac{V}{Q_i} \tag{2.12}$$

Donde:

- t es el tiempo de vaciado en segundos.
- V es el volumen de la capacidad del tanque, en m^3 .
- Q_i es el gasto al inicio del vaciado del tanque, en m^3/s .

La capacidad del tanque es de $1400 m^3$, y el gasto Q_i puede calcularse con la ecuación general de orificios (Sotelo, Hidráulica General):

$$Q_i = C_d A \sqrt{2gH} \tag{2.13}$$

Donde:

- H es la carga sobre el orificio en m.
- A es el área transversal del orificio en m^2 .
- C_d es el coeficiente de descarga del orificio.

Del diseño del tanque la carga H al inicio del vaciado corresponde a 3.4 m. El área transversal del orificio es igual al área transversal de la tubería de 10", esto $A=0.0507m^2$.

El coeficiente de descarga del orificio se obtiene de la figura 2.7 (Sotelo, Hidráulica General), en función del número de Reynolds

Para el cálculo del número de Reynolds (Re) se considera una viscosidad cinemática de $1.08 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ para una temperatura media de $16 \text{ }^\circ\text{C}$, que

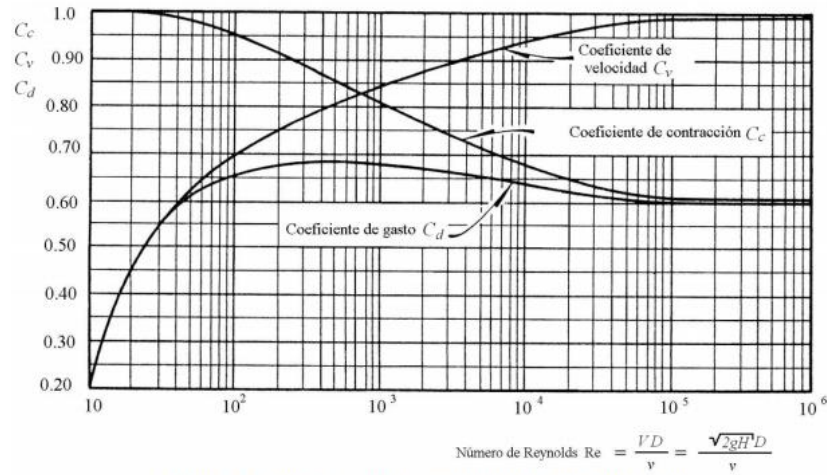


Figura 5. Variación de los coeficientes de velocidad, contracción y gasto con el número de Reynolds en un orificio circular.

Figura 2.8.- Variación de los coeficientes de velocidad, contracción y de gasto, con el número de Reynolds en un orificio circular

corresponde a la del lugar de la obra

$$Re = \frac{\sqrt{2gHD}}{\nu} = \frac{(\sqrt{2 * 9,81 * 3,8})0,254}{1,08 \times 10^{-6}} = 4,02 \times 10^6$$

De la figura 2.7 el coeficiente de descarga es de 0.6, entonces el gasto al inicio del tanque es

$$Q_i = 0,358 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por lo tanto, tenemos que el tiempo de vaciado es de:

$$t = 2 \frac{1400}{0,358} = 7821 \text{ s}$$

Lo cual es aproximado a 2 horas con 10 minutos, el tiempo de vaciado se considera aceptable tomando en cuenta que se trata del vaciado del tanque cuando está en su nivel máximo. La figura 2.7 muestra el esquema de la fontanería de desagüe mientras que, la tabla 2.8 presenta el listado de materiales correspondiente.

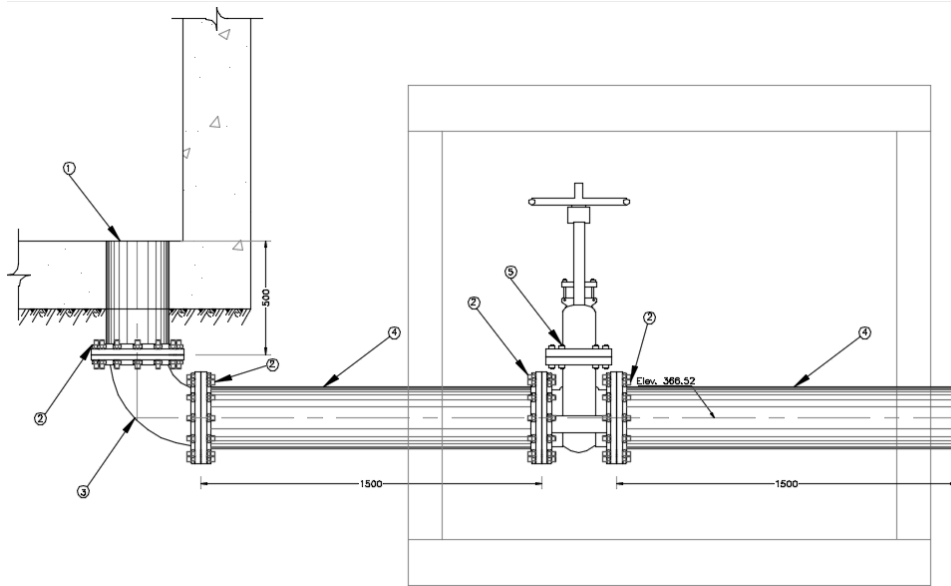


Figura 2.9.- Fontanería de desagüe

LISTADO DE MATERIALES DESAGÜE DE TCR						
ID	Cantidad	Material	Tipo	Norma/Standard de referencia	Características	
					Medida	Clase
1	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10" x 500mm	Grado B, e=9.53 mm (ced std)
2	4	Brida	Slip-on	ASTM A105 / ASME B16.5-03	10"	125#
3	2	Codo 90	Fo Fo	ASTM A126 / ASME B16.1	10"	125#
4	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10" x 1500mm	Grado B, e=9.53 mm (ced std)
5	1	Válvula	Compuerta	ASTM A536 / ASME B16.10M-04 / AWWA C515	10"	125#
	4	Empaque	Neopreno	ASME B16.5-03	10"	150#, Shore A
	48	Espárrago	Acero Cadmizado	ASTM A193 / ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	7/8"x4 3/4"	Grado B7
	96	Tuerca hexagonal	Acero Cadmizado	ASTM A194 / ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	7/8"	Grado 2H

Tabla 2.8.- Materiales de la fontanería de desagüe TCR

2.2.7 Fontanería de demasías

La fontanería de demasías tiene como objetivo proteger al tanque en caso de que la válvula de flotador falle. La fontanería está compuesta por 8 tubos que

derraman agua a un pequeño canal de concreto, con el fin de evitar posibles daños al terreno natural que pueda comprometer a largo plazo la estabilidad del tanque.

Para la fontanería de demasías se propone usar tubos de 6". Se supondrán que los tubos trabajan como canales circulares y además que al llegar al contacto con el codo se presenta el tirante crítico. Los tubos tomarán de forma equivalente el gasto que llega a la fontanería de entrada.

Por la corta distancia de 400 mm entre la entrada del agua hasta su salida se despreciarán las pérdidas de energía por fricción en el canal y solo se tomará en cuenta la pérdida local por entrada

Se plantea la ecuación de la energía del inicio de los tubos de demasías hasta la unión con los codos a 90°, figura 2.8

$$Z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_l \quad (2.14)$$

donde:

- z_1 es la elevación respecto a un nivel horizontal de comparación en la sección 1.
- y_1 es el tirante del canal en la sección 1.
- V_1 es la velocidad en la sección 1.
- g es la gravedad como 9.81 m/s^2 .
- Z_2 es la elevación respecto a un nivel horizontal de comparación en la sección 2.
- Y_2 es el tirante del canal en la sección 2.
- V_2 es la velocidad en la sección 2.
- h_l pérdidas locales.

Al estar horizontal la tubería de demasías se convertirá en cero la componente de elevación y el tirante en 2 será igual al tirante crítico.

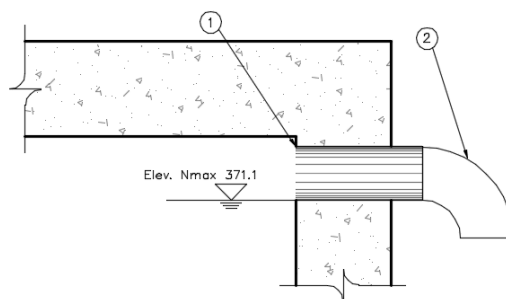


Figura 2.10.- Fontanería de demasías.

$$\frac{TQ^2}{gA^3} = 1 \quad (2.15)$$

Donde:

- T es el ancho del espejo libre del agua en el canal, en m.
- Q es el gasto de diseño, en m³/s.
- g es la aceleración de la gravedad, en m/s².
- A es el área transversal de la sección por la que pasa el agua, en m².

Para el gasto por cada tubo se supondrá que el gasto de entrada se divide equitativamente entre el número de tubos, de 8 en este caso, recordando que el gasto de entrada es de 91.5756 l/s que es igual a 0.091756 m³/s

$$Q_{Tubo} = \frac{Q_{entrada}}{n} = \frac{0.091756}{8} = 0.0115 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para las iteraciones se uso la siguiente hoja de calculo

Tirante Crítico			
Sección			Circular
Datos		Unidades	Valor
Gasto	Q	m ³ /s	0.0115
Diámetro	D	m	0.1683
Plantilla	b	m	0.5
Teta	θ	rad	
y	A	T	TQ ² /gA ³

Tabla 2.9.- Hoja de cálculo para encontrar el tirante crítico

Para calcular A y T se usaron las siguientes expresiones

$$A = \frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8} \quad (2.16)$$

$$T = \left(\text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right) \right) D \quad (2.17)$$

Para estos casos θ se calcula como

$$\theta = 2\cos^{-1} \left(1 - 2 \left(\frac{y}{D} \right) \right) \quad (2.18)$$

Iterando tirantes hasta encontrar el tirante crítico tenemos que el tirante en la sección 2 es de:

y	A	T	TQ ² /gA ³
0.070	0.00875298	0.16590359	3.3351398
0.090	0.01210692	0.16789282	1.2754335

0.093	0.01260986	0.16736666	1.1252901
0.095	0.012944141	0.16689518	1.0374107

Tabla 2.10.- Iteraciones para encontrar el tirante crítico

$$y_2 = y_c = 0.095m$$

De la ecuación de energía (14) y suponiendo que solo hay pérdida local por entrada de 0.5 por carga de velocidad la carga o energía total en la sección 2 resulta

$$y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_l = 0.095 + 0.0432 + 0.0216 = 0.1598 m$$

Igualando esta energía con la de la sección 1.

$$y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = 0.1598m$$

Para obtener el valor en el tirante en la sección 1 se usa la siguiente hoja de cálculo

Sección 1			
Datos		Unidades	Valor
Tirante	y	m	
Área	A	m ²	
Velocidad	V	m/s	
Carga de velocidad	V ² /2g	mca	
Teta	θ	Rad	
Energía	E1	mca	

Tabla 2.11.- Hoja de cálculo para encontrar tirante en la sección 1

Resolviendo por tanteos con la siguiente hoja de calculo:

$$y_1 = 0.14m$$

Dando los siguientes resultados

Sección 1			
Datos		Unidades	Valor
Presión	P	mca	
Cota	Z	m	
Tirante	Y	m	0.14
Área	A	m ²	0.0186359
Velocidad	V	m/s	0.61440559
Carga de velocidad	V ² /2g	mca	0.01924028
Teta	θ	Rad	4.84235704

Energía	E1	mca	0.15924028
---------	----	-----	------------

Tabla 2.12.- Resultados de tirante encontrado en la sección 1

Como este tirante es menor que el diámetro de la tubería se acepta la propuesta de utilizar diámetros de 6”

La lista de materiales se indica en la tabla 2.13.

LISTADO DE MATERIALES DEMASÍAS DE TCR						
ID	Cantidad	Material	Tipo	Norma/Standard de referencia	Características	
					Medida	Clase
1	8	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	6” x 400mm	Grado B, e=2.39 mm (ced std)
2	8	Codo 90	Acero	ASTM A126 / ASME B36.10M-04	6”	125#

Tabla 2.13.- Materiales de la fontanería de demasías TCR

2.2.7 Ventilación y accesos al tanque

Este subsistema provee al tanque de una conexión con la atmósfera para mantener la presión que este ejerce, y que, dentro del tanque que no se formen presiones menores a la atmosférica por la variación del volumen de agua dentro del mismo que pudiera dañarlo de forma estructural o funcional figura 2.9.

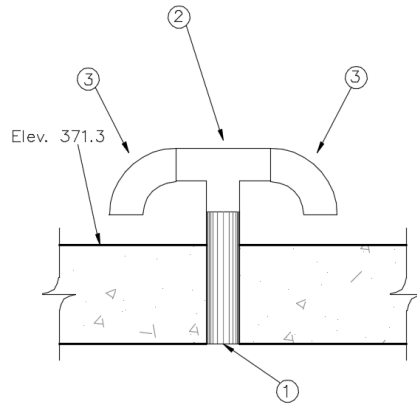


Figura 2.11.- Ventilación

LISTADO DE MATERIALES VENTILACIÓN DE TCR						
ID	Cantidad	Material	Tipo	Norma/Standard de referencia	Características	
					Medida	Clase
1	16	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	4” x 500mm	Grado B, e=1.59 mm (ced std)
2	16	Tee	Acero	ASTM A234 / ASME 16.9	4”	150#
3	32	Codo 90	Acero	ASTM A234 / ASME 16.9	4”	150#

Tabla 2.14.- Materiales para ventilación TCR

Para el acceso al tanque solo se incluirá en su parte superior del tanque un registro de 60x60 cm para poder ingresar al interior del mismo, con escaleras en las partes externa e interna del tanque para dar mantenimiento.

2.3 Obras accesorias

Para apoyar al TCR se requieren obras que la complementen, una de éstas caja para la fontanería de desagües, debido a que parte de la fontanería se encuentra por debajo del nivel de terreno natural. La otra obra también apoya a la fontanería de desagües es un lavadero que dará salida all agua en dirección a las cunetas de la carretera

2.3.1 Caja para fontanería de desagües

Las dimensiones de la caja se decidieron a partir de las dimensiones interiores de la caja de válvulas las cuales son de 1,8x1,9x1,5 m. La caja será de mampostería, por lo que los espesores serán los de la pieza de mampostería más el recubrimiento, siendo de 15 cm de cada pared, así como de su parte superior, por lo que las dimensiones exteriores son de 2,1x2,2x1,8 m.

La caja no estará completamente enterrada, esto es porque el tamaño de las válvulas, así como la necesidad de maniobrar con libertad dentro de la misma, provoca que una parte de la caja sobresalga de la superficie.

Los estudios geotécnicos realizados fueron pozos a cielo abierto, estos pozos describían las características generales del suelo a una profundidad no mayor a 3 m, debido a las descripciones obtenidos de los informes se suponen un peso volumétrico de 15550 kg/m³, un ángulo de fricción ϕ de 25° y sin cohesión.

Calculando el empuje lateral del suelo, para una presión activa de Rankine para suelos friccianan con sobrecarga (Juárez Badillo Eulalio y Rico Rodríguez Alfonso, Mecánica de suelos tomo II) para toda la longitud de su muro

$$E = \left(\left[\frac{K_a(\gamma z)z}{2} \right] + qK_a \right) L \quad (2.19)$$

Donde:

- E es el empuje del suelo en kg.
- K_a es el coeficiente de empuje activo del suelo, adimensional.
- γ es el peso volumétrico del suelo en kg/m³.
- z es la profundidad a la que está enterrada la caja, en m.
- L es la longitud del muro, en m.
- q es la sobrecarga en el suelo en kg

Se calcula el coeficiente de empuje activo del suelo (Juárez Badillo Eulalio y Rico Rodríguez Alfonso, Mecánica de suelos tomo II)

$$K_a = tg^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2.20)$$

$$K_a = tg^2 \left(45 - \frac{25}{2} \right) = 0.405$$

La sobrecarga se obtiene del agua en el tanque, se obtiene de la altura que tiene el agua en el TCR que es de 3.8 m de altura por el peso volumétrico del agua de 999 kgf/m^3 , de la figura (Sotelo, Hidráulica General) por un metro de longitud para la sobrecarga.

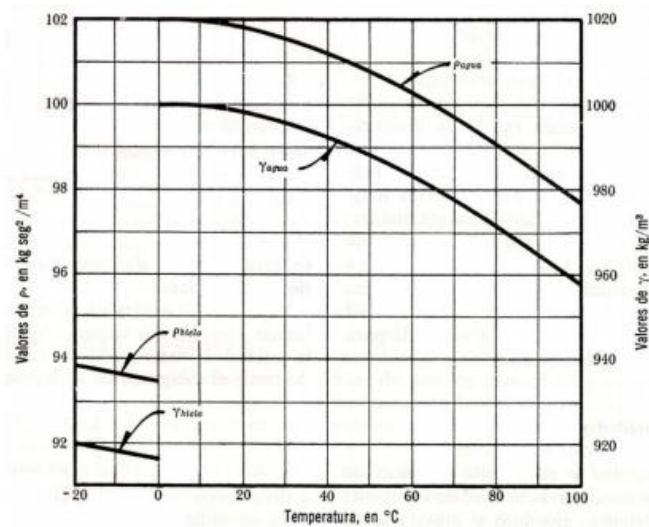


Figura 2.12.- Gráfica densidad y peso específico del agua para distintas temperaturas.

$$q = (1)(3.8)(999) = 3796.2$$

La z se tomará con el valor de 1.517 m como se muestra la figura 2.10

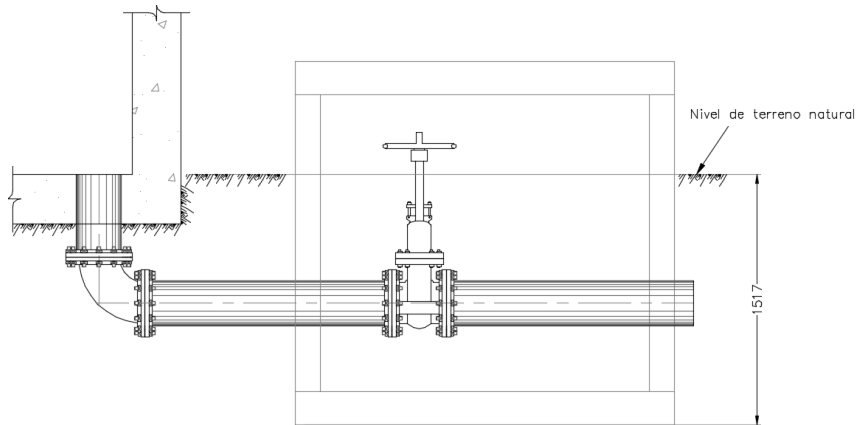


Figura 2.13.- Profundidad a la que esta enterrada la caja de desagüe acotado en mm.

$$E = \left(\left[\frac{(0.405)(1550 * 1.517)(1.517)}{2} \right] + (0.405)(3\ 796.2) \right) (2,2) = 4\ 971.5\ kg$$

La resistencia a la fuerza lateral se obtiene de las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería del Distrito Federal del 2004.

$$V_{mR} = F_R(0.5V_m^*A_T + 0.3P) \quad (2.21)$$

Donde

- V_{mR} es la resistencia del muro de mampostería, en kg/cm^2 .
- F_R es el factor de resistencia es de 0.7 para resistencia a cargas laterales según las normas técnicas complementarias para estructuras de mampostería.
- A_T es el área bruta del muro, en m^2 .
- P es la carga vertical, en kg .
- V_m^* es la resistencia a cortante de la pieza de mampostería, en kg/cm^2 .

Como la carga vertical no es permanente, esta se despreciará, al ser una carga ocasional. El valor de la resistencia a cortante de la pieza de mampostería se tomará como de $3.5\ kg/cm^2$ que se obtiene de la tabla que viene de las normas

Pieza	Tipo de mortero	v_m^* , MPa (kg/cm ²)
Tabique de barro recocido ($f_p^* \geq 6\ MPa, 60\ kg/cm^2$)	I	0.35 (3.5)
	II y III	0.3 (3)
Tabique de barro con huecos verticales ($f_p^* \geq 12\ MPa, 120\ kg/cm^2$)	I	0.3 (3)
	II y III	0.2 (2)
Bloque de concreto (pesado ³) ($f_p^* \geq 10\ MPa, 100\ kg/cm^2$)	I	0.35 (3.5)
	II y III	0.25 (2.5)
Tabique de concreto (tabicón) ($f_p^* \geq 10\ MPa, 100\ kg/cm^2$)	I	0.3 (3)
	II y III	0.2 (2)

técnicas complementarias para estructuras de mampostería del Distrito Federal del 2004, el área bruta del muro se calcula como.

$$A_T = Lt = (180)(12) = 2\,160 \text{ cm}^2$$

$$V_{mR} = (0.7)(0.5(3.5)(2\,160)) = 2\,646 \text{ kg} < 4\,971.5 \text{ kg}$$

La resistencia de la mampostería no es suficiente por lo que se decide reforzar el muro. Al colocar acero de refuerzo horizontal para resistir la fuerza cortante p_h no será inferior a $3/f_{yh}$ (para kg/cm^2) ni menor al valor que resulte de la expresión (22) como se indica en las normas técnicas complementarias para estructuras de mampostería en su sección 5.4.3.2 Cuantías mínimas y máximas del acero de refuerzo horizontal.

$$p_h = \frac{V_{mR}}{F_R f_{yh} A_T} \quad (2.22)$$

$$p_h = \frac{2\,646}{(0.7)(4200)(2\,160)} = 0.000417$$

$$\frac{3}{f_{yh}} = \frac{3}{4200} = 0.000714$$

p_h no debe ser inferior que 7.14×10^{-4}

El refuerzo debe soportar la fuerza cortante que no puede resistir el muro sin refuerzo, por lo que se calcula la diferencia entre el esfuerzo ejercido y el resistido para encontrar el esfuerzo que debe soportar el refuerzo

$$V_{SR} = E - V_{mR} = 4\,971.5 - 2\,646 = 2\,315.5 \text{ kg/cm}^2$$

Se calcula p_h con la expresión (23) que se obtiene de despejar una ecuación de las normas técnicas complementarias para el diseño de estructuras de mampostería en su sección 5.4.3.4 Diseño del refuerzo horizontal

$$p_h = \frac{V_{SR}}{F_R \eta f_{yh} A_T}$$

Se supondrá el valor de η que es factor de eficiencia como 0,6 y se

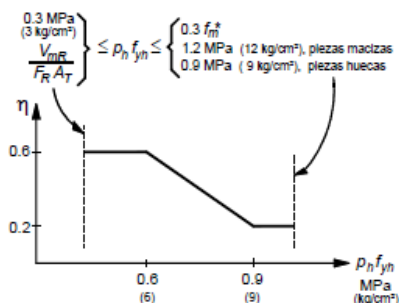


Figura 2.14 Factor de eficiencia η

comprobará después con ayuda de la figura 2.12

$$p_h = \frac{2\,315.5}{(0,7)(0,6)(4200)(2160)} = 0,000607 < 0,000714$$

Se revisa la suposición del valor de η de acuerdo a la figura 2.12

$$p_h f_{yh} = (0,000714)(4200 \text{ kg/cm}^2) = 2,9988 \leq 6$$

Se cumple la condición para el valor de η

Al proponer una separación entre el refuerzo de 30 cm por lo que el área de acero necesario para cada capa de refuerzo es la siguiente

$$A_{sh} = p_h s_h t = (0,000714)(30)(12) = 0.25704 \text{ cm}^2$$

Esto se puede sobre satisfacer con una varilla #2.5 cada 30 cm

Para el cálculo del momento resistente se usará el momento que se obtiene por las fuerzas de empuje horizontal, a la base de la caja de válvulas, el brazo de palanca será calculado de acuerdo al siguiente prisma de esfuerzos mostrado en la figura

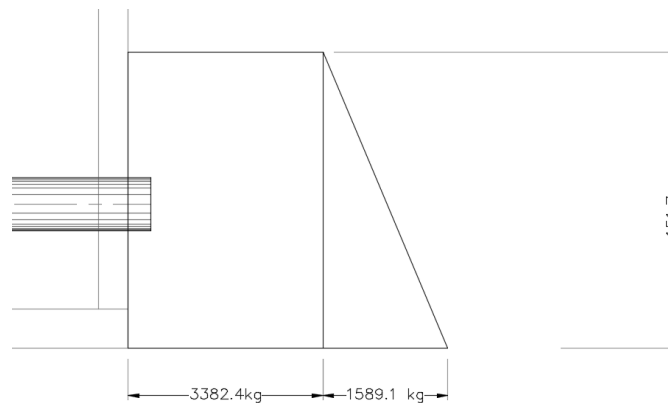


Figura 2.15 Prismas de esfuerzos sobre la caja de desagües.

Se calcula el centroide de la figura por donde pasará la resultante de la fuerza, sabiendo que el centroide del rectángulo está a la mitad de la altura y el centroide del triángulo está al primer tercio desde la base tomando como punto de referencia la esquina inferior de la caja de desagües

$$z = \frac{(3382.4) \left(\frac{151.7}{2} \right) + (1589.1) \left(\frac{151.7}{3} \right)}{(3382.4 + 1589.1)} = 68 \text{ cm}$$

$$M_U = E z = (4971.5)(68) = 338\,062 \text{ kgcm}$$

Calculo del momento resistente, al ser la carga sobre el muro casual y no permanente, se usará la fórmula (2.24). Como valor de $A_s=2(4(0.71))=5.68$ se usará la suma de 4 varillas del #3 en cada castillo y la distancia será considerada d centro a centro de castillo dejando así

$$M_R = F_R M_O \quad (2.23)$$

$$M_O = f_y A_s d' = (4200)(5,68)(205) = 4\,890\,480 \text{ kgcm}$$

$$M_R = (0.8)(4\,890\,480) = 3\,912\,384 \text{ kgcm} > 205\,269,4 \text{ kgcm}$$

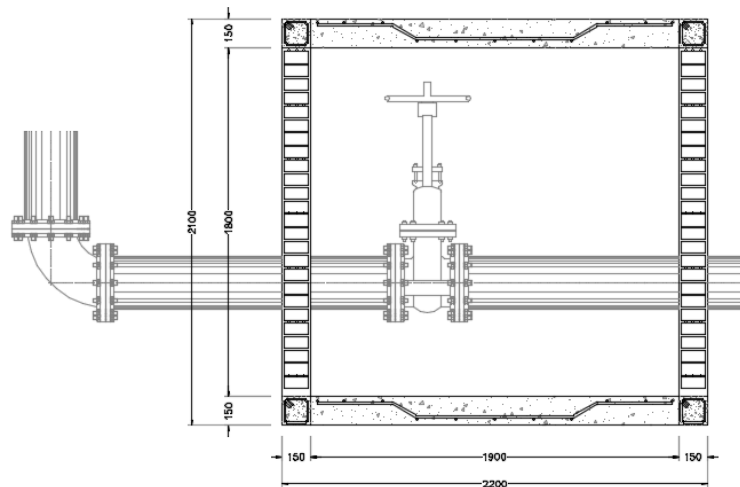


Figura 2.16.- Caja de desagüe. Vista de perfil.

Por lo tanto tenemos la caja de desagües de la siguiente manera

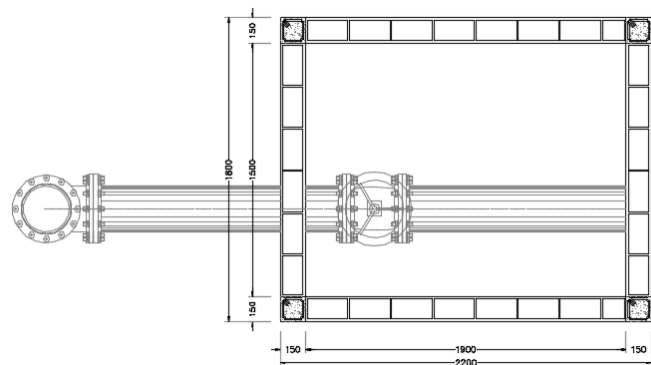


Figura 2.17.- Caja de desagüe. Vista en planta

2.3.2 Canal del desagüe

El agua que sale por el sistema de desagüe debe llegar a la canaleta de la carretera, para bajar del nivel de donde sale el agua en el desagüe se propone un canal de pantallas deflectoras como solución. El canal propuesto cuenta con las siguientes ecuaciones

$$b = 0,98Q^{0,4} \text{ para pendientes del } 10\% \quad (2.24)$$

$$b = 1,04Q^{0,4} \text{ para pendientes del } 50\% \quad (2.25)$$

Para que el canal conecte con la canaleta debe bajar un desnivel de 9,56 m en un tramo de 23,15 m, por lo que la pendiente es de 41,29 % como se observa en la figura 2.16. El cálculo de b se hace haciendo una interpolación lineal

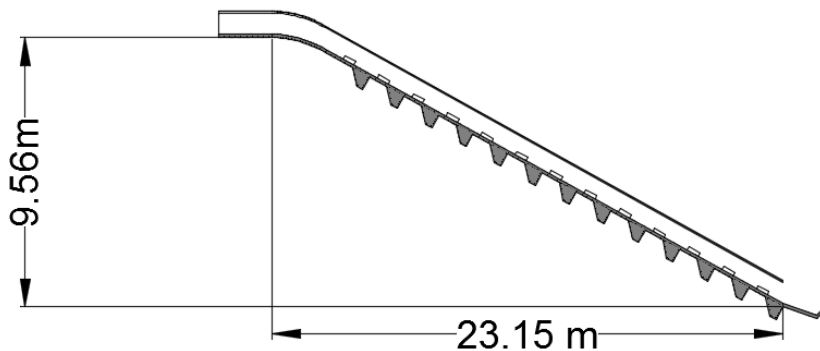


Figura 2.18.- Dimensiones de lavadero

del coeficiente que acompaña a Q

$$C = 0,98 + \frac{(1,04 - 0,98)}{(50 - 10)}(41,29 - 10) = 1,027$$

Por lo tanto, tenemos que para calcular b se tiene la siguiente fórmula

$$b = 1,027Q^{0,4} \text{ para pendientes del } 41,29\%$$

Para este caso el desagüe tiene un gasto de 0,358 m³/s, por lo tanto

$$b = 1,027Q^{0,4} = 1,027(0,358)^{0,4} = 0,68$$

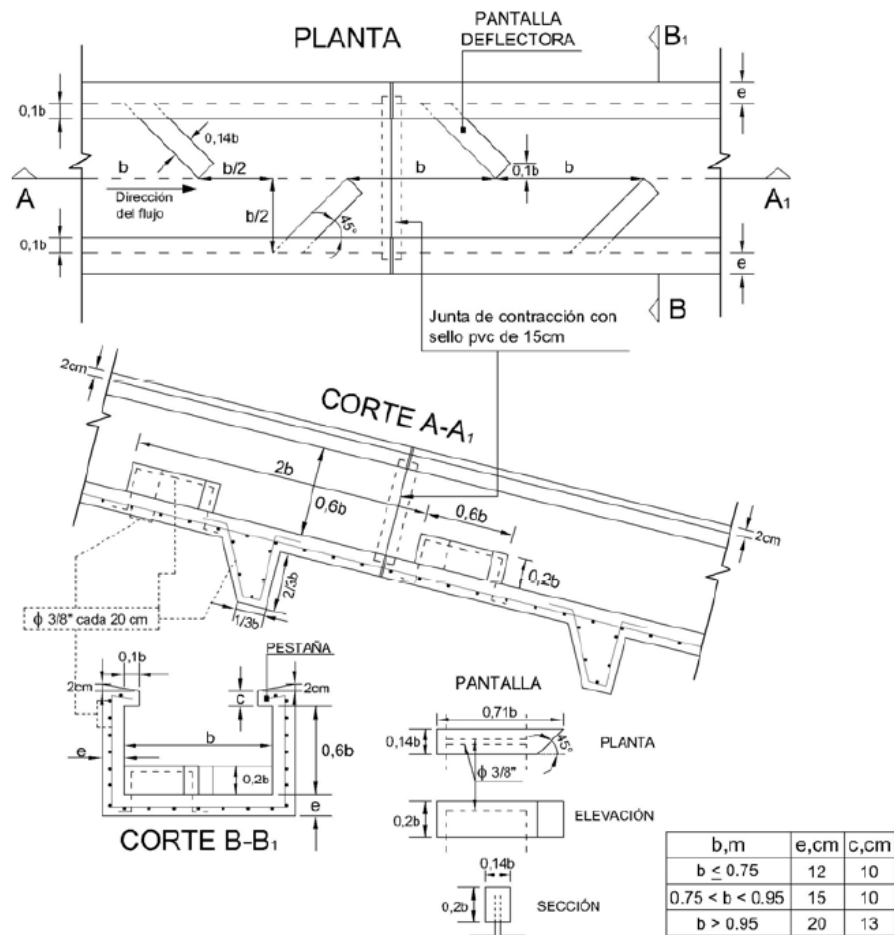


Figura 2.19.- Diseño de canal de pantallas deflectoras

Por facilidad constructiva usaremos $b=70cm$, de esta manera canal de pantallas deflectoras, tiene dimensiones en términos de b , según se indica en la figura 2.17

Al tener el valor de b se tienen las dimensiones en las figuras 2.18, 2.19 y 2.20

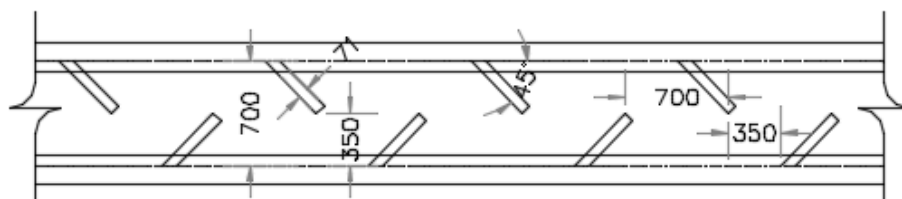


Figura 2.20.- Canal de pantallas deflectoras. Vista en planta

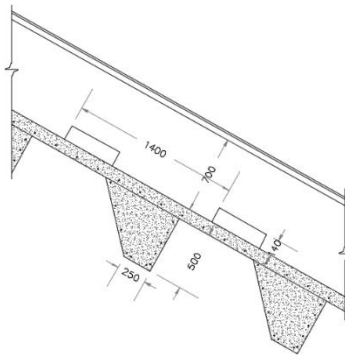


Figura 2.21.- Canal de pantallas deflectoras. Vista de perfil

Para conectar la salida de la fontanería de desagües con el canal de pantallas deflectoras que funcionará como lavadero para toda el agua que salga del tanque de cambio de régimen la fontanería derramará sobre un canal rectangular del mismo ancho, figura 2.20

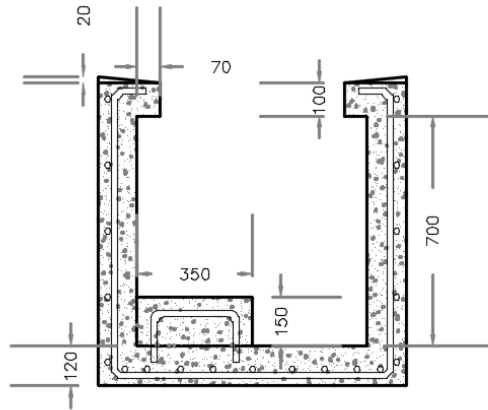
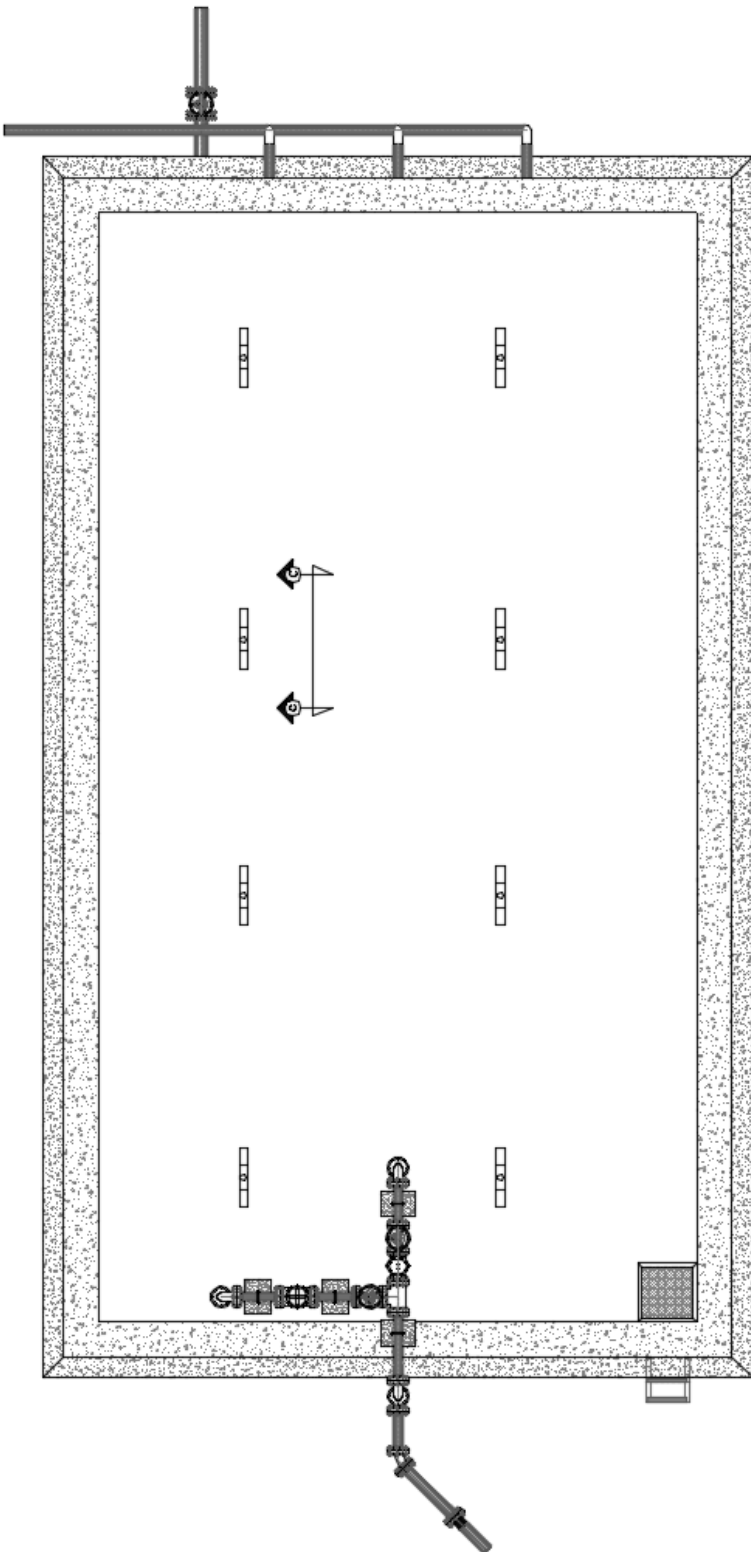


Figura 2.22.- Sección transversal del canal de pantallas deflectoras

III. DISEÑO FUNCIONAL DE CÁRCAMO DE BOMBEO



El cárcamo de bombeo requerido para este ramal del acueducto es necesario por el perfil del terreno que impide que el agua puede llegar por gravedad. Figuras 3.1 y 3.2.

El agua llegará al cárcamo donde alimentará las bombas y la enviará hasta el final de la línea de conducción del ramal. Las bombas estarán funcionando un determinado número de horas al día

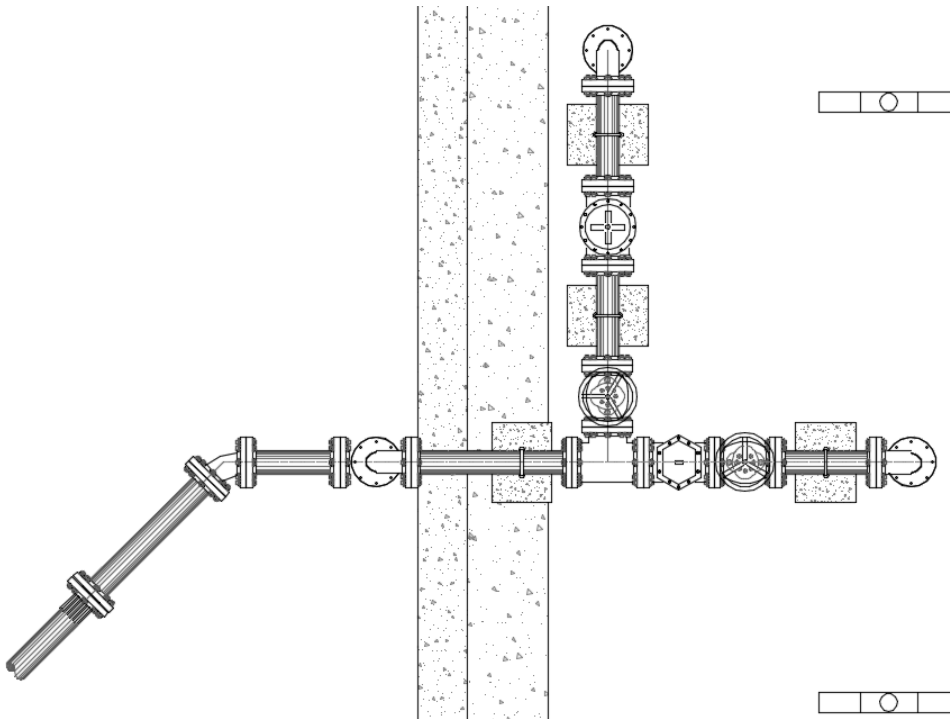


Figura 3.1.- Fontanería de entrada. Planta

El cárcamo de bombeo debe tener el agua suficiente para evitar que las bombas pueden sufrir daños o bien que trabajen en condiciones de operación desfavorable que pueden ocasionar vórtices y bajas eficiencias en los equipos.

En el cárcamo no se tiene fontanería de salida, porque ésta corresponde a la entrada a la planta de bombeo.

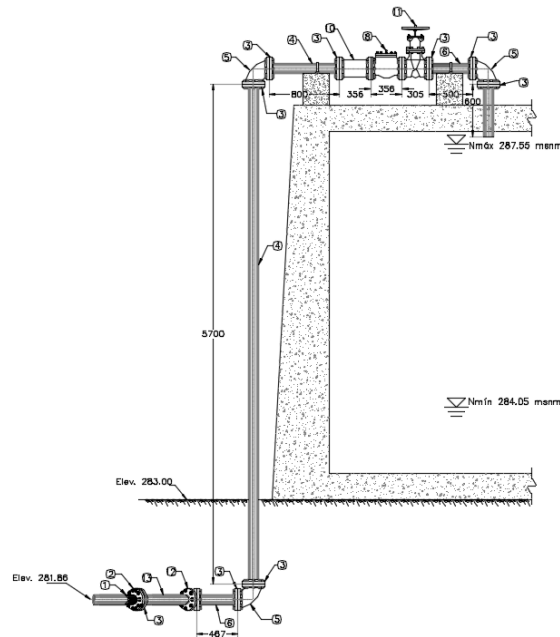


Figura 3.2.- Fontanería de entrada. Vista de perfil.

3.1 Cálculo de volumen del cárcamo de bombeo

El volumen que necesita el cárcamo según el MAPAS (cárcamos de bombeo para alcantarillado, funcional e hidráulico de bombeo, 2007), es el volumen bombeado por el equipo de bombeo.

Para este caso el gasto bombeado es de 0.0125 m³/s, con una operación de 14 horas al día, entonces el volumen bombeado durante ese tiempo es

$$V = Qt = (0,0125)(14 * 3600) = 630 \text{ m}^3$$

Las dimensiones del cárcamo de bombeo en planta serán de 15 x 12 m con una altura de 3.5 m y un bordo libre de 20cm.

La altura de sumergencia corresponde a la de tres veces el diámetro, al ser la tubería de toma de 6" de diámetro, por lo tanto, la sumergencia resulta ser de aproximadamente 50 cm. Con esto resulta una altura final del cárcamo = 3.5+ 0.2 + 0.5 = 4.2m.

3.2 Fontanería de llegada

El diámetro de la tubería de llegada es de 4" por ser ese el diámetro de llegada del acueducto al cárcamo, para el correcto funcionamiento del cárcamo cuenta con válvulas de compuerta, check y de alivio.

La función de las válvulas se explica con apoyo en el documento de "Normas y lineamientos técnicos para las instalaciones de agua potable, agua

tratada, alcantarillado sanitario y pluvial de los fraccionamientos y condominios de las zonas urbanas del estado de Querétaro” en su apartado de lineamientos técnicos.

La válvula de compuerta tiene una operación que depende de un disco recubierto de elastómero conectado a un vástago, permite el paso total y recto del flujo, de tal forma que se eviten los efectos de turbulencia y caídas de presión. Esta válvula permite cortar el suministro de agua con su simple cierre evitando que

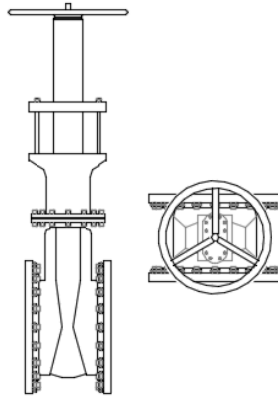


Figura 3.3.- Válvula de compuerta

circule el agua cuando esta se encuentra cerrada

La válvula check tiene una operación hidráulica con un paso semirecto del flujo, con un actuador de doble cámara. La función principal de la válvula check será el evitar que el flujo del agua cambie, evitando que retorne y que trabaje en una sola.

La válvula de alivio tiene una operación hidráulica, sistema piloto de la válvula debe contar con un estabilizador de flujo. La válvula de alivio tendrá la función de aliviar la presión del agua cuando supera el limite preestablecido. Con esto se trata de evitar la explosión del sistema protegido.

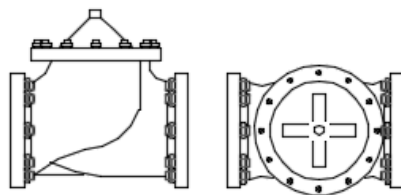


Figura 3.4.- Válvula check

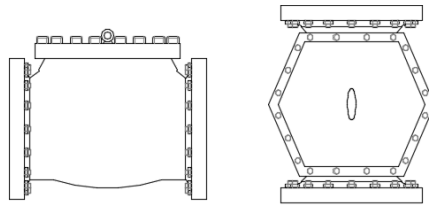


Figura 3.5.- Válvula de alivio

La tabla 3.1 presenta el listado de materiales de la fontanería de entrada al cárcamo de bombeo y las figuras 3.1 y 3.2 muestran las vistas en planta y en perfil de la fontanería respectiva.

LISTADO DE MATERIALES ENTRADA CÁRCAMO DE BOMBEO						
ID	Cantidad	Material	Tipo	Norma/Standard de referencia	Características	
					Medida	Clase
1	1	Stub End	HDPE 4710	AWWA C901-3 / ASTM F 714	4"	RD (Ver plano PTH-HI-26)
2	1	Brida	Lap Joint	ASTM A 105/ ASME B16.5-03	4"	300#
3	2	Brida	Slip-on	ASTM A105 / ASME B16.5-03	4"	300#
4	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	4"x5700mm	Grado B, e=6.02 mm (ced std)
5	1	Codo 90	Fo Fo	ASTM A126 / ASME B16.1	4"	250#
6	4	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	4"x467mm	Grado B, e=6.02 mm (ced std)
7	2	Válvula	Alivio	AWWA C530-12/ASTM A536	4"	250#
8	1	Válvula	Check	ASTM A126 / ASME B16.10M-04	4"	300#
9	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	4"x600mm	Grado B, e=6.02 mm (ced std)
10	1	Tee	Fo Fo	ASTM A126 / ASME B16.1	4"	250#
11	2	Válvula	Compuerta	ASTM A536 / ASME B16.10M-04/ AWWA C515	4"	250#
12	1	Codo 45	Fo Fo	ASTM A126 / ASME B16.1	4"	250#
13	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	4"	Grado B, e=6.02 mm (ced std)
-	14	Empaque	Neopreno	ASME B16.5-03	4"x820mm	300#, Shore A
-	112	Espárrago	Acero Cadmizado	ASTM A193 / ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	5/8"x4"	Grado B7
-	224	Tuerca hexagonal	Acero Cadmizado	ASTM A194/ ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	5/8"	Grado 2H

Tabla 3.1.- Materiales fontanería de llegada cárcamo de bombeo

3.3 Fontanería de desagües

La función principal de la fontanería de desagüe del tanque de cambio de régimen es el retirar de forma segura el agua para poder ejercer el mantenimiento ya sea correctivo o preventivo que se le deba dar al tanque.

Debido a que esta fontanería sale por debajo del tanque deberá ir enterrada, por lo que se propone dejar este arreglo mecánico dentro de una caja

Se propone que el desagüe cuente con una tubería de 6" por lo que se hace el análisis para dicho diámetro de tubería.

Para el tiempo de vaciado tenemos:

$$t = 2 \frac{V}{Q_i}$$

Se sabe que la capacidad del tanque es de 630 m³, por lo que solo falta conocer el gasto al inicio del vaciado del tanque para ello tenemos la ecuación 2.13:

$$Q_i = C_d A \sqrt{2gH}$$

Donde:

- H es la carga sobre el orificio en m.
- A es el área transversal del orificio en m².
- C_d es el coeficiente de descarga del orificio.

Sabemos que por el diseño del tanque H al inicio del vaciado corresponde a 3.4m. El área transversal del orificio corresponde al área transversal de la tubería de 10", que corresponde a 0.0508m².

Para conocer el coeficiente de descarga, considerando una viscosidad cinemática de 1.08x10⁻⁶, el número de Reynolds es:

$$Re = \frac{\sqrt{2gHD}}{\nu} = \frac{\sqrt{2 * 9.81 * 3.8 * 0.1683}}{1.08 \times 10^{-6}} = 3.28 \times 10^6$$

Al ingresar a la figura 2.10 (capítulo II de este trabajo) el coeficiente de descarga es de 0.6, sustituyendo el gasto de

$$Q_i = (0.6)(0.0508)\sqrt{2(9.81)(3.4)}$$

$$Q_i = 0.2489 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por lo tanto tenemos que el tiempo de vaciado es de:

$$t = 2 \frac{630}{0.2489} = 5\,062 \text{ s}$$

Lo cual es aproximado a 1 hora con 24 minutos, el tiempo de vaciado se considera aceptable tomando en cuenta que se trata del vaciado del tanque cuando está en su nivel máximo, por lo que la lista de materiales del tanque de cambio de régimen queda de la siguiente en la tabla 3.2.

LISTADO DE MATERIALES DESAGÜE CÁRCAMO DE BOMBEO						
ID	Cantidad	Material	Tipo	Norma/Standard de referencia	Características	
					Medida	Clase
1	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	6"x500mm	Grado B, e=7.11 mm (ced std)
2	4	Brida	Slip-on	ASTM A 105/ ASME B16.5-03	6"	300#
3	1	Codo 90	Fo Fo	ASTM A126 / ASME B16.1	6"	250#
4	1	Válvula	Compuerta	ASTM A536 / ASME B16.10M-04/ AWWA C515	6"	250#
5	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	6"x500mm	Grado B, e=7.11 mm (ced std)
-	4	Empaque	Neopreno	ASME B16.5-03	6"	300#, Shore A
-	32	Espárrago	Acero Cadmizado	ASTM A193 / ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	3/4"x4 1/2"	Grado B7
-	64	Tuerca hexagonal	Acero Cadmizado	ASTM A194/ ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	3/4"	Grado 2H

Tabla 3.2.- Materiales fontanería de desagües cárcamo de bombeo

3.4 Fontanería de demasías

La fontanería de demasías tiene como objetivo proteger al tanque en caso de que se superé el nivel de aguas máximo y provoque que el tanque trabaje bajo presión.

Para la fontanería de demasías se propone usar tubos de 4". Se supondrán

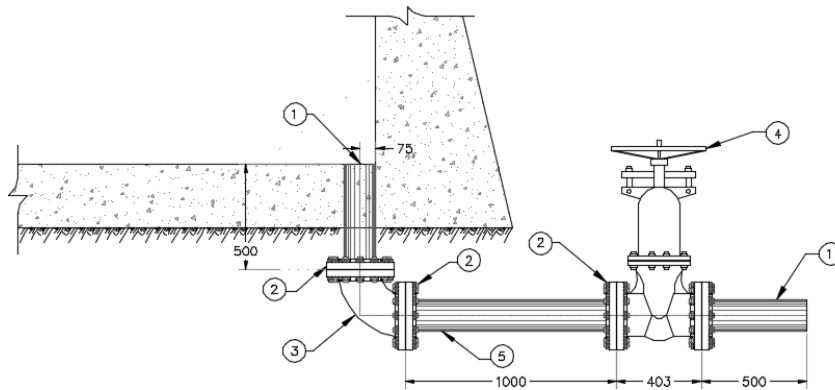


Figura 3.6.- Fontanería de desagüe cárcamo de bombeo.

que los tubos trabajan como canales circulares y se supondrá que al llegar al contacto con el codo se presenta el tirante crítico. Los tubos tomarán de forma equivalente el gasto que llega a la fontanería de entrada.

Por la corta distancia entre la entrada del agua hasta su salida que es de 80 cm se despreciarán las pérdidas por fricción en el canal y solo se tomará en cuenta la pérdida local por entrada

Se plantea la ecuación de la energía del inicio de los tubos de demasías hasta la unión con los codos a 90°, de hacer eso tenemos:

$$Z_1 + y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + y_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_l$$

Al estar horizontal la tubería de demasías se convertirá en 0 la componente de elevación y el tirante en 2 será igual al tirante crítico, por el supuesto dicho en los párrafos anterior, para cumplir con lo anterior el tirante crítico debe cumplir con la condición:

$$\frac{TQ^2}{gA^3} = 1$$

Donde:

- T es la longitud del espejo libre del agua en el canal en m.0,0
- Q es el gasto de diseño en m³/s.
- G es la aceleración de la gravedad en m/s².
- A es el área transversal de la sección por la que pasa el agua en m².

Para el gasto se supondrá que el gasto de entrada se divide equitativamente entre el número de tubos, que en este caso serán 3. El gasto de entrada al cárcamo es de 7.26 l/s:

$$Q_{Tubo} = \frac{Q_{entrada}}{n} = \frac{0.007266}{3} = 0.0024 \text{ m}^3/s$$

Iterando tirantes hasta encontrar el tirante crítico tenemos que el tirante en la sección 2 es de:

$$y_2 = y_c = 0.049m$$

De la ecuación de energía y suponiendo que solo hay pérdida local por entrada con un factor de 0.5, la energía total en la sección 2 es:

$$y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_l = 0.049 + 0,0194 + 0,0097 = 0,0781 \text{ m}$$

Igualando esta energía con la correspondiente a la sección 1, resulta.

$$y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = 0,0781m$$

Al resolver para la sección 1, proponiendo tirantes, resulta un valor de:

$$y_1 = 0,07m$$

Como este tirante es menor que el diámetro de la tubería es aceptable el resultado, por lo que se conserva el arreglo propuesto dejando la lista de materiales de la siguiente manera.

LISTADO DE MATERIALES DEMASÍAS CÁRCAMO DE BOMBEO						
ID	Cantidad	Material	Tipo	Norma/Standard de referencia	Características	
					Medida	Clase
1	3	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	4"x800mm	Grado B, e=2.39 mm (ced std)
2	3	Codo 90	Acero	ASTM A234 / ASME 16.9	4"	150#
3	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	4"x3500mm	Grado B, e=2.39 mm (ced std)
4	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	4"x3584mm	Grado B, e=2.39 mm (ced std)
5	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	4"x1243mm	Grado B, e=2.39 mm (ced std)
6	2	Tee	Acero	ASTM A234 / ASME 16.9	4"	150#
7	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B26.10M-04	4"x1291mm	Grado B, e=2.39 mm (ced std)
8	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B26.10M-04	4"x3000mm	Grado B, e=2.39 mm (ced std)

Tabla 3.3.- Materiales de la fontanería de demasías del cárcamo de bombeo

Las figuras 3.7 y 3.8 presenta la vista de la fontanería de demasías del cárcamo de bombeo

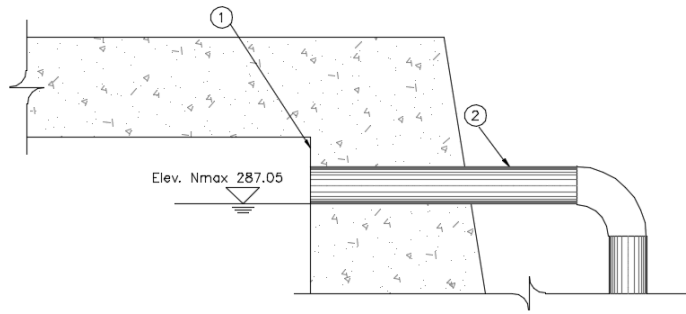


Figura 3.7. Fontanería de demasías cárcamo de bombeo

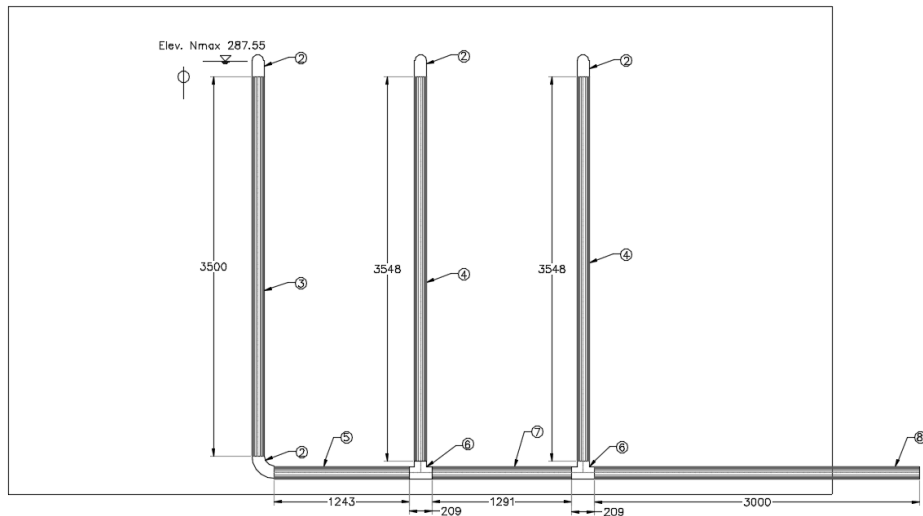


Figura 3.8 Fontanería de demasías cárcamo de bombeo

3.5 Ventilación y accesorios

Para el correcto funcionamiento del cárcamo de bombeo se requiere incluir en el diseño una ventilación para que tenga una conexión a la atmósfera y no presente problemas de subpresiones. La tabla 3.4 presenta el listado de materiales para la ventilación del cárcamo de bombeo mientrasas

LISTADO DE MATERIALES VENTILACIÓN CÁRCAMO DE BOMBEO						
ID	Cantidad	Material	Tipo	Norma/Standard de referencia	Características	
					Medida	Clase
1	8	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	4"x500mm	Grado B, e=1.59 mm (ced std)
2	8	Tee	Acero	ASTM A234 / ASME 16.9	4"	150#
3	16	Codo 90	Acero	ASTM A234 / ASME 16.9	4"	150#

Tabla 3.4.- Materiales ventilación cárcamo de bombeo

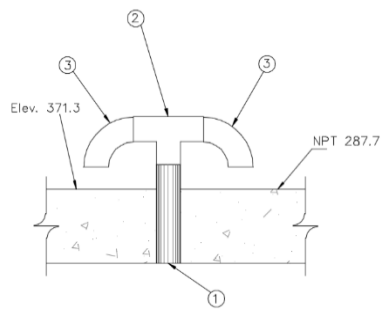
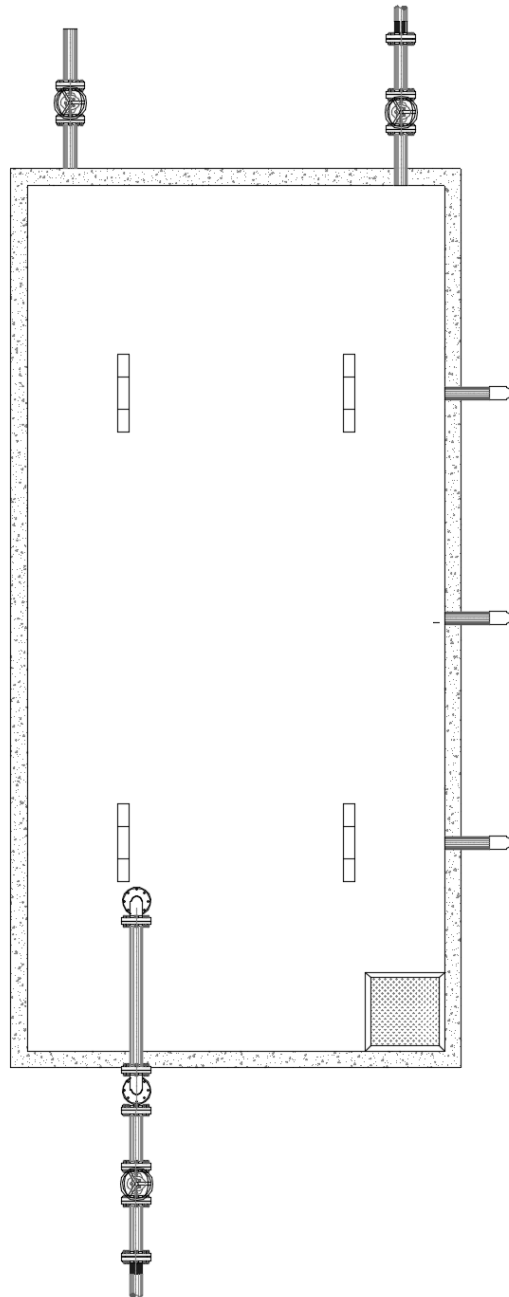


Figura 3.9.- Ventilación cárcamo de bombeo

IV. PREDIMENSIONAMIENTO DE TANQUES DE CAMBIO DE RÉGIMEN AL FINAL DEL ACUEDUCTO



El acueducto tiene como objetivo entregar agua a las comunidades, cuando el agua llega a las comunidades no puede ser entregada directamente a los sistemas de distribución de agua potable de las localidades debido a la diferencia del régimen de entrada con el de salida. El agua entregada por el acueducto llegará a TCR localizados en las comunidades.

En esta parte del proyecto solo se va a dimensionar el volumen de los TCR y se detallará de forma general sus fontanerías de entrada.

4.1 Tanque de cambio de régimen (TCR) Localidad 1 y 2

Para el cálculo del volumen necesario para el Tanque de Cambio de Régimen que necesitarán las localidades 1 y 2 se usará, como en el tanque de cambio de régimen, la demanda establecida para comunidades pequeñas

Con el fin de obtener el valor máximo y máximo faltante se desarrolla la tabla 4.1, en donde la columna 1 indica la hora de registro, la columna dos el régimen de entrada (Gasto / Gasto máximo diario), la columna tres el régimen de salida (Gasto / Gasto máximo diario), la columna 4 la diferencia entre la columna 2 y la columna 3 y finalmente la columna 5, muestra la diferencia que se va acumulando.

Para el tanque que surtirá a estas comunidades tenemos que el ramal se proyectó que lleva un Gasto Máximo Diario de 30.6 l/s. La obtención del gasto antes mencionado escapa al análisis de este trabajo.

Horas	Régimen de Entrada (Q/Q _{MáxDiario})	Régimen de Salida (Q/Q _{MáxDiario})	Diferencia (entrada-salida)	Diferencia acumulada
00:00-01:00	1	0.45	0.55	0.55
01:00-02:00	1	0.45	0.55	1.1
02:00-03:00	1	0.45	0.55	1.65
03:00-04:00	1	0.45	0.55	2.2
04:00-05:00	1	0.45	0.55	2.75
05:00-06:00	1	0.60	0.4	3.15
06:00-07:00	1	0.90	0.1	3.25
07:00-08:00	1	1.35	-0.35	2.9
08:00-09:00	1	1.50	-0.5	2.4
09:00-10:00	1	1.50	-0.5	1.9
10:00-11:00	1	1.50	-0.5	1.4
11:00-12:00	1	1.40	-0.4	1
12:00-13:00	1	1.20	-0.2	0.8

13:00-14:00	1	1.40	-0.4	0.4
14:00-15:00	1	1.40	-0.4	0
15:00-16:00	1	1.30	-0.3	-0.3
16:00-17:00	1	1.30	-0.3	-0.6
17:00-18:00	1	1.20	-0.2	-0.8
18:00-19:00	1	1.00	0	-0.8
19:00-20:00	1	1.00	0	-0.8
20:00-21:00	1	0.90	0.1	-0.7
21:00-22:00	1	0.90	0.1	-0.6
22:00-23:00	1	0.80	0.2	-0.4
23:00-00:00	1	0.60	0.4	0

Tabla 4.1.- Cálculo de volumen del TCR de las localidades 1 y 2

De las diferencias acumuladas se obtuvo el máximo excedente y el máximo faltante marcados en rojo en la mencionada, con lo que se obtuvo el volumen de la siguiente forma

$$Volumen = Q_{M\acute{a}xDiario}(M\acute{a}x. excedente - M\acute{a}x. faltante) * 3600$$

$$Volumen = (0,0306)((3,25) - (-0,8)) * 3600 = 269,89 m^3$$

4.2 TCR localidad 3

Para el tanque que surtirá a esta localidad se considera que el ramal lleva un Gasto Máximo Diario de $Q_{M\acute{A}X.DIARIO}=26.98$ l/s. La obtención del gasto antes mencionado escapa al análisis de este trabajo.

La tabla 4.2 presenta el procedimiento para el cálculo del valor máximo excedente y el máximo faltante.

Horas	Régimen de Entrada ($Q/Q_{M\acute{a}xDiario}$)	Régimen de Salida ($Q/Q_{M\acute{a}xDiario}$)	Diferencia (entrada-salida)	Diferencia acumulada
00:00-01:00	1	0.45	0.55	0.55
01:00-02:00	1	0.45	0.55	1.1
02:00-03:00	1	0.45	0.55	1.65
03:00-04:00	1	0.45	0.55	2.2
04:00-05:00	1	0.45	0.55	2.75
05:00-06:00	1	0.60	0.4	3.15
06:00-07:00	1	0.90	0.1	3.25

07:00-08:00	1	1.35	-0.35	2.9
08:00-09:00	1	1.50	-0.5	2.4
09:00-10:00	1	1.50	-0.5	1.9
10:00-11:00	1	1.50	-0.5	1.4
11:00-12:00	1	1.40	-0.4	1
12:00-13:00	1	1.20	-0.2	0.8
13:00-14:00	1	1.40	-0.4	0.4
14:00-15:00	1	1.40	-0.4	0
15:00-16:00	1	1.30	-0.3	-0.3
16:00-17:00	1	1.30	-0.3	-0.6
17:00-18:00	1	1.20	-0.2	-0.8
18:00-19:00	1	1.00	0	-0.8
19:00-20:00	1	1.00	0	-0.8
20:00-21:00	1	0.90	0.1	-0.7
21:00-22:00	1	0.90	0.1	-0.6
22:00-23:00	1	0.80	0.2	-0.4
23:00-00:00	1	0.60	0.4	0

Tabla 4.2.- Cálculo de volumen del TCR localidad 3

De la tabla anterior se obtiene el volumen de la siguiente forma

$$Volumen = Q_{M\acute{a}xDiario}(M\acute{a}x. excedente - M\acute{a}x. faltante) * 3600$$

$$Volumen = (0,02689)((3,25) - (-0,8)) * 3600 = 237,17 m^3$$

4.3 TCR localidad 4

A esta localidad se le abastece por medio de una planta de bombeo y, debido a que se desconoce los horarios en los que trabajarán las bombas se tendrá que hacer una serie de propuestas para los diferentes horarios posibles en los que trabajan los equipos

A fin de obtener el valor máximo excedente y máximo faltante se desarrolla la tabla 4.3.

Horas	Régimen de Entrada ($Q/Q_{M\acute{a}xDiario}$)	Régimen de Salida ($Q/Q_{M\acute{a}xDiario}$)	Diferencia (entrada-salida)	Diferencia acumulada
00:00-01:00	1.71	0.45	1.26	1.26
01:00-02:00	1.71	0.45	1.26	2.52
02:00-03:00	1.71	0.45	1.26	3.78
03:00-04:00	1.71	0.45	1.26	5.04

04:00-05:00	1.71	0.45	1.26	6.3
05:00-06:00	1.71	0.6	1.11	7.41
06:00-07:00	1.71	0.9	0.81	8.22
07:00-08:00	1.71	1.35	0.36	8.58
08:00-09:00	1.72	1.5	0.22	8.8
09:00-10:00	1.72	1.5	0.22	9.02
10:00-11:00	1.72	1.5	0.22	9.24
11:00-12:00	1.72	1.4	0.32	9.56
12:00-13:00	1.72	1.2	0.52	10.08
13:00-14:00	1.72	1.4	0.32	10.4
14:00-15:00	0	1.4	-1.4	9
15:00-16:00	0	1.3	-1.3	7.7
16:00-17:00	0	1.3	-1.3	6.4
17:00-18:00	0	1.2	-1.2	5.2
18:00-19:00	0	1	-1	4.2
19:00-20:00	0	1	-1	3.2
20:00-21:00	0	0.9	-0.9	2.3
21:00-22:00	0	0.9	-0.9	1.4
22:00-23:00	0	0.8	-0.8	0.6
23:00-00:00	0	0.6	-0.6	0

Tabla 4.3.- Cálculo de volumen del TCR localidad 4

Se sabe que el gasto que se bombeo es de 12.5 l/s como se indica en el capítulo III de este trabajo.

$$Volumen = Q_{MáxDiario}(Máx. excedente - Máx. faltante) * 3600$$

$$Volumen = (0,0125)((10.4) - (0)) * 3600 = 468 m^3$$

Repitiendo los cálculos anteriores para las diferentes opciones de trabajo de la bomba se obtienen los resultados mostrados en la tabla 4.4

Horario de la bomba	Máx. Excedente y Máx Faltante	Volumen del tanque(m ³)
00:00-14:00	10.4	468
01:00-15:00	9.45	425.25
02:00-16:00	8.6	387
03:00-17:00	7.75	348.75
04:00-18:00	7	315
05:00-19:00	6.45	290.25
06:00-20:00	6.05	272.25
07:00-21:00	6.05	272.25
08:00-22:00	6.5	292.5

09:00-23:00	7.2	324
10:00-00:00	8.1	364.5
11:00-01:00	9.15	411.75
12:00-02:00	10.1	454.5
13:00-03:00	10.85	488.25
14:00-04:00	11.8	531
15:00-05:00	12.75	573.75
16:00-06:00	13.45	605.25
17:00-07:00	13.85	623.25
18:00-08:00	13.7	616.5
19:00-09:00	13.2	594
20:00-10:00	12.7	571.5
21:00-11:00	12.1	544.5
22:00-12:00	11.6	522
23:00-13:00	11.2	504

Tabla 4.4.- Volúmenes obtenidos en las diferentes propuestas para el TCR de la localidad 4

4.4 TCR Régimen Localidad 5

Para el tanque que surtirá a esta comunidad el ramal lleva un Gasto Máximo Diario de 25.01 l/s. La obtención del gasto antes mencionado escapa del análisis al análisis de este trabajo.

La tabla 4.5 presenta el cálculo del volumen del TCR correspondiente.

Horas	Régimen de Entrada (Q/Q _{MáxDiario})	Régimen de Salida (Q/Q _{MáxDiario})	Diferencia (entrada-salida)	Diferencia acumulada
00:00-01:00	1	0.45	0.55	0.55
01:00-02:00	1	0.45	0.55	1.1
02:00-03:00	1	0.45	0.55	1.65
03:00-04:00	1	0.45	0.55	2.2
04:00-05:00	1	0.45	0.55	2.75
05:00-06:00	1	0.60	0.4	3.15
06:00-07:00	1	0.90	0.1	3.25
07:00-08:00	1	1.35	-0.35	2.9
08:00-09:00	1	1.50	-0.5	2.4
09:00-10:00	1	1.50	-0.5	1.9
10:00-11:00	1	1.50	-0.5	1.4
11:00-12:00	1	1.40	-0.4	1
12:00-13:00	1	1.20	-0.2	0.8

13:00-14:00	1	1.40	-0.4	0.4
14:00-15:00	1	1.40	-0.4	0
15:00-16:00	1	1.30	-0.3	-0.3
16:00-17:00	1	1.30	-0.3	-0.6
17:00-18:00	1	1.20	-0.2	-0.8
18:00-19:00	1	1.00	0	-0.8
19:00-20:00	1	1.00	0	-0.8
20:00-21:00	1	0.90	0.1	-0.7
21:00-22:00	1	0.90	0.1	-0.6
22:00-23:00	1	0.80	0.2	-0.4
23:00-00:00	1	0.60	0.4	0

Tabla 4.5.- Cálculo de volumen de TCR localidad 5

De la anterior se.

$$Volumen = Q_{M\acute{a}xDiario}(M\acute{a}x.excedente - M\acute{a}x.faltante) * 3600$$

$$Volumen = (0,02501)((3,25) - (-0,8)) * 3600 = 220,59 m^3$$

4.5 Arreglo propuesto de fontanería de llegada a los TCR's

El arreglo de fontanería de entrada se propone lo más sencillo posible con una válvula de compuerta para cortar el suministro y dar mantenimiento al tanque

La figura 4.1 presenta el esquema de la fontanería de llegada mientras que, las tablas 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9 muestran los listados de materiales correspondientes a las localidades 1 y 2, 3, 4 y 5, respectivamente.

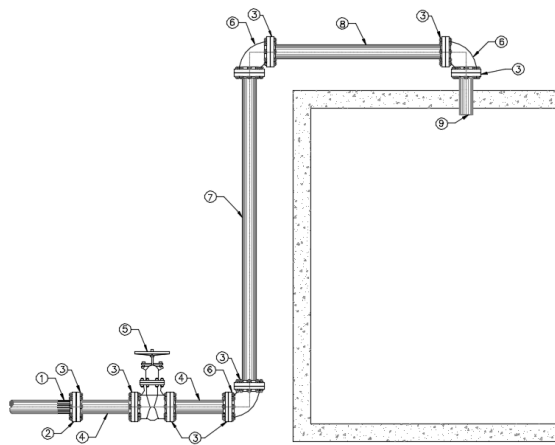


Figura 4.1.- Esquema para fontanería de entrada

LISTADO DE MATERIALES ENTRADA TCR LOCALIDAD 1 Y 2						
ID	Cantidad	Material	Tipo	Norma/Standard de referencia	Características	
					Medida	Clase
1	1	Stub End	HDPE 4710	AWWA C901-3 / ASTM F 714	10"	RD (Ver plano PTH-HI-26)
2	1	Brida	Lap Joint	ASTM A 105/ ASME B16.5-03	10"	150#
3	9	Brida	Slip-on	ASTM A105 / ASME B16.5-03	10"	150#
4	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
5	1	Válvula	Compuerta	ASTM A536 / ASME B16.10M-04/ AWWA C515	10"	125#
6	3	Codo 90	Fo Fo	ASTM A126 / ASME B16.1	10"	125#
7	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
8	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
9	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
-	9	Empaque	Neopreno	ASME B16.5-03	10"	300#, Shore A
-	108	Espárrago	Acero Cadmizado	ASTM A193 / ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	5/8"x4"	Grado B7
-	216	Tuerca hexagonal	Acero Cadmizado	ASTM A194/ ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	5/8"	Grado 2H

Tabla 4.6.- Materiales para fontanería de entrada. Localidades 1 y 2

LISTADO DE MATERIALES ENTRADA TCR LOCALIDAD 3						
ID	Cantidad	Material	Tipo	Norma/Standard de referencia	Características	
					Medida	Clase
1	1	Stub End	HDPE 4710	AWWA C901-3 / ASTM F 714	10"	RD (Ver plano PTH-HI-26)
2	1	Brida	Lap Joint	ASTM A 105/ ASME B16.5-03	10"	150#
3	9	Brida	Slip-on	ASTM A105 / ASME B16.5-03	10"	150#
4	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
5	1	Válvula	Compuerta	ASTM A536 / ASME B16.10M-04/ AWWA C515	10"	125#
6	3	Codo 90	Fo Fo	ASTM A126 / ASME B16.1	10"	125#
7	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
8	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
9	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
-	9	Empaque	Neopreno	ASME B16.5-03	10"	300#, Shore A
-	72	Espárrago	Acero Cadmizado	ASTM A193 / ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	5/8"x4"	Grado B7
-	144	Tuerca hexagonal	Acero Cadmizado	ASTM A194/ ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	5/8"	Grado 2H

Tabla 4.7.- Materiales para fontanería de entrada. Localidad 3

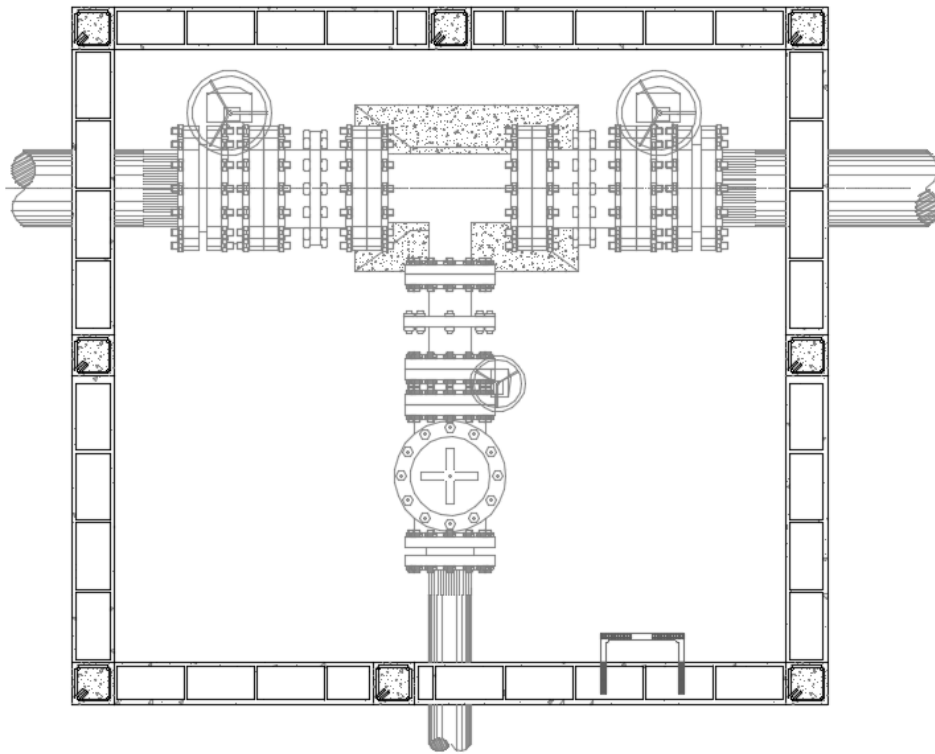
LISTADO DE MATERIALES ENTRADA TCR LOCALIDAD 4						
ID	Cantidad	Material	Tipo	Norma/Standard de referencia	Características	
					Medida	Clase
1	1	Stub End	HDPE 4710	AWWA C901-3 / ASTM F 714	6"	RD (Ver plano PTH-HI-26)
2	1	Brida	Lap Joint	ASTM A 105/ ASME B16.5-03	6"	150#
3	9	Brida	Slip-on	ASTM A105 / ASME B16.5-03	6"	150#
4	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	6"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
5	1	Válvula	Compuerta	ASTM A536 / ASME B16.10M-04/ AWWA C515	6"	125#
6	3	Codo 90	Fo Fo	ASTM A126 / ASME B16.1	6"	125#
7	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	6"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
8	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	6"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
9	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	6"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
-	9	Empaque	Neopreno	ASME B16.5-03	6"	300#, Shore A
-	108	Espárrago	Acero Cadmizado	ASTM A193 / ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	5/8"x4"	Grado B7
-	216	Tuerca hexagonal	Acero Cadmizado	ASTM A194/ ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	5/8"	Grado 2H

Tabla 4.8.- Materiales para fontanería de entrada. Localidad 4

LISTADO DE MATERIALES ENTRADA TCR LOCALIDAD 5						
ID	Cantidad	Material	Tipo	Norma/Standard de referencia	Características	
					Medida	Clase
1	1	Stub End	HDPE 4710	AWWA C901-3 / ASTM F 714	10"	RD (Ver plano PTH-HI-26)
2	1	Brida	Lap Joint	ASTM A 105/ ASME B16.5-03	10"	150#
3	9	Brida	Slip-on	ASTM A105 / ASME B16.5-03	10"	150#
4	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
5	1	Válvula	Compuerta	ASTM A536 / ASME B16.10M-04/ AWWA C515	10"	125#
6	3	Codo 90	Fo Fo	ASTM A126 / ASME B16.1	10"	125#
7	2	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
8	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
9	1	Tubería	Acero	ASTM A53 / ASME B36.10M-04	10"	Grado B, e=9.27 mm (ced std)
-	9	Empaque	Neopreno	ASME B16.5-03	10"	300#, Shore A
-	108	Espárrago	Acero Cadmizado	ASTM A193 / ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	3/4"x4 1/2"	Grado B7
-	216	Tuerca hexagonal	Acero Cadmizado	ASTM A194/ ASME B18.2.1-10 / ASME B1.1 -03	3/4"	Grado 2H

Tabla 4.9.- Materiales para fontanería de entrada. Localidad 5

V. DISEÑO ESTRUCTURAL DE CAJAS DE VÁLVULAS



Para el proyecto del acueducto se requieren diversas piezas especiales tanto para su protección como para proporcionar un correcto mantenimiento a la línea de conducción, que pueda garantizar un funcionamiento adecuado durante la vida útil del proyecto. Las piezas especiales deben estar protegidas con estructuras denominadas cajas para que, factores externos al acueducto, no las dañen y pongan en riesgo la operación de este.

El objetivo de las cajas es además de mantener en resguardo las piezas especiales, es la de resistir las cargas externas que puedan presentarse a lo largo de los años de operación del sistema, proporcionando siempre un fácil acceso para operar las válvulas en el momento en que se requiera.

Las fórmulas empleadas en la memoria corresponden a las Normas Técnicas Complementarias para diseño de mampostería del Reglamento de Construcción del Distrito Federal 2004.

5.1 Caja de desagües

Las dimensiones internas de las cajas se consideran de 1.2x1.4x1.45 m. El material a emplear será mampostería con espesor más el recubrimiento de 15 cm de cada pared, por lo que las dimensiones exteriores serán de 1.5x1.7x1.75 m como medida de ancho, largo y alto respectivamente.

5.1.1 Empuje lateral del suelo.

Por lo que se refiere al empuje lateral del suelo, de los estudios de geotecnia se considera un suelo formado por arenas limosas con un peso volumétrico 1550 kg/m^3 y un ángulo de fricción ϕ de 25° . La suposición será la misma para el resto de las cajas.

Para el cálculo del empuje lateral del suelo se utilizará el siguiente criterio para una presión activa de Rankine para suelos friccionan (Juárez Badillo Eulalio y Rico Rodríguez Alfonso, Mecánica de suelos tomo II) para toda la longitud de su muro.

$$E = \left[\frac{K_a(\gamma z)}{2} \right] L \quad (5.1)$$

Donde:

- E es el empuje del suelo en kg.
- K_a es el coeficiente de empuje activo del suelo, adimensional.
- γ es el peso volumétrico del suelo, en kg/m^3 .
- z es la profundidad a la que esta enterrada la caja, en m.

- L es la longitud del muro, en m.

Se calcula el coeficiente de empuje activo del suelo (Juárez Badillo Eulalio y Rico Rodríguez Alfonso, Mecánica de suelos tomo II), con la ecuación 2.20.

$$K_a = tg^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$K_a = tg^2 \left(45 - \frac{25}{2} \right) = 0.405$$

La z corresponde a la altura de la caja y se tomará de 1.7m.

$$E = \left[\frac{(0.39)(1550 * 1.75)(1.75)}{2} \right] (1.7) = 1\,573 \text{ kg}$$

La resistencia a la fuerza lateral se obtiene de las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería del Distrito Federal del 2004.

$$V_{mR} = F_R(0.5V_m^*A_T + 0.3P)$$

Donde

- V_{mR} es la resistencia del muro de mampostería, en kg.
- F_R es el factor de resistencia es de 0.7 para resistencia a cargas laterales según las normas técnicas complementarias para estructuras de mampostería.
- A_T es el área bruta del muro, en cm^2 .
- P es la carga vertical, en kg.
- V_m^* es la resistencia a cortante de la pieza de mampostería, en kg/cm^2 .

Como la carga vertical no es permanente, esta se despreciará, al ser una carga ocasional. El valor de la resistencia a cortante de la pieza de mampostería se tomará como de 3.5 kg/cm^2 como se puede ver en la tabla 2.15, el área bruta del muro se calcula como.

$$A_T = Lt = (150)(12) = 1\,800 \text{ cm}^2$$

Don t se toma como el espesor de la pieza de mampostería, acorde al aparejo utilizado y L como la longitud del muro.

$$V_{mR} = (0.7)(0.5(3.5)(1\,800)) = 2\,205 \text{ kg} > 1\,573 \text{ kg}$$

Como la resistencia vertical del muro es mayor al empuje producido por el suelo, puede quedar sin refuerzo el muro

5.1.2 Carga vertical.

En condiciones normales las cajas de válvulas no deberían tener carga encima pero considerando que un camión se estacione, figura 5.1, entonces se tendrán que considerar dicha carga

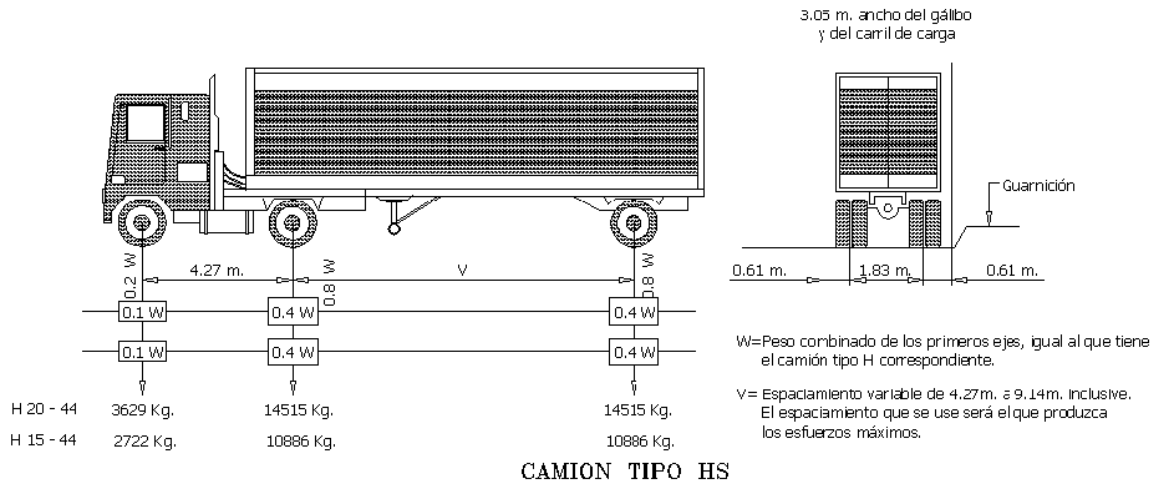


Figura 5.1 Fuerza vertical de diseño

Por las condiciones de la carretera que es de terracería y no presenta las mejores condiciones de rodamiento se tomará en cuenta las cargas camión tipo H15-44, debido a las dimensiones de éste de la distancia entre ejes se considera solo la carga de uno de los ejes siendo ésta de 10 886 kg que afectado por el factor de carga de 1.4 como se indica en las normas técnicas complementarias sobre criterios y acciones para el diseño estructural de las edificaciones del Distrito Federal del 2004 tomando como referencia tenemos el valor de 15 240.4 kg.

Para calcular la fuerza resistente del muro de la caja P_R según las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería del Distrito Federal del 2004, se utiliza la expresión 5.2

$$P_R = F_R F_E (f_m^* A_T + \sum A_s f_y) \quad (5.2)$$

Donde

- A_s es el área de acero en los castillos, en cm^2 .
- f_y es el esfuerzo de fluencia del acero, en kg/cm^2 .
- F_R es el factor de reducción de 0.6, de las normas técnicas complementarias diseño y construcción de estructuras de mampostería del Distrito Federal del 2004, es adimensional.

- F_E es el factor de esbeltez de 0.6, de las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería del Distrito Federal del 2004, es adimensional.
- f_m^* es la resistencia de la mampostería, en kg/cm^2 .

$$P_R = (0.6)(0.6)((60)(1800) + (4.26)(4200)) = 45\,321.12\,kg > 15\,240.4\,kg$$

Como P_R es mayor a la carga del camión tipo H15-44, se acepta el muro de mampostería para sostener la carga.

5.1.3 Momento resistente.

Para el cálculo del momento resistente se usará el momento que se obtiene por las fuerzas de empuje horizontal ($=1\,573\,kg$), a la base de la caja de válvulas, el brazo de palanca (z_0) será un tercio de la altura de la caja (altura de la caja $z=1.7\,m$; por lo tanto $z_0=170/3=57cm$), al ser esta la localización vertical del centroide del prisma de esfuerzos, por lo tanto el momento debido al empuje horizontal en la ecuación 5.3

$$M_U = E z_0 = (1573)(57) = 89\,661\,kgcm \quad (5.3)$$

Debido a que la carga no es permanente, el momento resistente se calcula con la siguiente fórmula de las normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de mampostería del Distrito federal del 2004 con la ecuación 2.23.

$$M_R = F_R M_O$$

$$M_O = f_y A_s d' = (4200)(4.26)(125) = 2\,236\,500\,kgcm$$

$$M_R = (0.8)(2\,236\,500) = 1\,789\,200\,kgcm > 89\,661\,kgcm$$

5.1.4 Tableta de concreto tipo I.

Debido a que la altura de la caja es muy baja y por eso mismo no se puede maniobrar dentro de ella, en lugar de tener una tapa para acceder a su interior la caja de válvulas tendrán unas tabletas que pueden ser removidas en su totalidad para dejar libre sin cubierta la parte superior de la caja y poder trabajar dentro de la misma

La tableta tendrá que ser capaz de soportar una carga igual a la mencionada en la parte 5.1.2 de este trabajo, con las mismas consideraciones. Se considera

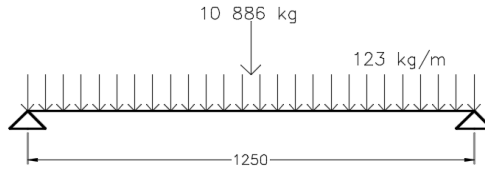


Figura 5.2 Fuerzas actuantes en la tableta de concreto, sin factor de carga.

De las condiciones de equilibrio las reacciones en los apoyos son de 5 519 kg en ambos apoyos.

El momento máximo se calcula con una ecuación de momentos particular para este caso.

$$M_{(x)} = -R_1x + \frac{wx^2}{2} + P(x - 62.5) \quad (5.4)$$

Donde:

- R_1 es la reacción en el apoyo, en kg.
- w es la carga distribuida, en kg/m
- x es la distancia desde el apoyo donde se encuentra R_1 , en m.
- P es la carga puntual, en kg.

Aplicando el factor de carga de 1.4 de las normas técnicas complementarias sobre criterios y acciones de diseño que no se aplicó antes, calculando el momento:

$$M_{(x)} = -7726(62.5) + \frac{(1.72)(62.5)^2}{2} + (15\ 240)(62.5 - 62.5) = 479\ 515\ kgcm$$

Para calcular el momento resistente se utiliza la sección de la viga indicada en la figura 5.3, este momento se obtendrá por medio de la teoría general de compatibilidades de deformación en donde todos los materiales se deforman de la misma manera, tomando en cuenta que la última fibra a compresión del concreto falla cuando la deformación unitaria del concreto es de $\epsilon_{cu}=0.003$, existe adherencia entre el concreto y el acero y el concreto no aporta resistencia a tensión, el acero para amarrar los estribos se desprecia. Se usa el perfil 152x15.63

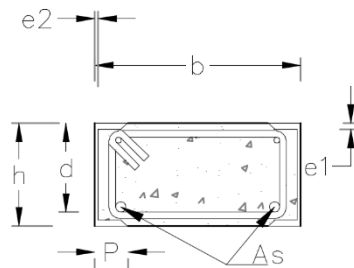


Figura 5.3.- Vista Transversal de la Tableta

(mm*kg/m)

La viga deberá ser sub reforzada, para asegurar una falla dúctil en la viga en caso de que esta llegará a fallar, por lo que deberá fluir el acero

Con compatibilidad de deformación donde se dice que las secciones planas permanecen planas y todos los materiales se deforman de igual manera, elástico lineal. En la figura 5.4 se observa la deformación donde se plantea que la ruptura aplica cuando la deformación unitaria del concreto cuando es igual 0.003 provoca la ruptura de la tableta y más a la derecha los distintos prismas de esfuerzos

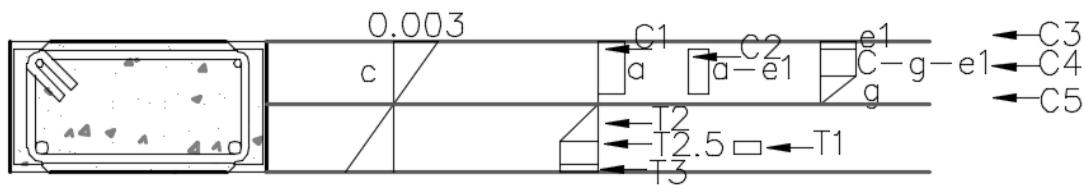


Figura 5.4.- Fuerzas en la sección transversal de la tableta

formados por las distintas partes de la tableta.

El prisma C1 corresponde a la parte de concreto, donde en la parte superior no esta confinada por los perfiles de acero, y por la parte inferior esta delimitada por el eje neutro, que es la línea donde no ocurren deformaciones y que se observa como la línea horizontal media en la figura 5.4. El prisma C2 corresponde a las secciones de concreto delimitadas en la parte superior por el patín y en la parte inferior por el eje neutro. Los prismas C3, C4 y C5 corresponde a los esfuerzos proporcionados por los perfiles de acero, el prisma C3 corresponde al esfuerzo elástico lineal del acero antes que éste fluya, el prisma C4 corresponde a la parte del alma que fluyo y el C5 al patín que ésta fluyendo. Cada uno de estos prismas se consideran a compresión.

El prisma T2 es similar al prisma C3, así como T2.5 y T3 respectivamente son similares a C4 y C5, mientras que T1 son los esfuerzos proporcionados por el acero de refuerzo. Los prismas T están a tensión.

$$C_1 = 0.85f'_c a(b - 2P) \quad (5.5)$$

$$C_2 = 0.85f'_c (a - e_1)2P \quad (5.6)$$

$$C_3 = 2(e_1 P f_{yp}) \quad (5.7)$$

$$C_4 = 2[(c - e_1 - g)]e_2 f_{yp} \quad (5.8)$$

$$C_5 = g e_2 f_{yp} \quad (5.9)$$

$$T_1 = A_s f_y \quad (5.10)$$

$$T_2 = g f_y e_2 \quad (5.11)$$

$$T_{2.5} = [(h - (c + 2e_1 + g)) f_{yp} e_2] 2 \quad (5.12)$$

$$T_3 = 2(e_1 f_{yp}) \quad (5.13)$$

Donde:

- f_c es la resistencia a compresión del concreto, en kg/cm^2 .
- f_y es el esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo, en kg/cm^2 .
- f_{yp} es el esfuerzo de fluencia del acero del perfil, en kg/cm^2 .
- c es la profundidad del eje neutro, en cm.
- a es 0.85 la profundidad del eje neutro, en cm.
- g es la longitud en la que el acero del perfil aún no ha fluido, en cm.
- e_1 es el espesor del patín del perfil, en cm.
- e_2 es el espesor del alma del perfil, en cm.
- P es la longitud del patín del perfil, en cm.
- h es el peralte de la sección, en cm.
- d es el peralte efectivo de la reacción, en cm.
- b es el ancho de la sección, en cm.
- C_1 es la fuerza que corresponde a la sección de concreto, no cubierta por el perfil, en kg.
- C_2 es la fuerza que corresponde a la sección de concreto, cubierta por los perfiles, en kg.
- C_3 es la fuerza correspondiente a los patines de la sección que ésta fluyendo a compresión, en kg.
- C_4 es la fuerza que correspondiente a la sección del alma que ésta fluyendo a compresión, en kg.
- C_5 es la fuerza que correspondiente a la sección del alma que no fluye a compresión, en kg.
- T_1 es la fuerza del acero de refuerzo, en kg.
- T_2 es la fuerza correspondiente a la sección del alma del perfil que no fluye a tensión, en kg.
- T_3 es la fuerza correspondiente al patín del perfil que fluye a tensión, en kg.
- $T_{2.5}$ es la fuerza correspondiente al alma de la sección que fluye a tensión, en kg.

Se debe cumplir el equilibrio entre las fuerzas de compresión y tensión

$$C = T$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$$

$$T = T_1 + T_2 + T_{2.5} + T_3$$

Para cumplir el equilibrio, se debe obtener la profundidad del eje neutro, así que después de varias iteraciones con un área de acero de 2.84 cm² correspondiente a 4 varillas del #3, con la siguiente hoja de cálculo.

Flexión					
Estado general de compatibilidad		fs	4200		
Datos		C	6		
fc	250	a	5.1		
fy	4200	g	4.2		
fyp	4200	es	0.0035		
b	30	esp	0.0021		
h	15	fs	4200		
d	13				
P	5.17				
e1	0.87	C1	21306.525	T1	11928
e2	0.8	C2	9294.3678	T2	14112
As	2.84	C3	37782.36	T3	37782.36
		C4	6249.6	T2.5	23818.8
		C5	14112		
		C	88744.8525	T	87641.16
		C/T	1.01259331		
		MC1	46007.1191	MT1	65604
		MC2	96198.9604	MT2	46075.68
		MC3	266932.373	MT3	266932.373
		MC4	38528.784	MT2.5	111114.702
		MC5	60681.6		
		Mn	998075.592		
		Mr	898268.033		

Tabla 5.1.- Hoja de cálculo para tableta.

$$C_1 = 21\,305\,kg$$

$$C_2 = 9\,294\,kg$$

$$C_3 = 37\,782\,kg$$

$$C_4 = 6\,249\,kg$$

$$C_5 = 14\,112\,kg$$

$$T_1 = 11\,928\,kg$$

$$T_2 = 14\,112\,kg$$

$$T_{2.5} = 23\,818\,kg$$

$$T_3 = 37\,782\,kg$$

$$C = 88\,744\,kg$$

$$T = 87\,641\,kg$$

C y T son suficientemente aproximadas como se puede observar en la tabla 5.1, donde la razón entre C y T es muy cercana a 1

Los datos usados son

$$f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2 ; f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2 ; f_{yp} = 4200 \text{ kg/cm}^2 ; b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 15 \text{ cm} ; d = 13 \text{ cm} ; P = 5.17 \text{ cm} ; e_1 = 0.87 \text{ cm} ; e_2 = 0.8 \text{ cm} ; A_s = 2.84 \text{ cm}^2$$

Se calculan los momentos

$$M_{C1} = C_1 \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) = 46\,007 \text{ kgcm}$$

$$M_{C2} = C_2 \left(\frac{h}{2} - \left(e_1 - \frac{a - e_2}{2} \right) \right) = 96\,198 \text{ kgcm}$$

$$M_{C3} = C_3 \left(\frac{h}{2} - \frac{e_1}{2} \right) = 266\,932 \text{ kgcm}$$

$$M_{C4} = C_4 \left[\frac{h}{2} - e_1 - \frac{c - e_1 - g}{2} \right] = 38\,528 \text{ kgcm}$$

$$M_{C5} = C_5 \left[\frac{h}{2} - c - g - \frac{1}{3}g \right] = 60\,681 \text{ kgcm}$$

$$M_{T1} = T_1 \left(\frac{h}{2} - (h - d) \right) = 65\,604 \text{ kgcm}$$

$$M_{T2} = T_2 \left(\frac{h}{2} - \frac{h - g - c - e_1}{2} - \frac{1}{3}g \right) = 46\,075 \text{ kgcm}$$

$$M_{T2.5} = T_{2.5} \left(\frac{h}{2} - \frac{h - g - c - e_1}{2} \right) = 266\,932 \text{ kgcm}$$

$$M_{T3} = T_3 \left(\frac{h}{2} - \frac{e_1}{2} \right) = 111\,114 \text{ kgcm}$$

El momento resistente nominal es la suma de todos los momentos anteriores el resultado es

$$M_n = 998\,075 \text{ kgcm}$$

El momento resistente con un factor de reducción de 0.9 tenemos el momento resistente de

$$M_R = 898\,268 \text{ kgcm} > 479\,515 \text{ kgcm}$$

Resistencia al cortante

Al tener una reacción de 7 726 kg, después de aplicado el factor de carga de 1.4 a la reacción antes encontrada de 5 519 kg, la cortante al inicio y al final de la sección tendrán ese valor.

La resistencia de la sección sin estribos se calculará transformando el área de acero en área de concreto usando la razón entre el módulo de elasticidad del acero y el del concreto, de lo que resulta:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2\,000\,000}{14\,000\sqrt{f'_c}} = 9$$

Calculando el equivalente en área de concreto, con la ecuación 5.13, que se obtiene de despejar fórmulas mostradas del libro Aspectos fundamentales del concreto reforzado, cuarta edición de Óscar M. González Cuevas y Francisco Robles Fernández-Villegas

$$A_t = bh + (n - 1)A_{sp} \quad (5.14)$$

Donde:

- A_t área con transformación, en cm^2 .
- A_{sp} área de acero del patín, en cm^2 .

$$A_t = (30)(15) + (9 - 1)(2 * 19.8) = 766.8 \text{ cm}^2$$

El área de acero se obtuvo con el área del perfil CE 152x19.35 visto en el manual de perfiles estructurales de GERDAU CORSA. Siguiendo con el cálculo de cortante resistido por la sección, que se obtiene de las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto del distrito Federal del 2004.

$$V_{CR} = F_R 0.5\sqrt{f'_c}bh ; V_{CR} = F_R 0.5\sqrt{f'_c}A_t \quad (5.15)$$

Donde:

- V_{CR} es la fuerza cortante resistida por el concreto.

Se decide sustituir en la ecuación bh , por el área transformada de concreto, por lo que nos da un valor de

$$V_{CR} = (0.7)0.5\sqrt{250}(766.8) = 4\,243 \text{ kg}$$

Calculando el cortante que deberá soportar el refuerzo transversal

$$V_s = V - V_{CR} = 7\,722.5 - 4\,243 = 3\,479.5 \text{ kg}$$

Para el refuerzo se ocupará varillas del #3, por lo que la separación de estribos ese determina con la siguiente ecuación 2.15, que es una fórmula simplificada de la una ecuación de las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto.

$$s = \frac{A_{st} f_y d}{V_s} \quad (5.16)$$

Donde

- s es la separación entre estribos, en cm.
- A_{st} es el área de acero del refuerzo transversal, cm^2 .

$$s = \frac{(0.71)(4200)(13)}{3\,479.5} = 11.14\,cm ; s = 10\,cm$$

5.2 Caja de VAC's

Las dimensiones de la caja se decidieron a partir de las dimensiones interiores de la caja de válvulas las cuales son de 1.2x1x1,6 m. Las cajas serán de mampostería, por lo que los espesores serán los de la pieza de mampostería más el recubrimiento, siendo de 15 cm de cada pared, así como de su parte superior, por lo que las dimensiones exteriores son de 1.5x1.3x1.9 m, como su largo, ancho y altura .

5.2.1 Empuje lateral del suelo.

Calculando el empuje lateral del suelo

$$E = \left[\frac{K_a (\gamma z) z}{2} \right] L$$

La L se tomará con el valor de 1.5 m al ser la mayor de las dos posibilidades, de los lados de la caja.

$$E = \left[\frac{(0.39)(1550 * 1.9)(1.9)}{2} \right] (1.5) = 1\,636\,kg$$

La resistencia a la fuerza lateral

$$V_{mR} = F_R (0.5 V_m^* A_T + 0.3 P)$$

Como la carga vertical no es permanente, esta se despreciará al ser una carga ocasional, el valor de la resistencia a cortante de la pieza de mampostería se tomará como de 3.5 kg/cm^2 , el área bruta del muro se calcula como.

$$A_T = Lt = (130)(12) = 1\,560\,cm^2$$

$$V_{mR} = (0.7)(0.5(3.5)(1\,560)) = 1\,911\,kg > 1\,636\,kg$$

Como la fuerza resistente es superior a la carga que podría presentarse se acepta el muro.

5.2.2 Carga vertical.

La caja estará expuesta a las mismas condiciones de la caja tipo I por lo tanto, la carga de diseño sería de 10 886 kg que afectado por el factor de carga de 1.4 tenemos el valor de 15 240.4 kg.

Para calcular la fuerza resistente P_R tenemos

$$P_R = F_R F_E (f_m^* A_T + \sum A_s f_y)$$

$$P_R = (0.6)(0.6)((60)(1560) + (4.26)(4200)) = 40\,137.12 \text{ kg} > 15\,240.4 \text{ kg}$$

Solo se hace el cálculo sobre el muro de menor área bruta, debido a que el otro solo incrementaría su resistencia y también supera su resistente a la fuerza actuante.

Por lo anterior se acepta el muro, que compone la caja.

5.2.3 Momento resistente

Para el cálculo del momento resistente se usará el momento que se obtiene por las fuerzas de empuje horizontal, a la base de la caja de válvulas, siendo el brazo de palanca un tercio de la altura de la caja por ser la localización del centroide del prisma de esfuerzos, por lo tanto:

$$M_U = E Z = (1\,636)(63) = 103\,068 \text{ kgcm}$$

Debido a que la carga no es permanente, el momento resistente se calcula con la siguiente fórmula

$$M_R = F_R M_O$$

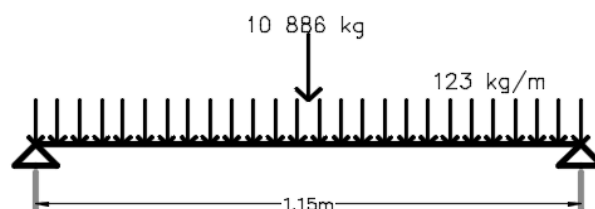
$$M_O = f_y A_s d' = (4200)(4.26)(105) = 1\,878\,660 \text{ kgcm}$$

$$M_R = (0.8)(1\,878\,660) = 1\,502\,928 \text{ kgcm} > 175\,770 \text{ kgcm}$$

El muro de mampostería es capaz de soportar el momento actuante en él y se acepta el muro que compone la caja.

5.2.4 Tableta de concreto tipo II.

La figura 5.3 muestra las fuerzas que actúan en la tableta para el cálculo del momento máximo.



De las condiciones de equilibrio se obtuvo que las reacciones en los apoyos son de 5 519 kg en ambos apoyos.

El momento máximo al centro de la viga se calcula usando la siguiente expresión

$$M_{(x)} = -R_1x + \frac{wx^2}{2} + P(x - 62.5)$$

Aplicando el factor de carga de 1.4, calculando el momento:

$$M_{(x)} = -7726(57.5) + \frac{(1.72)(57.5)^2}{2} + (15\ 240)(62.5 - 62.5) = 479\ 515\ kgcm$$

Se implementará el mismo armado de la tableta tipo I porque soportaba un momento mayor, con el mismo perfil, y los mismos refuerzos longitudinal y transversal.

5.3 Caja conexión acueducto localidad 1 y 2

Las dimensiones de la caja se decidieron a partir de las dimensiones interiores de la caja de válvulas las cuales son de 5.1x3.1x1.4m. Las cajas serán de mampostería, por lo que los espesores serán los de la pieza de mampostería más el recubrimiento, siendo de 15 cm de cada pared, así como de su parte superior, por lo que las dimensiones exteriores son de 5.4x3.4x1.7 m. siendo su largo, ancho y altura respectivamente

5.3.1 Empuje lateral del suelo.

Debido a los estudios geotécnicos realizados, se supondrá un suelo conformado por arenas limosas con un peso volumétrico de 1 550 kg/cm³ y un ángulo de fricción ϕ de 25°.

Calculando el empuje lateral del suelo

$$E = \left[\frac{K_a(\gamma z)z}{2} \right] L$$

Donde:

La z se tomará con el valor de 1.7 m

$$E = \left[\frac{(0.39)(1550 * 1.7)(1.7)}{2} \right] (5.4) = 4\,716.9 \text{ kg}$$

La resistencia a la fuerza lateral

$$V_{mR} = F_R(0.5V_m^*A_T + 0.3P)$$

Como la carga vertical no es permanente, esta se despreciará al ser una carga ocasional, el valor de la resistencia a cortante de la pieza de mampostería se tomará como de 3.5 kg/cm², el área bruta del muro se calcula como.

$$A_T = Lt = (340)(12) = 4\,080 \text{ cm}^2$$

$$V_{mR} = (0.7)(0.5(3.5)(4\,080)) = 4\,998 \text{ kg} > 4\,629 \text{ kg}$$

El muro es soportar la carga que se le aplica, por lo tanto, se acepta el muro.

5.3.2 Carga vertical.

La caja estará expuesta a las mismas condiciones de la caja tipo I por lo tanto, la carga de diseño sería de 10 886 kg que afectado por el factor de carga de 1.4 resulta el valor de 15 240.4 kg. Figura 5.1

Para calcular la resistente tenemos

$$P_R = F_R F_E (f_m^* A_T + \sum A_s f_y)$$

$$P_R = (0.6)(0.6)((60)(4\,080) + (6.39)(4200)) = 94\,569 \text{ kg} > 15\,240.4 \text{ kg}$$

Los cálculos se hacen sobre el muro más desfavorable, siendo este el de menor área bruta

5.3.3 Momento resistente.

Para el cálculo del momento resistente se usará el momento que se obtiene por las fuerzas de empuje horizontal, a la base de la caja de válvulas, siendo el brazo de palanca un tercio de la altura de la caja por ser la localización del centroide del prisma de esfuerzos, por lo que tenemos:

$$M_U = E Z = \left(\frac{4\,716.9}{2} \right) (57) = 134\,431 \text{ kgcm}$$

Calculo del momento resistente, al ser la carga sobre el muro casual y no permanente, se usará la siguiente fórmula.

$$M_R = F_R M_O$$

$$M_O = f_y A_s d' = (4200)(4.26)(162.5) = 2\,907\,450 \text{ kgcm}$$

$$M_R = (0.8)(2\,907\,450) = 2\,352\,960 \text{ kgcm} > 103\,068 \text{ kgcm}$$

El muro es capaz de resistir el momento que actúa sobre el, por lo que es aceptado

5.3.4 Tableta de concreto tipo III.

La figura 5.6 muestran las fuerzas que actúan en la tableta para el cálculo del momento máximo.

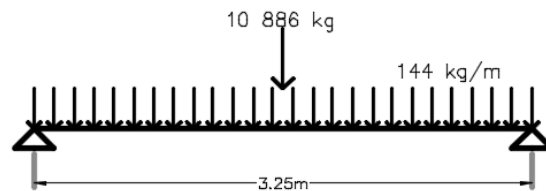


Figura 5.6.- Fuerzas actuantes en Tableta III sin factor de carga

De las condiciones de equilibrio las reacciones en los apoyos son de 5 677 kg en ambos apoyos.

Calculando el momento máximo al centro de la viga con la siguiente expresión.

$$M_{(x)} = -R_1 x + \frac{wx^2}{2} + P(x - 62.5)$$

Aplicando el factor de carga de 1.4, el momento máximo:

$$M_{(x)} = -7949(162.5) + \frac{(1.02)(162.5)^2}{2} + (15240)(162.5 - 162.5) = 1\,278\,245 \text{ kgcm}$$

Usando el modelo matemático usado en la tableta tipo I, los siguientes resultados con un perfil 203x 27.90 (mm*kg/m)

$$M_R = 1\,618\,411 \text{ kgcm}$$

$$f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2 ; f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2 ; f_{yp} = 2539 \text{ kg/cm}^2 ; b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm} ; d = 18 \text{ cm} ; P = 6.42 \text{ cm} ; e_1 = 0.991 \text{ cm} ; e_2 = 1.24 \text{ cm} ; A_s = 8 \text{ cm}^2$$

Resistencia al cortante

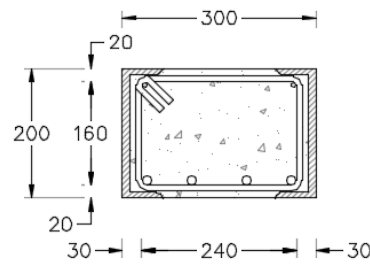


Figura 5.7.- Sección transversal tableta tipo III

Al tener una reacción de 7 949 kg de las condiciones de equilibrio mostradas anteriormente y aplicando su correspondiente factor de carga, se presenta una cortante al inicio y al final de la viga con ese valor.

La resistencia de la sección sin estribos se calculará transformando el área de acero en área de concreto, por lo que tenemos lo siguiente

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2\,000\,000}{14\,000\sqrt{f'_c}} = 9$$

Calculando el equivalente en área de concreto

$$A_t = bh + (n - 1)A_{sp} = (30)(20) + (9 - 1)(2 * 35.42) = 1\,166 \text{ cm}^2$$

El área de acero se saca con el área del perfil CE 203x27.90 visto en el manual de perfiles estructurales de GERDAU CORSA. Siguiendo con el cálculo de cortante resistido por la sección.

Continuando con el cálculo de cortante resistido por la sección.

$$V_{CR} = F_R 0.5 \sqrt{f'_c} b h ; V_{CR} = F_R 0.5 \sqrt{f'_c} A_t$$

Se decide sustituir en la ecuación bh , por el área transformada de concreto, por lo que resulta

$$V_{CR} = (0.7) 0.5 \sqrt{250} (1\,166) = 6\,452 \text{ kg}$$

Calculando el cortante que deberá soportar el refuerzo transversal

$$V_s = V - V_{CR} = 7\,949 - 6\,452 = 1\,497 \text{ kg}$$

Para el refuerzo se ocuparán varillas del #3, por lo que tenemos que tener la siguiente separación de estribos

$$s = \frac{A_{st} f_y d}{V_s}$$

Donde

- s es la separación entre estribos.
- A_{st} es el área de acero del refuerzo transversal

$$s = \frac{(0.71)(4200)(13)}{1496} = 25.91 ; s = 20$$

5.4 Caja conexión acueducto localidad 4

Las dimensiones de la caja se decidieron a partir de las dimensiones interiores de la caja de válvulas las cuales son de 2.4x2.2x1.4m. Las cajas serán de mampostería, por lo que los espesores serán los de la pieza de mampostería más el recubrimiento, siendo de 15 cm de cada pared, así como de su parte superior, por lo que las dimensiones exteriores son de 2.7x2.5x1.7 m.

5.4.1 Empuje lateral del suelo.

Debido a los estudios geotécnicos realizados, se supondrá un suelo conformado por arenas limosas con un peso volumétrico de 1550 kg/cm² y un ángulo de fricción ϕ de 25°.

Calculando el empuje lateral del suelo

$$E = \left[\frac{K_a (\gamma z) z}{2} \right] L$$

Donde:

La z se tomará con el valor de 1.7 m

$$E = \left[\frac{(0.39)(1550 * 1.7)(1.7)}{2} \right] (2.7) = 2358 \text{ kg}$$

La resistencia a la fuerza lateral

$$V_{mR} = F_R (0.5V_m^* A_T + 0.3P)$$

Como la carga vertical no es permanente, esta se desprejará al ser una carga ocasional, el valor de la resistencia a cortante de la pieza de mampostería se tomará como de 3.5 kg/cm², el área bruta del muro se calcula como.

$$A_T = Lt = (250)(12) = 3\,000\text{ cm}^2$$

$$V_{mR} = (0.7)(0.5(3.5)(3\,000)) = 3\,675\text{ kg} > 2\,358\text{ kg}$$

Como es más grande la fuerza resistida que la fuerza actuante, se acepta el muro.

5.4.2 Carga vertical.

La caja estará expuesta a las mismas condiciones de la caja tipo I por lo tanto, la carga de diseño sería de 10 886 kg que afectado por el factor de carga de 1.4 tenemos el valor de 15240.4 kg Esta caja también cuenta con 3 castillos.

Para calcular la resistente tenemos

$$P_R = F_R F_E (f_m^* A_T + \sum A_s f_y)$$

$$P_R = (0.6)(0.6)((60)(3\,000) + (6.39)(4200)) = 74\,461\text{ kg} > 15\,240.4\text{ kg}$$

Los cálculos se hacen sobre el muro más desfavorable, siendo este el de menor área bruta

5.4.3 Momento resistente.

Para el cálculo del momento resistente se usará el momento que se obtiene por las fuerzas de empuje horizontal, a la base de la caja de válvulas, siendo el brazo de palanca un tercio de la altura de la caja por ser la localización del centroide del prisma de esfuerzos, por lo que tenemos:

$$M_U = Ez = \left(\frac{2\,358}{2}\right)(57) = 67\,203\text{ kgcm}$$

Calculo del momento resistente, al ser la carga sobre el muro casual y no permanente, se usará la siguiente fórmula.

$$M_R = F_R M_O$$

$$M_O = f_y A_s d' = (4200)(4.26)(117.5) = 2\,102\,310\text{ kgcm}$$

$$M_R = (0.8)(2\,102\,310) = 1\,681\,848\text{ kgcm} > 67\,203\text{ kgcm}$$

Como el momento resistente es mayor al momento actuante, el muro y resiste y es aceptado.

5.4.4 Tableta de concreto tipo IV.

La figura 5.7 muestra las fuerzas que actúan en la tableta para el cálculo del momento, que es la fuerza puntual del camión tipo H15-44 y una fuerza distribuida que corresponde al peso del concreto y del perfil usado para su

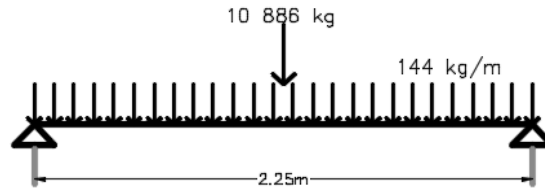


Figura 5.8.- Fuerzas Actuantes en Tableta IV

recubrimiento.

De las condiciones de equilibrio tenemos que las reacciones en los apoyos son de 5 677 kg en ambos apoyos.

Calculando el momento máximo al centro de la viga.

$$M_{(x)} = -R_1x + \frac{wx^2}{2} + P(x - 62.5)$$

Aplicando el factor de carga de 1.4, se obtiene:

$$M_{(x)} = -7\,948(112.5) + \frac{(2.02)(112.5)^2}{2} + (15240)(112.5 - 112.5) = 830\,742\text{kgcm}$$

Como el momento es menor se usa el armado de la tableta tipo III, también su refuerzo transversal

5.2 Caja conexión acueducto localidad 5

Las dimensiones de la caja se decidieron a partir de las dimensiones interiores de la caja de válvulas las cuales son de 2.4x2.6x1.4m. Las cajas serán de mampostería, por lo que los espesores serán los de la pieza de mampostería más el recubrimiento, siendo de 15 cm de cada pared, así como de su parte superior, por lo que las dimensiones exteriores son de 2.7x2.9x1.7 m.

5.5.1 Empuje lateral del suelo.

Calculando el empuje lateral del suelo

$$E = \left[\frac{K_a(\gamma z)z}{2} \right] L$$

Donde $z = 1.7 \text{ m}$

$$E = \left[\frac{(0.39)(1550 * 1.7)(1.7)}{2} \right] (2.9) = 2\,533 \text{ kg}$$

La resistencia a la fuerza lateral

$$V_{mR} = F_R(0.5V_m^*A_T + 0.3P)$$

Como la carga vertical no es permanente, esta se despreciará al ser una carga ocasional, el valor de la resistencia a cortante de la pieza de mampostería se tomará como de 3.5 kg/cm^2 , el área bruta del muro se calcula como.

$$A_T = Lt = (270)(12) = 3\,240 \text{ cm}^2$$

$$V_{mR} = (0.7)(0.5(3.5)(3\,240)) = 3\,969 \text{ kg} > 2\,533 \text{ kg}$$

5.5.2 Carga vertical.

La caja estará expuesta a las mismas condiciones de la caja tipo I por lo tanto, la carga de diseño sería de $10\,886 \text{ kg}$ que afectado por el factor de carga de 1.4 tenemos el valor de $15\,240.4 \text{ kg}$. Esta caja también cuenta con 3 castillos.

Para calcular la resistente tenemos

$$P_R = F_R F_E (f_m^* A_T + \sum A_s f_y)$$

$$P_R = (0.6)(0.6)((60)(3\,240) + (6.39)(4200)) = 1\,036\,152 \text{ kg} > 15\,240.4 \text{ kg}$$

Como la fuerza resistente es mayor a la actuante se acepta el diseño del muro-

5.5.3 Momento resistente.

Para el cálculo de momento resistente se usará el momento que se obtiene por las fuerzas de empuje horizontal, a la base de la caja de válvulas, siendo el brazo de palanca un tercio de la altura ($z_0 = 170/3 = 57 \text{ cm}$) por ser la localización del centroide del prisma de esfuerzo.

$$M_U = Ez = \left(\frac{2\,533}{2} \right) (57) = 72\,190 \text{ kgcm}$$

Calculo del momento resistente, al ser la carga sobre el muro casual y no permanente, se usará la siguiente fórmula.

$$M_R = F_R M_O$$

$$M_O = f_y A_s d' = (4200)(4.26)(120) = 2\,147\,040 \text{ kgcm}$$

$$M_R = (0.8)(2\,147\,040) = 1\,717\,632 \text{ kgcm} > 103\,068 \text{ kgcm}$$

Como el momento resistente del muro es mayor al momento actuante en el se acepta el muro

5.5.4 Tableta de concreto tipo V.

La figura 5.8 muestra las fuerzas que actúan en la tableta para el cálculo del momento, que es la fuerza puntual del camión tipo H15-44 y una fuerza distribuida que corresponde al peso del concreto y del perfil usado para su

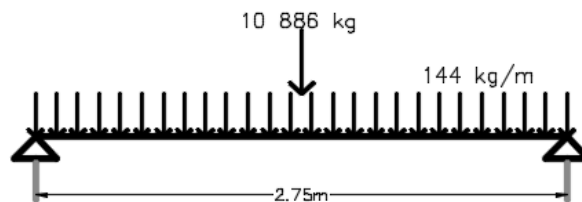


Figura 5.9.- Fuerzas Actuantes tableta V

recubrimiento.

De las condiciones de equilibrio tenemos que las reacciones en los apoyos son de 5 719 kg en ambos apoyos.

Calculando el momento máximo al centro de la viga.

$$M_{(x)} = -R_1 x + \frac{wx^2}{2} + P(x - 62.5)$$

Aplicando el factor de carga de 1.4, calculando el momento:

$$M_{(x)} = -8007(137.5) + \frac{(2.02)(137.5)^2}{2} + (15240)(137.5 - 137.5) = 1\,081\,867 \text{ kgcm}$$

Como el momento es menor se usa el armado de la tableta tipo III, también su refuerzo transversal

Conclusiones

La formación académica recibida en la Facultad de Ingeniería de la UNAM me ha ayudado a desarrollarme en mi actividad profesional. Las clases en aulas me han proporcionado el conocimiento para resolver los problemas que se me presentan en mi vida profesional y gracias al refuerzo que tuve de estos conocimientos en prácticas de campo y de laboratorio me han ayudado a comprender los problemas no solo desde el aspecto teórico sino también la correspondiente a la parte práctica.

Las obras hidráulicas que aquí se han mencionado tienen una gran importancia para el abastecimiento de agua, la mala distribución de la población en grandes urbes ha hecho que los servicios se concentren principalmente en esas partes dejando de lado a las pequeñas comunidades que también necesitan del agua, esta clase de obras permiten dar el servicio a varias comunidades de este tipo, logrando distribuir el agua la población de estos municipios.

En todo el planeta existe la problemática de la irregular distribución espacial y temporal del agua, lo cual ha hecho necesaria la construcción de obras hidráulicas tanto para fines de aprovechamiento como de defensa, con el fin de regular y controlar el recurso hídrico. Por lo anterior, la labor del profesional en ingeniería civil y en particular la del ingeniero hidráulico, se ha vuelto cada vez mucho más relevante al participar en las diferentes etapas de planeación, diseño, organización, construcción, operación y mantenimiento de dichas obras.

Por lo anterior y con relación al desarrollo de este trabajo se hace necesario el almacenamiento del agua, pues al ser la entrega constante por parte del acueducto, los volúmenes de agua demandados no lo son. Por esta razón se construyen los tanques de almacenamiento de agua para que, en el momento en que se requiera, pueda utilizarse y se evite un problema de desabasto.

Por lo que se refiere al diseño de las cajas de válvula, las piezas que las componen protegen de la intromisión humana como puede ser un impacto vehicular o de algún siniestro de origen natural, así como de los animales que pudieran dañar esas piezas.

El trabajo que realicé está principalmente enfocado a las áreas de hidráulica y de estructuras sin embargo es innegable que intervienen todas las áreas de la ingeniería civil para el completo desarrollo de un proyecto. Sin geotecnia desconoceríamos el comportamiento del suelo donde se desplantarán las obras, así como su interacción con el mismo. Sin el rubro ambiental se descuidarían los aspectos ecológicos de un proyecto, que pudieran desembocar en algún daño al ecosistema que este alrededor del proyecto y sin el área de planeación las obras se harían de forma azarosa y a capricho, por lo que el uso de los materiales y el tiempo y esfuerzos de los trabajadores relacionados a la obra no se aprovecharía de forma óptima.

En este tipo de actividades y en general en cualquier proyecto de ingeniería resulta de gran importancia el aspecto social pues solo así se permiten conocer de mejor forma las necesidades de las comunidades a las que pensamos ayudar con las obras que realizamos, así como mayor atención en la redacción de los estudiantes para poder elaborar informes y todos los escritos que la actividad profesional requiera.

El trabajo en equipo y la comunicación son muy importantes en esta clase de proyectos, pues la falta de estos ocasionó que se presentaran problemas en las partes avanzadas del mismo, provocando modificaciones que de haber tenido mayor comunicación se podrían resolver de mejor forma y sin la necesidad de hacer cambios apresurados e invertir mejor nuestro tiempo en el trabajo.

Bibliografía

- 1.- LRFD. Bridge Design Specifications, AASHTO, EUA, 1^{ra} Edición 1994
- 2.- GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, gaceta oficial 6 de octubre del 2004 TOMO I No. 103-BIS
- 3.- CONAGUA 2007. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Diseño, Construcción y Operación de Tanques de Regulación para Abastecimiento de Agua Potable, Coyoacán, México, D.F.
- 4.- CONAGUA 2007. Manuel de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Cárcamos de Bombeo para Alcantarillado, Funcional e Hidráulico, Coyoacán, México, D.F.
- 5.- CONAGUA. 2015. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Cálculo, Estudio y Diseño de Instalaciones Mecánicas. Coyoacán, México, D.F.
- 6.- CONAGUA. 2015. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Coyoacán, México, D.F.
- 7.- FERNANDO MEJÍA FERNÁNDEZ. Estructuras de Vertimiento de Aguas en Laderas de Media a Fuerte Pendiente. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales Facultad de Ingeniería y Arquitectura
- 8.- CONAGUA. 2007. Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento, Diseño, Construcción y Operación de Tanques de Regulación para Abastecimiento de Agua Potable, Coyoacán, México, D.F.
- 9.- GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL. Normas técnicas Complementarias para Diseño y Construcción del Estructuras de Concreto.

ANEXO

Índice de figuras

Figura 2.1.- Vista en planta TCR	8
Figura 2.2.- Codos para entrada al TCR	11
Figura 2.3.- Codo a gajos (MAPAS; 2007)	12
Figura 2.4.- Codos para salida del TCR	15
Figura 2.5.- Fontanería de llegada	19
Figura 2.6.- Fontanería de salida	20
Figura 2.7.- Esquema para vaciado de un tanque	21
Figura 2.8.- Variación de los coeficientes de velocidad, contracción y de gasto, con el número de Reynolds en un orificio circular	23
Figura 2.9.- Fontanería de desagüe	24
Figura 2.10.- Fontanería de demasías	25
Figura 2.11.- Ventilación	28
Figura 2.12.- Gráfica densidad y peso volumétrico para distintas temperaturas	30
Figura 2.13.- Profundidad a la que esta enterrada la caja de desagüe. Acotado en mm	31
Figura 2.14.- Factor de eficiencia η	32
Figura 2.15.- Prismas de esfuerzos sobre la caja de desagües	33
Figura 2.16.- Caja de desagües. Vista en perfil	34
Figura 2.17.- Caja de desagües. Vista en planta	34
Figura 2.19.- Dimensiones de lavadero	35
Figura 2.20.- Diseño de canal de pantallas deflectoras	36
Figura 2.21.- Canal de pantallas deflectoras. Vista en perfil	36
Figura 2.22.- Canal de pantallas deflectoras. Vista en planta	37
Figura 2.23.- Sección transversal del canal de pantallas deflectoras	37
Figura 3.1.- Fontanería de entrada. Planta	39
Figura 3.2.- Fontanería de entrada. Vista en perfil	40
Figura 3.3.- Válvula de compuerta	41
Figura 3.4.- Válvula check	41
Figura 3.5.- Válvula de alivio	42
Figura 3.6.- Fontanería de desagüe cárcamo de bombeo	44
Figura 3.7.- Fontanería de demasías cárcamo de bombeo	46
Figura 3.8.- Fontanería de demasías cárcamo de bombeo	46
Figura 3.9.- Ventilación cárcamo de bombeo	47
Figura 4.1.- Esquema para fontanería de entrada	54
Figura 5.1.- Fuerza vertical de diseño	59
Figura 5.2.- Fuerzas actuantes en la tableta I sin factor de carga	61
Figura 5.3.- Vista transversal de la tableta	61
Figura 5.4.- Fuerzas en la sección transversal de la tableta	62
Figura 5.5.- Fuerzas actuantes en la tableta II concreto sin factor de carga	68
Figura 5.6.- Fuerzas actuantes en la tableta III concreto sin factor de carga	71
Figura 5.7.- Sección transversal tableta tipo III	72
Figura 5.8.- Fuerzas actuantes en la tableta IV sin factor de carga	75
Figura 5.9.- Fuerzas actuantes en la tableta V sin factor de carga	77

Índice de tablas

Tabla 2.1.- Tamaño de población para las diferentes localidades	9
Tabla 2.2.- Cálculo del volumen del tanque de cambio de régimen	9-10
Tabla 2.3.- Características del tanque de cambio de régimen	10
Tabla 2.4.- Espesor por corrosión y servicio (MAPAS)	13
Tabla 2.5.- Factor de calidad de soldaduras (MAPAS)	14
Tabla 2.6.- Materiales de la fontanería de llegada al TCR	19
Tabla 2.7.- Materiales de fontanería de salida del TCR	20
Tabla 2.8.- Materiales de fontanería de desagüe TCR	24
Tabla 2.9.- Hoja de cálculo para encontrar el tirante crítico	26
Tabla 2.10.- Iteraciones para encontrar el tirante crítico	26-27
Tabla 2.11.- Hoja de cálculo para encontrar el tirante en la sección 1	27
Tabla 2.12.- Resultados del tirante encontrado en la sección 1	27-28
Tabla 2.13.- Materiales fontanería de demasías	28
Tabla 2.14.- Materiales para ventilación	28
Tabla 2.15.- Resistencia de diseño a compresión diagonal para algunos tipos de mampostería	31
Tabla 3.1.- Materiales fontanería de llegada cárcamo de bombeo	42
Tabla 3.2.- Materiales fontanería de desagüe cárcamo de bombeo	43
Tabla 3.3.- Materiales de la fontanería de demasías del cárcamo de bombeo	45
Tabla 3.4.- Materiales ventilación cárcamo de bombeo	47
Tabla 4.1.- Cálculo de volumen del TCR localidades 1 y 2	49-50
Tabla 4.2.- Cálculo de volumen del TCR localidad 3	50-51
Tabla 4.3.- Cálculo de volumen del TCR localidad 4	51-52
Tabla 4.4.- Volúmenes obtenidos en las diferentes propuestas para el TCR localidad 4	52-53
Tabla 4.5.- Cálculo de volumen del TCR localidad 5	53-54
Tabla 4.6.- Materiales para fontanería de entrada. Localidad 1 y 2	55
Tabla 4.7.- Materiales para fontanería de entrada. Localidad 3	55
Tabla 4.8.- Materiales para fontanería de entrada. Localidad 4	55
Tabla 4.9.- Materiales para fontanería de entrada. Localidad 5	55
Tabla 5.1.- Hoja de cálculo para tableta	64