



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**PROCESO METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE CAPTACIÓN  
Y TANQUES DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE RURAL**

**Edy Wilfrido Nimatuj Gómez**

Asesorado por el Ing. Rigoberto de Jesús Nimatuj Recancoj

Guatemala, junio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROCESO METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE CAPTACIÓN  
Y TANQUES DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE RURAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDY WILFRIDO NIMATUJ GÓMEZ**

ASESORADO POR EL ING. RIGOBERTO DE JESÚS NIMATUJ RECANCOJ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JUNIO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
EXAMINADOR	Ing. Victor Manuel López Juárez
EXAMINADOR	Ing. Daniel Alfredo Cruz Pineda
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### PROCESO METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE CAPTACIÓN Y TANQUES DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE RURAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Civil, con fecha 22 de febrero de 2011.



Edy Wilfrido Nimatuj Gómez



**ING. RIGOBERTO NIMATUJ**  
*MANEJO DE RECURSOS HIDRAULICOS, SANEAMIENTO DEL MEDIO Y OBRAS CIVILES*  
*0 CALLE 4-39 #13 ZONA 9, QUETZALTENANGO*  
*TELEFONO MOVIL 5504 5885 – TELEFAX 7767 5092*  
*e-mail: [rignimatuj@hotmail.com](mailto:rignimatuj@hotmail.com)*

Guatemala 9 de Mayo de 2012

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro  
Director de Escuela  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero, por este medio me es grato dirigirme a su persona, para hacer de su conocimiento que he revisado, además de haber efectuado las correcciones del caso, sobre el trabajo de graduación titulado: “PROCESO METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE CAPTACIÓN Y TANQUES DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE RURAL”, elaborado por el estudiante Edy Wilfrido Nimatuj Gómez, por el cual me complace aprobarla. Así mismo solicito a usted interponer sus buenos oficios a donde corresponda para los tramites correspondientes posteriores.

Agradeciendo su atención, me suscribo a usted.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a blue oval. The signature is stylized and appears to read 'R. Nimatuj R.'.

*Rigoberto de J. Nimatuj R.*  
**INGENIERO CIVIL**  
*Colegiado 2976*



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
9 de mayo de 2012

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación PROCESO METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE CAPTACIÓN Y TANQUES DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE RURAL, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edy Wilfrido Nimatuj Gómez, quien contó con la asesoría del Ingeniero Rigoberto de Jesús Nimatuj Recancoj.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Lic. Manuel María Guillén Salazar  
Jefe del Departamento de Planeamiento

Manuel María Guillén Salazar  
ECONOMISTA  
Colegiado No. 4758



/bbdeb.

Más de 130<sup>Años</sup> de Trabajo Académico y Mejora Continua





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Rigoberto de Jesús Nimatuj Gómez y del Jefe del Departamento de Planeamiento Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación del estudiante Edy Wilfrido Nimatuj Recancoj, titulado **PROCESO METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE CAPTACIÓN Y TANQUES DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE RURAL**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio de 2012.

/bbdeb.



DTG. 270.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **PROCESO METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE CAPTACIÓN Y TANQUES DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE RURAL**, presentado por el estudiante universitario **Edy Wilfrido Nimatuj Gómez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 13 de junio de 2012

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme tantas oportunidades para poder llegar a la meta y por iluminarme en los momentos difíciles.
- Mi papá** Rigoberto de Jesús, por creer, confiar y apoyarme durante todo este tiempo; espero que te sientas orgulloso de mí, sin tu ayuda no lo hubiera logrado.
- Mi mamá** Magda Yolanda, por el sacrificio que ha hecho por mí a lo largo de mi vida, la quiero mucho.
- Mis hermanos** Ricardo, Josué y Luis Enrique, por el apoyo y cariño durante mi vida, son parte importante de este logro.
- Mi tía** Elsa Marina, por aconsejarme y guiarme siempre, gracias por apoyarme y por las oraciones hacia mí.
- Mi familia** A mis abuelos Ricardo (q.e.p.d.), Rosenda (q.e.p.d.), Cándido y Florinda (q.e.p.d.), gracias por guiarme a lo largo de mi vida, los extraño.
- Mis amigos** Este triunfo se los debo a ustedes son muchas las personas que me han apoyado a lo largo de este camino, gracias por estar siempre en las buenas y las malas.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Dios</b>                      | Por sus interminables bendiciones en mi vida.  |
| <b>Mis padres</b>                | Por estar siempre pendiente de mis acciones y nunca dejarme solo en mi toma de decisiones. |
| <b>Mi familia</b>                | Por el apoyo y cariño brindado.  |
| <b>La Facultad de Ingeniería</b> | Por mi formación profesional.  |
| <b>Mis amigos</b>                | Por el apoyo brindado a lo largo de mi vida.   |

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS .....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Información general.....	1
1.2. Diagnóstico y caracterización .....	3
1.2.1. Aspectos geográficos .....	3
1.2.2. Aspectos socioeconómicos .....	3
1.2.3. Servicios.....	4
1.3. Elementos hidráulicos de los sistemas de agua potable rural. ..	4
1.3.1. Cajas de captación .....	5
1.3.2. Cajas unificadoras de caudal.....	5
1.3.3. Cajas distribuidoras de caudal.....	5
1.3.4. Cajas rompepresión.....	7
1.3.5. Pasos aéreos.....	8
1.3.6. Cajas de válvulas .....	9
1.3.7. Tanque de distribución .....	9
1.3.8. Conexiones domiciliarias.....	11
2. ESTUDIOS.....	15
2.1. Estudio de mercado.....	15
2.2. Estudio técnico .....	17

2.2.1.	Localización del proyecto (descriptiva y gráfica) ..	17
2.2.1.1.	Macrolocalización (nacional y departamental).....	17
2.2.1.2.	Microlocalización (comunidad beneficiada).....	17
2.2.2.	Tamaño óptimo de los proyectos .....	18
2.2.3.	Ingeniería del proyecto.....	19
2.3.	Estudio financiero.....	21
2.3.1.	Criterios básicos de la evaluación.....	21
2.3.2.	Beneficios.....	22
2.3.3.	Costos.....	23
2.3.4.	Proyección de ingresos (presupuestos de operación ) .....	24
2.3.5.	Proyección de egresos.....	24
2.4.	Estudio de impacto ambiental .....	25
2.4.1.	Evaluación de impacto .....	25
2.4.2.	Identificación de zonas ambientales frágiles .....	26
2.4.3.	Identificación de impactos ambientales.....	26
2.4.4.	Valoración de impactos ambientales.....	27
2.5.	Plan de gestión ambiental .....	27
2.6.	Estudio de gestión de riesgo .....	27
2.6.1.	Determinación del riesgo.....	30
2.6.1.1.	Provocado por el proyecto.....	30
2.6.1.2.	Existente en el medio natural .....	31
2.6.2.	Priorización de riesgos .....	31
2.6.3.	Aplicación de normas y estándares para evitar la ocurrencia del riesgo .....	32
2.6.4.	Beneficios obtenidos al evitar riesgo .....	32
2.7.	Estudio y documentación organizativo legal .....	32

2.7.1.	Aspecto institucional .....	33
2.7.2.	Aspectos comunitarios.....	33
2.7.3.	Organización para la ejecución .....	33
2.7.4.	Organigrama para la ejecución.....	34
2.7.5.	Puestos de trabajo.....	35
2.7.6.	Tipos de contrato de ejecución.....	35
2.7.7.	Sistema de información y control de la ejecución.....	36
2.7.8.	Control gerencial aplicado al proyecto.....	37
2.7.8.1.	Planificación anual del avance físico y financiero de la obra .....	38
2.7.8.2.	Medición de avance físico de la obra .....	38
2.7.8.3.	Medición de la calidad .....	38
2.7.8.4.	Medición de costos .....	38
2.7.8.5.	Informes de avance mensual.....	39
2.7.9.	Requerimientos legales .....	39
2.7.9.1.	Licencia de construcción.....	40
2.7.9.2.	Estudio de evaluación de impacto ambiental.....	40
2.7.9.3.	Certificaciones de derecho de paso.....	40
3.	ALTERNATIVAS DE OBRAS.....	41
3.1.	Dimensionamiento de tanques de distribución .....	43
3.1.1.	Mampostería de piedra.....	43
3.1.2.	Concreto armado .....	45
3.1.3.	De metal elevado.....	46
3.2.	Análisis de alternativas .....	48

3.2.1.	Cajas de captación de concreto ciclópeo .....	48
3.2.2.	Tanque de distribución de concreto ciclópeo y tapadera de concreto armado.....	50
3.2.3.	Tanque de distribución de concreto armado .....	52
3.2.4.	Tanques elevados de metal .....	53
3.3.	Normas de INFOM/UNEPAR para tanques de distribución ....	56
3.3.1.	Materiales.....	57
3.3.2.	Tanques enterrados, semienterrados o superficiales..	57
3.3.3.	Tanques elevados .....	58
3.3.4.	Presiones .....	59
4.	METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN .....	61
4.1.	Metodología para la construcción de cajas de captación para sistemas de agua rural.....	61
4.1.1.	Planos típicos .....	62
4.1.2.	Aspectos presupuestarios .....	62
4.1.3.	Cronograma de construcción .....	64
4.1.4.	Descripción y análisis de metodologías .....	65
4.2.	Metodología para la construcción de tanques de distribución de concreto ciclópeo con tapadera de concreto armado para sistemas de agua rural .....	67
4.2.1.	Planos típicos .....	68
4.2.2.	Aspectos presupuestarios .....	69
4.2.3.	Cronograma de construcción .....	70
4.2.4.	Descripción y análisis de metodologías .....	72
4.3.	Metodología para la construcción de tanques de distribución de concreto armado .....	74
4.3.1.	Planos típicos.....	75
4.3.2.	Aspectos presupuestarios .....	76

4.3.3.	Cronograma de construcción.....	77
4.3.4.	Descripción y análisis de metodologías.....	79
4.4.	Metodología para la construcción de tanques de distribución de metal elevados .....	80
4.4.1.	Planos típicos .....	85
4.4.2.	Aspectos presupuestarios .....	85
4.4.3.	Cronograma de construcción.....	88
4.4.4.	Descripción y análisis de metodologías.....	89
5.	ALTERNATIVAS .....	97
5.1.	Alternativas y costos de operación y mantenimiento para cajas de captación.....	97
5.2.	Alternativas, costos de operación y mantenimiento para tanques de concreto ciclópeo y tanques de concreto armado.....	102
5.3.	Alternativas y costos de operación y mantenimiento para tanques elevados de metal.....	106
	CONCLUSIONES .....	109
	RECOMENDACIONES .....	111
	BIBLIOGRAFÍA.....	113
	ANEXOS .....	115





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Componentes de un sistema de agua potable .....	2
2.	Caja unificadora de caudal .....	5
3.	Caja distribuidora de caudal planta .....	6
4.	Caja distribuidora de caudal perfil .....	6
5.	Caja romp presión planta .....	7
6.	Caja romp presión perfil .....	7
7.	Pasos aéreos .....	8
8.	Cajas de válvulas corte .....	9
9.	Gráfica de compensación de caudales .....	44
10.	Variación de caudales .....	47
11.	Bosquejo de captación .....	49
12.	Tanque de distribución de concreto ciclópeo .....	51
13.	Tanque elevado .....	55
14.	Torre tanques elevados de metal .....	94

### TABLAS

I.	Costos .....	23
II.	Cajas de captación para acueductos rurales .....	63
III.	Cronograma de construcción cajas de captación .....	64
IV.	Tanque de distribución concreto ciclópeo .....	69
V.	Cronograma de construcción de tanques de distribución concreto ciclópeo con tapadera de concreto armado.....	71

VI.	Tanques de concreto armado .....	76
VII.	Cronograma de tanques de concreto armado .....	78
VIII.	Aspectos presupuestarios tanques de metal elevados .....	85
IX.	Cronograma de construcción tanques elevados de metal.....	88
X.	Mantenimiento cajas de captación.....	101
XI.	Mantenimiento de tanques de concreto ciclópeo y armado.....	104

## GLOSARIO

<b>Acueducto</b>	Obra para conducir agua. También se denomina así al un conjunto de obras de abastecimiento de agua.
<b>Agua</b>	Compuesto de hidrógeno y oxígeno que en la naturaleza solo puede hallarse libre de sustancias en suspensión o en solución.
<b>Agua agradable a los sentidos</b>	Agua que no causa rechazo por sus condiciones sensoriales.
<b>Agua potable</b>	Agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
<b>Agua sanitariamente segura</b>	Agua incapaz de transmitir enfermedades.
<b>Área rural</b>	Población menor a 2,500 habitantes.
<b>Bacterias</b>	Microorganismos sencillos reproducibles por división.
<b>Bomba</b>	Dispositivo mecánico para elevar o impulsar agua.

<b>Clima</b>	Condiciones meteorológicas consideradas durante tiempos muy prolongados.
<b>Cloración</b>	Aplicación de cloro con fines de desinfección.
<b>Clorador</b>	Dispositivo para aplicación de cloro.
<b>Contaminación</b>	Alteración en la calidad del agua por factores externos.

## RESUMEN

El agua potable es de sabor dulce para el consumo humano, sin peligro de adquirir enfermedades; el término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales, por lo cual deben realizarse estudios químicos, físicos y bacteriológicos para determinar dicha calidad. El sistema de suministro de agua potable, es un procedimiento de obras, de ingeniería que con un conjunto de tuberías enlazadas, permite llevar dicho suministro hasta los domicilios de una ciudad, municipio o área rural poblada. Se puede obtener agua potable de varias formas o sistemas; esto depende de las fuentes o manantiales a localizar.

El estudio para la planificación de un sistema de distribución de agua potable se puede basar en tres aspectos fundamentales: geográficos, socioeconómicos y servicios. La importancia de esta información es que permite un conocimiento de variables; que, aunque no tengan una relación directa con el problema, dan un marco de referencia en el cual se desarrollará.

Un sistema de distribución de agua potable, cuenta con varios elementos hidráulicos, los cuales son muy importantes pues la falla en cada uno de los mismos, pueden ocasionar que el suministro no llegue al lugar destinado o no llegue la cantidad deseada. Se debe tener cuidado de que no existan fugas ni conexiones ilícitas que disminuyan su caudal. El objetivo principal es llevar agua en cantidad, continuidad y calidad suficiente y apta para el consumo humano, así como llevar el suministro a toda la población, sin distinción alguna y con presiones adecuadas establecidas en las normativas nacionales que permitan a los usuarios tener un servicio eficiente.

En Guatemala, a través de su historia, se han venido utilizando diferentes alternativas constructivas específicamente en este tipo de obras. En la actualidad se están utilizando las opciones de tanques elevados, tanque de concreto ciclópeo y tanques de mampostería, cada uno según se adapta a las necesidades de las comunidades guatemaltecas tanto en el área urbana como en el área rural.

A través de los gobiernos, uno de los temas prioritarios que debe atenderse en las comunidades es el abastecimiento de agua, por el impacto socioeconómico en las mismas y principalmente por el impacto en la salud; por lo que a través de las entidades gubernamentales han adaptado tecnologías apropiadas para la construcción de las obras de infraestructura civil, tal como las captaciones de fuentes superficiales, los tanques de almacenamiento y distribución.

Por lo anteriormente indicado, se puede concretar que para sistemas de agua potable rural se considerará en este, estudio tres tipos de construcción: mampostería de piedra, concreto armado y estructuras de metal.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar de manera precisa, concisa y exacta, una guía práctica para conocer las alternativas de los métodos constructivos de cajas de captación y tanques de distribución en sistemas de agua potable, enfocando el área rural.

### **Específicos**

1. Coadyuvar en el conocimiento y aprendizaje sobre los sistemas de agua potable y sus componentes.
2. Simplificar los criterios de selección con la mejor alternativa constructiva para tanques de distribución, con un conjunto de pasos sencillo y confiable, que permita optimizar recursos.
3. Complementar el estudio de cajas de captación y tanques de distribución, en la formación de alumnos de pregrado de Ingeniería Civil, en especial de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
4. Dar a conocer las normas internacionales y parámetros utilizados en Guatemala, para contribuir a la estandarización de los sistemas de agua potable.

5. Dar a conocer las normas y licencias (derecho de paso) para tener derecho a la construcción de tanques de captación y distribución de agua potable.



## INTRODUCCIÓN

El buen manejo y almacenamiento de agua potable en el área rural es importante y significativo para garantizar su calidad, puesto que en el área rural no se cuenta con la educación necesaria para poder aplicar métodos de desinfección.

Se debe elaborar una correcta gestión tomando en cuenta aspectos financieros, ambientales, socioculturales, económicos y demográficos, para hacer el análisis de alternativas de construcción para los depósitos de almacenamiento de agua potable.

En el trabajo de graduación se presentan los aspectos más importantes que se deben tomar en cuenta para la formulación y evaluación del proyecto, lo cual llevará a optimizar los escasos recursos disponibles y garantizar el funcionamiento del proyecto en una forma adecuada, en su fase de operación y durante su vida útil.

Además, se pretende dar a conocer las normas de diseño existentes en Guatemala para la construcción de tanques de almacenamiento y cajas de distribución de agua potable, por cooperantes internacionales como Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), United State Agency for International Development (USAID), Centre for International Studies and Cooperation (CECI), etc. y diseños ejecutados por la ingeniería nacional.



# 1. GENERALIDADES

La correcta selección de los componentes, ubicación y selección de materiales para los sistemas de agua potable, contribuirán a que funcionen de forma eficaz y eficiente durante el periodo de diseño deseable y en su tiempo de operación y funcionamiento (vida útil); además, se debe complementar con la aceptación cultural y situación socioeconómica del lugar y del grupo objetivo.

## 1.1. Información general

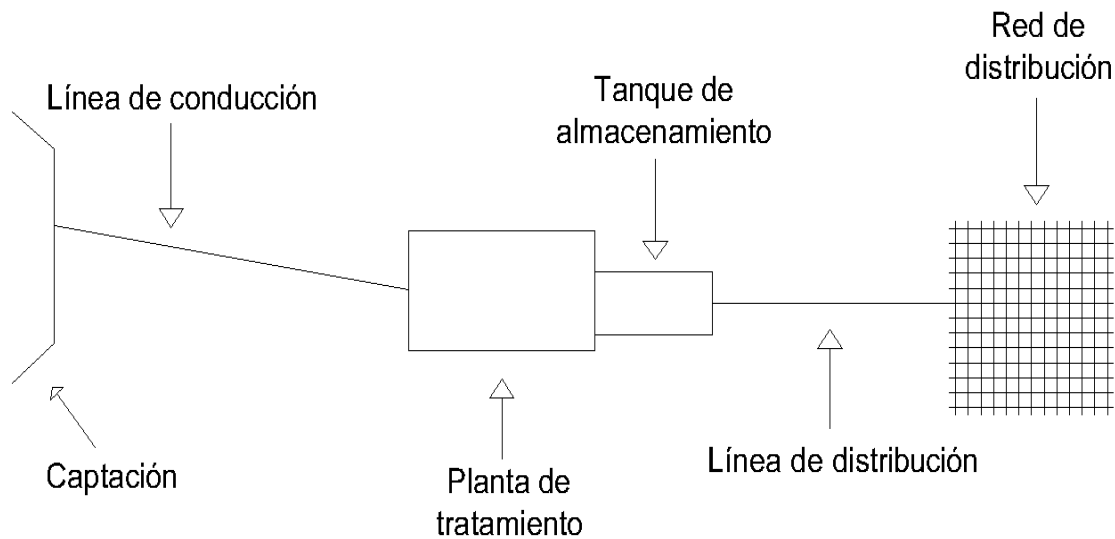
El agua potable es de sabor dulce para el consumo humano, sin peligro de adquirir enfermedades; el término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales para lo cual deben realizarse estudios químicos, físicos y bacteriológicos, para determinar dicha calidad. El sistema de suministro de agua potable, es un procedimiento de obras de ingeniería, que con un conjunto de tuberías enlazadas, permite llevar dicho suministro hasta los domicilios de una ciudad, municipio o área rural poblada. Se puede obtener agua potable de varias formas o sistemas, esto depende de las fuentes o manantiales que se localicen.

El sistema de abastecimiento de agua potable más complejo, es el que utiliza aguas superficiales; consta de seis partes principales:

- Captación
- Línea de conducción
- Planta de tratamiento

- Tanque de almacenamiento
- Línea de distribución red de distribución domiciliar.

Figura 1. **Componentes de un sistema de agua potable**



Fuente: elaboración propia.

Con el objeto de estandarizar el proceso de la investigación, la información que se va a recolectar en el campo, se sujetará a una programación y debe contener información que permita formar una idea clara y concreta del proyecto.

La información del proyecto deberá contener aspectos generales tales como: nombre, descripción, antecedentes, prioridades, objetivos, metas, justificaciones, relación del proyecto con los planes y programas de desarrollo nacionales, institucionales y municipales y la relación con otros proyectos.

## **1.2. Diagnóstico y caracterización**

El estudio para la planificación de un sistema de distribución de agua potable se puede basar en tres aspectos fundamentales: geográficos, socioeconómicos y servicios. Con la información mencionada se puede tener el conocimiento sobre cuáles son los factores que inciden en el desempeño del sistema de agua potable; se debe considerar que en el diagnóstico y caracterización, no se localizará directamente posibles problemas, pero sí se proporcionará referencias y aspectos importantes a tomar en cuenta para el desarrollo del proyecto.

### **1.2.1. Aspectos geográficos**

Pretende delimitar el espacio físico; se describirá la posición cartográfica del lugar donde se ubica el proyecto, altura sobre el nivel del mar y región geográfica; se incluirá la localización dentro del territorio nacional, o sea el departamento, el municipio y la comunidad beneficiaria. Además se considera la localización micro, que consiste en un esquema donde se aprecien los componentes del proyecto. Por ejemplo, es de importancia la referencia geográfica de las unidades de los sistemas de agua potable y saneamiento, los cuales se deberán plasmar en los planos cartográficos existentes en el país.

### **1.2.2. Aspectos socioeconómicos**

Esta información se obtiene mediante información primaria a través de una encuesta o consulta de estudios realizados en el área socioeconómica o por medio de los datos del censo XI de población y VI de habitación vigente en el año 2002, que están disponibles para lugares poblados del área urbana y rural. El objetivo es determinar las características propias de la población

objetivo, que contribuyen a determinar la viabilidad del proyecto y la capacidad de pago de la tarifa para operación y mantenimiento.

### **1.2.3. Servicios**

Se deben también tomar en cuenta los servicios con los que cuenta la comunidad (agua potable, drenaje, carreteras, energía eléctrica, mercado, escuelas, correo, etc.). Con esta información se definen los servicios existentes en la o las comunidades.

### **1.3. Elementos hidráulicos de los sistemas de agua potable rural**

Un sistema de distribución de agua potable, consta de una serie de elementos que hacen posible su funcionamiento; si cada uno de dichos elementos no tuviera el funcionamiento adecuado, se corre el riesgo de que el sistema entero no funcione de forma eficiente. El sistema debe llevar el suministro de agua potable como fue diseñado, es decir, con la calidad y cantidad necesaria para satisfacer a toda la población sin distinción alguna, con presiones de acuerdo con las normativas nacionales

Es necesario que las obras hidráulicas reciban una adecuada operación y mantenimiento, para que el suministro llegue de forma segura a la población, es decir que no se contamine durante el proceso de conducción y distribución.

Los elementos hidráulicos que deben tomarse en cuenta en los sistemas de distribución son: cajas de captación, unificadoras de caudal, distribuidoras de caudal y rompedor de presión, pasos aéreos, cajas de válvulas, tanques de distribución y finalmente, conexiones domiciliarias.

### 1.3.1. Cajas de captación

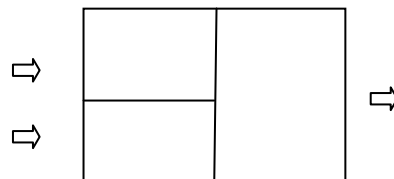
La captación consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de manantiales, nacimientos o diversas fuentes para su uso.

Las captaciones provenientes de manantiales se diseñarán de tal manera que se garantice el libre flujo del agua hacia un tanque de recolección. Los tanques o cajas de recolección serán construidos de material impermeable, de manera que dé completa protección sanitaria. Además de ello, se colocará una cuneta para evitar que entre el agua pluvial. También se protegerá con un cerco hermético para evitar que las personas, animales y sustancias puedan ingresar.

### 1.3.2. Cajas unificadoras de caudal

Es la caja que sirve para reunir dos o más caudales previamente captados. Su capacidad será de acuerdo con el número de fuentes, al reunir la cantidad de caudal de cada una de ellas.

Figura 2. **Caja unificadora de caudal planta**



Fuente: elaboración propia.

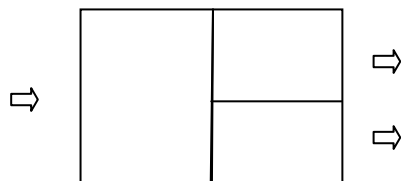
### 1.3.3. Cajas distribuidoras de caudal

La caja distribuidora de caudales se emplea para poder dividir el caudal en uno, dos o más partes, dependiendo del número de comunidades o sectores a

las que se les vaya a brindar el servicio. Poseen cámaras, divididas por una pantalla en la que se instalan los vertederos que son los que distribuyen el agua.

La caja de distribución de caudales puede realizar otras funciones, como servir de tanque de distribución. Lo anterior ocurre cuando uno de los ramales que sale de la caja alimenta a un bajo número de viviendas; en este caso puede ser necesario incrementar la capacidad de la caja, de acuerdo con el número de beneficiarios.

Figura 3. **Caja distribuidora de caudal planta**



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Caja distribuidora de caudal perfil**



Fuente: elaboración propia.

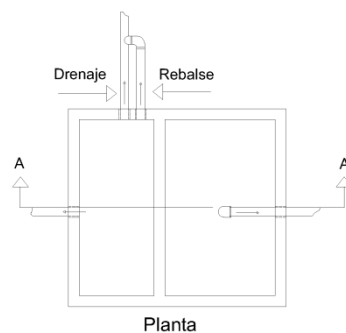


### 1.3.4. Cajas rompepresión

Cuando en un tramo de tubería se tiene un fuerte desnivel, es necesario seccionarlo, con el fin de que cada sección o fracción se active con una carga acorde a la presión de agua de la tubería que se emplee.

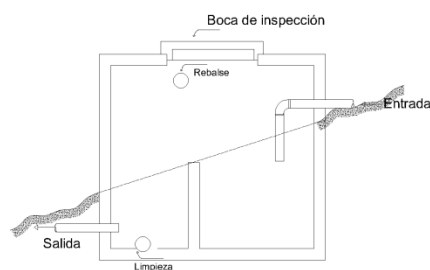
Las cajas rompepresión que se utilizan en una línea de conducción, no cuentan con válvulas con flotador. La localización de las cajas está regida por la presión de trabajo que puede soportar la tubería que se vaya a instalar.

Figura 5. **Caja rompepresión planta**



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Caja rompepresión corte**



Fuente: elaboración propia.

Las dimensiones mínimas serán las que permitan la maniobra del flotador y además accesorios y en ningún caso menores a 0.65 m x 0.50 m x 0.80 m libres.

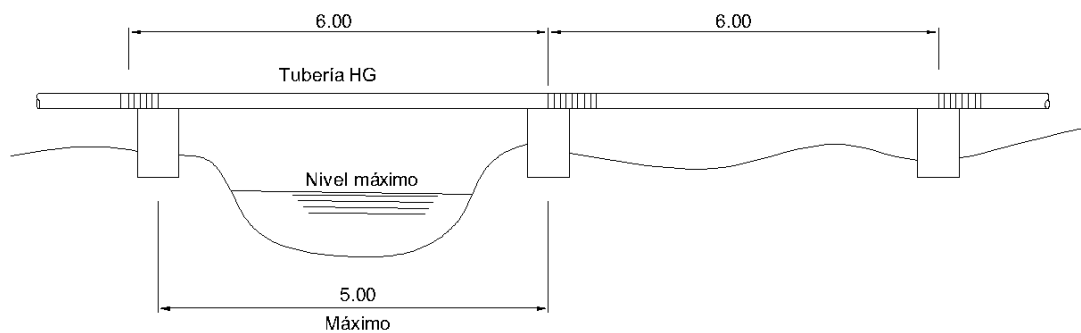
Las válvulas de flotador de 13 mm (1/2") deberán diseñarse para una carga estática no mayor de 40 metros de columna de agua. Para diámetros mayores, la carga estática será no mayor a 60 metros columnas de agua (m.c.a.). Estarán provistas de una válvula de globo en la entrada.

### 1.3.5. Pasos aéreos

Cuando es necesario salvar una depresión del terreno o atravesar un río, es necesario emplear un paso aéreo, tal como se indica a continuación.

Para los pasos aéreos y de zanjonés solo se puede utilizar tubería de acero galvanizado.

Figura 7. Pasos aéreos

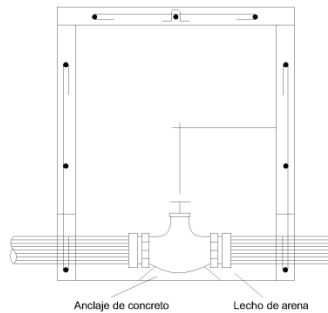


Fuente: elaboración propia.

### 1.3.6. Cajas de válvulas

Sirven para proteger cualquier válvula que sea necesario instalar en el sistema, como: válvulas de compuerta, de paso, de aire, de limpieza, válvulas reguladoras de presión, etc.

Figura 8. Caja de válvulas corte.



Fuente: elaboración propia.

### 1.3.7. Tanque de distribución

Los tanques de almacenamiento o distribución de concreto ciclópeo o de concreto, deberán cubrirse con losa de concreto reforzada, provista de boca de inspección con tapa sanitaria, para efectos de inspección y reparación. Esta debe ser de preferencia metálica, hermética y tener cierre de seguridad. El acceso deberá estar cerca de la entrada de la tubería de alimentación, para poder realizar aforos cuando sea necesario.

El tanque de distribución deberá tener instalaciones para ventilación, rebalse y limpieza; la tubería de salida deberá tener pichacha y estar instalada a 0.10 m sobre el nivel del piso del tanque o sobre fosa especial de salida.

Cuando los muros sean de mampostería, la parte superior debe tratarse para que se eliminen adherencias posibles con la losa.

Los materiales usados para la construcción de tanques de distribución, deben ser apropiados, duraderos y de buena calidad. Los más recomendables son los de concreto, mampostería o metal. En lo posible deben aprovecharse los materiales y mano de obra de la región; esto para generar empleo, tomando en cuenta que el proyecto será de su beneficio, el interés por cuidar la obra para que cumpla su vida útil y tenga una buena operación y mantenimiento será el adecuado.

Los tanques de distribución en un sistema de abastecimiento de agua tienen como funciones:

- Atender las variaciones del consumo de agua, almacenando esta en los periodos en los cuales el suministro al tanque es mayor que la demanda y distribuir parte del caudal almacenado, en periodos de mayor consumo, para suplir así las deficiencias.
- Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.
- Mantener almacenada cierta cantidad de agua para atender situaciones de emergencia como incendios, interrupciones, o casos fortuitos o de fuerza mayor no detectados en la planificación o que escapan al planificador.

Por razones económicas es recomendable que los tanques estén ubicados lo más cercano posible a la población a servir, pero tomando en consideración que su cota debe ser tal que permita mantener las presiones en

la red dentro de los límites recomendables, por normas nacionales e internacionales.

La manera exacta para calcular la capacidad de los tanques de distribución es sirviéndose de los datos estadísticos de consumo de la localidad en las diversas horas del día y días del mes de mayor y menor consumo.

Cuando en una localidad no se dispone de datos estadísticos sobre el consumo, lo cual es muy frecuente en nuestras poblaciones, es necesario aprovechar los datos que suministran otras localidades con características similares a la población que se está estudiando.

Los tanques de distribución tienen como función primordial permitir que las demandas máximas que se producen en los consumos sean satisfechas, al igual que cualquier variación en los consumos registrados en las 24 horas del día. La capacidad requerida para compensar esas variaciones en los consumos, estará basada en la curva representativa de las demandas durante las 24 horas del día, construidas durante el periodo de un año, de los cuales se escoge para el cálculo la curva típica, para que la capacidad del tanque produzca el equilibrio entre los caudales de llegada y de salida.

### **1.3.8. Conexiones domiciliarias**

La ubicación de servicios en la edificación debe, permitir la mínima longitud posible de tuberías desde cada salida, hasta las conexiones domiciliarias, siendo recomendable que su recorrido no cruce los ambientes principales (sala, comedor, dormitorios). Las menores distancias incidirán en la presión del sistema, disminuyendo las pérdidas de carga y facilitando el usar diámetros pequeños, con la consiguiente reducción de costos.

Es conveniente concentrar los servicios sanitarios, puesto que además de simplificar el diseño de las instalaciones, facilitan su montaje y se posibilita reunir en una sola área, por lo general la de servicio, los trabajos de mantenimiento y reparación o reposición de elementos.

Las áreas de los espacios destinados a servicios sanitarios se definen en función de la cantidad de usuarios y el espacio mínimo indispensable para la circulación de las personas, en relación con el uso de los aparatos.

Respecto de la ubicación de los aparatos sanitarios en el interior de los ambientes, deben considerarse, además de las exigencias de orden arquitectónico, las siguientes condiciones:

- El inodoro debe ser colocado cerca del ducto de tuberías o del muro principal del baño, facilitando su directa conexión con el colector vertical que se halla en su interior, y a través de este con el colector principal de desagües o con la caja de registros más próxima; de modo que se emplee el recorrido más corto, se eviten accesorios, se facilite la descarga, se reduzca el tiempo de instalación y por ende se obtenga menor costo.
- El lavamanos debe quedar próximo a una ventana (si la hay) para recibir luz natural y ventilación; es necesario prolongar la tubería de descarga para lograr una buena ventilación de las tuberías por tratarse del aparato de descarga más alta. Además, debe permitir empotrar botiquines con espejos en el muro donde se encuentre instalado, exactamente en la parte superior.

- En cuanto a la ubicación de las instalaciones, con relación a la estructura, por lo general suele preferirse el empotramiento en muros y losas. Si bien las instalaciones eléctricas por sus reducidos diámetros pueden ubicarse en las celdas en forma de panel de albañilería o en las losas; no ocurre lo mismo en las instalaciones sanitarias, por sus diámetros relativamente mayores y porque requieren de un control y registro periódico
- Las instalaciones sanitarias deben ubicarse de tal manera que no comprometan los elementos estructurales. Lo recomendable es utilizar ductos para los tramos verticales y colocar los tramos horizontales en falsos contrapisos u ocultos en falso cielo raso





## 2. ESTUDIOS

### 2.1. Estudio de mercado

El estudio de mercado es condicionado principalmente por la demanda actual, la población y el consumo. La población objetivo actual se determina mediante una encuesta de población a beneficiar, que se puede hacer al efectuar el levantamiento topográfico. Otro medio puede ser un censo local, municipal, proyectando datos de los censos que efectúa el Instituto Nacional de Estadística (INE), tomando como base el último levantado, que fue en el año 2002, censo XI de población y VI de habitación.

La demanda media de agua se calcula mediante la fórmula:

$$Q_m = \frac{P_o * \text{dotación}}{86,400} = \frac{\text{litros}}{\text{segundo}}$$

Donde:

$Q_m$  = Caudal medio en litros por segundo (l/s)

$P_o$  = Población objetivo actual

86,400 = Factor para convertir el tiempo de día en segundos

La dotación que se asigne es importante porque incide directamente en el costo del proyecto.

La dotación se expresa en litros por habitante por día (l/h/d) y según las normas de diseño de UNEPAR para el área rural se toma entre 60 y 150 litros por habitante por día y para las comunidades urbanas según normas de diseño de INFOM, entre 150 y 300 litros por habitante por día o 30 metros cúbicos por mes que constituyen media paja de agua.

El criterio para determinar la dotación depende de varios factores, el tamaño de la población, el clima (en lugares de climas cálidos la dotación es alta), la actividad productiva, aspectos socioeconómicos de la población y otros.

La estimación de la demanda por agua es sustancial en la mayoría de proyectos, ya que mediante los cambios en las cantidades demandadas, se determinará el volumen de agua residual a evacuar y se requiere valorar la demanda por agua de la población atendida por el sistema. Una vez estimada la demanda y conociendo el esquema tarifario, se podrá tener una aproximación de la cantidad de agua potable que necesita la población.

Esta información será relevante para determinar el volumen de agua residual a evacuar. Una buena aproximación es utilizar un factor de retorno de la cantidad demandada. Este factor deberá servir de referencia. Dependiendo del sector donde se realizará el proyecto, se deberá de considerar efectos de infiltración, sobre todo aquellas zonas donde el nivel freático esté superficial.

Es importante la experiencia del formulador de proyectos de sistemas de agua potable y saneamiento, específicamente en la determinación de criterios de diseño, de conformidad con la demanda poblacional o de la comunidad y grupo objetivo.

## **2.2. Estudio técnico**

Permite analizar y proponer las diferentes opciones tecnológicas para producir el bien o servicio que se requiere, verificando la factibilidad técnica de cada una de ellas.

El análisis debe identificar la tecnología, los componentes físicos, las instalaciones necesarias, planos, especificaciones técnicas, económicas disposiciones especiales y cálculos técnicos correspondientes.

### **2.2.1. Localización del proyecto (descriptiva y gráfica)**

Consiste en indicar puntualmente la ubicación del proyecto, dentro de un municipio.

#### **2.2.1.1. Macrolocalización (nacional y departamental)**

Se describirá la localización del proyecto, región, departamento, municipio, cantón, aldea, caserío o finca, según cada caso, determinándose la región, el clima, la altura sobre el nivel del mar, accesos y otra información específica. Se ilustrará por medio de mapas, croquis o planos.

#### **2.2.1.2. Microlocalización (comunidad beneficiada)**

Se refiere a la localización del proyecto en la comunidad, donde se aprecien los componentes planificados; deberán ilustrarse las fuentes, la línea de conducción, los tanques de almacenamiento, la red de distribución y otro elemento importante del proyecto. Esto puede ser un croquis, plano o mapas.

### **2.2.2. Tamaño óptimo de los proyectos**

Se mide por la capacidad del servicio durante el horizonte de diseño. Son varios los factores que inciden en el tamaño del proyecto, los principales son:

- Población afectada: es el factor principal para definir el tamaño y parte de la demanda insatisfecha o sea el déficit que debe cubrir el proyecto.
- Financiamiento: es un factor restrictivo importante, en este caso se asume que por ser proyectos de beneficio y desarrollo socioeconómico y como un servicio a la comunidad, el financiamiento se obtendrá para cubrir la demanda insatisfecha proyectada, al final del horizonte del proyecto.
- Tecnología: puede ser determinante en los casos que el mercado limite la capacidad de la tecnología o tecnologías, no existiendo para demandas bajas o muy altas, produciéndose costos altos al tener que utilizar una serie de unidades o sobredimensionar las soluciones. Un ejemplo en los sistemas de agua son los equipos de bombeo que tienen fijo el punto óptimo de operación. Conviene, considerar los costos de operación y mantenimiento; se deben tomar en cuenta soluciones por gravedad para el suministro de agua potable y de fácil operación y mantenimiento, en su fase de funcionamiento (vida útil).
- Localización: se debe analizar si es posible atender a varias comunidades o si es más conveniente dividir las en grupos para lograr la mayor eficiencia de la inversión; por razones presupuestarias, pueden utilizarse de sistemas de llena cántaros u otras opciones que solucionen el problema a nivel comunitario.

- Disponibilidad de recursos humanos: los proyectos de agua y saneamiento, para su construcción requieren en su mayor parte de mano de obra no calificada disponible en las comunidades, la planificación, programación, dirección, supervisión y control; actividades que le corresponden generalmente a un ingeniero civil.

### **2.2.3. Ingeniería del proyecto**

Para el correcto funcionamiento de un sistema de agua potable en zonas rurales se debe cumplir con los siguientes estudios básicos:

- Topografía: para los sistemas de agua potable en zonas rurales se seguirá lo establecido en las “Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales”, de UNEPAR.
- Suelos: los requisitos de los suelos se especifican en las normas y guías, de abastecimiento de agua potable de UNEPAR. Para los acueductos y sistemas de tratamiento rurales dado el tamaño de las estructuras y pequeños diámetros de tuberías, no está normado un estudio de suelos formal, pero deberá considerarse lo especificado para sistemas urbanos y al menos efectuar un estudio visual del área del proyecto
- Hidrológico: es importante conocer las características hidrológicas de la zona del proyecto, porque estas influyen en el funcionamiento de los sistemas de agua potable y saneamiento, principalmente en el crecimiento de microorganismos, protozoarios, algas y otros factores técnicos que se consideran en el diseño, así como el riesgo y rendimiento de equipos. Como mínimo se recomienda considerar la

altitud sobre el nivel del mar, la temperatura media, la precipitación pluvial anual, la humedad promedio, la dirección del viento y el clima.

El diseño del proyecto estará bajo la responsabilidad del ingeniero sanitario o ingeniero civil con experiencia en formulación de proyectos de agua y saneamiento, el cual deberá considerar de acuerdo con la naturaleza del proyecto las normas de diseño y especificaciones de construcción de UNEPAR para los acueductos, con el fin de uniformizar los criterios. El diseño técnico del proyecto se incluirá en un anexo; en el expediente de formulación e incluirá el manual de operación y mantenimiento del sistema.

Las normas de diseño fijan todos los parámetros y variables técnicas que deben ser consideradas en los diseños de los proyectos, establecen fórmulas y especificaciones especiales. Todo lo considerado deberá quedar especificado en la memoria técnica que se acompañará en el anexo respectivo.

El procedimiento de cálculo lo define cada formulador y si considera aspectos técnicos no normados, deberá justificar el uso de los mismos.

El diseño al menos debe considerar lo siguiente, especificándolo en la memoria técnica:

- Consideraciones generales
- Criterios de diseño
- Cálculos del sistema de agua
- Cálculos del sistema de tratamiento de agua
- Cálculo de diseños especiales
- Memoria del cálculo estructural

La memoria técnica se adjuntará como un anexo y un resumen de la misma se presentará en el proyecto de formulación.

### **2.3. Estudio financiero**

La evaluación financiera de un proyecto de agua potable y saneamiento se realiza sobre la base de los precios de mercado, pudiendo trabajar a precios constantes, es decir, sin variar los montos anuales de costos y tarifas, o bien realizar la evaluación a precios variables, es decir, incluir un porcentaje incremental de los costos de operación, administración y mantenimiento.

Para el caso de pequeños acueductos rurales que funcionan a gravedad, es conveniente trabajar a precios constantes, ya que las variaciones son relativamente insignificantes en el tiempo.

Para proyectos de gran magnitud, en donde es necesario considerar costos por materiales importados y además existen costos por gastos financieros derivados de un préstamo y costos de sueldos y salarios de personal permanente, es necesario ajustar los mismos, utilizando un factor incremental anual.

#### **2.3.1. Criterios básicos de la evaluación**

Para realizar la evaluación financiera de los proyectos de agua potable y saneamiento, existen dos criterios:

- Sin recuperación de los costos de inversión inicial: este sistema es usual en proyectos pequeños de agua potable y saneamiento, como por ejemplo en acueductos rurales, donde la inversión inicial es aportada en

forma tripartita o como donación de una institución pública o privada en su totalidad, lo que constituye una inversión social que pretende devolver a la sociedad en forma de inversión los tributos recaudados.

- Con recuperación de los costos de inversión inicial: este sistema es poco usual, se fundamenta en que la inversión inicial es resultado de un préstamo que es necesario reintegrar en su totalidad, incluyendo capital e intereses. Existen diferentes variantes de reembolsos, es decir, reembolsar el 100% de la inversión o solamente una fracción, tal como el 80%, 70%, 60% o 50%, de acuerdo con la capacidad de pago de los beneficiarios. El procedimiento de cálculo consiste en elaborar una matriz en donde se calcula el flujo de fondos a precio de mercado, considerando los beneficios por el ingreso de la tarifa y los costos de inversión, operación, administración y mantenimiento.

Con base en una tasa de descuento se calculan los indicadores económicos, Valor Actual Neto (VAN), la relación Beneficio/Costo (B/C) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), para determinar a precios de mercado la rentabilidad financiera del proyecto. Es de hacer, notar que la TIR es la tasa de corte que se obtiene cuando el VAN es igual a cero.

### **2.3.2. Beneficios**

Se han identificado los que se producen por el ingreso de efectivo a través de la tarifa que pagarán los usuarios, haciendo la salvedad que la tarifa puede incrementar en el tiempo (según reglamento de agua potable y saneamiento). El ingreso en efectivo es producto del pago de la tarifa por parte de los usuarios y sirve para cubrir los gastos de operación y mantenimiento del sistema.



Estos se calculan para el año inicial de operación y se proyectan durante el horizonte de diseño del proyecto.

### 2.3.3. Costos

Instrumento financiero que incluye ingresos (entradas) y egresos (salidas) que serán necesarios para la ejecución, operación y mantenimiento del bien o servicio.

Los ingresos se ordenan de tal manera que permitan identificar su origen; dentro de los costos es necesario tomar en cuenta la mano de obra, materiales de construcción, mobiliario y equipo, papelería, útiles y gasto administrativos entre otros.

Tabla I. **Tabla de costos**

REGLONES	Aporte vecinos	Aporte Municipal	Otros aportes	Total
Mano de obra	x	x	x	x
Materiales de construcción	x	x	x	x
maquinaria y equipo	x	x	x	x
Papelería y útiles	x	x	x	x
Gastos de Oficina/Administrativos	x	x	x	x
Total	x	x	x	x

Fuente: elaboración propia.

Los costos se clasifican de la siguiente manera:

- De inversión inicial: son todos los costos que ocasionará la construcción del proyecto, así como la descripción de los recursos financieros y de construcción posibles.
- De operación, administración y mantenimiento: son los costos que será necesario efectuar durante todo el período de operación del proyecto, el cual está previsto para tener una vida útil de 20 años.

#### **2.3.4. Proyección de los ingresos (presupuesto de operación)**

El flujo de los ingresos o beneficios durante el horizonte del proyecto se realizara con base en una tasa de incremento por aumento de costo, por: pago a cobrador, clorador, operación y mantenimiento y hace referencia a la estimación de ingresos y egresos que generará el proyecto durante su vida útil; se elabora con el propósito de demostrar que el organismo ejecutor es capaz de generar ingresos suficientes para administrar y operar el servicio en condiciones normales, durante su vida útil.

Además constituye un compromiso de los vecinos (usuarios, potenciales del nuevo servicio) en cubrir costos de administración, operación y mantenimiento, para garantizar el servicio continuo.

#### **2.3.5. Proyección de los egresos**

El flujo de costos de operación, administración y mantenimiento se proyectan con base en una tasa de incremento por aumento de costos por pago a clorador, mantenimiento y cobrador, entre otros.

## **2.4. Estudio de impacto ambiental**

Lo relevante de este estudio es el análisis técnico, ya que este permite, identificar y predecir efectos sobre el ambiente que ejercerá una actividad, obra o proyecto determinado.

Este componente dentro del proyecto tiene como principal objetivo garantizar su sostenibilidad ambiental y por consiguiente garantizar su funcionamiento a largo plazo.

El análisis ambiental es una parte integral de la evaluación de proyectos, y tiene su origen en experiencias nefastas donde la viabilidad de largo plazo fue dañada por la atención insuficiente a aspectos básicos de sustentabilidad ambiental. El propósito es facilitar la toma de decisiones y planificación para mejorar las oportunidades y los efectos positivos ambientales de los proyectos, así como anticipar y manejar los impactos adversos.

### **2.4.1. Evaluación de impacto**

Es el procedimiento técnico, administrativo que sirve para identificar o interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, con el fin de que la administración competente rechace, modifique o acepte.

De acuerdo con las disposiciones del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), para este tipo de proyectos se requiere llenar el formulario de evaluación de impacto inicial. Será indispensable la resolución favorable del MARN.

#### **2.4.2. Identificación de zonas ambientalmente frágiles**

Es importante determinar si el proyecto se encuentra dentro de zonas ambientalmente frágiles y que por consiguiente, dicha condición pueda presentar limitaciones para el desarrollo del proyecto o incluso hasta no autorizar su ejecución.

Entre las zonas ambientalmente frágiles, para el caso de Guatemala, se identifican en primera instancia las áreas protegidas declaradas como de interés turístico, sitios arqueológicos y sitios ceremoniales, principalmente.

Para realizar lo anterior se puede recurrir en primera instancia a los diferentes mapas existentes, tanto en formato digital como impreso.

posteriormente, se deberá de confirmar la información en terreno consultado, en las comunidades vecinas a la zona en la que se realizará el proyecto.

#### **2.4.3. Identificación de impactos ambientales**

Del estudio de impacto ambiental se extraen los principales impactos ambientales identificados, tanto positivos como negativos, de acuerdo con las diferentes actividades desarrolladas en cada fase del proyecto.

Entendiendo por impacto ambiental cualquier alteración del medio ambiente natural o social que cause algún deterioro o molestia los vecinos o al ambiente en general.

#### **2.4.4. Valoración de impactos ambientales**

La valoración de los impactos ambientales tiene como propósito el poder ponderar y jerarquizar los impactos ambientales y de esta manera concentrar los esfuerzos en los impactos que tienen mayor significancia. Del estudio de impacto ambiental se traslada el resumen de la valorización a este numeral y se vacía en el cuadro proforma correspondiente.

#### **2.5. Plan de gestión ambiental**

Se deberán describir las medidas de mitigación identificadas para cada uno de los impactos positivos y negativos, señaladas como consecuencia de la ejecución del proyecto. Entre las medidas de mitigación que se pueden considerar, están:

- Evitar el impacto por no ejecución de la acción
- Disminuir el impacto al limitar su magnitud
- Rectificar el impacto al restaurar o rehabilitar el ambiente
- Eliminar el impacto con acciones de protección y mantenimiento

#### **2.6. Estudio de Gestión de Riesgo**

Al estudiar el área de influencia se analiza con prioridad la población afectada por el problema; la cual se convertirá en población objetivo del proyecto.

Se debe principalmente tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Educación: se define la escolaridad de la población a través de los datos de la encuesta realizada o del censo de 2002 del Instituto Nacional de Estadística, INE. Se indican por niveles: preprimaria, primaria básica, primaria complementaria, medio, medio diversificado, superior y el alfabetismo.
- Salud: deben tomarse los indicadores de salud, para determinar el estado medio de la población. Interesa un indicador referente a las enfermedades gastrointestinales, como incidencia en enfermedades diarreicas, amebiasis, disenterías y parásitos. Este dato se obtiene en los centros de salud o en la delegación departamental de salud, si no hay datos de la comunidad se indicarán los del municipio, o los de la propia encuesta efectuada.
- Situación habitacional: describe la situación física de la mayoría de las viviendas, material de construcción de muros, techos y pisos, para dar una idea del nivel social de la población.
- Organización comunitaria: se obtiene como información primaria en la comunidad, y se refiere a la organización para mantener el orden civil, el desarrollo económico y social. Por ejemplo autoridades, asociaciones civiles, cooperativas, comités, instituciones religiosas y agrupaciones de desarrollo, indicando el tipo de organización que promueve el proyecto y la entidad que se hará cargo de la operación y mantenimiento.
- Cultura: se indican las costumbres, tradiciones e idiomas que imperan en el lugar.

A partir de la identificación de las principales amenazas y la vulnerabilidad del proyecto y la comunidad beneficiaria, se tendrán que plantear especificaciones técnicas de diseño, a efecto de formular un proyecto con mayor capacidad de respuesta al momento de ocurrir un evento.

Analizando las principales amenazas, se puede desarrollar un plan de mitigación para enfrentarlas.

Por vulnerabilidad se denota la incapacidad de una comunidad para “absorber”, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su “inflexibilidad” o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye, por las razones expuestas, un riesgo. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva del riesgo sobre la comunidad.

Se debe presentar de manera ordenada las principales amenazas que pueden ocurrir en los proyectos del sector, por lo tanto será necesario transcribir la información específica para cada componente sobre los cuales se identifica el riesgo sobre la infraestructura.

También es necesario que el usuario haga consultas con las personas de mayor edad de la comunidad del proyecto, pues con el fin de identificar eventos pasados que hayan ocurrido en esta, que posiblemente los más jóvenes no los recuerden o no los conozcan.

Para los proyectos de agua es importante considerar si el nacimiento no está en disputa por varias comunidades y por consiguiente exista el riesgo de generar violencia como consecuencia de esta amenaza socioambiental.

Para los proyectos de agua se debe poner especial atención a las condiciones de pendiente y estabilidad del suelo en donde se construyen las obras de captación y los puntos en donde se ancla la tubería de conducción, ya que, de no considerarse estas amenazas, es alto el riesgo de perder la infraestructura y por consiguiente la inversión.

### **2.6.1. Determinación del riesgo**

Los proyectos de agua potable y saneamiento deben considerar los elementos necesarios para reducir el riesgo de la pérdida de la inversión (infraestructura) y por lo tanto garantizar su sostenibilidad, para potenciar los beneficios a la sociedad.

El riesgo es la interacción entre una amenaza y la vulnerabilidad, en donde la amenaza, responde a factores externos a un sujeto y la vulnerabilidad a factores internos.

Factores importantes para evaluar zonas de riesgo son las amenazas de origen natural o humano, que de acuerdo con la vulnerabilidad potencial de la población, podrían tener mayor o menor riesgo de ser afectados por un desastre en la zona.

#### **2.6.1.1. Provocado por el proyecto**

Se trata de la amenazas directamente atribuibles a la acción humana sobre los elementos de la naturaleza (aire, agua, y tierra) y/o sobre la población, que pone en grave peligro la integridad física y la calidad de vida de las comunidades. En esta se clasifica por ejemplo, la violencia.



Otras amenazas lo constituye el sabotaje a las instalaciones y problemas causados a terceros, por el proyecto.

#### **2.6.1.2. Existente en el medio natural**

Las amenazas naturales identificadas para un proyecto de este tipo son: terremotos, precipitaciones pluviales intensas, inundaciones, deslizamientos, erupciones y sequías.

La amenaza es cualquier factor ajeno y fuera de control de los habitantes de una determinada zona (cuando el origen es natural) representado por un fenómeno físico que está latente, y que puede ocurrir y producir un desastre al manifestarse por cualquier causa, como las anotadas en el párrafo anterior.

#### **2.6.2. Priorización de riesgos**

De acuerdo con las amenazas naturales enumeradas, se deberán identificar las que pueden afectar al proyecto en particular. En general la probabilidad de ocurrencia se considera así: deslizamientos, inundaciones con arrastre de componentes, huracanes por sus efectos secundarios, terremotos, erupciones volcánicas y sequías. Este orden varía según la ubicación geográfica del proyecto, la cual podría cambiar por la influencia directa de uno de los riesgos mencionados.

La prioridad de riesgos debe identificarse y transcribirse en los cuadros según corresponda, enumerando de uno en adelante la probabilidad de mayor ocurrencia para cada componente del proyecto.

### **2.6.3. Aplicación de normas y estándares para evitar la ocurrencia del riesgo**

Las medidas tendientes a reducir el riesgo del proyecto se han dividido en dos grupos:

- Medidas técnicas: se refieren a la infraestructura propiamente dicha, como el caso de las construcciones sismorresistentes o para prevenir otros daños como derrumbes deslizamientos, inundaciones y demás.
- Medidas legales: son todas las instancias que se generen a nivel nacional, municipal o local para prevenir riesgos. Como ejemplo, controlar la deforestación, control de métodos de cultivos, protección de cuencas y fuentes de agua.

### **2.6.4. Beneficios obtenidos al evitar el riesgo**

Entre los beneficios están: contar con un servicio accesible, eficaz y eficiente sin interrupciones, evitar gastos por falta de provisiones, seguridad para los trabajadores de mantenimiento y resguardar la calidad del agua.

## **2.7. Estudio y documentación organizativo y legal**

Toda gestión de proyectos ya sea de carácter gubernamental o en el sector privado deberá de contar con documentos y finiquitos legales que certifiquen que el contratista o ejecutor del mismo se encuentra sin saldos pendientes con alguna institución del estado o del sector privado.

### **2.7.1. Aspecto institucional**

Se refiere a la información clara, concisa y oportuna del estatus jurídico de la organización propietaria del proyecto. Deberá indicarse el nombre y sus objetivos institucionales, experiencia en la ejecución y operación de proyectos afines al que se van a realizar; su capacidad técnica, administrativa y financiera.

### **2.7.2. Aspectos comunitarios**

Si se trata de una organización comunitaria, se deberá de indicar cuál es el grado de organización y la representatividad jurídica de la misma; si es un cocode, comité, asociación, cooperativa o cualquier otra forma de organización aceptada. Se deberá de indicar la fecha y resolución del acta de legalización de la organización, objeto, plazo, prohibiciones, términos, controversias, número de miembros asociados, nombre e identificación del representante legal, aceptación, la fecha y acta de su nombramiento, la información completa del sitio y lugar para recibir notificaciones, y el número de beneficiarios del proyecto.

Deberán indicarse los objetivos de trabajo de la organización, su experiencia en la ejecución y operación de proyecto de agua y saneamiento; su capacidad técnica, administrativa y financiera.

### **2.7.3. Organización para la ejecución**

Se deberá de contemplar el tipo de estructura organizacional propuesta para la ejecución del proyecto: dentro de lo cual se pueden considerar tres opciones:

- Organización matricial: deberá de indicar la dependencia bajo la cual estará a cargo la ejecución de la obra física dentro de la organización propietaria del proyecto. Las relaciones con otras dependencias internas y externas (contenidas en el manual administrativo del proyecto). En este caso se divide el proyecto en actividades afines con las unidades funcionales permanentes de la entidad ejecutora y asigna a cada una de estas la ejecución de las tareas específicas dentro de la ejecución del proyecto. Estas responsabilidades deben de estar reflejadas dentro de la matriz “tarea responsabilidad” con el objetivo de identificar y definir en forma clara las funciones de cada una de las unidades departamentales de la organización propietaria del proyecto en su ejecución.
- Organización exclusiva: se considera a una organización exclusiva como aquella que debe de proveer por sí misma la realización de todas las actividades necesarias para la realización de la obra (provisión de la logística, administración del proyecto, gestión financiera y legal), se debe de indicar la estructura propuesta para su funcionamiento, así como sus órganos de dirección y control.
- Organización mixta: este modelo de ejecución se refiere a una alianza entre la organización propietaria del proyecto con la organización beneficiaria; por lo tanto se deben indicar las responsabilidades que tendrá la organización encargada de la ejecución, como la organización comunitaria.

#### **2.7.4. Organigrama para la ejecución**

Es la representación gráfica del tipo de organización seleccionada para la ejecución de la inversión, en la cual se definen las unidades departamentales

que tienen bajo su responsabilidad la ejecución de la obra física, considerando las jerarquías y el don de mando dentro de cada una de las unidades, así como el flujo de información para la administración del sistema de información y control para el proyecto.

#### **2.7.5. Puestos de trabajo**

Indicar los puestos de trabajo para la ejecución del proyecto dentro de cada una de las unidades establecidas; la dependencia jerárquica, sus funciones, atribuciones, salario mensual, tipo de contratación y el período.

#### **2.7.6. Tipo de contratos de ejecución**

Se deberá indicar cuál es la modalidad que se va a utilizar para la ejecución de la obra, dentro de las siguientes:

- Administración directa
- Por contrato parcial
- Por contrato global de obra

El origen de los fondos determinará el procedimiento a implantar por parte del proyecto.

Si los recursos provienen de fondos de gobierno, los contratos se rigen de acuerdo con la Ley de Contrataciones del Estado, Decreto 57-92, y lo establecido en el Código Civil.

Si existe ofrecimiento de financiamiento (parcial o total) para la ejecución de la obra, indicar la fuente de financiamiento para el proyecto; el origen de los fondos puede ser préstamos y/o donaciones no reembolsables, el monto del financiamiento y el porcentaje de mano de obra (contratada y comunitaria). Adjuntar en el anexo el acuerdo o convenio del ofrecimiento financiero ofrecido.

Dentro de los posibles fondos se pueden ubicar:

- Fondos del Gobierno Central: FONAPAZ, FODIGUA, FOGUAVI, INFOM
- Consejo departamental de desarrollo
- Cooperación internacional
- Comités comunitarios

Si un porcentaje de la obra se va a financiar con fondos de donación, indicar si estos son reembolsables o no reembolsables.

Para el caso de fondos reembolsables indicar las características del préstamo en cuanto a su período de gracia, tasa de interés, años de amortización y el banco u organismo financiero que lo otorgará.

### **2.7.7. Sistema de información y control de la ejecución**

Se refiere al sistema de información y control con el objetivo de medir el avance físico y financiero de la obra, que permite a los planificadores y administradores del proyecto tener una perspectiva del progreso para la materialización de la obra física y tomar acciones correctivas cuando se detectan deficiencias en la ejecución.

Las características del sistema de información y control son las siguientes:

- Procedimiento para la toma de datos, para lo cual se indica quién, cuándo, cómo y qué tipo de datos e información a generar.
- Establecer los parámetros o estándares de seguimiento que son aplicables al tipo de obra que se va a ejecutar (normas de calidad o estándares definidos para cada tipo de proyecto).
- La responsabilidad en la toma de decisiones cuando se observan atrasos en la ejecución.
- El flujo de información para la toma de decisiones correctivas.
- Establecer la periodicidad de la toma de datos con base en la programación de ejecución de la obra física.

### **2.7.8. Control gerencial aplicado al proyecto**

La buena gerencia del proyecto, garantizará que la obra sea viable en avances físicos, financieros y aspectos legales.

También servirá de herramienta para verificar los avances semanales, mensuales o anuales según sea el caso, verificando que los costos realizados vayan de acuerdo con la ejecución de la obra.

#### **2.7.8.1. Planificación anual del avance físico y financiero de la obra**

Se programan los productos que van a obtenerse de acuerdo con el tipo de obra, fecha de inicio, fecha de terminación y costo de ejecución prevista; lo cual se presenta en forma gráfica a través de un cronograma de ejecución o ruta crítica (diagrama de gant).

#### **2.7.8.2. Medición de avance físico del proyecto**

Consiste en la medición de las metas con indicación de unidades de medida, para lo cual es necesario indicar la etapa en que se realiza, la variable de medición, el indicador, el parámetro y los resultados obtenidos.

#### **2.7.8.3. Medición de la calidad**

Consiste en la medición cualitativa de los productos de acuerdo con el avance físico de la obra, para lo cual es necesario indicar la etapa en que se realiza, y definir las variables de medición, indicadores, resultados obtenidos y las observaciones necesarias.

#### **2.7.8.4. Medición de costos**

Se procede a la integración de costos de cada una de las variables, con el fin de determinar una relación de costos entre lo programado y el costo real, a manera de obtener un sobrecosto estimado de la obra, y tomar las medidas necesarias para no afectar su ejecución.



#### **2.7.8.5. Informes de avance mensual**

Es la integración de los resultados del avance físico a través de bitácoras, la calidad de las variables y el costo; información que se plasma en los instrumentos siguientes: informes mensuales, trimestrales y anuales, de avance y ejecución física y financiera.

Bajo el formato del módulo de seguimiento del Sistema Nacional de Inversión Pública SNIP que indica: el producto, ejecución programada, ejecución real, porcentaje de avance, porcentaje de atraso y medidas propuestas para la corrección, observaciones que pueden estar relacionadas con las normas o estándares de calidad.

Estos informes de seguimiento se entregan a la gerencia del proyecto buscando que esta determine la relación entre el nivel de avance de la ejecución y lo previsto, permitiendo que se tomen las decisiones oportunas para que se produzcan los efectos esperados de acuerdo con la planificación original. La unidad de seguimiento debe ser una dependencia al servicio de la gerencia y estar estrechamente identificada con esta, a manera de facilitar el flujo de información y la comunicación. Estas dos unidades serán las de supervisión y auditoría. La primera evaluará aspectos físicos y la segunda, aspectos de avance financiero.

#### **2.7.9. Requerimientos legales**

Comprenden el cumplimiento de los requisitos legales para la construcción de la obra física y evaluación financiera exigida por parte de la municipalidad, para la emisión de la licencia de construcción, la aprobación del estudio de

impacto ambiental por parte del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales – MARN- y la obtención de certificaciones de derecho de paso.

#### **2.7.9.1. Licencia de construcción**

Existen tres tipos de licencia: construcciones nuevas, reconstrucción y ampliaciones. Indicar el número de la resolución y licencia que autoriza la construcción, reconstrucción y ampliación de la obra física.

#### **2.7.9.2. Estudio de evaluación de impacto ambiental**

Indicar el número de la resolución que aprueba la evaluación ambiental del proyecto de agua potable y saneamiento a implementar. Debe contener efectos específicos y evaluaciones, programa de control y efectos negativos, alternativas de mayor beneficio ambiental y programa de monitoreo.

#### **2.7.9.3. Certificaciones de derecho de paso**

Adjuntar documentación que acredita la aprobación de derecho de paso por cada una de las propiedades por las que atraviesa el diseño de la obra de agua y saneamiento, tanto en la captación, construcción de obra física, distribución domiciliar y sistema de drenaje propuesto para la ejecución del proyecto.

### **3. ALTERNATIVAS DE OBRAS**

En Guatemala, a través de su historia, se han venido utilizando diferentes alternativas constructivas específicamente en este tipo de obras. En la actualidad hay tres opciones que se adaptan a las necesidades de las comunidades guatemaltecas tanto en el área urbana como en el área rural: tanques metálicos, de mampostería y de concreto armado.

A través de los gobiernos, uno de los temas prioritarios que se debe atender en las comunidades es el abastecimiento de agua, por el impacto socioeconómico en las mismas y principalmente por el impacto significativo en la salud, por lo que a través de las entidades gubernamentales se han adaptado tecnologías apropiadas para su construcción, como captaciones de fuentes superficiales, sistemas por bombeo y gravedad, los tanques de almacenamiento y distribución.

Estas tecnologías han tomado en cuenta la durabilidad, seguridad y economía, para áreas rurales; es necesario el aporte comunitario, participación a través aportes de mano de obra no calificada para la construcción y el traslado de materiales locales; tal como piedra y arena.

Para sistemas de agua potable rural se considera en este estudio tres tipos de construcción: mampostería de piedra, concreto armado y estructuras de metal.

Para la construcción de obras hidráulicas tal como cajas de captación y tanques de distribución de mampostería de piedra, se usa una tecnología en

base de concreto ciclópeo, que es una mezcla de piedra bola de más o menos 6" de diámetro y sabieta (arena y cemento portland); la piedra ocupa un aproximado del 70% y la sabieta el restante 30%.

En relación con la utilización de métodos de construcción con concreto armado, para cajas de captación, generalmente se usan por razones estéticas o por formas específicas; sin embargo los cálculos de refuerzos no son complicados porque generalmente son para cajas de captación de un promedio de 1.50 m<sup>3</sup> o para captaciones de fuentes superficiales como causes de río en la que se necesita un diseño estructural específico; en este caso los costos pasan a un segundo plano pues lo que se requiere es la seguridad y estabilidad de la estructura para la captación de la fuente de agua.

En relación con los tanques de almacenamiento, contruidos con concreto armado, estos se determinan de acuerdo con el volumen; existen planos típicos definidos para la construcción de tanques de mampostería de piedra de hasta 500 m<sup>3</sup> y la alternativa de construir dobles tanques de 500 m<sup>3</sup>, lo cual permitiría llegar a trabajar hasta un volumen de 1000 m<sup>3</sup>, teniendo como desventaja este volumen por la gran cantidad de piedra bola que se requiere para su construcción, y debido a la rigidez con que estos quedan contruidos, es estructuralmente riesgoso.

Por tal motivo se considera que para tanques de 500 m<sup>3</sup> a 1000 m<sup>3</sup> se deben construir con concreto armado. Las instituciones especializadas en sistemas de agua, no aplican para esta metodología constructiva planos típicos, debido a que los procesos son específicos, como por ejemplo el CBR del suelo, los empujes laterales de la ubicación del tanque, volumen que se va a almacenar, disponibilidad de área de construcción, etc, siendo necesario un análisis de suelos y estructural para cada caso.

En lo referente a la utilización de estructuras de metal, para cajas de captación, estas, no son utilizadas generalmente, pues, no se justifica ni requiere la utilización de este material, es posible su utilización, dependiendo de alguna especificación que justifique la utilización de este método, lo cual está principalmente en función del criterio del diseñador. En relación con los tanques metálicos, generalmente son utilizados para tanques elevados en nuestro país, habiendo empresas especializadas en este tipo de construcción.

En países vecinos son utilizados con más frecuencia los tanques de almacenamiento de metal, los cuales paradójicamente son construidos por empresas guatemaltecas. Estos tanques tienen el equivalente a la construcción de edificaciones con estructuras metálicas lo cual los hace resistentes y cumplen con la vida útil para la cual fueron diseñados. Estos tanques metálicos pueden construirse de acuerdo con los volúmenes que se requieran, no teniendo ninguna limitante en ese sentido

### **3.1. Dimensionamiento de tanques de distribución**

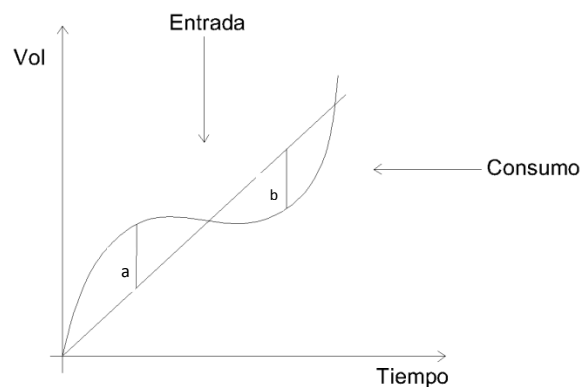
De acuerdo con la normativa vigente para la construcción de sistemas de agua, específicamente la normativa INFOM/UNEPAR, para el dimensionamiento y determinación del volumen de los tanques a construir, para el abastecimiento de agua a cada población, se utilizarán los siguientes criterios:

#### **3.1.1. Mampostería de piedra**

Para determinar el volumen compensador del tanque de almacenamiento o distribución, se parte del concepto de trazar una gráfica en la cual se determina que el caudal de entrada es constante, y que el consumo es variable.

Al ser representado esto en una gráfica puede verse que el caudal de salida está afectado por el factor hora máximo, identificado por una curva, la cual por unas horas estará sobre la recta que representa el caudal de entrada y por otras horas estará por debajo de esa misma recta.

Figura 9. **Gráfica de compensación de caudales**



Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto el volumen se representara por la sumatoria del valor absoluto de  $a + b$

$$V_c = |a| + |b|$$

Para efectos del presente estudio, se tomará el criterio que indica la normativa INFOM/UNEPAR, la cual indica que el volumen del tanque de distribución o almacenamiento estará entre el 25% al 40% del volumen medio diario. (Es conveniente ser cuidadoso en que para determinar el volumen medio diario, este se calcula tomando en consideración la población futura, de acuerdo con el periodo de diseño.)

$$V_c = 25\% \text{ a } 40\% * (\text{Volumen medio diario en m}^3)$$

El rango del porcentaje de almacenamiento de los tanques de distribución o almacenamiento, puede parecer amplio, sin embargo esto permite utilizar un buen criterio en función técnica y económica.

En lo que respecta a criterios técnicos para determinar qué porcentaje de almacenamiento utilizar, están: si se considera que estos tanques pueden ser para almacenar caudales de bombeo, los cuales según normativa deberían de bombear de 12 a 18 horas/día, que no es lo mismo que si el tanque se utilizara para el almacenamiento de una fuente por gravedad, en el cual el caudal será constante las 24 horas/día; otro aspecto es en el caso de fuentes superficiales por gravedad, se debe considerar el aforo en época de estiaje, comparado con el caudal medio, el aforo debe ser mayor que el caudal medio; entre mayor sea el aforo versus el caudal medio, menos volumen se necesita para el almacenamiento.

En lo económico, algunos de los aspectos que se deben tomar en consideración sería el potencial de crecimiento de la población a ser atendida, la disponibilidad económica o presupuestaria y el acceso al punto de construcción.

### **3.1.2. Concreto armado**

De manera muy similar al inciso anterior, para determinar el volumen del tanque de concreto armado, se utilizarán los criterios de la curva de caudal de ingreso versus el caudal de consumo o volumen medio diario, y los % de entre el 25% al 40% del consumo medio diario de la población.

El criterio para determinar la mejor opción del porcentaje del volumen medio diario, será siempre técnico y económico; adicionalmente, se debe considerar que el costo por m<sup>3</sup> de un tanque de concreto armado será mayor que el tanque de mampostería de piedra, que generalmente son materiales de patio, locales o de la región; mientras que los tanques de concreto armado tienen un mayor porcentaje de cemento y acero estructural. adicionalmente es necesario tener mejor técnica constructiva y buena supervisión de la obra; en otras palabras disponer de mejor calidad de la mano de obra; pues las grietas o fisuras pueden incrementar grandemente el costo del tanque.

### **3.1.3. De metal elevado**

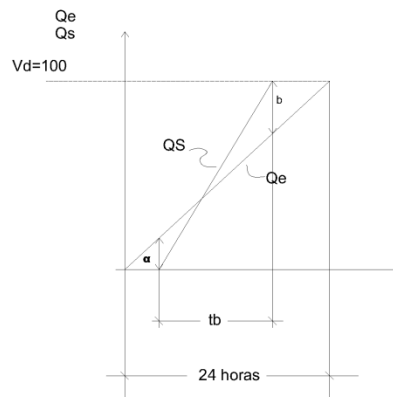
La utilización de los tanques metálicos tanto elevados como apoyados a nivel del terreno, son cada vez más comerciales en nuestro país, en función directamente proporcional a que también las fuentes de agua superficiales cada día se van agotando o ya tienen un uso agrícola, industrial o para consumo humano. Esto trae la necesidad de buscar fuentes de agua alternas, tal como pozos mecánicos, por bombeo y por gravedad, los cuales son perforados generalmente en los puntos accesibles a las poblaciones, aunque no necesariamente en la ubicación más adecuada técnicamente; especialmente para poblaciones con una topografía muy plana se utilizan los tanques elevados metálicos para alcanzar al menos las presiones mínimas de servicio, que es de 10 m.c.a.

Para determinar el volumen de un tanque de distribución o almacenamiento de metal elevado, se utilizará el criterio similar a los anteriores. Es necesario un buen criterio costo beneficio, especialmente en las horas de mayor consumo, pues a medida que se utilicen menos horas de bombeo, se necesitarán equipos de potencia mayor y volumen de almacenamiento.



Si el tiempo de bombeo está al límite superior de 18 horas, menor será el requerimiento de potencia del equipo de bombeo y menor el requerimiento del volumen del tanque.

Figura 10. **Variación de caudales**



Fuente: elaboración propia.

Volumen de compensación :

$$V_c = a + b$$

Semejanza de triángulos semejante

$$\frac{V_d}{24tb} = \frac{V_d - (a + b)}{tb}$$

Se sabe que:

$$V_c = a + b$$

Por lo tanto:

$$Vd = \frac{Vd - Vc}{24tb}$$

Despejando Vc se obtiene:

$$-Vc = \frac{Vd * tb}{24} - Vd$$

De manera que el volumen compensador está dado por la siguiente expresión:

$$Vc = Vd (1 - tb/24)$$

### **3.2. Análisis de alternativas**

Se debe hacer un buen análisis de alternativas, de esta manera se puede garantizar el funcionamiento correcto del sistema de agua potable que se diseña o repara, prolongando así la su vida útil.

#### **3.2.1. Cajas de captación de concreto ciclópeo**

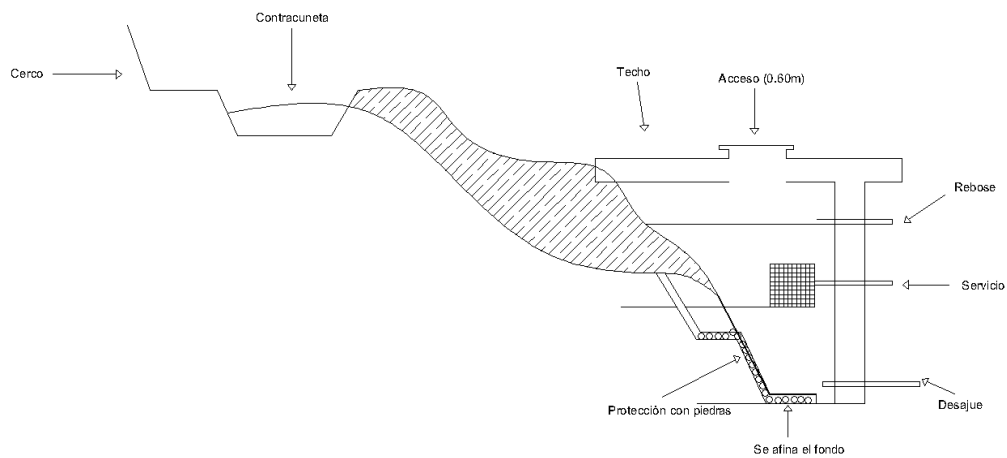
Se analizará en esta sección la conveniencia del tipo de construcción de las cajas de captación de fuentes de agua superficial.

Como es sabido, para los sistemas de agua rural, lo convencional es la construcción de cajas de captación a través de mampostería de piedra; estas de manera general constan de la limpieza del área en donde surge el brote, para luego bordear el perímetro con pequeños muros de dimensiones variables,

para conformar el equivalente a una minúscula presa, con el piso debidamente impermeable, incorporando en la misma un filtro natural, el cual se construye con piedras de diámetros mayores a diámetros menores.

Dicha caja va interconectada con una salida a nivel de piso a otra caja en la cual estará la boca de un tubo con su respectiva pichacha, con función de una caja de registro, con tapadera de concreto armado debidamente asegurada y con candado, siendo el inicio de la línea de conducción; el tubo de inicio será de diámetro variable y en función del caudal de agua que se va a captar, debe llevar su pichacha (niple del mismo tubo con orificios de un diámetro no mayor a  $\frac{1}{4}$ " para evitar que ingresen raíces o piedras). La caja con el filtro de piedra estará sellada completamente a través de una losa de concreto; su detalle se plasma en el plano típico que se adjunta en el anexo.

Figura 11. **Bosquejo captación**



Fuente: elaboración propia.

El concepto del diseño de la caja de captación no debería cambiar en relación con las de mampostería de piedra; si estas variaran por algún requerimiento específico, se deberá efectuar el diseño hidráulico y estructural correctos, que garanticen el buen funcionamiento; no olvidando que en el presente estudio se hace referencia únicamente a sistemas de agua potable a poblaciones rurales, siendo mínima la posibilidad de usar algún tipo de captación de concreto armado; es conveniente considerarlo para un mediano plazo, debido al crecimiento poblacional y urbano; a mediano plazo, algunas fuentes de agua están ubicadas dentro de centros urbanos.

Para la construcción de cajas de captación de concreto armado se debe tomar en cuenta que se utilizará una cantidad de materiales de ferretería mayor a la que se usa en una caja de captación de mampostería de piedra, lo cual varía los costos de construcción; pero por otra parte cubre otros requerimientos técnicos específicos.

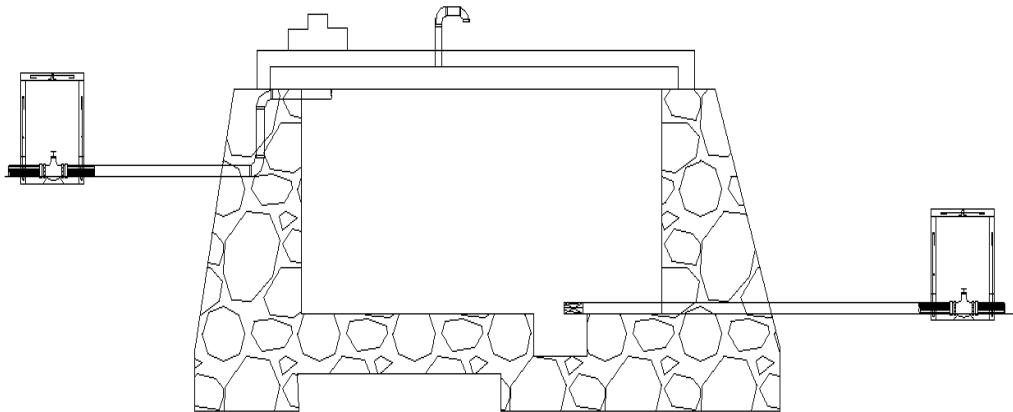
### **3.2.2. Tanque de distribución de concreto ciclópeo y tapadera de concreto armado**

Para determinar la conveniencia del tipo de tanque de almacenamiento o distribución que se utilizará en un sistema de agua rural, básicamente será el resultado de un análisis de alternativas, implica tomar en consideración aspectos de factibilidad económica, técnica y social.

Las instituciones rectoras de normar y construir sistemas de agua potable en el área rural guatemalteca, han optado por el modelo típico de tanques de almacenamiento de mampostería de piedra.

Según análisis sociales, la construcción de tanques de almacenamiento con mampostería de piedra, tiene un impacto de confianza en las comunidades; cada vez más tienen el conocimiento constructivo en este tipo de obras. Generalmente las comunidades del área rural se inclinan en copiar modelos exitosos en comunidades vecinas, inclusive en ciertas ocasiones, algunos líderes comunitarios que han tenido la oportunidad de haber vivido fuera de Guatemala, vienen con propuestas que aunque “novedosas”, la experiencia local prevalece, y es cuando las comunidades aceptan las alternativas de construir tanques de almacenamiento de mampostería de piedra.

Figura 12. **Tanque de distribución de concreto ciclópeo**



Fuente: elaboración propia.

Este tipo de obras facilita la participación de jóvenes hombres y mujeres, siendo imprescindible contar con una buena dirección técnica que organice y supervise las acciones constructivas, dando como resultado un tiempo corto en su construcción, facilidad en disponer mano de obra, participación de la comunidad etc.

Las dificultades se dan en casos que los tanques de almacenamiento se construyan en zonas montañosas y poco accesibles, en donde especialmente la piedra bola debe ser acarreada a “espalda”, lo cual es una labor ardua y difícil. Esta dificultad ha sido superada por las comunidades, pero que a un mediano plazo se considera que este factor puede ser decisivo para ir implementando otra opción en cuanto a tipo de tanque, en la cual, aunque se tuviera que acarrear materiales, estos serían de peso menor, en volumen y de un acarreo menor.

Los tanques de almacenamiento o distribución de mampostería de piedra son los más usados en el área rural debido a su economía; en este trabajo de graduación se hará el análisis respectivo, para revisar si esta opción sigue siendo la más económica.

### **3.2.3. Tanques de distribución de concreto armado**

Estos tanques se utilizan generalmente cuando el volumen es mayor a  $500 \text{ m}^3$  o mayor de  $1000 \text{ m}^3$ , entre los planos típicos que tiene aprobados INFOM/UNEPAR, son de  $500 \text{ m}^3$ ; al evaluar la disponibilidad de materiales locales, principalmente piedra bola, factibilidad económica, es posible la construcción de un doble tanque de  $500 \text{ m}^3$ ; de ese volumen en adelante es antieconómico construirlos de concreto ciclópeo por la cantidad que se debe utilizar, por lo que a partir de  $500 \text{ m}^3$  o  $1000 \text{ m}^3$ , lo óptimo es la construcción de tanques de concreto armado.

En relación con el aspecto económico, se considera que la opción de construir tanques de concreto armado puede tener un valor monetario mayor a los tanques de concreto ciclópeo, no siempre es la regla, pues la cuantificación de la mano de obra no calificada y materiales locales, muchas veces no es el

verdadero valor comercial al cuantificarlo en la construcción de tanques de mampostería de piedra, ya que incluyen otros factores como fletes, precios de materiales obtenidos en lugares lejanos, y además el costo de horas hombre en el acarreo de materiales, especialmente de la piedra bola es alto.

La diferencia de costo está cuando los materiales son aportados por la comunidades en la construcción con mampostería de piedra, mientras que al trabajar con tanques de concreto armado, generalmente son por contrato cerrado, el cual tiene integrado los renglones de materiales y mano de obra; esto hace reflejar que el costo directo es mayor para tanques de concreto armado.

En los aspectos técnicos, se puede describir, que los tanques de concreto armado son adaptables al tipo de terreno y al espacio disponible; estos tanques son seguros y estéticos. Funcionan enterrados o sobre el nivel de terreno y tienen la ventaja que se necesita menor cantidad de materiales y su acarreo es menor. Para su construcción es necesario elaborar cálculos estructurales específicos para cada volumen; los planos típicos no son muy utilizados por esta razón.

#### **3.2.4. Tanques elevados de metal**

La deforestación, el cambio climático, el avance de las fronteras agrícolas, entre otros factores, influyen a que actualmente las fuentes de agua superficiales se están agotando, y en varios lugares ya no se dispone de estos recursos.

La alternativa viable para disponer del recurso agua, es a través de pozos mecánicos, los cuales se perforan en lugares accesibles hidrogeológicamente y de energía eléctrica, para accionar los equipos de bombeo.

Al extraer el agua potable del pozo mecánico, se necesita disponerlo en el tanque de almacenamiento, el cual se construye en un punto estratégico, relativamente accesible a las comunidades a suministrar y por lo tanto a inmediaciones de las poblaciones que serán atendidas, en las mismas no se dispone de la altimetría adecuada para la construcción de tanques de concreto armado o de mampostería de piedra.

Estos tanques de metal, tienen la limitante de poder cubrir el volumen de almacenamiento establecido por la normativa, especialmente para poblaciones grandes. El costo de almacenar grandes volúmenes de agua es muy grande, por lo que el volumen de estos generalmente tiende a ser el mínimo.

Las ventajas económicas de disponer de estos tanques elevados es de que se pueden ahorrar una buena cantidad de energía eléctrica, pues son factibles de construir e instalarlos en lugares cercanos al pozo mecánico, teniendo únicamente el requerimiento de que la altimetría sea la más apropiada para lograr al menos las presiones mínimas, lo cual contribuye a disminuir la cantidad de kilovatios/hora de energía, pues se requiere menos caballos de fuerza para transportar y elevar el caudal de agua requerido.

En el aspecto social estos tanques todavía no son tan “comerciales” en las comunidades rurales de Guatemala, por lo que los consejos comunitarios de desarrollo (COCODE), están a la expectativa y en observación de los resultados que se tienen en otras comunidades con la utilización de este tipo de tanques. Lo más importante es que estos por lo general no son rechazados.



Figura 10. **Tanque elevado**



Fotografía: zona 2, ciudad de Quetzaltenango.

En relación con el aspecto económico, estos tanques tienen poco beneficio en las comunidades, pues a diferencia de las otras dos opciones anteriores, tanque de mampostería de piedra y/o de concreto armado, ofrecen fuentes de trabajo en la comunidad; sin embargo con la opción de estos tanques elevados de metal, esta posibilidad es mínima, pues estos ya vienen armados; específicamente el cilindro y la torre vienen en partes para ser armados in situ.

Esta labor de levantar la torre y colocar el cilindro, es a través de mano de obra calificada de las empresas fabricantes, pues entre las actividades más importantes está la de efectuar el ensamblaje debidamente soldado. Estas soldaduras, se realizan de acuerdo con las normas y especificaciones, que no puede efectuar un herrero de la comunidad, por no tener el conocimiento, ni la experiencia, ni el equipo necesario.

En el aspecto técnico, lo más importante que se debe considerar es que estos tanques sean debidamente cimentados, de acuerdo con cálculos del valor soporte del suelo; las patas de la torre, las breizas, paredes del tanque, tipo de soldadura y pintura anticorrosiva e interior, deben estar de acuerdo con las especificaciones técnicas, económicas y disposiciones especiales respectivas. La clave para la construcción de estos tanques es que sean fabricados por empresas de experiencia demostrable.

Algunos pequeños fabricantes que asumen la responsabilidad de construir estos tanques sin tener la experiencia mínima, pueden provocar altos riesgos en asentamientos, en volteo del tanque elevado, en aplastamiento de torre y más frecuentemente, en fugas en el cilindro.

Los supervisores de obras en general no tienen mucha experiencia en verificar si estos tanques han sido cotizados de acuerdo con los requerimientos confiables, ni tampoco si estos han sido construidos atendiendo a la normativa de INFOM/UNEPAR y vigente para este tipo de obra.

### **3.3. Normas INFOM/UNEPAR para tanques de distribución**

Los tanques de almacenamiento o distribución de concreto ciclópeo o de concreto, deberán cubrirse con losa de concreto reforzada, provista de boca de inspección con tapa sanitaria, para efectos de inspección y reparación. Dicha tapa debe ser de preferencia metálica, hermética y tener cierre de seguridad.

El acceso deberá estar cerca de la entrada de la tubería de alimentación, para poder realizar aforos cuando sea necesario.

Todo tanque de distribución deberá tener instalaciones para ventilación, rebalse y limpieza; la tubería de salida deberá tener pichacha, y estar instalada a 0.10 m sobre el nivel del piso del tanque o sobre fosa especial de salida. Cuando los muros sean de mampostería, la parte superior de estos debe ser tratada de manera que se elimine toda adherencia posible con la losa.

### **3.3.1. Materiales**

Los materiales usados para la construcción, deben ser apropiados y duraderos. Los más recomendables son: concreto, mampostería o metal.

### **3.3.2. Tanques enterrados, semienterrados o superficiales**

Este tipo de tanques de be cumplir con las siguientes normas:

- El área donde se localicen deberán aislarse mediante cerco, para evitar la entrada de personas o animales, o ser usada para disposición de desechos.
- El tanque debe localizarse a una distancia y altura convenientes, respecto de una posible fuente de contaminación. La distancia mínima horizontal a cualquier fuente de contaminación será de 30 metros.
- La superficie del terreno alrededor del tanque debe tener una pendiente que permita drenar hacia afuera el agua superficial.
- El fondo del tanque debe estar siempre por encima del nivel freático. En caso necesario debe instalarse un sistema de drenaje adecuado para las aguas de infiltración.

- Las paredes de los tanques enterrados deben sobresalir por lo menos 30 cm de la superficie del terreno.

### **3.3.3. Tanques elevados**

Los tanques elevados podrán ser de concreto o metálicos, atendiendo criterios económicos. Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Que el nivel mínimo de agua en el tanque sea suficiente para conseguir las presiones adecuadas en la red de distribución.
- Que la tubería de rebose descargue libremente.
- Que la tubería de salida hacia el servicio sea reentrante, como mínimo 20 centímetros.
- El tubo de desagüe con su correspondiente válvula compuerta, debe permitir vaciar el tanque.
- Instalar un dispositivo de ventilación, convenientemente protegido, uno por cada 30 m<sup>2</sup> de superficie como mínimo.
- Debe haber escaleras interiores y exteriores en caso de que las dimensiones excedan de 1.20 metros de alto.
- Tener una caja común o cámara seca para facilitar la operación de las llaves y válvulas de tanque.

- Las tuberías de rebose desagüe no se conectarán directamente a los alcantarillados; deberán tener una descarga libre de 1.00 metro como mínimo y siempre se buscará una desfogue adecuado, donde no cause daño o erosión.
- Los extremos de las tuberías de rebose y desagüe deben protegerse para impedir el paso de insectos y otros animales.

#### **3.3.4. Presiones**

En consideración a la menor altura de las edificaciones en medios rurales, las presiones tendrán los siguientes valores:

- Mínima: 10 metros (presión de servicio)
- Máxima: 40 metros (presión de servicio)
- Presión hidrostática máxima: 80 metros

Prestarse especial atención a la calidad de las válvulas y accesorios para evitar fugas cuando la obra esté en servicio.



## **4. METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN**

### **4.1. Metodología para la construcción de cajas de captación para sistemas de agua rural**

La ejecución de las obras de los sistemas de captación por gravedad de aguas superficiales, para el abastecimiento de agua potable en el área rural, debe realizarse de acuerdo con los planos del proyecto ya aprobados. Todo cambio en los planos debe ser consultado cuando este modifique la concepción base del proyecto, dándose las razones que puedan motivar tales cambios. Las pequeñas modificaciones deben figurar en los planos finales de construcción, indicando la ubicación definitiva de las obras.

En lo posible, las captaciones que se construyan no deberán modificar el flujo normal de agua; ya que cualquier cambio forzado puede causar desbordes e inundaciones aguas arriba de la captación.

Deberán ser construidas en zonas que no causen erosión ni sedimentación y aguas arriba de la localidad por abastecer, procurando aislarla lo mejor posible de las fuentes locales de contaminación. Los alrededores deben estar protegidos con cercas que eviten la entrada de personas o animales.

Estas cajas, deberán ser construidas en los tramos rectos del curso de agua o pegados a la margen cóncava de una curva donde las velocidades del río son mayores, evitando los bancos de arena que podrían obstruir el caudal.

En quebradas, canales de irrigación y pequeños cursos de agua es recomendable la construcción de un enrocado con concreto ciclópeo de las paredes del cauce (contra cuneta), en una longitud mínima de 1,0 m y una altura mínima de 0,30 m, para evitar el desmoronamiento del terreno y dar protección a la toma.

Además, se recomienda la colocación de rocas sobre el lecho del cauce aguas arriba de la captación, con la finalidad de reducir la velocidad del flujo y elevar el tirante de agua en el área de captación.

La piedra que va a utilizarse deberá ser de buena calidad: estructura homogénea y durable, libre de arcillas, aceites y sustancias adheridas, y no deberán estar presentes compuestos orgánicos en las rocas. La roca en su dimensión mínima, no deberá ser menor de 30 cm.

#### **4.1.1. Planos típicos**

Los planos típicos para la construcción de cajas de captación para sistemas de agua rurales se adjuntarán en el anexo.

#### **4.1.2. Aspectos presupuestarios**

En el siguiente cuadro se toman en cuenta los aspectos presupuestarios más importantes para la construcción de cajas de captación para acueductos rurales; se debe tomar en cuenta que el cuadro solo es un ejemplo y no debe tomarse en forma literal, pues cada sistema de captación de agua potable es distinto y se tienen que adaptar a las condiciones del lugar.



Tabla II. Costos cajas de captación

**DESGLOSE DE CANTIDADES DE TRABAJO  
Y MATERIALES**

NOMBRE DEL PROYECTO: *INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE*  
 CÓDIGO:  
 LUGAR:  
 MUNICIPIO:  
 DEPARTAMENTO:

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>CAPTACION DE FUENTE</b>		<b>UNIDAD</b>		
<b>MATERIALES</b>				
Cemento portland	Saco			
Arena de río	m <sup>3</sup>			
Piedrín triturado	m <sup>3</sup>			
Piedra bola	m <sup>3</sup>			
Tablas de 1" x 12" x 9'	Unidad			
Parales de 3" x 3" x 9'	Unidad			
Clavo de 3" para madera	libras			
Alambre de amarre	libras			
Alambre espigado	Rollo			
Grapa	libras			
Hierro de refuerzo de 1/2"	Varilla			
Hierro de refuerzo de 3/8"	Varilla			
Hierro de refuerzo de 1/4"	Varilla			
Válvula de compuerta Ø entrada br.	Unidad			
Válvula de compuerta Ø salida br.	Unidad			
Tubo PVC de 2" 160 PSI	Tubo			
Codos PVC de 2" x 90°	Unidad			
Adaptador hembra PVC Ø entrada	Unidad			
Adaptador hembra PVC Ø salida	Unidad			
Tee PVC de 2"	Unidad			
Candados de 60 mm.de intemperie	Unidad			
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q -</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>MANO DE OBRA CALIFICADA</b>				
Jornales de albañiles	Jornal			
<b>MANO DE OBRA NO CALIFICADA</b>				
Jornales de ayudantes de albañil	Jornal			<b>Q -</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q.</b>
<b>INTEGRACIÓN DEL PRECIO TOTAL:</b>				
<b>Costos directos (materiales y mano de obra</b>				<b>Q</b>
<b>Costos indirectos</b>				<b>Q</b>
<b>Costo total:</b>				<b>Q</b>

Fuente: elaboración propia.

### 4.1.3. Cronograma de construcción

Generalmente, en todo contrato de obra que se tenga, previo al inicio de la ejecución, es requisito presentar un cronograma de dicha construcción; este instrumento servirá de referencia para supervisar el avance de la obra y proyectar su finalización de acuerdo con lo programado; esta programación está íntimamente relacionada con los desembolsos financieros de acuerdo con el avance físico de la obra.

Tabla III. Cronograma de construcción de cajas de captación

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FISICO Y FINANCIERO

NOMBRE DEL PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE AGUA  
 POTABLE  
 CÓDIGO:  
 LUGAR:  
 MUNICIPIO:  
 DEPARTAMENTO:

No.	Reglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total	%	MES 1			MES 2			MES 3				
1	<b>OBRAS HIDRAULICAS</b>																
1.1	Excavación																
1.2	Cimentación de la caja de captación																
1.3	captacion con concreto ciclopeo																
1.4	Formaleado de muros de Caja de Captacion.																
1.5	Fundición de muros de caja de captación																
1.6	Mampostería de piedra de 6"																
1.7	Tallado interno y externo de muros de captación																
1.8	Formaleado para losa de tapadera de captación																
1.9	concreto tapadera de Captacion																
1.10	Fundición de losa de tapadera de tanque																
1.11	Desencofrado de losa																
1.12	válvulas y accesorios de entrada y salida																
	<b>TOTAL</b>				Q -	100,00	<b>INVERSION ESTIMADA POR MES</b>										
	INVERSIÓN ESTIMADA MENSUAL (%)																
	INVERSIÓN ACUMULADA MENSUAL (%)																
	INVERSIÓN ESTIMADA MENSUAL ( Q )				Q -		Q -			Q -				Q -			
	INVERSIÓN ACUMULADA MENSUAL ( Q )				Q -		Q -			Q -				Q -			

Fuente: elaboración propia.

Este instrumento garantizará que la obra se finalice en el tiempo acordado y disminuir los riesgos de abandono de la obra contra pagos adelantados infundados.

#### **4.1.4. Descripción y análisis de metodologías**

Previamente a la ejecución de la obra de captación se deben realizar los siguientes trabajos de acuerdo con lo especificado en planos y/o instrucciones del supervisor de obra.

- Limpieza y deshierbe del terreno: se refiere a la limpieza, extracción y retiro de hierbas y arbustos del terreno.
- Desmante manual: se refiere a la remoción de árboles, arbustos, deshierbe y limpieza, de manera que quede el área libre, para la iniciación de la obra.
- Replanteo de obras: comprende todos los trabajos necesarios para la ubicación del área destinada a las obras de la toma.
- Movimiento de tierras: se refiere a la ejecución de todos los trabajos correspondientes a movimiento de tierras con cortes o rellenos, nivelación y perfilado de taludes, manualmente o con maquinaria y en diferentes tipos de suelos, con la finalidad de obtener superficies de terreno de acuerdo con lo especificado en los planos del proyecto.
- Excavación: los volúmenes de excavación deberán ceñirse estrictamente a las dimensiones y niveles de fundición establecidos en los planos del proyecto. Si las características del terreno lo exigen, podrán

sobrepasarse los volúmenes de excavación del proyecto. En tal caso, el constructor deberá informar inmediatamente al supervisor de obra para su control.

- Cimientos: deberán cumplir con la finalidad estructural de estabilidad, ciñéndose estrictamente a lo especificado en los planos del proyecto.
- Relleno: todas las excavaciones deberán ser rellenadas y compactadas, si fuera necesario, selladas con concreto pobre.

Se elaborarán las siguientes estructuras:

- Concreto: los materiales, la preparación y colocación de los diferentes tipos de concreto estarán de acuerdo con lo especificado en el Reglamento Nacional de Construcciones.
- Acero de refuerzo: las barras de acero destinadas al refuerzo común del concreto, deberán estar de acuerdo con los requerimientos de las "Especificaciones para varillas de acero de refuerzo de concreto" (A.S.T.M.). El acero está especificado en los planos, de acuerdo con su carga de fluencia; pero deberá además, ceñirse a la siguiente condición: la preparación y colocación de los refuerzos de acero será de acuerdo con lo especificado en el reglamento Nacional de Construcciones y normas vigentes.
- Encofrados: deberán ser diseñados para producir unidades de concreto idénticas en forma, líneas y dimensiones, a las unidades mostradas en los planos. Los materiales para encofrado, preparación e inspección,

deberán cumplir lo especificado en el reglamento nacional de construcciones y normas vigentes de INFOM/UNEPAR.

- **Desencofrados:** el encofrado será removido cuando el concreto haya endurecido suficientemente para soportar su peso propio y cualquier carga que se le imponga. Los tiempos mínimos para el desencofrado, son los especificados en el reglamento nacional de construcciones y normas vigentes.
- **Juntas de construcción:** las juntas de construcción y las de dilatación, serán ubicadas en los lugares que indican los planos. En caso que por razones de necesidad extrema sea indispensable colocar juntas de construcción adicionales, estas serán ejecutadas de modo tal, que se recupere la continuidad de la estructura.
- **Tuberías y accesorios:** las tuberías podrán ser de policloruro de vinilo no plastificado (PVC) o de hierro galvanizado. Para los desagües de las diversas unidades estructurales podrá usarse tubería de plástico de media presión o tubos de concreto simple normalizado. La tubería de PVC se ajustará al Proyecto de Norma Oficial .

#### **4.2. Metodología, para la construcción de tanques de distribución de concreto ciclópeo con tapadera de concreto armado, para sistemas de agua rural**

El volumen del depósito para cubrir la demanda de agua en las horas de mayor consumo, deberá ser de acuerdo con las especificaciones técnicas que se encuentran en el rango del 25% al 40% del caudal medio diario, y se compone de las siguientes obras:

- Depósito principal: esta estructura contiene el volumen de agua para las horas de mayor consumo. Los muros se construirán de mampostería de piedra. Para la losa y tapadera serán de concreto reforzado. Para cada volumen requerido se tienen tipificados los detalles en planos. Estos se construirán en el punto de ubicación respetando la cota de salida del mismo.
- Caja de válvula de entrada: esta estructura servirá para la protección de la válvula de control del caudal de entrada al depósito principal. Se hará de mampostería de piedra; los muros con un espesor de 0.15 m y la losa y tapadera de concreto reforzado. La válvula será de bronce, adaptada para tubería y accesorios de PVC.
- Caja de válvula de salida: esta estructura servirá para la protección de la válvula de control del caudal de salida del depósito principal. Se hará de mampostería de piedra; los muros con un espesor de 0.15, y la losa y tapadera de concreto reforzado. La válvula será de bronce, adaptada para tubería y accesorios de PVC.
- Dispositivo de desagüe y rebalse: se hará similar al de la caja de captación, siendo la tubería y accesorios de PVC, con diámetros mínimos de 2" o 3" o igual al diámetro de salida cuando sea mayor de 2".

#### **4.2.1. Planos típicos**

Los planos típicos para la construcción de tanques de distribución de concreto ciclópeo con tapadera de concreto armado para sistemas de agua rural, se adjuntarán en el anexo.

#### 4.2.2. Aspectos presupuestarios

En el siguiente cuadro se toman en cuenta los aspectos presupuestarios más importantes para la construcción tanques de distribución de concreto ciclópeo con tapadera de concreto armado.

Tabla IV. Tanque de distribución de concreto ciclópeo

NOMBRE DEL PROYECTO:

CÓDIGO:

LUGAR:

MUNICIPIO:

DEPARTAMENTO:

Tanque de distribución de mampostería de piedra de XXX metros cúbicos de capacidad					
		Cantidad:	1	Unidad:	U
MATERIALES Y EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
Hierro corrugado de construcción grado 40 de Ø		Varillas			
Hierro corrugado de construcción grado 40 de Ø		Varillas			
Hierro liso de construcción grado 40 de Ø		Varillas			
Cemento tipo portland XXX PSI		Sacos			
Clavo de 2"		Libras			
Alambre de amarre		Libras			
Candados para intemperie		Unidad			
Tabla 12" x1"x 12'		Docena			
Regla 3" x 3" X 8'		Docena			
Piedra bola de Ø 6"		m <sup>3</sup>			
Piedrín triturado		m <sup>3</sup>			
Arena de río lavada		m <sup>3</sup>			
Tubo con campana PVC Ø entrada x 20' 160 PSI		Unidad			
Tubo con campana PVC Ø salida x 20' 160 PSI		Unidad			
Sifón a seguir 2"		Unidad			
Codo de 90 grados de Ø de entrada		Unidad			
Codo de 90 grados de Ø de salida		Unidad			
Adaptador macho de Ø entrada		Unidad			
Adaptador macho de Ø salida		Unidad			
Válvulas de compuerta de bronce Ø entrada tanque		Unidad			
Válvulas de compuerta de bronce Ø salida tanque		Unidad			
Fletes transporte de materiales		Global			
<b>Total de material</b>				<b>Q</b>	

Continuación de la tabla IV.

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Excavación		m <sup>3</sup>		
Compactación de cimentación de tanque		m <sup>2</sup>		
Fundición de cimentación de tanque con concreto ciclópeo		m <sup>3</sup>		
Formaleteado de muros de tanque concreto ciclópeo		m <sup>3</sup>		
Fundición de muros de tanque con mampostería de piedra de 6"		m <sup>3</sup>		
Tallado interno y externo de muros de tanque		m <sup>2</sup>		
Formaleteado para losa de tapadera de tanque		m <sup>2</sup>		
Armaduría de losa de concreto tapadera de tanque		m <sup>2</sup>		
Fundición de losa de tapadera de tanque		m <sup>3</sup>		
Desencofrado de losa		m <sup>2</sup>		
Construcción de cajas de válvulas y accesorios de entrada y salida		Unidad		
<b>Total de mano de obra</b>				<b>Q</b>
INTEGRACIÓN DEL PRECIO				
<b>Costo directo (material y equipo+flete, mano obra)</b>				<b>Q</b>
<b>% de costos indirectos</b>				
<b>Costo total</b>				
<b>Costo unitario</b>				<b>Q</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.3. Cronograma de construcción

Generalmente, en los contratos de obra, previo al inicio de la ejecución, es requisito presentar un cronograma de actividades; dicho instrumento servirá de referencia para supervisar su avance físico y proyectar su finalización; esta programación está íntimamente relacionada con los desembolsos y estimaciones financieras correspondientes de trabajo.



**Tabla V. Cronograma de construcción tanques de distribución de concreto ciclópeo con tapadera de concreto armado**

**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICO Y FINANCIERO**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** INTRODUCCIÓN DE

**AGUA POTABLE**

**CÓDIGO:**

**LUGAR:**

**MUNICIPIO:**

**DEPARTAMENTO:**

No.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	%	MES 1			MES 2			MES 3			
1	<b>OBRAS HIDRÁULICAS</b>															
1.1	Excavación															
1.2	Compactación de cimentación de tanque															
1.3	Fundición de cimentación de tanque con concreto ciclópeo															
1.4	Formateado de muros de tanque c concreto ciclópeo															
1.5	Tanque con mampostería de piedra de 6"															
1.6	Tallado interno y externo de muros de tanque															
1.7	Formateado para losa de tapadera de tanque															
1.8	Armaduría de losa de concreto tapadera de tanque															
1.9	Fundición de losa de tapadera de tanque															
1.10	Desencofrado de losa															
1.11	Construcción de cajas de válvulas y accesorios de entrada y salida															
<b>TOTAL</b>					Q	-	<b>INVERSIÓN ESTIMADA POR MES</b>									
INVERSIÓN ESTIMADA MENSUAL (%)																
INVERSIÓN ACUMULADA MENSUAL (%)																
INVERSIÓN ESTIMADA MENSUAL ( Q )					Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-
INVERSIÓN ACUMULADA MENSUAL ( Q )					Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.4. Descripción y análisis de metodologías**

Para una metodología adecuada y correcta construcción, es importante tomar en cuenta la calidad de los materiales, para garantizar la calidad de la obra. Previamente a su ejecución, se deben realizar los trabajos de acuerdo con lo especificado en planos y/o instrucciones del supervisor de obra, en:

- Concreto ciclópeo: masa de concreto siempre con esfuerzo de ruptura a la compresión  $f_c$  a los 28 días de  $140 \text{ kg/cm}^2$ , a la que se incorporan piedras del mayor tamaño posible, convenientemente distribuidas en su seno.
- Materiales: para la fabricación del concreto ciclópeo se empleará concreto simple y piedras grandes, los que deberán llenar los requisitos establecidos. Tanto en lo que se refiere a los materiales que intervienen en la fabricación del concreto simple (arena, grava, cemento, agua y aditivos en su caso) como todas y cada una de las fases que integran su proceso completo de elaboración, deberán ajustarse a lo indicado en estas especificaciones, técnicas, económicas y disposiciones especiales.

Las piedras que se utilicen deben de cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- La piedra deberá ser sana y no intemperizable
- No se aceptarán piedras que presenten grietas
- Deberán desecharse aquellas piedras en forma de laja
- Las piedras, en cualquier caso, deberán tener un peso mínimo de 3 kilogramos

- Las piedras deberán además satisfacer los siguientes requisitos, en lo que a sus características físicas y mecánicas se refiere: resistencia mínima a la compresión en cualquier dirección (paralela a los planos de formación, normal a ellos, etc.)  $140 \text{ kg/cm}^2$  y densidad mínima de 2.3

En relación con la construcción, debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- El porcentaje en volumen en que intervienen el concreto simple y las piedras, será fijado por el supervisor, pero en ningún caso el concreto ciclópeo resultante contendrá menos de un 65% de concreto simple.
- Las piedras no deberán quedar con una separación menor de 15 centímetros unas de otras, ni a menos de 10 centímetros de los parámetros, ni menos de 30 cm. bajo del coronamiento del elemento, salvo que las especificaciones del proyecto indiquen otro procedimiento.
- La distribución de las piedras en el seno del concreto simple deberá ser uniforme, de tal manera que el producto resultante sea homogéneo.
- Antes de realizar la fundición, deberán humedecerse las piedras de tal forma que se garantice que durante el proceso normal del fraguado no se tengan piedras de agua en el material cementante por absorción del material pétreo.
- Si las superficies de las piedras se encuentran contaminadas, deberán lavarse de forma que se les despoje de la tierra, arcilla o cualquier otra materia extraña que pudiera afectar sus características.

- Durante el transcurso de la fundición, deberá vigilarse el correcto acomodo de las piedras y se evitará el dejarlas caer sobre los moldes o en el concreto adyacente en proceso de fraguado.

#### **4.3. Metodología para la construcción de tanques de distribución de concreto armado**

La metodología a utilizar para la construcción de tanques de agua de concreto armado son similares a las metodologías de construcción de losas continuas.

Estos tanques pueden ser enterrados y semienterrados, y su estructura debe estar diseñada para funcionar de forma segura en las dos condiciones.

Para la cimentación de estos tanques es necesario llevar el control y pruebas del CBR del suelo, para evitar asentamientos futuros y provocar fallas en la estructura.

Para conservar la característica homogénea del concreto, al colocar la cimentación y el fondo del tanque, será necesario aplicarle al suelo debidamente compactado, una capa de repello en las caras del suelo que estarán en contacto con la fundición del concreto armado.

En lo que se refiere al armado del piso y paredes del tanque, será necesario cumplir las especificaciones indicadas en los planos respectivos, así como cotejarlo con normas internacionales del concreto. Los diámetros del hierro, traslapes, longitudes de desarrollo, dobleces, longitudes de bastones, amarres y todo lo referente al acero de refuerzo, deben ir de acuerdo con las normas y especificaciones.

En lo referente al concreto, se deberá ser cuidadoso para que los agregados finos sean libres de todo tipo de material que contamine, y de ser posible, pasarlo por un tamiz, para verificar que tenga los porcentajes que indica la normativa

En relación con los agregados gruesos, estos deberán ser de piedra de canto rodado, triturada y de acuerdo con el diámetro indicado, libre de elementos contaminantes.

En lo referente a la fundición del concreto, deberá de ser cuidadoso en cumplir las proporciones establecidas en el diseño del concreto. Una de las pruebas básicas será la prueba en el cono de *abrams*, o *slump* del concreto. El fraguado deberá cumplir estrictamente el tiempo normal, y tomar las precauciones necesarias para que en la fundición no queden fisuras que ocasionen fugas. El mezclado del concreto deberá hacerse por medio mecánico, utilizando medios para vibrar el concreto, que garantice que su colocado sea correcto y evitar espacios vacíos que harían fallar la impermeabilidad del tanque.

En lo referente al encofrado, este deberá ser cuidadosamente elaborado, y evitar separaciones que provoquen lechado del concreto, por ningún motivo debe aceptarse esta situación; el espaciamiento de los refuerzos del encofrado deberán ser diseñados para evitar que esta se deforme al momento de colocar la fundición.

#### **4.3.1. Planos típicos**

Los planos típicos para la construcción de tanques de distribución de concreto armado para sistemas de agua rural se adjuntaran en el anexo.

### 4.3.2. Aspectos presupuestarios

En el siguiente cuadro se toman en cuenta los aspectos presupuestarios más importantes en lo que se refiere a tanques de concreto de armado, tomando en cuenta los accesorios más utilizados en Guatemala.

Tabla VI. **Tanques de concreto armado**

**NOMBRE DEL PROYECTO:**

**CÓDIGO:**

**LUGAR:**

**MUNICIPIO:**

**DEPARTAMENTO:**

Descripción: <b>tanque de almacenamiento de concreto armado xxx m3</b>				
		Cantidad: <b>1</b>	Unidad: <b>U</b>	
<b>MATERIALES Y EQUIPO</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
Varilla de hierro liso grado 40 , Ø "		Varilla		Q
Varilla de hierro corrugado grado 40, Ø "		Varilla		Q
Cemento tipo portland XXX PSI		Saco		Q
Clavo de 2"		Libras		Q
Clavo de 3"		Libras		Q
Alambre de amarre		Libras		Q
Candados para intemperie		Unidad		Q
Tabla 12" x1"x9'		Docena		Q
Regla 3" x 3" X 8'		Docena		Q
Piedrín triturado		m <sup>3</sup>		Q
Arena de río		m <sup>3</sup>		Q
Tubo con campana PVC Ø entrada 160 PSI		Unidad		Q
Tubo con campana PVC Ø salida 160 PSI		Unidad		Q
Sifón a seguir Ø salida		Unidad		Q
Codo de 90 grados Ø entrada		Unidad		Q
Codo de 90 grados Ø salida		Unidad		Q
Válvulas de compuerta de br. Ø salida		Unidad		Q
Adaptador macho PVC Ø de salida		Unidad		Q
				Q
<b>Total de material</b>				<b>Q</b>

Continuación de la tabla VI.

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Excavación		m <sup>3</sup>		
Tratamiento y compactación de cimentación de tanque		m <sup>2</sup>		
Corte armadura de cimentación, piso, muros y losa de tanque.		m <sup>2</sup>		
Fundición monolítica de cimentación, piso, muros y losa de tanque de concreto armado.		m <sup>2</sup>		
Formaleteado de muros de Tanque de concreto armado.		m <sup>2</sup>		
Tallado interno y externo de muros de tanque		m <sup>2</sup>		
Formaleteado para losa de techo de tanque		m <sup>2</sup>		
Desencofrado de muros y losa de tanque		m <sup>2</sup>		
Construcción de cajas de válvulas y accesorios de entrada y salida		Unidad		
<b>Total de mano de obra</b>				Q
INTEGRACIÓN DEL PRECIO				
<b>Costo directo (material y equipo+flete, mano obra)</b>				
<b>% de costos indirectos</b>				
<b>Costo total</b>				
<b>Costo unitario</b>				

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro anterior se toman en cuenta los aspectos presupuestarios más importantes para la construcción de tanques de distribución de concreto armado para sistemas de agua potable rurales.

#### 4.3.3. Cronograma de construcción

Generalmente, en todo contrato de obra que se tenga, previo al inicio de la ejecución, es requisito presentar un cronograma de actividades, instrumento que servirá de referencia para supervisar el avance de la obra y proyectar su

finalización; esta programación está íntimamente relacionada para estimar los desembolsos de trabajo y de pagos, de acuerdo con el avance de la obra.

Tabla VII. **Cronograma de tanques de distribución de concreto armado**

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICO Y FINANCIERO

NOMBRE DEL PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE

CÓDIGO:

LUGAR:

MUNICIPIO:

DEPARTAMENTO:

No.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	%	MES 1			MES 2			MES 3			
1	<b>OBRAS HIDRÁULICAS</b>															
1.1	Excavación															
1.2	Compactación de cimentación de tanque															
1.3	Fundición de cimentación de tanque															
1.4	Formaleteado de muros de Tanque															
1.5	Fundición de muros de Tanque															
1.6	Tallado interno y externo de muros de Tanque															
1.7	Formaleteado para losa de tapadera de tanque															
1.8	Amaduría de Losa De concreto tapadera de tanque															
1.9	Fundición de losa de tapadera de tanque															
1.10	Desencofrado de losa															
1.11	Construcción de cajas de válvulas y accesorios de entrada y salida															
	<b>TOTAL</b>				Q - 100,00		<b>INVERSION ESTIMADA POR MES</b>									
	INVERSIÓN ESTIMADA MENSUAL (%)															
	INVERSIÓN ACUMULADA MENSUAL (%)															
	INVERSIÓN ESTIMADA MENSUAL ( Q )						Q -		Q -		Q -		Q -		Q -	
	INVERSIÓN ACUMULADA MENSUAL ( Q )						Q -		Q -		Q -		Q -		Q -	

Fuente: elaboración propia.



#### **4.3.4. Descripción y análisis de metodologías**

Para iniciar cualquier fundición, el supervisor verificará el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Que la formaleta cumpla con las especificaciones, técnicas, económicas y disposiciones especiales.
- Que el acero de refuerzo cumpla con lo indicado en los planos.
- Que se limpie de toda partícula extraña o concreto endurecido, el interior de la revolvedora y el equipo de conducción.
- Que el personal destinado a la ejecución de la fundición sea suficiente y apropiado.
- Que los materiales que van a intervenir en la elaboración del concreto satisfagan las condiciones de calidad descritas.

Entre los elementos que deben de tomarse en cuenta en la construcción de tanques de concreto armado están:

- Hierro de refuerzo: elementos estructurales hechos de acero, que se usan asociados con el concreto para absorber cualquier enlace de refuerzos. Dentro de esta definición están comprendidos las varillas, alambres, cables, barras, hembras, perfiles laminados, rieles, mallas de alambre, metal desplegado y cualquier otra sección o elemento estructural que se use dentro o fuera del concreto.

- Recubrimientos: debe de proporcionarse un recubrimiento mínimo de concreto a las varillas de refuerzo, cables preesfuerzo o ductos. Para manojos de varillas, el recubrimiento mínimo será igual al diámetro equivalente del paquete, pero no mayor de 5 cm. o el mínimo que se tabula a continuación, el que sea mayor.
  - Concreto fundido en el lugar, fundido en contacto con el terreno y permanentemente expuesto a los 7 centímetros.
  - Expuesto al terreno o al intemperismo 4 centímetros.
  - No expuesto al intemperismo ni en contacto con el terreno.

#### **4.4. Metodología para la construcción de tanques de distribución elevados de metal**

Los factores más importantes que afectan el diseño de un tanque metálico elevado son la localización, exploración del entorno, dimensiones previas, estudio de suelos y planos

- Localización: es importante conocer las características y dimensiones del lugar donde se va a construir el tanque, buscando la localización y orientación adecuada.
- Exploración del entorno: de ser posible, deben tenerse los datos actuales de las condiciones naturales, accesos, proximidades a cambios geográficos, localización de factor de sismo en el mapa de macrozonificación de zona sísmica, vientos más comunes en los últimos 20 años, etc.

- Dimensiones previas: por medio del estudio del ingeniero hidráulico, se determina la capacidad del tanque, la altura de la torre entre el suelo y la parte inferior del tanque y del proyectista, topografía del lugar, localización y exploración del entorno.
- Estudio de suelos: es uno de los principales factores para empezar a desarrollar el diseño del tanque metálico elevado. Se investiga la capacidad soporte del suelo que se va a utilizar, sus características mecánicas y el factor de importancia del tanque metálico elevado, según su uso. Este estudio, previo al proyecto y a la construcción, es necesario para saber qué sistema y procedimiento de construcción se va a seguir; se hará un muestreo del suelo en toda el área que será ocupada por la cimentación o que le afecte directa o indirectamente y en la profundidad que llegará la influencia del tanque elevado.

Para lograr obtener los datos definitivos sobre las características del suelo es necesario un estudio serio del mismo, para asegurarse que el tanque será estable. Es preciso obtener en forma adecuada las muestras de suelo, para realizar las pruebas correspondientes. Como resultado de lo anterior, se liga estrechamente el muestreo y la realización de las pruebas de laboratorio.

Los pasos a seguir para la realización de un estudio de suelos son:

- Determinar el sitio donde se construirá el tanque y localización de muestras.
- Realizar las perforaciones para obtener las muestras. Se determina el mínimo de dos perforaciones, que se marcarán en posición diagonal a las columnas del tanque, tendrán de 4 a 6 metros de distancia o

separación en cada extremo de las columnas. Para estas perforaciones se recomiendan los pozos de cielo abierto realizados a mano, como mínimo de 4.00 metros de profundidad y 0.90 metros de diámetro.

- Identificar visualmente la conformación del suelo de cada una de las perforaciones y registrarlas en gráficas; se anotan los estratos del suelo de cada perforación. En el caso de haber nivel freático, indicar la cota.
- La obtención de muestras se formará de estas perforaciones de donde se extraerán de las paredes de los pozos, muestras inalteradas de los estratos, tratando de aproximarlos a la cimentación del tanque (estas muestras se recubren de parafina y se trasladan a un laboratorio de suelos para analizarlas).
- Ensayos de laboratorio: con estas muestras se determina el contenido natural de humedad y el tipo de estrato del subsuelo, identificándolos con sus características propias como tipo, color, plasticidad, contenidos orgánicos, suelo natural o relleno y peso.
- Se determina la capacidad soporte permisible del suelo, y se realizan ensayos de corte directo rápido, drenado y consolidado, de identificación y compresión.
- Se determina el tipo de cimiento que se va a utilizar con base en los resultados del estudio de suelos, peso de la estructura del tanque, torre y cimiento aproximado; se redefine el factor de seguridad y el tipo de cimentación que debe utilizarse (aislada, combinada, continua o con pilotes).

- La cota mínima y máxima del cimiento, será producto del análisis de los estratos del suelo y las curvas de capacidad permisibles.
- El informe de suelos deberá contener por lo menos: el croquis de localización del tanque; perforaciones e influencias externas; descripción detallada de la perforación con los estratos del suelo por capas; resumen de resultados con diagramas, gráficas y reportes de laboratorio. Se hará una recomendación de las necesidades de los tratamientos previos a la fundición de la cimentación, así como de la forma y tiempo del llenado del tanque para controlar los posibles asentamientos en los cimientos. Con lo descrito, el estudio de suelos será significativo para el diseño de tanques metálicos elevados.
- En el momento de la excavación de la cimentación, el ingeniero debe aclarar las condiciones de esta y verificar que sean lo más parecidas a las perforaciones del estudio de suelos, para ver si existen cambios en las condiciones y asegurar la estabilidad de la obra.

Los planos de diseño y de taller se explican a continuación:

- Planos de arquitectura: estos han de contener el diseño completo con medidas, secciones y localización relativa de los diversos miembros. Se busca que estén los dibujos en forma secuencial a la realización del proyecto, plantilla y detalles de cimientos, cuerpo de la torre con tanque, detalles de la torre y del tanque; todo será acotado a ejes y proyecciones exteriores; se deben de acotar los niveles de la torre. En los detalles de uniones en cimientos, torre, tanque y accesorios, ha de dibujarse a una escala suficientemente grande, para mostrar en forma adecuada la información. Estos planos son para el proyectista, cliente, constructor,

supervisor y las autoridades municipales. Deben contener las firmas de responsabilidad del diseñador y del fabricante del tanque metálico elevado.

- Gráficos, diagramas, y memoria de diseño: estos han de contener el diseño completo con medidas, secciones, proyecciones, detalles y localización de todos los miembros. Se acotarán todos los componentes. Han de dibujarse para mostrar en forma adecuada toda la información. En ellos se indicará el tipo de construcción según su destino, las cargas supuestas de las fuerzas cortantes, momentos y fuerzas axiales que han de ser resistidos por todos los miembros y sus conexiones, las juntas ensambladas con tornillos de alta resistencia y los tipos de soldadura con dimensiones requeridas, para resistir esfuerzos cortantes entre las partes unidas.
- Se debe precisar el tipo de conexión que contendrá todos los datos requeridos para la preparación adecuada de los planos de taller.
- Planos de taller: antes de iniciar propiamente la fabricación de la estructura, deberán prepararse los planos de taller. Estos deberán contener la información completa para la fabricación de los elementos de la estructura, dado por los gráficos, diagramas y memoria del diseñador, incluyendo la localización, tipo y dimensiones de todos los elementos como remaches, tornillos y soldaduras. En los planos debe indicarse, cómo se efectuarán los cortes, soldaduras y de qué tipo, así como dimensiones de elementos a utilizarse y la indicación del material sobrante y su cuantificación, con el objetivo de evaluar costos reales.

- En el caso de las soldaduras debe indicarse las longitudes efectivas. En los planos de arquitectura, gráficos, diagramas, memoria de cálculo y planos de taller, se incluirán símbolos normalizados, de preferencia de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS).

#### 4.4.1. Planos típicos

Los planos típicos para la construcción de tanques de distribución de metal para sistemas de agua rural se adjuntarán en el anexo.

#### 4.4.2. Aspectos presupuestarios

En el siguiente cuadro se toman en cuenta los aspectos presupuestarios más importantes para la construcción de tanques de distribución de metal para sistemas rurales de agua potable.

Tabla VIII. Aspectos presupuestarios tanques elevados de metal

MUNICIPIO:		PROYECTO:		
DEPARTAMENTO:		UBICACIÓN:		
<b>CONSTRUCCION E INSTALACION DE TANQUE ELEVADO DE METAL DE XXX M3 y TORRE DE XXX MT</b>				
Cantidad:		1	Unidad:	U
<b>MATERIALES Y EQUIPO</b>				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>CIMENTACIÓN</b>				
Cemento tipo portland de ___PSI		Saco		Q
Arena de río		m <sup>3</sup>		Q
Piedrín triturado		m <sup>3</sup>		Q
Hierro liso grado 40 Ø		Varillas		Q
Hierro corrugado grado 40 Ø		Varillas		Q
Regla de 2" x 4" x 8'		Docena		Q
Tabla de 12" x 1" x 8'		Docena		Q
Pernos de 1" X 1mt		Unidad		Q
<b>Subtotal de material</b>				<b>Q</b>

Continuación de la tabla VIII.

<b>TORRE DE __ MTS</b>				
Tubo de acero negro de 8"		Unidad		Q
Arriostres tipo C de __" x __" x __"		Unidad		Q
Tensores tipo C de __" x __" x __"		Unidad		Q
Escalera tipo marinero con peldaños y anillos de protección @ 1'		Unidad		Q
Soldadura tipo <i>Innershield</i> serie 70 según norma ASTM A-36		Global		Q
Dos manos de pintura exterior anticorrosiva, color rojo oxido.		Global		Q
<b>Subtotal de material</b>				Q
<b>DEPÓSITO PRINCIPAL</b>				Q
<i>Manhole</i> de inspección de Ø 2'		Global		Q
Niple de entrada de Ø __"		Unidad		Q
Niple de salida de Ø __"		Unidad		Q
Niple de rebosadero de Ø __"		Unidad		Q
Escalera tipo marinero con peldaños y anillos de protección @ 1'		Unidad		Q
Escalera interior sin anillos de protección		Unidad		Q
Respiradero tipo bastón de Ø __"		Unidad		Q
Dos manos de pintura epoxica para interior del deposito		m <sup>2</sup>		Q
Dos manos de pintura exterior anticorrosiva, color rojo oxido.		m <sup>2</sup>		Q
Soldadura tipo <i>Innershield</i> serie 70 según norma ASTM A-36		Global		Q
<b>Subtotal de materiales</b>				Q
<b>Total de material</b>				Q



Continuación de la tabla VIII.

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>CIMENTACIÓN</b>				
Limpieza y preparación del área		m <sup>2</sup>		Q
Excavación para cimentación y vigas amarre		m <sup>3</sup>		Q
Armaduría de zapatas		m <sup>2</sup>		Q
Armaduría de columnas		Metros		Q
Armaduría de vigas de amarre		Metros		Q
Fundición de zapatas		m <sup>3</sup>		Q
Fundición de columnas		m <sup>3</sup>		Q
Fundición de vigas de amarre		m <sup>3</sup>		Q
<b>sub total mano de obra</b>				Q
<b>TORRE DE 15 MTS</b>				
Ensamblaje de patas de torre		Unidad		Q
Corte y ensamblaje de arriostres		Unidad		Q
Corte y ensamblaje de tensores		Unidad		Q
Corte y ensamblaje de escalera tipo marinero		Unidad		Q
Transporte de piezas a la obra		Global		Q
Armadura de torre y soldadura		Global		Q
Dos manos de pintura exterior anticorrosiva, color rojo óxido		Unidad		Q
Levantado de torre y centrado		Global		Q
<b>subtotal mano de obra</b>				Q
<b>DEPÓSITO PRINCIPAL</b>				
Corte y ensamblaje del cuerpo del depósito		Global		Q
Corte y ensamblaje del cono inferior del deposito		Unidad		Q
Corte y ensamblaje del cono superior del deposito		Unidad		Q
Corte y ensamblaje de escalera tipo marinero		Unidad		Q
Corte y ensamblaje de escalera interior		Unidad		Q
Instalación de accesorios de entrada, salida, rebose y respiradero		Global		Q
Corte y ensamblaje de <i>manhole</i> de inspección		Unidad		Q
Dos manos de pintura epoxica interior		m <sup>2</sup>		Q
Dos manos de pintura exterior anticorrosiva, color rojo óxido.		m <sup>2</sup>		Q
Traslado de depósito al área de instalación		Km		Q
Levantado de depósito y colocación sobre la torre		Global		Q
Transporte de piezas a la obra		Km		Q
<b>subtotal mano de obra</b>				Q
<b>Total de mano de obra</b>				Q
<b>INTEGRACIÓN DEL PRECIO</b>				
<b>Costo directo (material y equipo+flete, mano obra)</b>				Q
<b>% de costos indirectos</b>				Q
<b>Costo total</b>				Q
<b>Costo unitario</b>				Q

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.3. Cronograma de construcción

En todo contrato de obra que se tenga, previo al inicio de la ejecución, es requisito presentar un cronograma de actividades; dicho instrumento servirá de referencia para supervisar su avance de acuerdo con lo programado y servirá de base para estimar los desembolsos correspondientes.

Tabla IX. Cronograma de ejecución de tanques elevados de metal

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICO Y FINANCIERO

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCION E INSTALACIÓN DE TANQUE ELEVADO DE METAL DE XXX M3 Y TORRE DE XXX METROS

CÓDIGO:

LUGAR:

MUNICIPIO:

DEPARTAMENTO:

No.	Reglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	%	MES 1			MES 2			MES 3		
1	Construcción e instalación de tanque elevado de metal														
1.1	Cimentación del tanque elevado y vigas de amarre														
1.2	Construcción e instalación de Torre de tanque elevado														
1.3	Construcción e instalación de cuerpo de tanque elevado														
<b>TOTAL</b>					Q -	100,00	<b>INVERSION ESTIMADA POR MES</b>								
INVERSIÓN ESTIMADA MENSUAL (%)															
INVERSIÓN ACUMULADA MENSUAL (%)															
INVERSIÓN ESTIMADA MENSUAL ( Q )							Q -			Q -			Q -		
INVERSIÓN ACUMULADA MENSUAL ( Q )							Q -			Q -			Q -		

Fuente: elaboración propia.

#### **4.4.4. Descripción y análisis de las metodologías**

Para el procedimiento de soldadura, deben tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones:

Uno de los factores determinantes para el proceso de soldadura son las dilataciones térmicas, porque al soldar las placas de acero del fondo, casco y techo, se presentan deformaciones, debido a que el incremento de temperatura es del orden de 2204°C a 13870°C (4,000°F a 2,500°F), dependiendo del proceso que se utilice.

Como el coeficiente de expansión o contracción térmica del material es del orden de 0.01651 mm para cada 38°C (100°F), se encogerá 1.6 mm. (1/16 pl.). Si se suman estas contracciones al diámetro del fondo para tanques de grandes dimensiones o las que se requieran en el casco de un tanque, la magnitud ya es considerable.

Debido a ello, es necesario considerar un procedimiento de soldadura que permita evitar las deformaciones que se presentan, recomendando que la secuencia de soldado se inicie en el centro del tanque y avance hacia la periferia del fondo, soldando juntas longitudinales y, a continuación, las placas del anillo anular, si estas existieran; dejando pendientes las soldaduras transversales del fondo, mismas que serán terminadas cuando se haya avanzado en las soldaduras del primer anillo del casco.

Las pequeñas deformaciones que se permitan en el primer anillo deben ser las mínimas dentro de las tolerancias permitidas por el estándar; de lo contrario, se reflejarán en los últimos anillos, pero amplificando más o menos diez veces, por lo que las soldaduras verticales del casco deben ser alternadas

por el procedimiento de retroceso, para obtener una verticalidad y circularidad aceptable.

El procedimiento debe llevar un estricto control de las dimensiones del casco, a medida que se van montando las placas de cada anillo, pero tomando en cuenta que las últimas soldaduras de cierre deberán ser siempre a una hora tal del día que se tenga la misma, temperatura, medida directamente sobre la superficie del material, con el fin de controlar la expansión térmica que en grandes tanques puede llegar a ser del orden de 38 mm. (1 1/2 pl.).

Por supuesto que se usarán herrajes que requieran el procedimiento con el objeto de mantener correctas las dimensiones y llevando un registro minucioso de las mismas, para decidir en el momento oportuno, las correcciones pertinentes, debido a alguna desviación fuera de tolerancia.

Se recomienda dejar una placa del primer anillo sin soldar para ser utilizada como puerta, la cual solo se removerá en caso absolutamente necesario para acceso de material o equipo, con la condición de que esté hecha la primera soldadura horizontal, excepto tres pies, mínimo a cada lado de dicha puerta y que lateralmente se tengan instalados canales de refuerzo de 304.8 mm (12 pl.) de longitud. Para su terminación, se seguirá el método explicado para las placas principales.

Para aplicar la soldadura de filete entre el primer anillo y la placa anular o la placa del fondo, se debe precalentar una longitud de 304.8 mm. (12 pl.). Hacia arriba del primer anillo, a una temperatura de 100° C a 150° C, las soldaduras de traslape de las placas del techo solo se harán por la parte exterior y donde existan zonas de flexión se recomendarán puntos de soldadura a cada 304.8 mm. (12 pl.), en su parte interior, porque la doble soldadura es

más perjudicial que benéfica, ya que, por el tipo de soldadura que se va a realizar (posición sobre cabeza), será muy difícil evitar el socavado que reduce el espesor de la placa.

Con el fin de verificar si la soldadura ha sido bien aplicada, se utilizarán varias formas de inspección. Entre ellas están el radiografiado, la prueba de líquidos penetrantes y, en ocasiones, el ultrasonido. La prueba más comúnmente utilizada es la de radiografiado, la cual puede ser total o por puntos.

También es necesario realizar pruebas de dureza en las soldaduras horizontales y verticales que se efectúan durante la construcción del tanque y, muy especialmente, en las soldaduras reparadas, así como también en las zonas cercanas a estos cordones.

Al usar acero estructural, el material que se ajuste a las normas establecidas, podrá ser usado bajo estas especificaciones:

- Acero estructural con límite de fluencia mínimo de  $29.5 \text{ Kg/mm}^2$  y con un espesor máximo de 12.7 mm, ASTM A52.
- Tubos de acero, con o sin costura, negros y galvanizados, por inmersión en caliente, ASTM A53.
- Tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en frío, con o sin costura, de sección circular o de otras formas, ASTM A500.
- Acero estructural, ASTM A36 14.

- Lámina de acero de baja aleación y alta resistencia, laminada en caliente y en frío, resistente a la corrosión, ASTM A606.
- Lámina de acero al carbono, laminada en caliente, para uso estructural, ASTM A570.

El fabricante deberá presentar los informes certificados de las pruebas de laboratorio de los materiales que se van a usar, de acuerdo con normas ASTM A6 o ASTM A568, para el uso aceptable de estos materiales.

Según el caso, los electrodos y fundentes para soldadura, cumplirán con la última edición de una de las siguientes normas de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS)<sup>15</sup>.

- Electrodos de acero al carbono, recubiertos para soldadura por arco eléctrico, AWS A5.1
- Electrodos de acero de baja aleación, recubiertos, para soldadura por arco eléctrico, AWS A5.5
- Electrodos de acero al carbono para soldadura, por arco con electrodo tubular continuo, AWS A5.20

La certificación del fabricante constituirá suficiente evidencia de conformidad con las especificaciones.

Para diseñar la capacidad del tanque se necesita estimar el volumen de agua en litros o galones; se hace aplicando la relación entre altura y base del cilindro ( $h/b$ ), donde la mínima recomendable es  $1/1$  y la máxima  $1.4/1$ .

Se hace un primer tanteo para la altura, hasta llegar a medidas comerciales; luego se hace un primer tanteo con el perímetro del tanque, hasta llegar a medidas comerciales para evitar cortes, hasta dejar fijo el diámetro de la base.

Luego se calcula la capacidad final del tanque, dentro de las relaciones altura sobre base indicada. Con estas medidas se determinan las dimensiones de láminas que van a utilizarse en el tanque, para obtener el mayor ahorro posible de soldaduras, cortes y mano de obra.

Las láminas en el mercado guatemalteco están clasificadas por ancho, longitud y espesor. En el caso de diseño por capacidad, lo que interesa son las medidas de láminas de 3', 4', 6' y 8' pies de ancho por 10' o 20' de longitud; pero se pueden conseguir de longitudes hasta de 40 pies de longitud y de 1/16", 3/32", 1/8", 5/32", 3/16", 1/4", 5/16", 3/8", 1/2", 5/8" pulgadas de espesor.

La torre es una armazón estructural de gran altura con la función de sostener un tanque para agua a una altura determinada. Está compuesta de un conjunto de elementos (columnas, riostras o arriostras y tensores) unidos entre sí por medio de 29 placas.

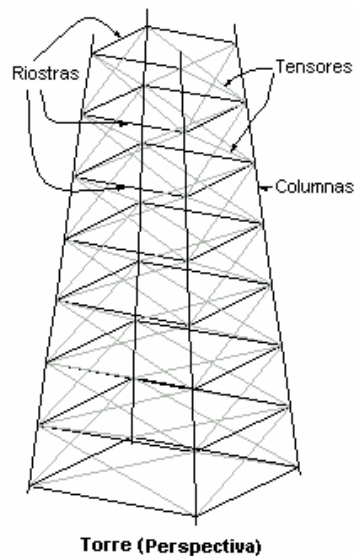
Cada uno de estos elementos debe estar diseñado lo más simple posible; las uniones entre estos elementos pueden ser soldadas, pernadas o remachadas.

Las columnas son elementos sujetos a compresión; su función principal es de sostener el tanque; estas columnas son colocadas verticalmente o ligeramente inclinadas con el zenit; está inclinación depende del diseño de viento y sismo.

Las columnas tienen una sección constante, puede ser un perfil estructural con forma tubular (redonda, cilíndrica, cuadradas, rectangulares) o tipo "I", "T" que son compuestas. El eje de las columnas no debe desviar su inclinación del zenit, por más del 10% de pendiente de su longitud y el mínimo diámetro exterior de una columna tubular excederá el 2% del diámetro nominal exterior; la sección debe estar libre de abolladuras y si existieran, no deben ser mayores que el espesor de la sección.

Los tubos y las secciones tubulares (redondas, cuadradas o rectangulares), se recomiendan para cargas medianas en las columnas, por lo fácil de calcular.

Figura 14. **Torre tanques elevados de metal**



Fuente: elaboración propia.



Algunas de las ventajas de estas secciones tubulares son:

- El miembro sujeto a compresión más eficiente, es aquel que tiene el radio de giro constante con respecto a cualquier eje que pase por su centroide, propiedad exclusiva de secciones tubulares y redondas.
- Las superficies lisas permiten pintarse con mayor facilidad.
- Tienen excelente resistencia a la torsión.
- Las superficies son bastante atractivas.
- Presentan menor resistencia cuando quedan expuestas a la acción del viento.

Para tener un completo análisis del diseño de un tanque elevado de metal se deberán tener también los respectivos análisis y diseño de:

- Columnas
- Arriostras horizontales
- Arriostras inclinadas
- Placas para riostras y columnas
- Placas de base de torre
- Zapatas
- Pedestales
- Vigas cimiento



## 5. ALTERNATIVAS

### 5.1. Alternativas y costos de operación y mantenimiento para cajas de captación

Para garantizar que las cajas de captación funcionen correctamente durante el periodo de vida útil para la cual se diseña, se deben realizar las siguientes acciones:

- Operación: es el conjunto de acciones adecuadas y oportunas que se efectúan para que todas las partes del sistema funcionen en forma continua y eficiente según las especificaciones de diseño.
- Mantenimiento: el mantenimiento se realiza con la finalidad de prevenir o corregir daños que se produzcan en las instalaciones. Se clasifican en:
  - Mantenimiento preventivo: es el que se efectúa con la finalidad de evitar problemas en el funcionamiento de los sistemas.
  - Mantenimiento correctivo: es el que se realiza para reparar daños causados por acciones extrañas o imprevistas, o deterioros normales del uso.

De la buena operación y mantenimiento de un sistema de agua potable depende que el agua que se consuma sea de buena calidad, y que se tenga un servicio continuo y en la cantidad necesaria.

Además permitirá garantizar la vida útil del sistema y disminuir los gastos de reparaciones. Deben tomarse en cuenta los aspectos siguientes:

- Responsable de la operación, funcionamiento y mantenimiento: la junta administradora de servicios de saneamiento o comités de administración operación y mantenimiento serán los responsables de la operación y mantenimiento del sistema. El operador u operadora debe cumplir y hacer cumplir todas las funciones y responsabilidades establecidas en los estatutos y reglamentos que se refieren al operador y al usuario. A continuación, algunas de las responsabilidades:
  - Operar y mantener adecuadamente el servicio.
  - Inspeccionar periódicamente cada componente del sistema.
  - Responder ante la Junta de Administración o ante el Comité de Administración Operación y Mantenimiento sobre el estado general del sistema.
  - Llevar el registro y control de la operación y mantenimiento, haciendo un reporte mensual a la Junta de Administración o el Comité de Administración Operación y Mantenimiento, entidad responsable.
  - Informar a la entidad responsable sobre las necesidades de adquisición de materiales, herramientas, repuestos e insumos para el buen funcionamiento del sistema, en tiempo para su óptima adquisición.

- El operador u operadora deberá vivir en la comunidad a la que representa, ser usuario, saber leer y escribir, ser mayor de 18 años y haber participado en los talleres de capacitación para operadores y en las actividades de interés comunal.
- Es importante que durante la ejecución se capacite al personal operativo, principalmente a los órganos que tomarán el control en su fase de operación.
- Operación y mantenimiento de captación en manantiales: la captación de manantial es una estructura que permite recolectar el agua del manantial que fluye horizontalmente. Cuando el manantial está en ladera y concentrado, la captación consta de tres partes: la primera, corresponde a la protección del afloramiento; la segunda, a una cámara húmeda que sirve para almacenar el agua y regular el gasto a utilizarse; y la tercera, a una cámara seca que sirve para proteger la válvula de salida.

Deben realizarse las siguientes actividades:

- Operación - puesta en marcha: para poner en marcha, abrir la válvula de salida y mantener el cono de rebose en su posición vertical. La operación se realiza luego de la limpieza y desinfección de la cámara húmeda.
- Limpieza y desinfección: esta puede ser externa e interna.
  - ✓ Limpieza externa: se inicia con la limpieza de piedra y malezas de la zona aledaña a la captación y se limpia el canal de escurrimiento y la salida de la tubería de desagüe.

- ✓ Limpieza interna: se deben realizar las siguientes acciones:
  - Abrir la tapa metálica de la cámara seca;
  - Cerrar la válvula de salida;
  - Abrir la tapa metálica de la cámara humedad;
  - Quitar el cono de rebose para que salga el agua por la tubería de limpia y desagüe;
  - Remover la tierra que se encuentra en el fondo;
  - Limpiar con escobilla la suciedad del piso, paredes y accesorios;
  - Baldear y dejar que el agua salga eliminando toda la suciedad;
  - Desinfección: con la limpieza interna solamente se elimina la suciedad por lo que se tiene que desinfectar para matar todos los microbios. Esta actividad se realiza luego de la construcción o reparación de las instalaciones. Para desinfectar se necesitan los siguientes materiales: hipoclorito de calcio al 30 –35%, un balde, una cuchara sopera, un trapo, guantes de hule para el operador y una escobilla.

Tabla X. **Mantenimiento cajas de captación**

FRECUENCIA	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS Y MATERIALES
<b>MENSUAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Girar las válvulas para que no se endurezcan. Dar un cuarto (1/4) de vuelta hacia la izquierda y derecha.</li> </ul>	
<b>TRIMESTRAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar las piedras y malezas de la zona cercana a la captación.</li> <li>• Limpiar el canal de escurrimiento.</li> <li>• Limpiar el dado de protección de la tubería de limpia, y desagüe y, el emboquillado del canal de limpia.</li> <li>• Aforar el rendimiento del manantial en la salida de la tubería de limpia.</li> </ul>	Pico, lámpara, machete, balde graduado en litros, reloj y libreta de campo.
<b>SEMESTRAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar y desinfectar las instalaciones.</li> <li>• Lubricar y aceitar las válvulas de control.</li> <li>• Verificar la protección del afloramiento y la cámara.</li> <li>• Si hay fugas o grietas, resanar la parte dañada utilizando igual cantidad de cemento y arena.</li> <li>• Proteger con pintura anticorrosiva la válvula de control.</li> </ul>	Escobilla, escoba, brocha, lija, hipoclorito, pintura, cemento, arena.
<b>ANUAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pintar elementos metálicos (tapas válvula de control, etc.).</li> <li>• Pintar paredes exteriores y techo de la captación.</li> </ul>	Brocha, lija, pintura

Fuente: elaboración propia.

Algunas recomendaciones para el mantenimiento de cajas de captación son las siguientes:

- La captación debe tener una adecuada protección para evitar la contaminación del agua. Se deberá sellar la zona del afloramiento e instalar una tapa sanitaria provista de un seguro para evitar que manos extrañas la retiren.
- La salida de la tubería de limpieza y desagüe debe protegerse con una malla metálica para evitar la entrada de animales pequeños.
- Instalar un cerco perimétrico para evitar que personas y animales puedan dañar la estructura.
- Después de cada limpieza o reparación será necesario desinfectar la cámara húmeda.
- Si hay fugas o grietas, resanar la parte dañada.

## **5.2. Alternativas, costos de operación y mantenimiento para tanques de concreto ciclópeo y tanques de concreto armado**

Los tanques de distribución son estructuras que sirven, por un lado, para almacenar el agua y abastecer a la población, y por otro, para mantener una presión adecuada en las redes y dar un buen servicio.

El reservorio de distribución consta de dos partes: la primera, el depósito de almacenamiento; y la segunda, las cajas de válvulas donde se encuentran las válvulas de control de entrada y salida del agua, de limpieza y rebalse.



Para poner en operación, se debe abrir la válvula de entrada al reservorio y la salida hacia la red de distribución. Cerrar la válvula de desagüe y limpieza.

La operación se realiza luego de la limpieza y desinfección de la parte interna del depósito de almacenamiento.

Para la limpieza y desinfección del área exterior se deben realizar los siguientes pasos:

- Abrir el candado y levantar la tapa de la caseta de válvulas;
- Limpiar las piedras y malezas de la zona que rodea al reservorio;
- Limpiar las paredes y el techo exterior del reservorio;
- Limpiar el canal de limpia o desagüe;
- Proteger la tubería de desagüe para evitar la entrada de animales pequeños;
- Asimismo, limpiar el dado de protección de la tubería de desagüe y el emboquillado del canal de limpieza.

Para realizar la limpieza interior se deberán realizar los siguientes pasos:

- Cerrar la válvula de entrada y la de salida, luego abrir la válvula de desagüe;
- Levantar la tapa de inspección para comprobar si está vacío el tanque;

- Cerrar la válvula del *by pass* si lo tuviera y abrir la válvula de ingreso de agua al tanque;
- Aprovechando el agua que ingresa, con una escobilla limpiar las paredes y el fondo del tanque;
- Con un balde echar agua a las paredes interiores hasta que esté eliminada toda la suciedad;
- Desinfección: la desinfección se realiza después de la construcción y/o reparación de la parte interna del depósito de almacenamiento.

Tabla XI. **Mantenimiento de tanques de concreto ciclópeo y concreto armado**

Frecuencia	Actividades	Herramientas y Materiales.
Mensual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maniobrar las válvulas de entrada, salida y rebose para mantenerlas operativas.</li> <li>• Reponer el cloro en el hipoclorador.</li> </ul>	
Trimestral	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar piedras y malezas de la zona cercana al tanque.</li> <li>• Limpiar el dado de protección de la tubería de limpieza y desagüe y, el emboquillado del canal de limpia.</li> <li>• Limpiar el canal de escurrimiento.</li> </ul>	Pico, lámpara, machete, balde graduado en litros, reloj y libreta de campo.

Continuación de la tabla XI.

<p>Semestral</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar y desinfectar el tanque.</li> <li>• Lubricar y aceitar las válvulas de control.</li> <li>• Revisar el estado general del tanque y su protección, Si es necesario resanarlo.</li> <li>• Verificar el estado de la tapa sanitaria y de la tubería de ventilación.</li> <li>• Proteger con pintura anticorrosiva las válvulas de control.</li> <li>• Pintar las escaleras del reservorio.</li> </ul>	<p>Escobilla, escoba, brocha, lija, hipoclorito, pintura, cemento, arena.</p>
<p>Anual</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener con pintura anticorrosiva todos los elementos metálicos.</li> <li>• Pintar las paredes externas y el techo del reservorio.</li> </ul>	<p>Brocha, lija, pintura</p>

Fuente: elaboración propia.

Algunas recomendaciones para el mantenimiento de tanques de concreto ciclópeo y tanques de concreto armado son las siguientes:

- Después de cada limpieza y reparación se deberá desinfectar el tanque.
- Instalar un cerco perimétrico para evitar que las personas y los animales puedan dañar a la estructura y reparar cuando sea necesario.
- El reservorio debe tener una tapa sanitaria que la proteja o impida la entrada de la suciedad.

- Además, esta deberá asegurarse para evitar la manipulación de personas ajenas.
- Proteger la tubería de limpieza y desagüe con una malla para evitar la entrada de los animales pequeños.
- Asimismo proteger con un emboquillado el canal de limpieza.
- Observar si existen fugas o grietas en la estructura para proceder de inmediato a resanar la parte dañada con igual cantidad de cemento y arena.

### **5.3. Alternativas y costos de operación y mantenimiento para tanques elevados de metal**

Quando el cuerpo del interior de los tanques está en íntimo contacto con el agua, se origina oxidación, con dos graves consecuencias: se contamina el agua y se deteriora el metal, mismo que se cae en pedazos por dentro, deteriorando el grosor de la pared, por lo que se pierde resistencia, hasta que viene la perforación o estallido del cuerpo, que inevitablemente deberá ser sustituido.

El mantenimiento consiste principalmente en lavar, *sand blast* (arena a presión) interior y exterior del depósito, así como la aplicación de material anticorrosivo (pintura) que resista por dentro y la intemperie por fuera, para formar una barrera que impida la contaminación del agua en su almacenamiento, y a la vez proteja el cuerpo del tanque, alargando así la vida útil del tanque al prevenir la oxidación de las paredes, lo cual evita que se tenga

que cambiar o sustituir el mismo por el deterioro de las paredes internas debido a la oxidación.

Los tanques que almacenan el agua potable sufren acumulación de impurezas, suciedad, partículas en suspensión y muchos otros elementos. La mayor parte de ellos quedan sedimentados en la base de los tanques o en las paredes en forma de bio-película que llegan a transformarse y con el transcurso del tiempo, se convierten en capas gruesas de barro, provocando la contaminación del agua a niveles no potables o tóxicos.

Es necesario implementar actividades de limpieza, desinfección e inspección sanitaria de los diversos componentes del tanque de almacenamiento, garantizando a los usuarios que al almacenar el líquido después de un proceso de lavado, cuenta con buenas condiciones de salubridad, ya que se tendrá un buen equipo y personal e infraestructura para que el mantenimiento, lavado y desinfección de tanques cumpla con los requerimientos de salubridad necesarios, y que se pueda almacenar el agua en grado de potabilidad y apta para consumo humano, eso se confirmará a través de análisis bacteriológicos y físicoquímicos de muestras de agua obtenidas en dicho tanque y que cumpla la norma COGUANOR en cuanto a su cuidado.

Para que el agua potable esté en condiciones de ser utilizada para beber o cocinar es de vital importancia revisar y desinfectar los tanques o cisternas cada tres meses.

En la revisión se debe controlar con especial cuidado los flotadores, válvulas y el correcto cierre del depósito de almacenamiento.

En el complemento se deberá seguir el mismo protocolo que se ha indicado para la operación y mantenimiento de tanques de concreto ciclópeo y concreto armado, así mismo las misma estimación para su costo de operación y mantenimiento en su vida útil para mejorar la calidad de vida del grupo objetivo.

## CONCLUSIONES

1. El agua potable es el elemento más importante para la vida del ser humano, y como es escasa, su uso debe ser racionado para lograr optimizarla de forma eficiente y eficaz, para satisfacer la demanda y garantizar el consumo de poblaciones futuras.
2. Recolectando información de forma adecuada en campo, se podrá diseñar y planear con mejor criterio la construcción y procesos metodológicos para sistemas de abastecimiento de agua potable.
3. Los principales aspectos que se deben tomar en cuenta para la selección de tecnologías en las obras de arte son la durabilidad, seguridad y economía, especialmente en la áreas rurales, ya que es posible la participación de la comunidad a través de aportes de mano de obra y sabiendo que serán abastecidos con el vital líquido, no pondrán objeción para colaborar y participar en su operación y mantenimiento.
4. Para garantizar que la dotación diseñada para los sistemas de agua potable lleguen a su destino, se debe monitorear constantemente para eliminar conexiones ilícitas y fugas que puedan existir en el sistema; también es necesario que las obras hidráulicas reciban una adecuada operación, funcionamiento y mantenimiento para que el agua potable sea accesible y llegue de forma segura a la población, eliminando así riesgos de contaminación en el sistema.

5. El estudio para la planificación de un sistema de distribución de agua potable se basa en tres aspectos fundamentales: estudios geográficos, socioeconómicos y de servicios con los que cuenta la comunidad; a partir de esta información se podrá conocer las variables del proyecto y se proporcionará un marco de referencia.



## RECOMENDACIONES

1. Se debe obtener la mayor información posible de antecedentes y hechos relacionados con el tema de agua potable por parte de las autoridades correspondientes, para agilizar el diseño y ejecución de los distintos proyectos.
2. Tomar en cuenta las normas nacionales e internacionales para diseño de acueductos rurales, para garantizar los requisitos mínimos de diseño.
3. Comprometer a la comunidad a la hora del diseño y la recolección de datos para que se le pueda dar seguimiento a la administración, operación y mantenimiento del sistema, para garantizar el funcionamiento durante el periodo de vida útil.
4. Se debe realizar de forma paralela al estudio de introducción de agua potable, el estudio de sistemas de alcantarillado sanitario y las plantas de tratamiento de aguas residuales o sistemas de saneamiento de la comunidad con el fin de analizar que el desfogue de las aguas servidas no sea dañino para el manto friático contando con la información del Instituto de Fomento Municipal, 2010.
5. Debe existir compromiso de la comunidad en cuanto a su participación en el proyecto, aportando su mano de obra no calificada, ya que la obra será para su beneficio y potencializara su desarrollo y calidad de vida.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes Sobre el Curso de Ingeniería Sanitaria I. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 170 p.*
2. BÁMACA YXQUIAC, Carlos Rafael. *Planificación y diseño del sistema de drenaje sanitario del cantón La Libertad, Olintepeque, Quetzaltenango. y de la Línea de conducción y tanque de distribución del sistema de agua potable para un sector de la zona 1 de Quetzaltenango. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1997. 65 p.*
3. CEPIS/OPS. *Especificaciones técnicas para la construcción de captaciones de aguas superficiales. Lima : COSUDE, 2004. 11 p.*
4. \_\_\_\_\_. *Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados. Lima : COSUDE, 2004. 34 p.*
5. \_\_\_\_\_. *Guías para el diseño de reservorios elevados de agua potable. Lima: COSUDE, 2005. 26 p.*
6. Instituto de Fomento Municipal. *Especificaciones generales. Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales, Guatemala: INFOM, 2010. 20 p.*

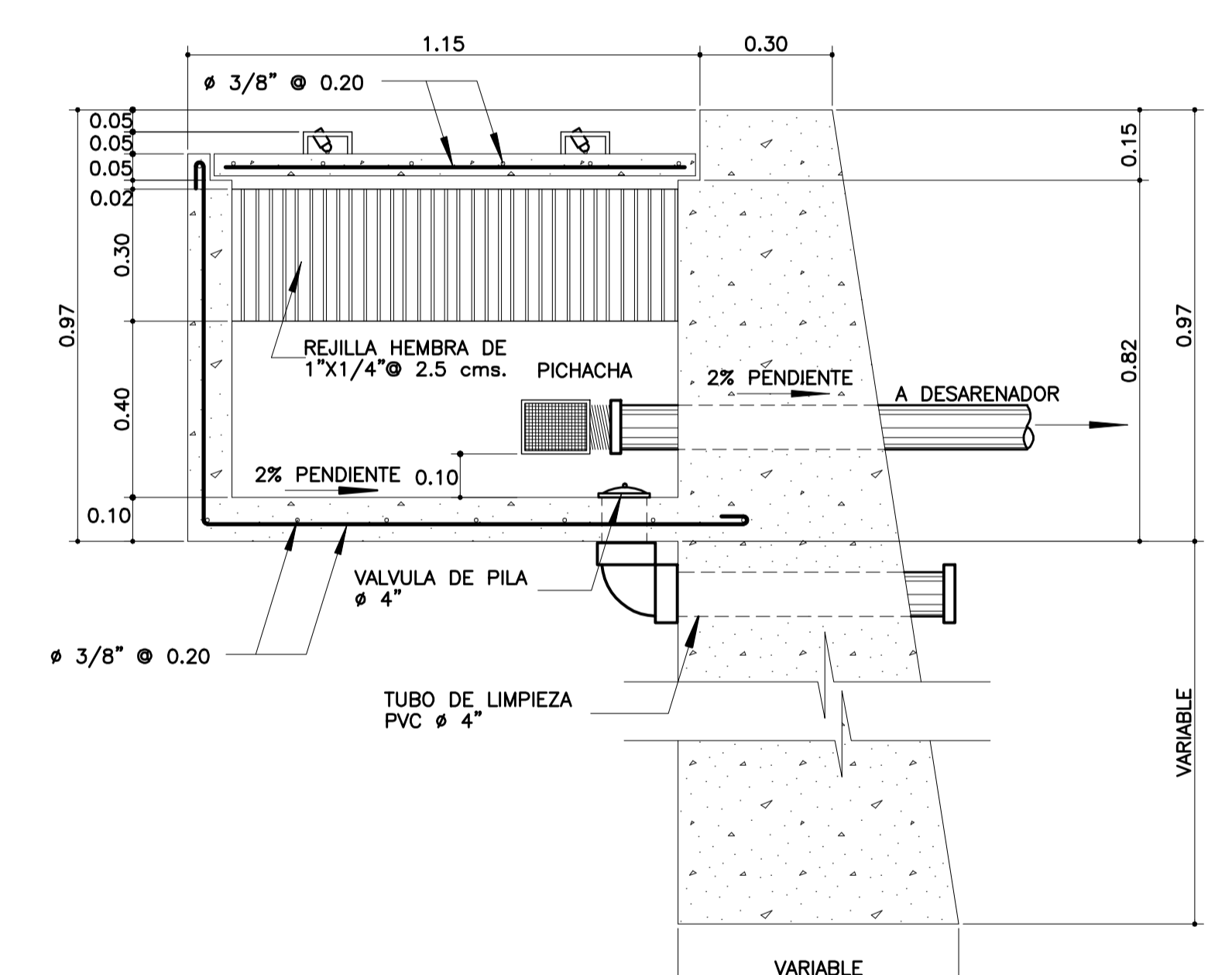
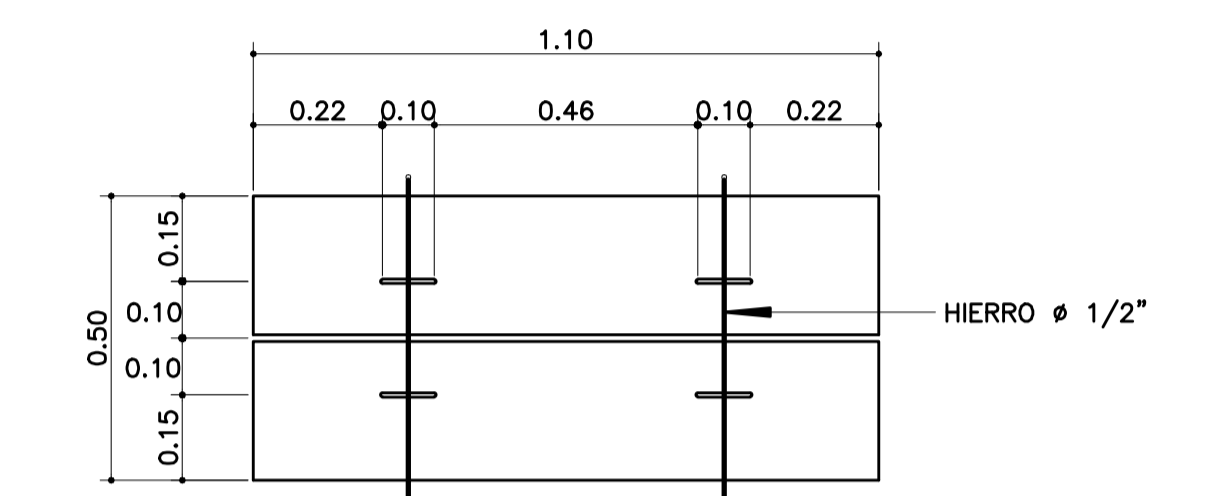
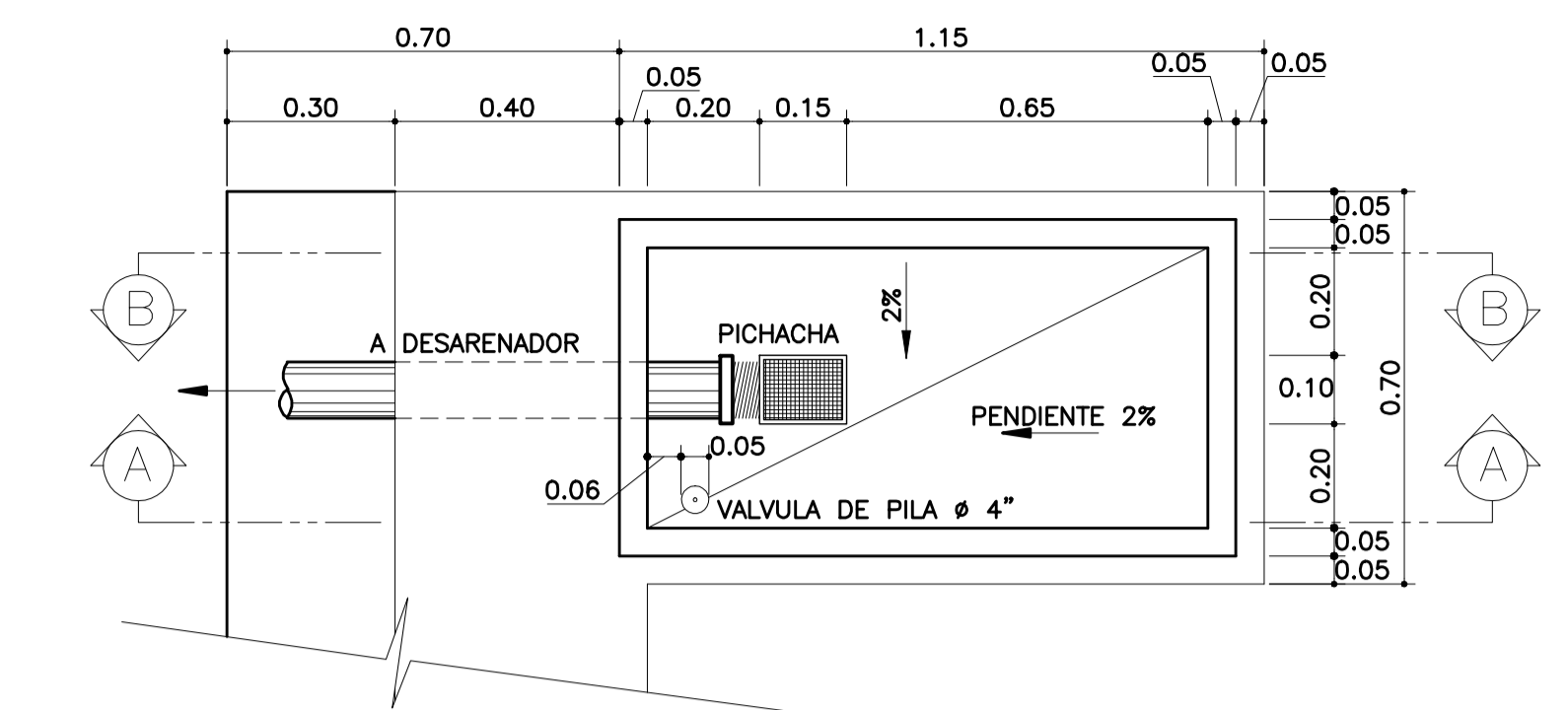
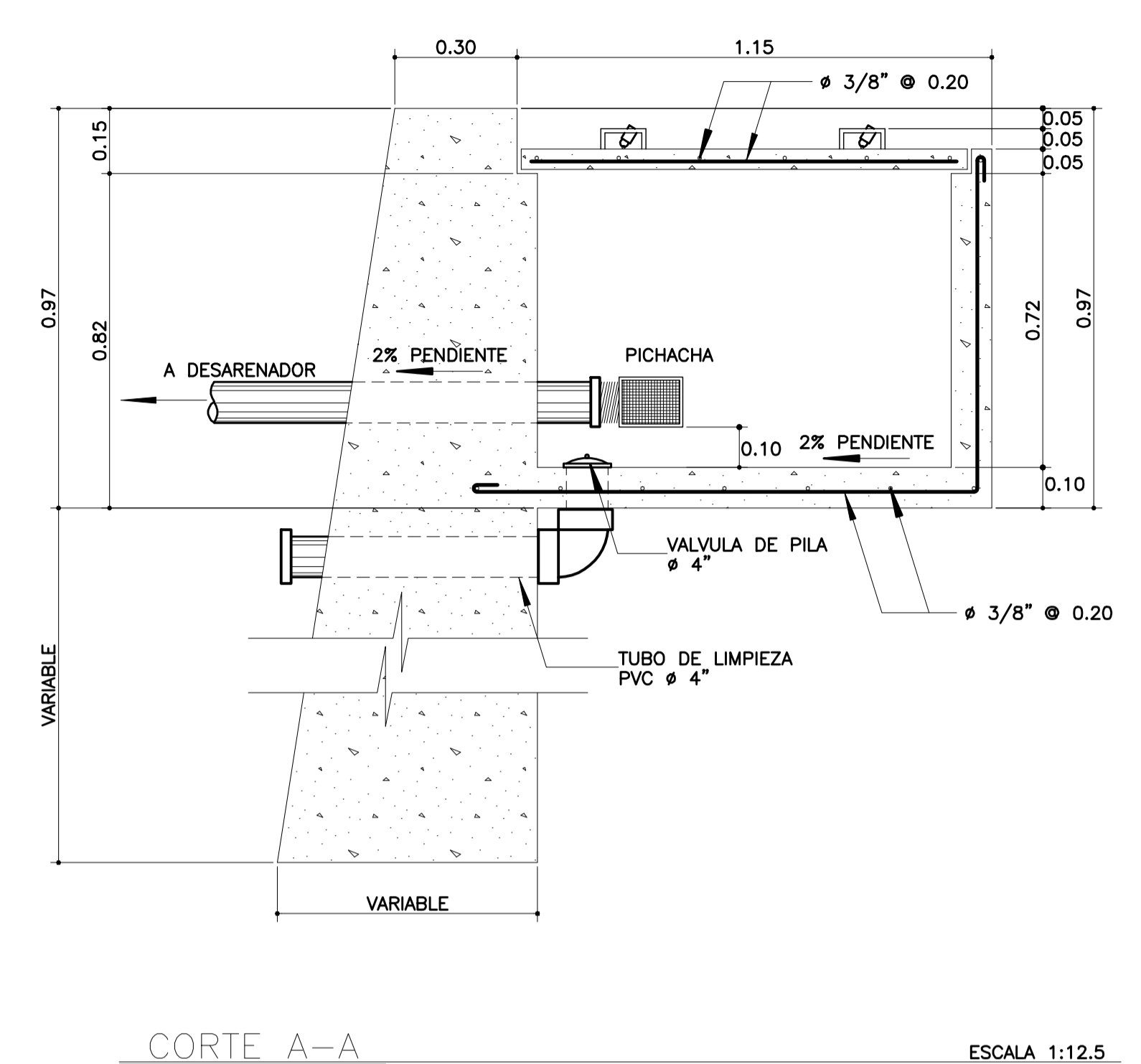
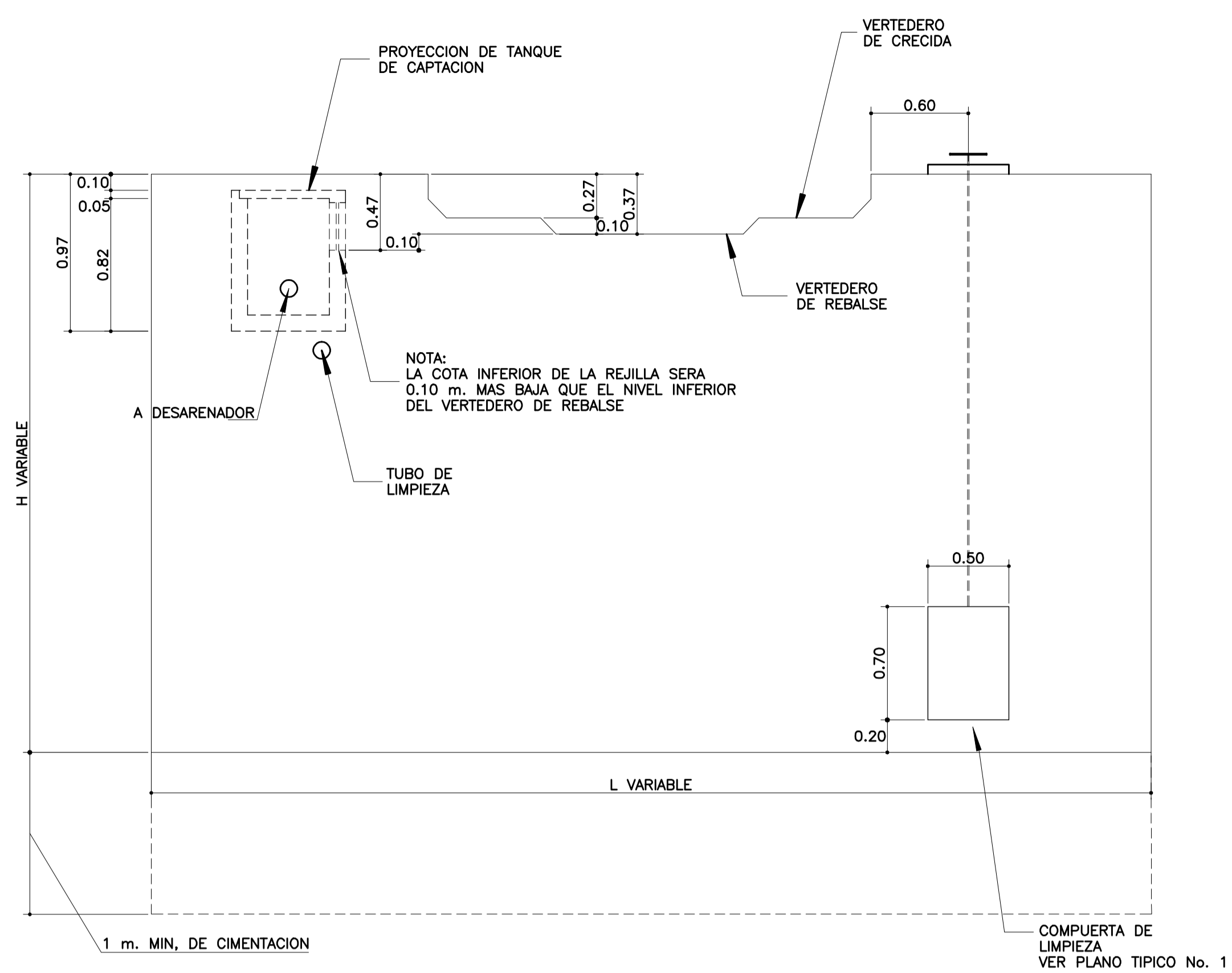
7. \_\_\_\_\_ . *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. Segunda revisión. Guatemala: INFOM, 1997. 103 p.

## **ANEXOS**

Los anexos corresponden a los planos típicos de:

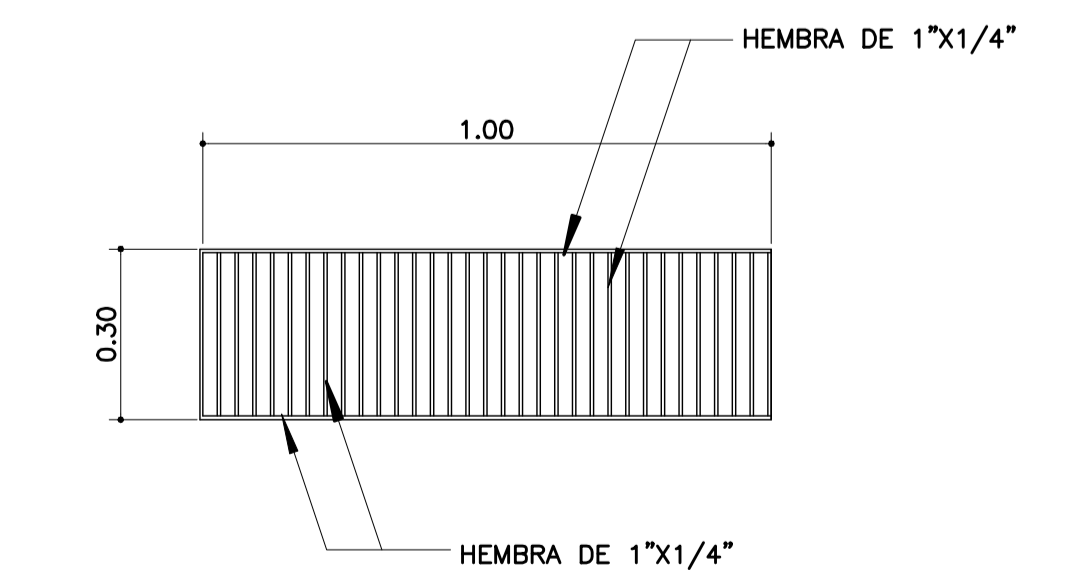
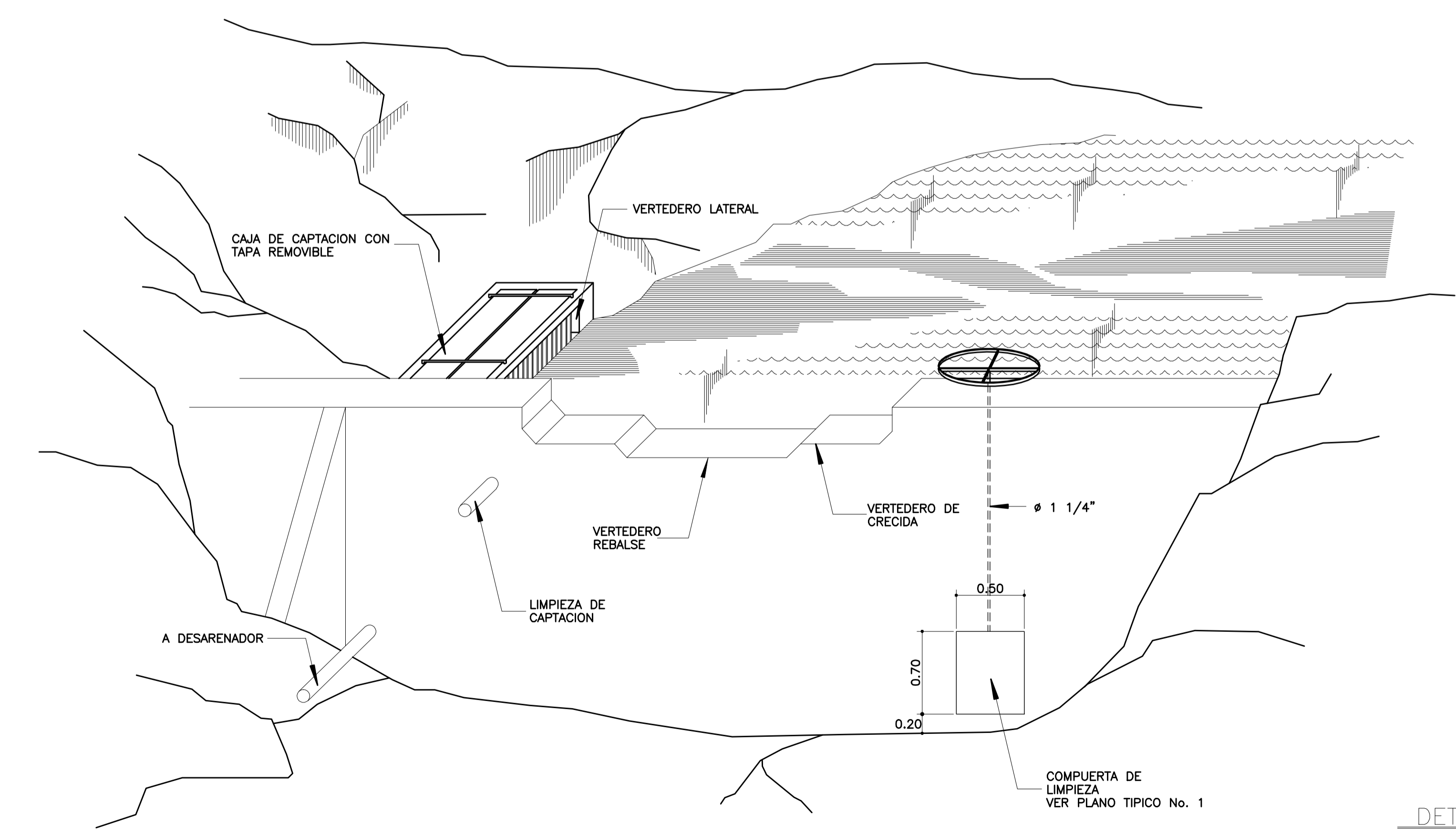
1. Captación superficial
2. Captación de brote definido
3. Tanque de distribución de 30 metros cúbicos de concreto reforzado
4. Tanque de 30 metros cúbicos de mampostería
5. Tanque elevado de 30 metros cúbicos





CORTE B-B ESCALA 1:12.5

- NOTAS:
- 1) EL CONCRETO A UTILIZAR EN LA CAJA DE LA CAPTACION SERA  $f'c=3$  KSI
  - 2) EL REFUERZO SERA  $f_y = 40$  KSI
  - 3) EL MURO SERA DE CONCRETO CICLOPEO CON PROPORCION 67% PIEDRA BOLA, 33% SABIETA 1:CEMENTO 2:ARENA DE RIO
  - 4) LA PROFUNDIDAD DE CIMENTACION SERA DE 1 m. CON RESPECTO DEL NIVEL SUPERIOR DEL CAUCE

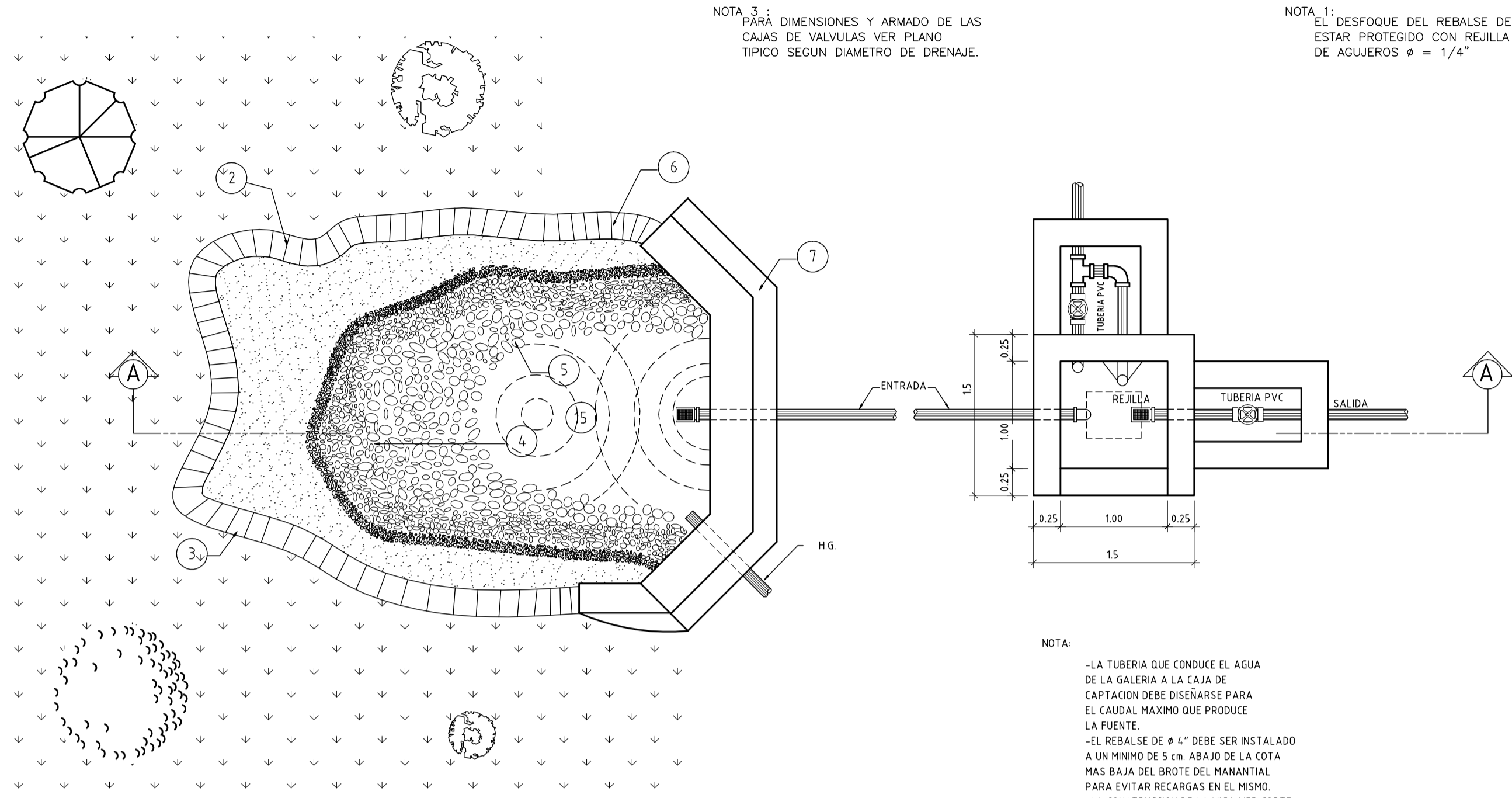


DETALLE DE REJILLA ESCALA 1:12.5

MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL		
UNIDAD EJECUTORA DEL PROGRAMA DE ACUEDUCTOS RURALES		
GUATEMALA, C.A.		
PLANO TIPICO		
CAPTACION DE FUENTE SUPERFICIAL		
DISEÑO: ING. JULIO TOLEDO	REVISÓ: ING. ERICK G. CASTILLO	DIBUJÓ: GEOMETRICA S.A.
APROBÓ:	VISTO BUENO:	FECHA:
JEFE SECCION ESTUDIOS Y DISEÑOS		JEFE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
EJECUTÓ:		PROGRAMA:
DIRECTOR O SUB-DIRECTOR:		ESCALA: INDICADA
No.836/SF-CU		HOJA No. PTNo. 45
		JULIO/96
		1/1

PERSPECTIVA CAPTACION DE FUENTE SUPERFICIAL

SIN ESCALA



NOTA 2:  
PARA DIMENSIONES Y ARMADO DE LAS  
CAJAS DE VALVULAS VER PLANO  
TIPICO SEGUN DIAMETRO DE DRENAJE.

NOTA 1:  
EL DESFOQUE DEL REBALSE DEBE  
ESTAR PROTEGIDO CON REJILLA  
DE AGUJEROS  $\phi = 1/4"$

NOTA:  
-LA TUBERIA QUE CONDUCE EL AGUA  
DE LA GALERIA A LA CAJA DE  
CAPTACION DEBE DISEÑARSE PARA  
EL CAUDAL MAXIMO QUE PRODUCE  
LA FUENTE.  
-EL REBALSE DE  $\phi 4"$  DEBE SER INSTALADO  
A UN MINIMO DE 5 cm. ABAJO DE LA COTA  
MAS BAJA DEL BROTE DEL MANANTIAL  
PARA EVITAR RECARGAS EN EL MISMO.  
-LA CONSTRUCCION DE LA VIGA VER CORTE  
A-A QUE QUEDA A CARGO DEL CONSTRUCTOR  
CUANDO SE CONSIDERE NECESARIO.

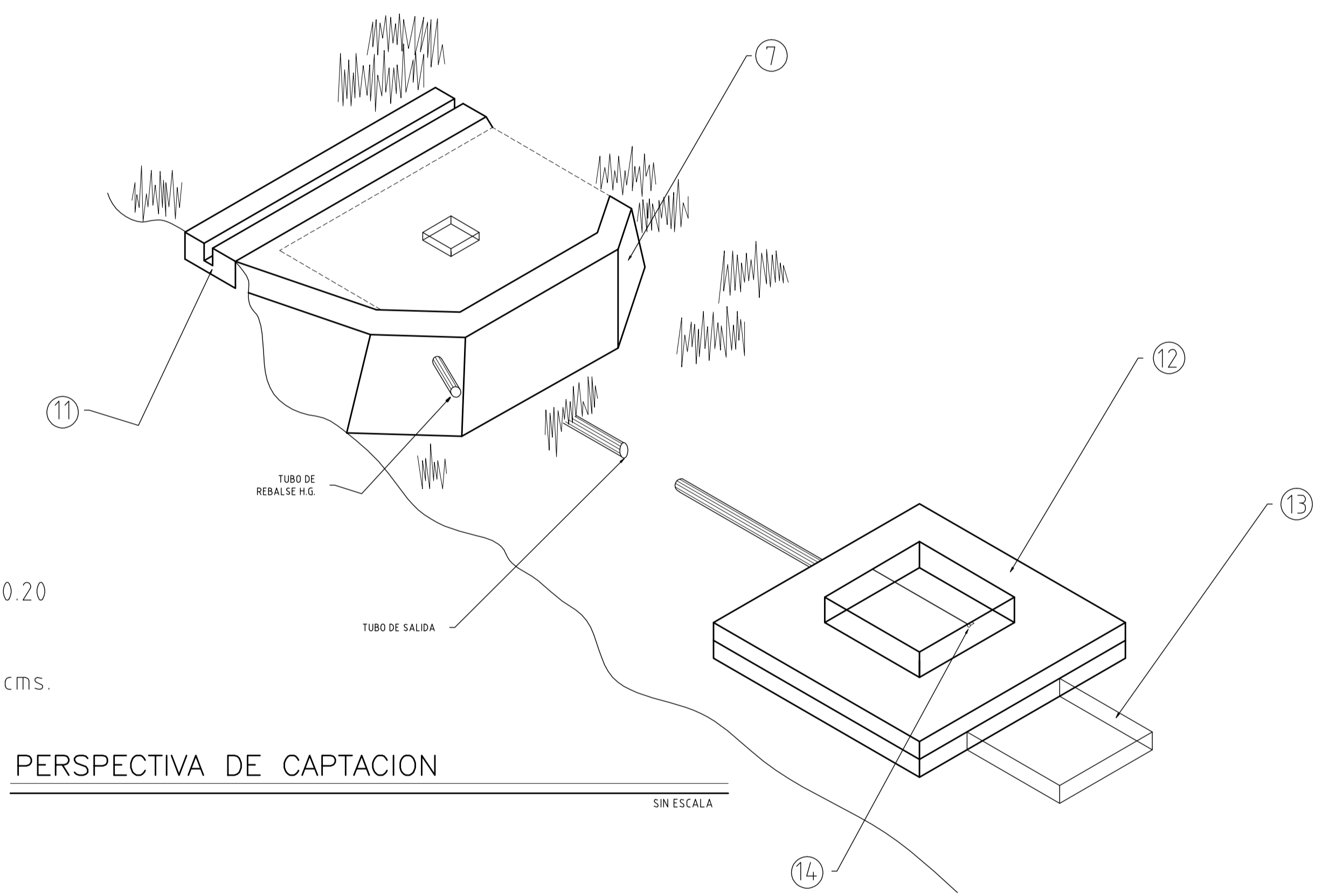
**NOTAS GENERALES**

- EN ESTE PLANO UNICAMENTE SE INDICAN LAS ESTRUCTURAS MAS IMPORTANTES QUEDA A CRITERIO DEL INGENIERO CONSTRUCTOR LA DECISION PARA CADA CASO EN PARTICULAR.
- LA EXCAVACION DEBE HACERSE HASTA ENCONTRAR EL ESTRATO IMPERMEABLE
- DEBE CAPTARSE LA TOTALIDAD DEL AGUA DEL ACUIFERO DEJANDO PREVISTO REBALSE
- HAZER UNA ZANJA DE DRENAJE INTERCEPTOR PARA PROTEGER Y EVITAR INFILTRACIONES DEL AGUA SUPERFICIAL, ESTA ZANJA ESTARA A UN MINIMO DE 1m. DE LA CAPTACION.

**ESPECIFICACIONES**

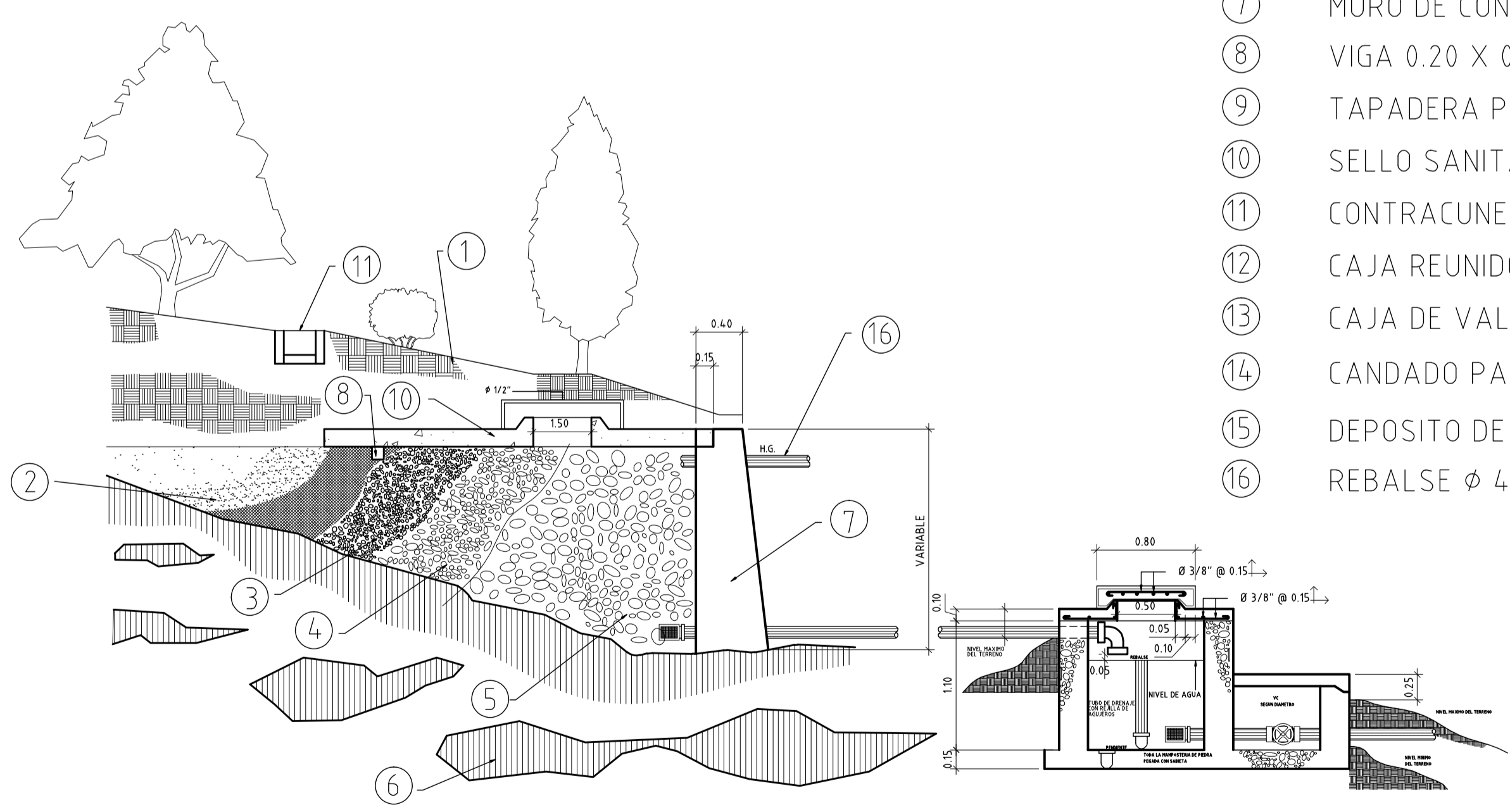
- MAMPOSTERIA DE PIEDRA:  
PIEDRA BOLA 67%  
MORTERO 33%  
EL MORTERO A UTILIZAR SABIETA  
PROPORCION DE MEZCLA-CEMENTO-  
ARENA(1:2)
- CONCRETO:  
 $F' = 210 \text{ Kg./cm}^2$  3000 Lbs./psi<sup>2</sup>  
PROPORCION DE MEZCLA-CEMENTO-  
ARENA-PIEDRIN (1:2:3)
- MUROS:  
LOS MUROS DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA  
DEBEN IMPERMEABILIZARSE POR MEDIO DE  
UNA CAPA DE SABIETA DE PROPORCION  
CEMENTO-ARENA (1:2) DEBIDAMENTE  
ALISADA
- LOSAS:  
LA LOSA DE CONCRETO DEBE DARSELE  
UN DESNIVEL DE 1% HACIA LOS LADOS  
Y LA SUPERFICIE DEBE QUEDAR CERVIDA  
CON CEMENTO-ARENA EN PROPORCION  
(1:2)
- REFUERZO:  
 $f_y = 2810 \text{ Kg./cm}^2$

PLANTA DE CAPTACION DE UN BROTE DEFINIDO  
SIN ESCALA



PERSPECTIVA DE CAPTACION  
SIN ESCALA

- ① TERRENO NATURAL
- ② ACUIFERO
- ③ GRAVA 1/2"
- ④ GRAVA 3"
- ⑤ PIEDRA BOLA DE 6" - 10"
- ⑥ MANTO DE ROCA
- ⑦ MURO DE CONTENCIÓN DE MAMPOSTERIA
- ⑧ VIGA 0.20 X 0.20 4  $\phi 3/8"$  + EST.  $\phi 1/4"$  @ 0.20
- ⑨ TAPADERA PARA INSPECCION
- ⑩ SELLO SANITARIO DE CONCRETO ESPESOR 8 cms.
- ⑪ CONTRACUNETA REVESTIDA
- ⑫ CAJA REUNIDORA
- ⑬ CAJA DE VALVULA DE COMPUERTA
- ⑭ CANDADO PARA INTERPERIE
- ⑮ DEPOSITO DE AGUA
- ⑯ REBALSE  $\phi 4"$  MIN.



NOTA:  
PARA DIMENSIONES Y ARMADO DE  
LAS CAJAS DE VALVULAS VER PLANO  
TIPICO SEGUN DIAMETRO DE SALIDA.

CORTE A-A  
SIN ESCALA

MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL  
UNIDAD EJECUTORA DEL PROGRAMA  
DE ACUEDUCTOS RURALES  
U N E P A R  
GUATEMALA, C.A.

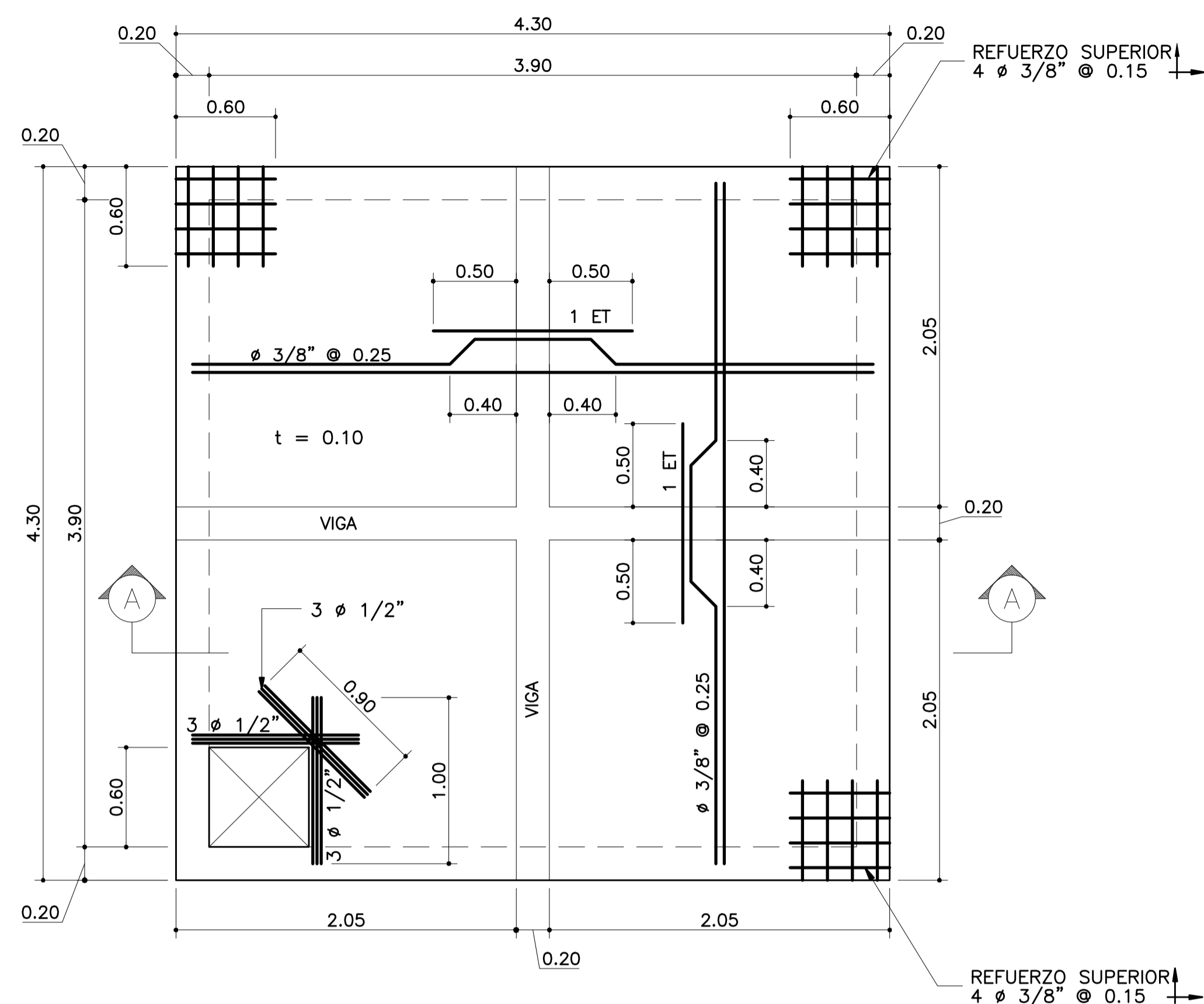


PLANO TIPICO

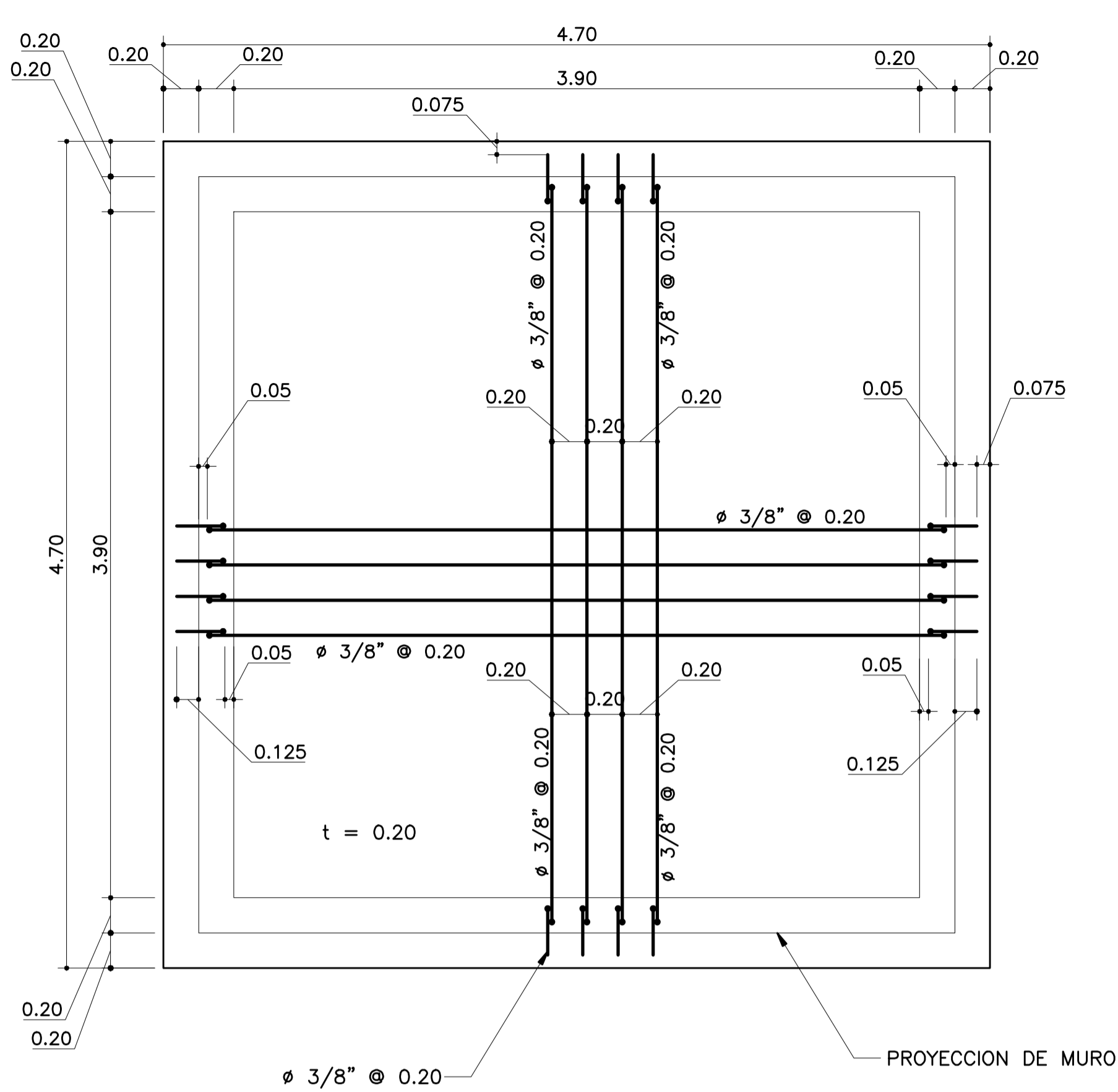
CAPTACION DE BROTE DEFINIDO

DISEÑO	REVISO: ING. ERICK G. CASTILLO	DIBUJO: GEOMETRICA S.A.
APROBO:	VISTO BUENO:	FECHA:
JEFE SECCION ESTUDIOS Y DISEÑOS	JEFE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	
EJECUTESE:	PROGRAMA: No.836/SF-GU	ESCALA: PTNo.
DIRECTOR O SUB-DIRECTOR:		HOJA No.

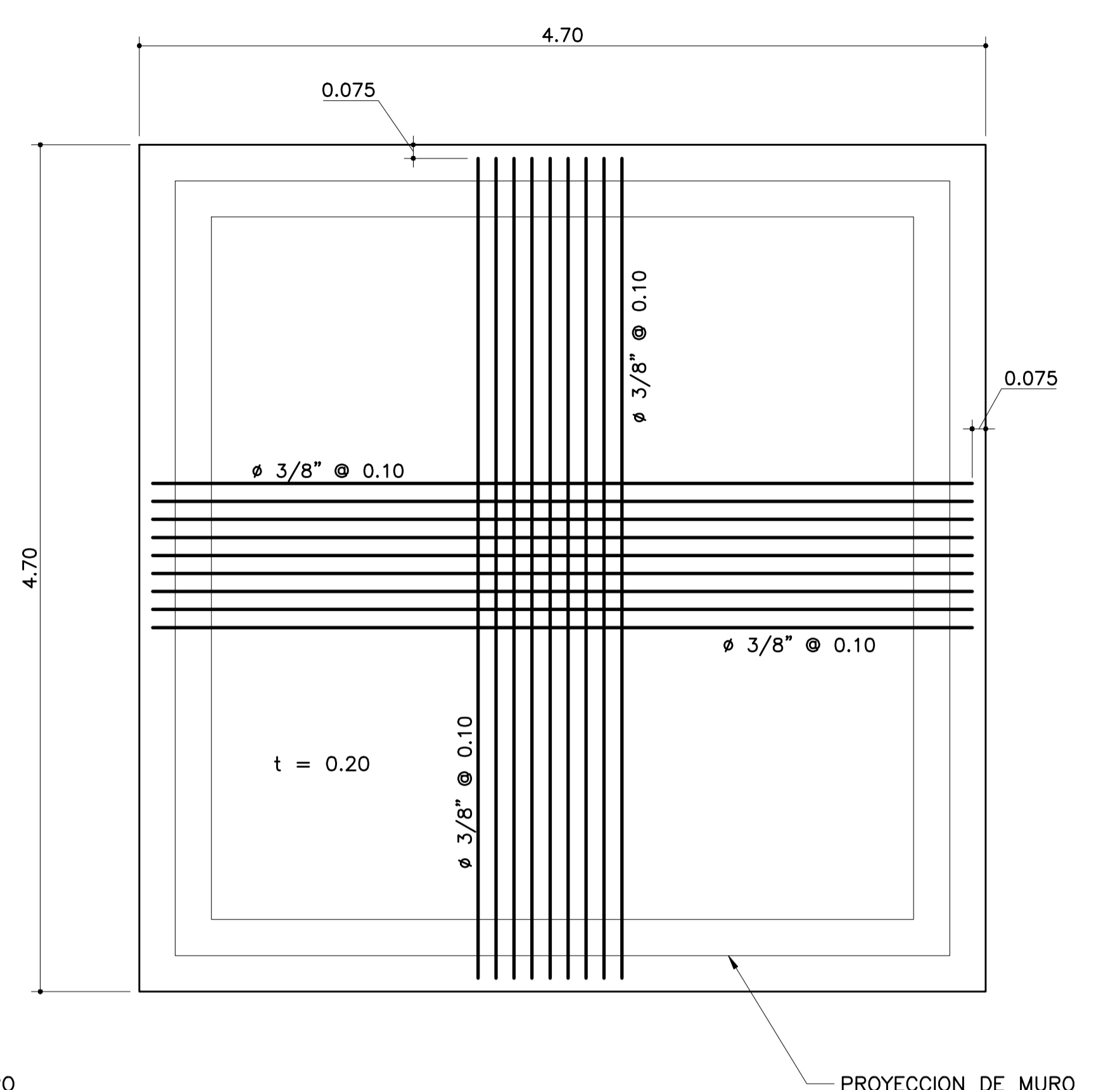




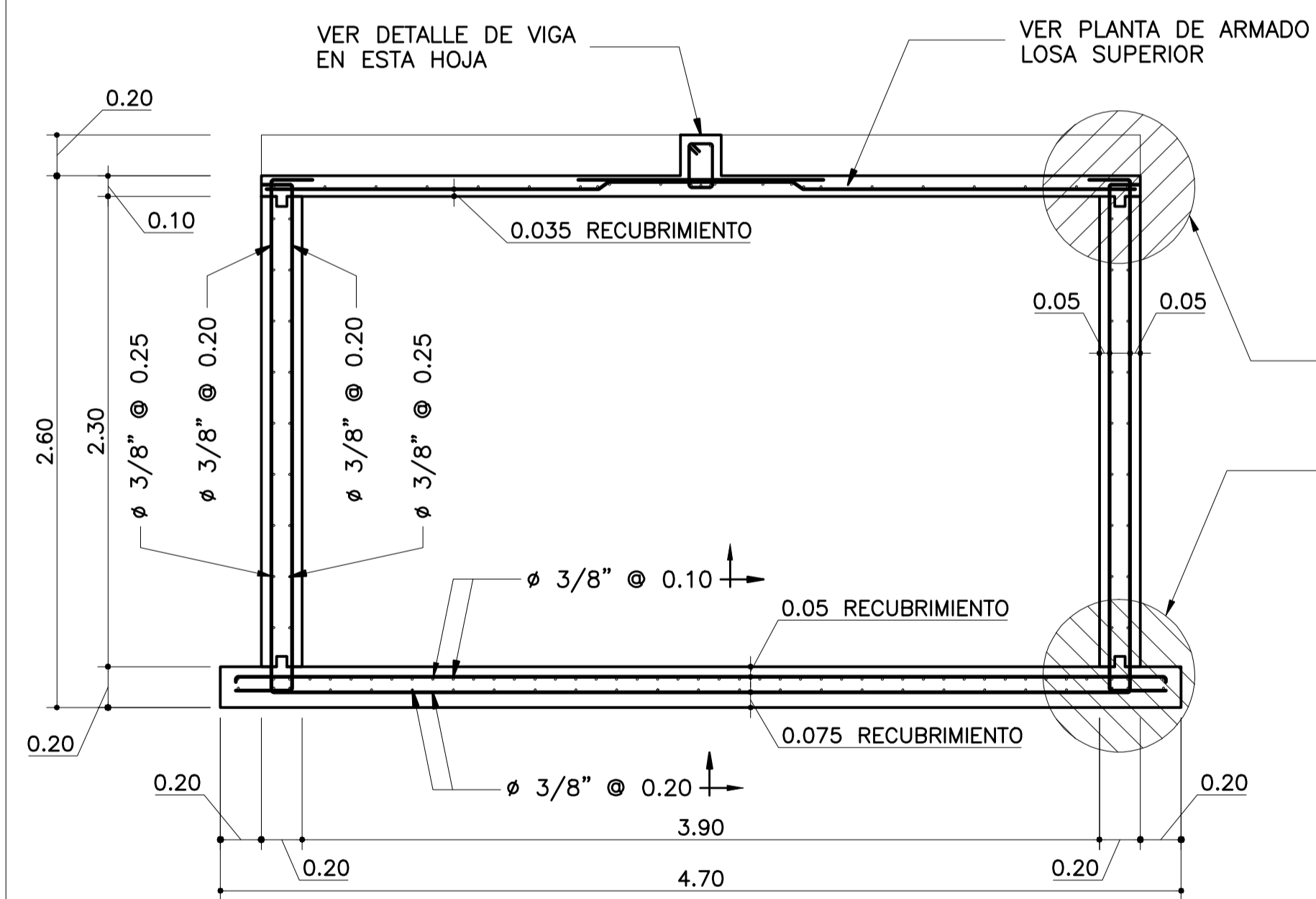
PLANTA DE ARMADO LOSA SUPERIOR ESCALA 1:25



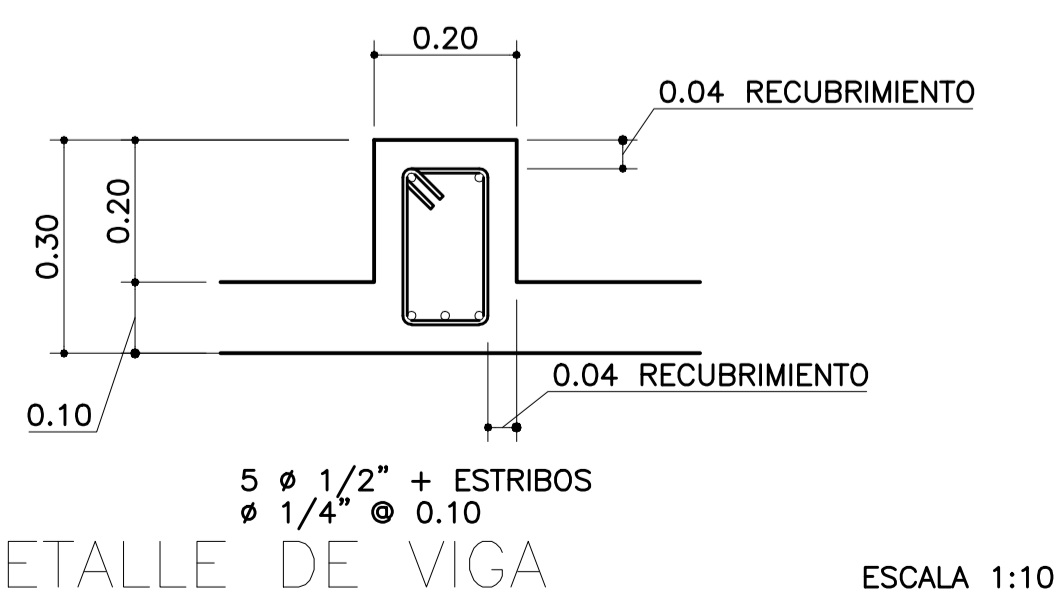
PLANTA CAMA INFERIOR ESCALA 1:25  
PLANTA DE ARMADO LOSA INFERIOR ESCALA 1:25



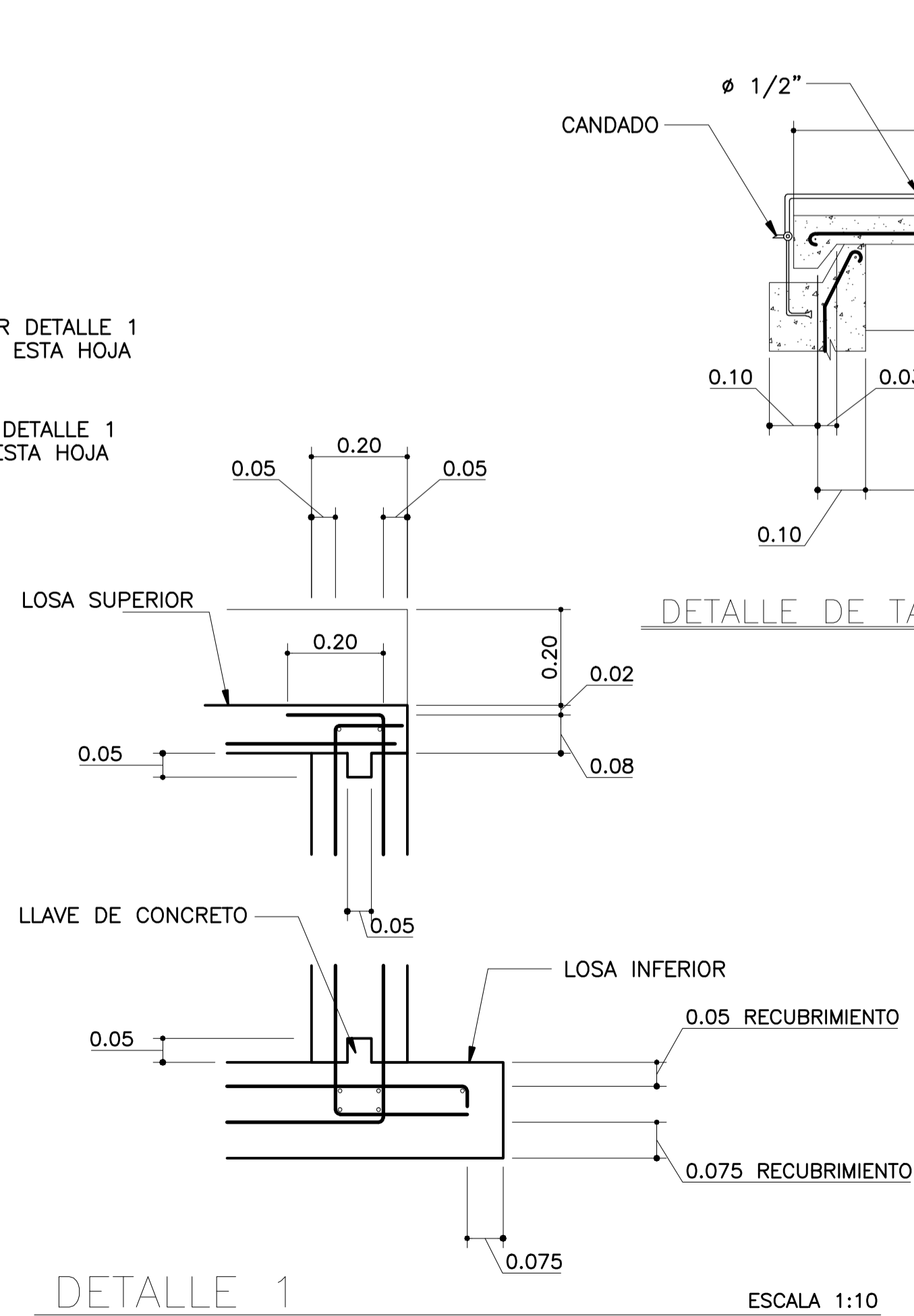
PLANTA CAMA SUPERIOR ESCALA 1:25  
PROYECCION DE MURO ESCALA INDICADA



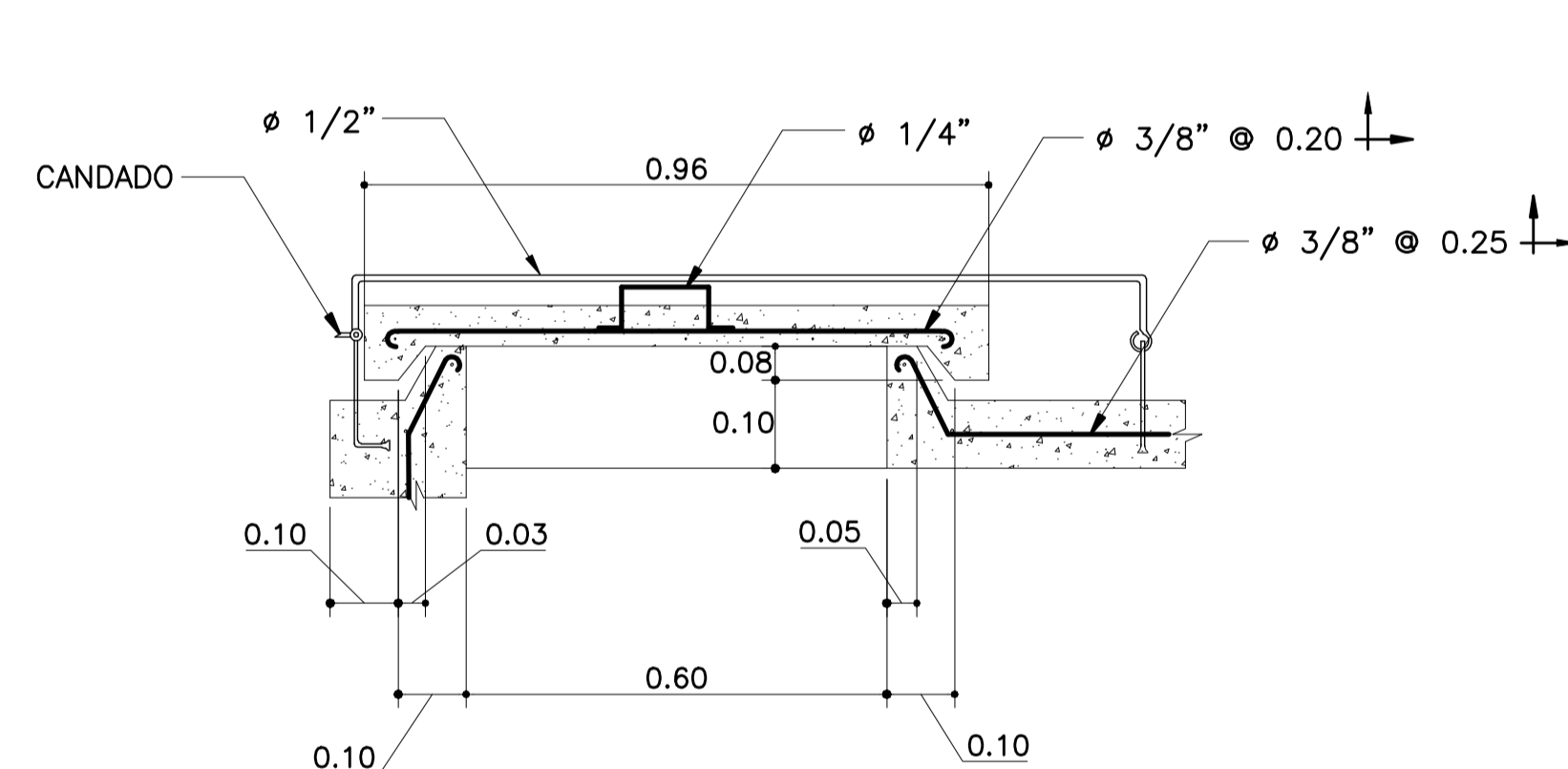
SECCION A-A ESCALA 1:25



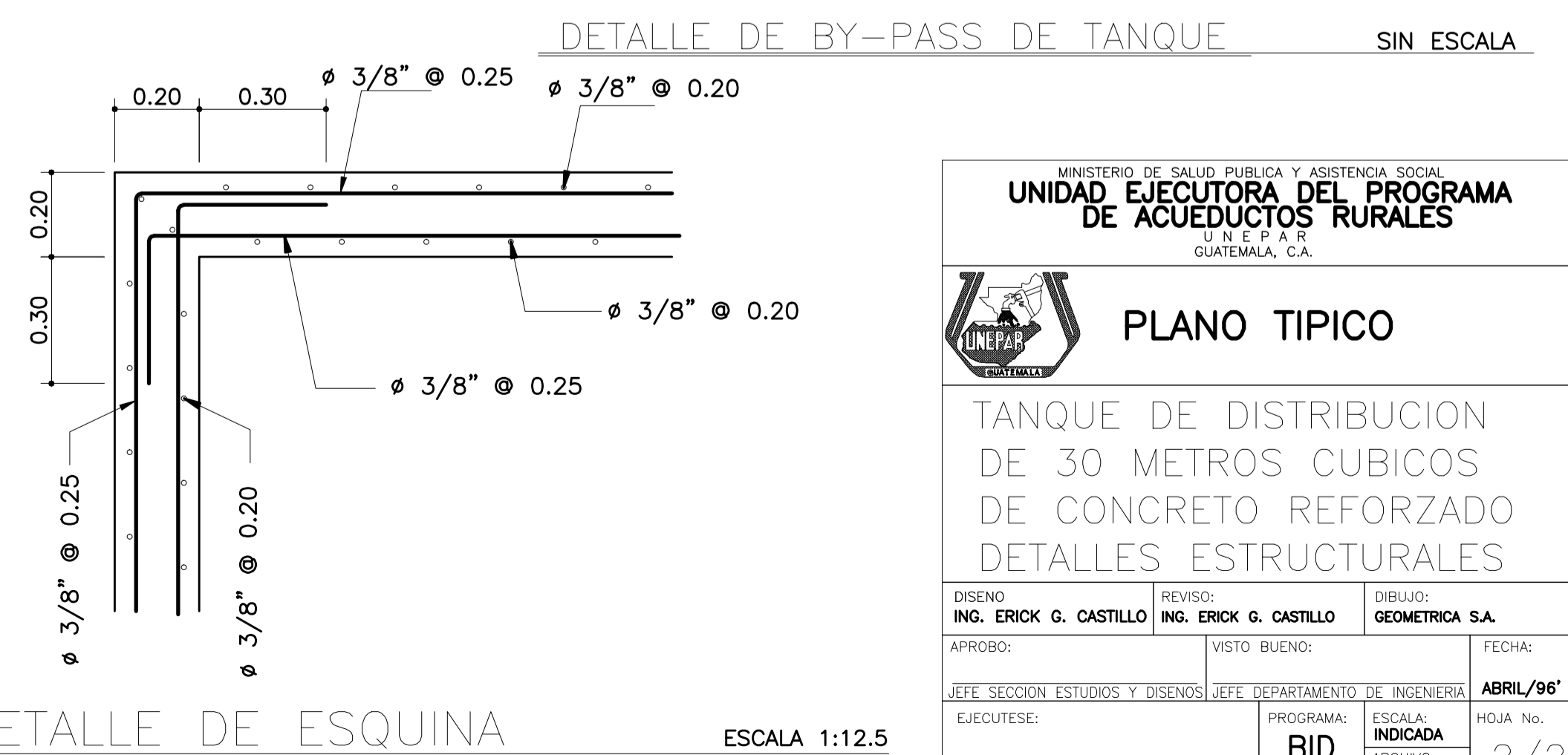
DETALLE DE VIGA ESCALA 1:10



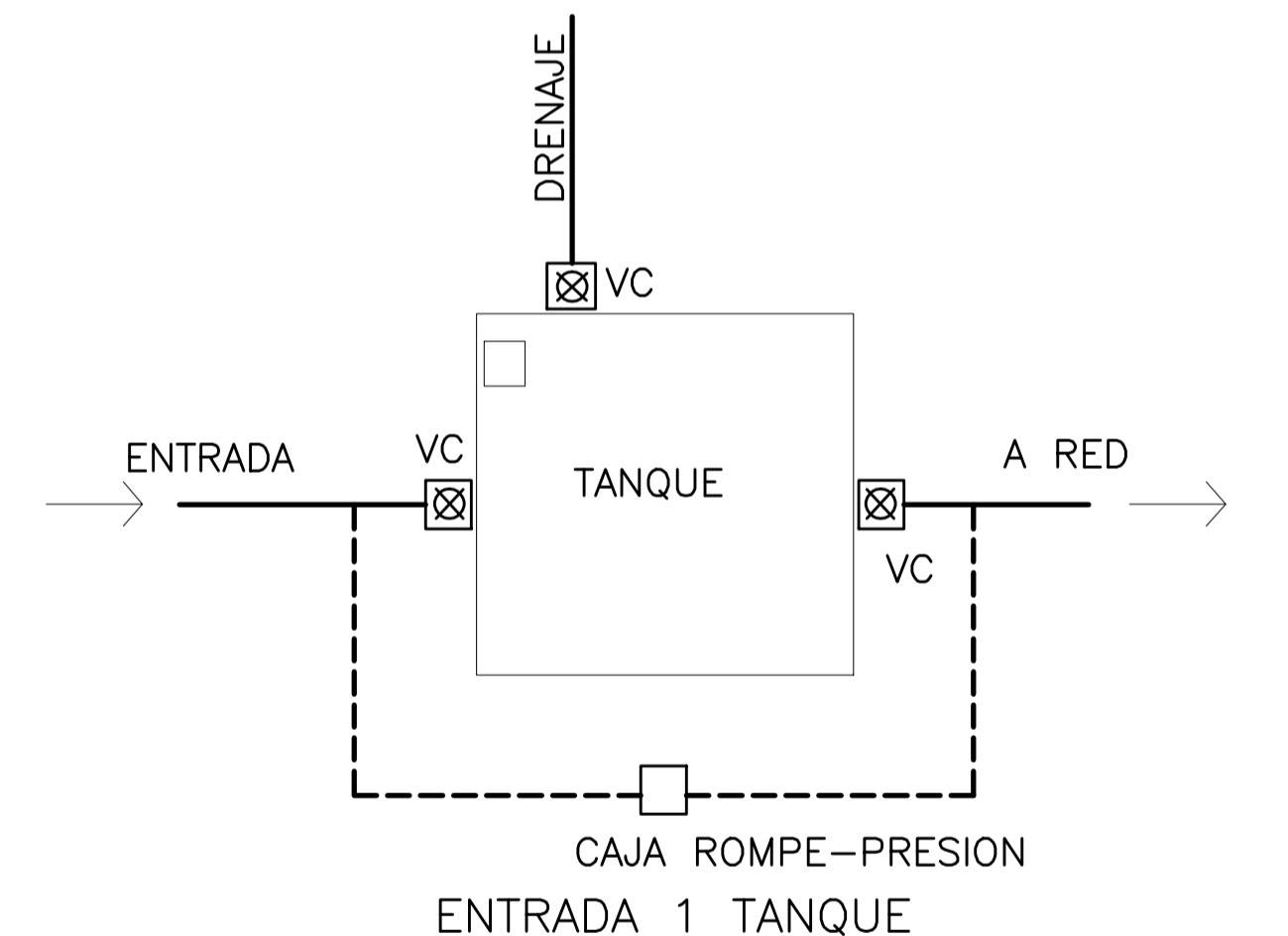
DETALLE 1 ESCALA 1:10



DETALLE DE TAPADERA ESCALA 1:10



DETALLE DE ESQUINA ESCALA 1:12.5



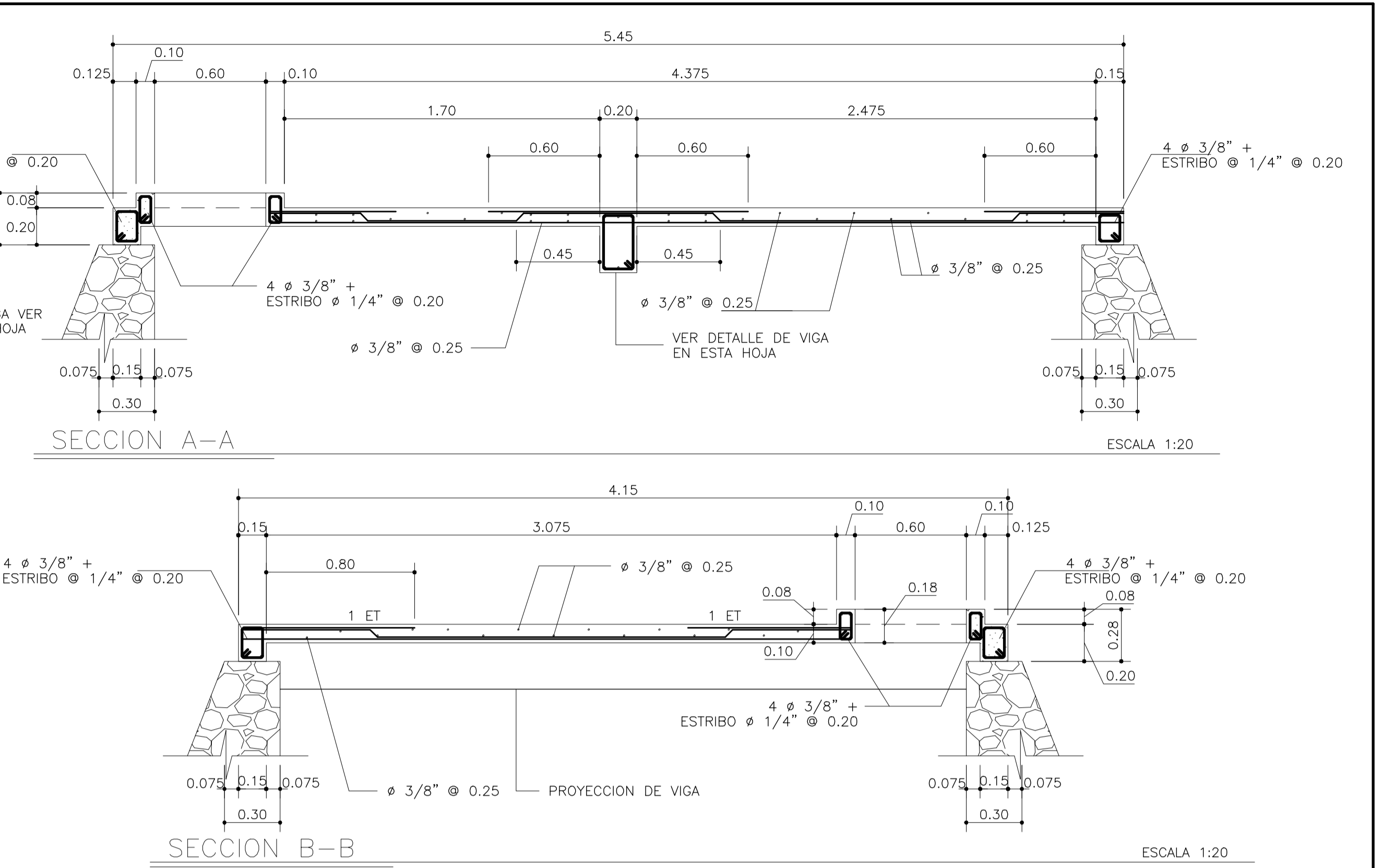
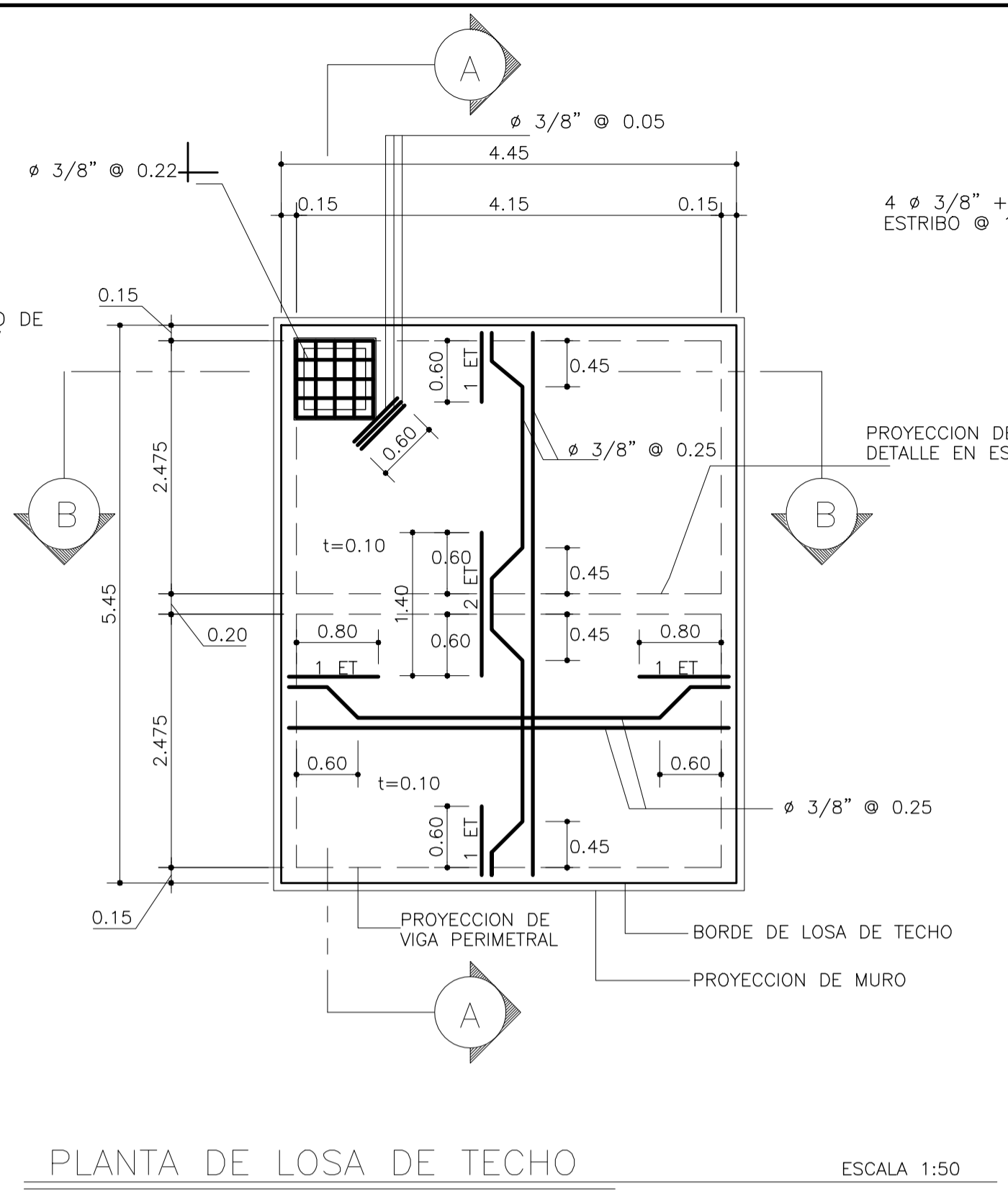
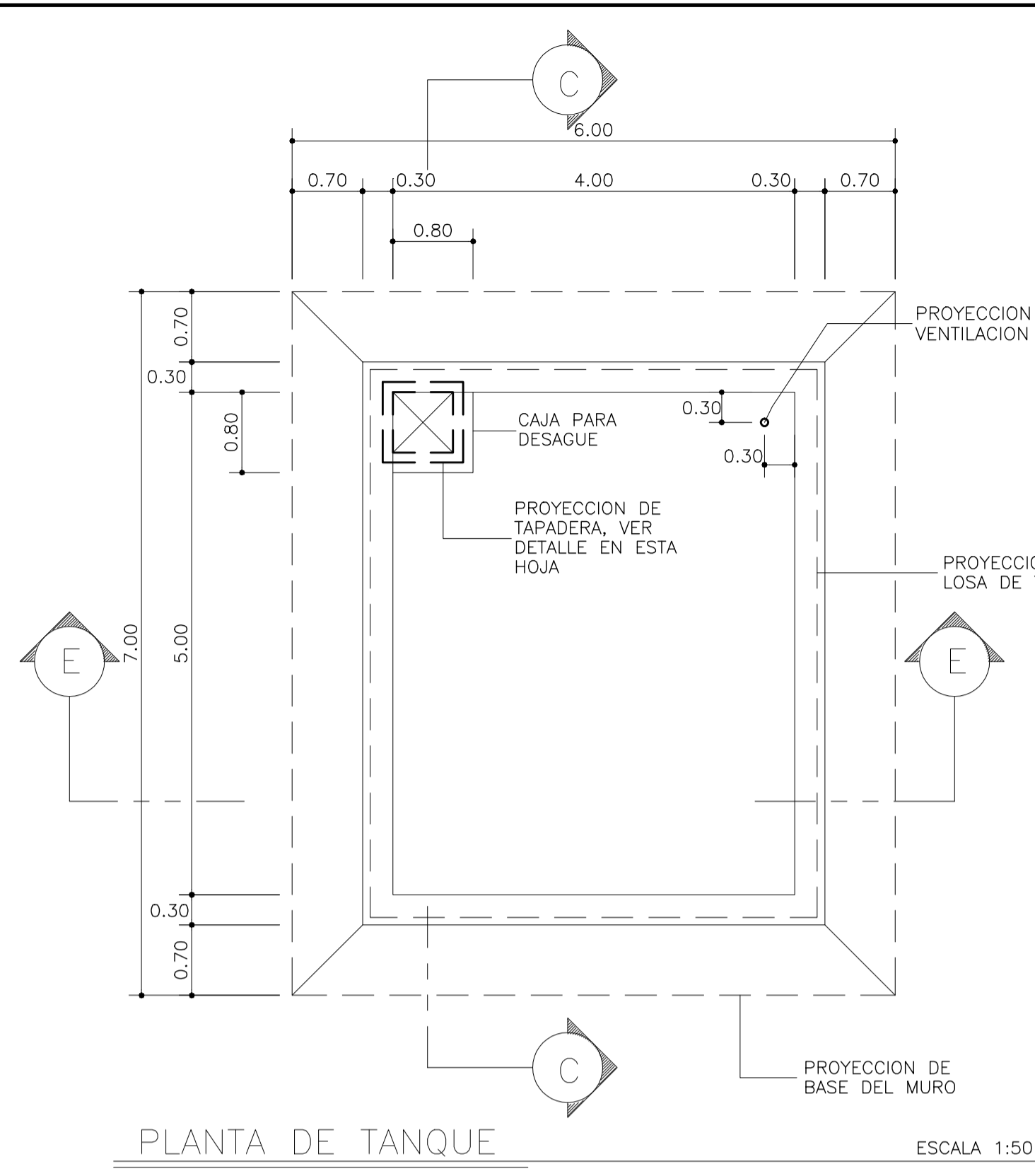
DETALLE DE BY-PASS DE TANQUE SIN ESCALA

MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL  
UNIDAD EJECUTORA DEL PROGRAMA DE ACUEDUCTOS RURALES  
GUATEMALA, C.A.

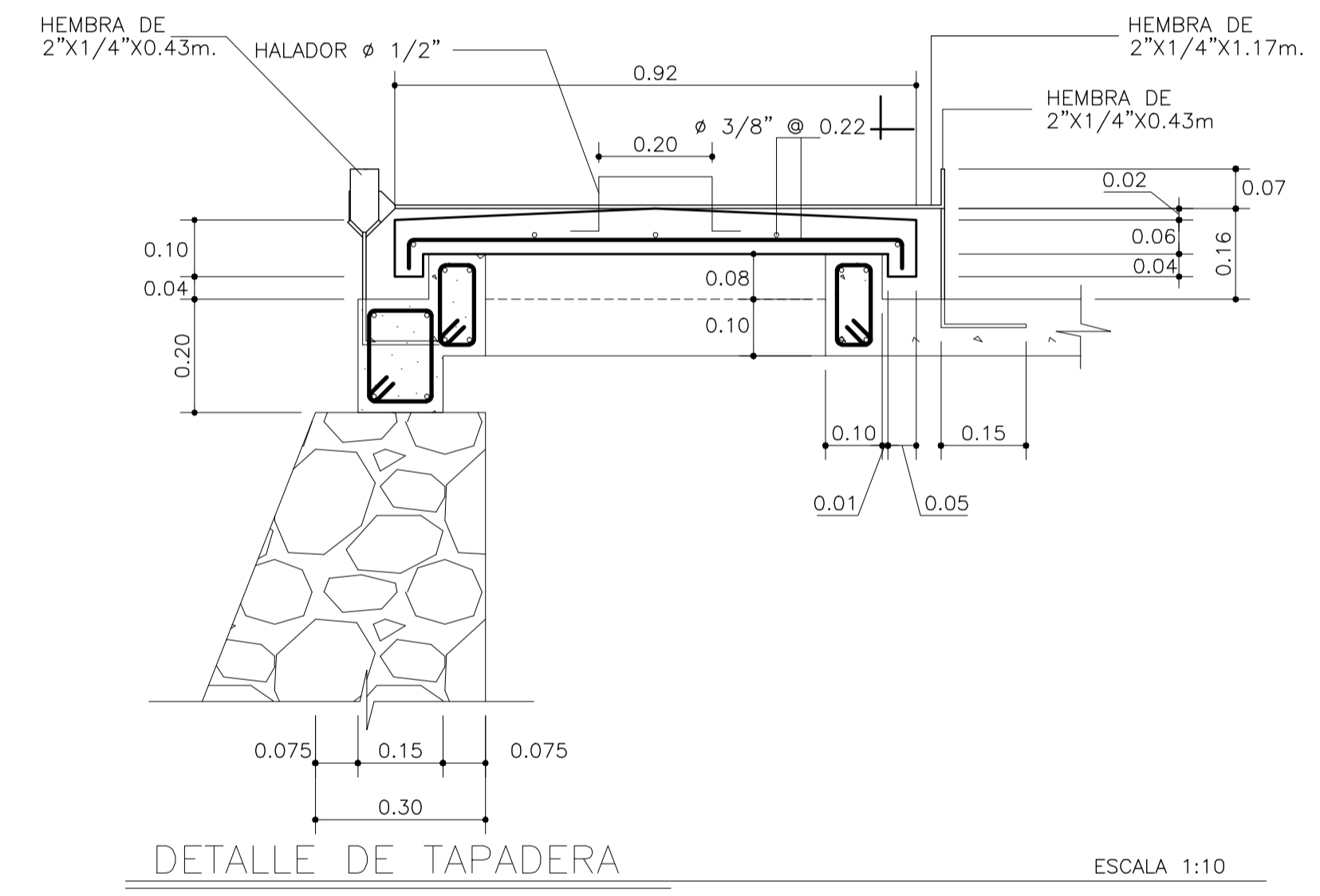
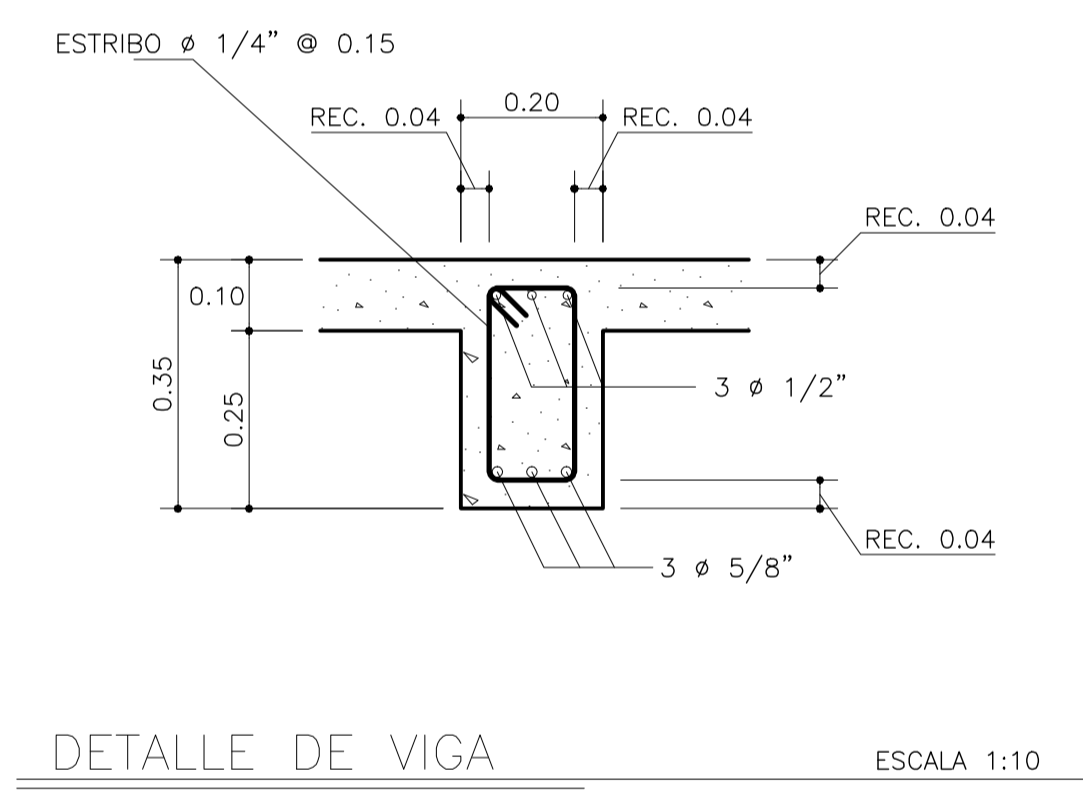
**PLANO TIPICO**

TANQUE DE DISTRIBUCION DE 30 METROS CUBICOS DE CONCRETO REFORZADO  
DETALLES ESTRUCTURALES

DISEÑO: ING. ERICK G. CASTILLO	REVISÓ: ING. ERICK G. CASTILLO	DIBUJÓ: GEOMETRICA S.A.
APROBÓ:	VISTO BUENO:	FECHA: ABRIL/96'
JEFE SECCION ESTUDIOS Y DISEÑOS: JEFE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		ESCALA: INDICADA
EJECUTÓSE:		HOJA No. 2/2
PROGRAMA: BID		ARCHIVO: No.836/SF-CU
DIRECTOR O SUB-DIRECTOR:		PTNo. 18



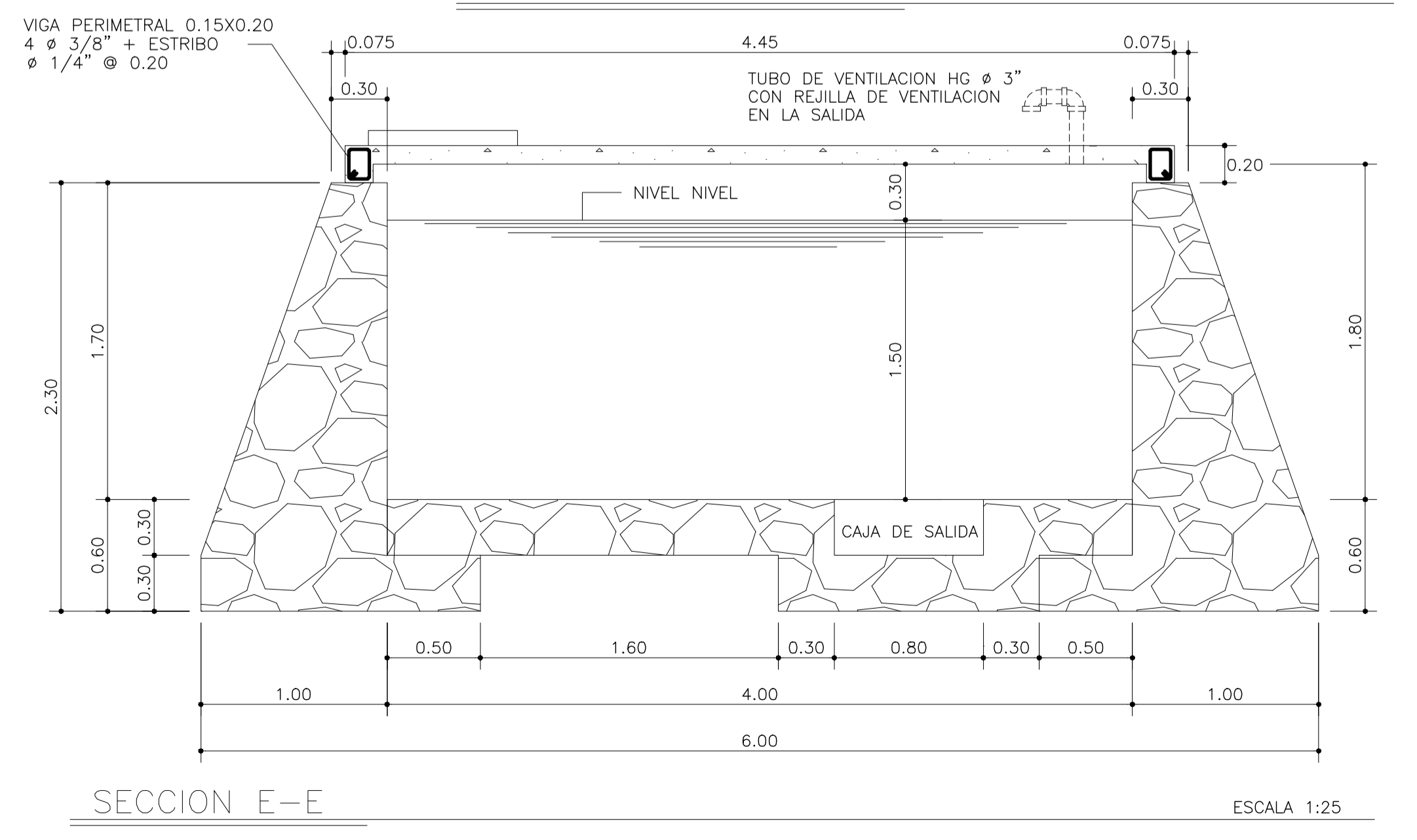
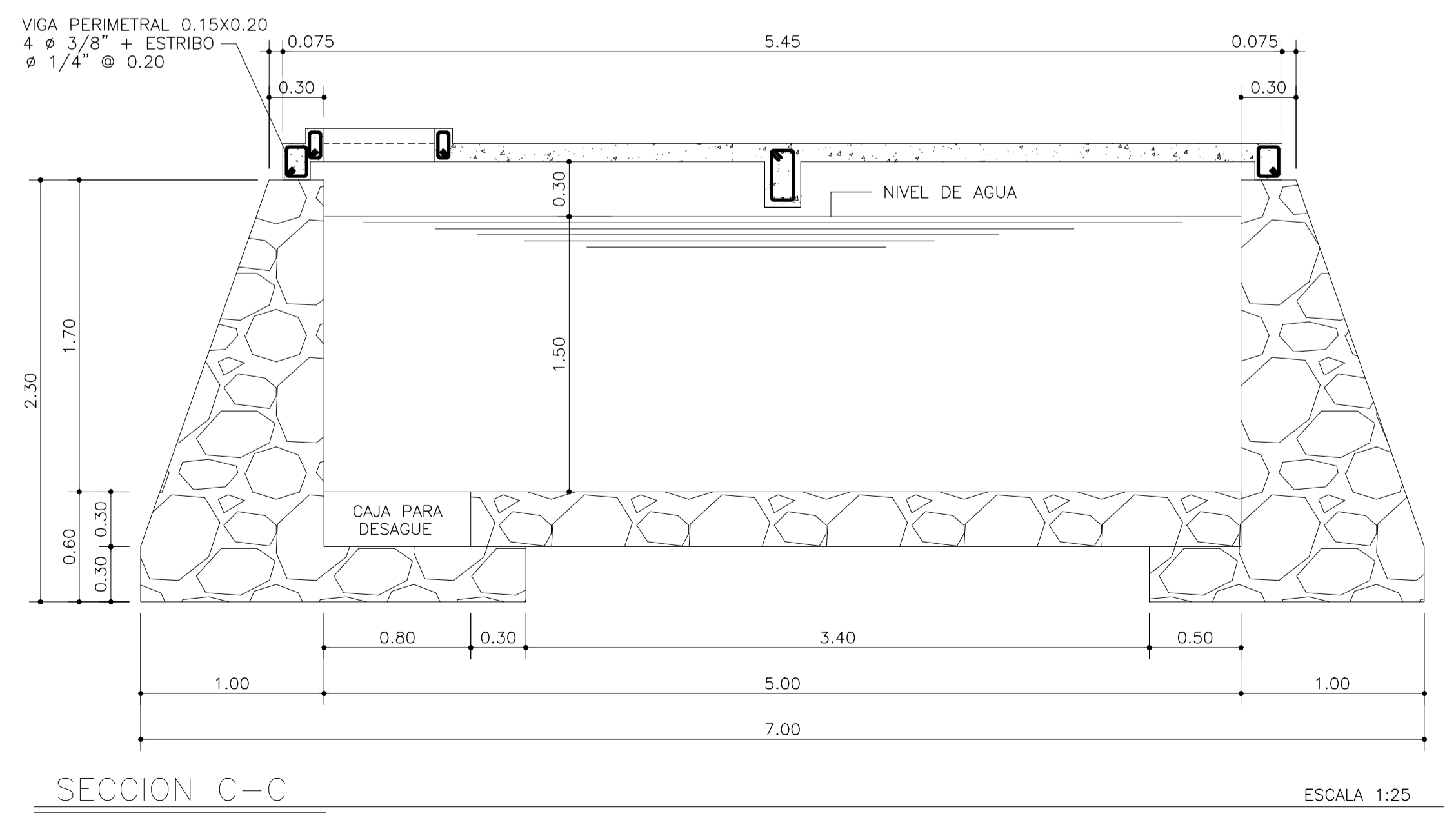
LISTA DE MATERIALES		
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
CEMENTO	208	sacos
PIEDRIN	2.50	m3
PIEDRA	31.00	m3
ARENA DE RIO	31.00	m3
TABLA DE PINO RUSTICA 1"x12"x10"	30	U
PARALES DE 3"x4"x8"	25	U
CLAVO DE 3"	30	lbs
ALAMBRE DE AMARRE	30	lbs
HIERRO DE 1/4"	15	var
HIERRO DE 3/8"	60	var
HIERRO DE 1/2"	3	var
HIERRO DE 5/8"	3	var
HEMBA DE 2" X 1/4"	2	m



**NOTAS GENERALES**

MATERIALES

- 1' CONCRETO: SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 Kg/cm<sup>2</sup> (3000 lb/Pig<sup>2</sup>) A LOS 28 DIAS DDD
- 2' ACERO DE REFUERZO: SE USARA ACERO DE REFUERZO DE  $f_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$  (GRADO 40 KSI) ESPECIFICACION ASTM A615 DDD
- 3' VARIOS: LOS MUROS ESTAN DISENADOS PARA TRABAJAR TANTO SOBRE COMO BAJO TIERRA.
- 4' TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
- 5' LOS RECUBRIMIENTOS SERAN DE 3cm, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO Y ESTE SE MEDIRA ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO.
- 6' EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERA SER PERFECTAMENTE APISONADO.
- 7' LA LOSA DEL TECHO DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
- 8' LOS MUROS DE PIEDRA DEBERAN IMPERMEZBILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA DE CEMENTO ARENA PROPORCION (1:2), DEBIDAMENTE ALISADA.
- 9' LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CERNIDAS CON CEMENTO ARENA.
- 10' LOS MUROS DEL TANQUE SERAN DE MAMPOSTERIA: 67% PIEDRA BOLA 33% SABIETA-CEMENTO-ARENA 1:2
- 11' EL RECUBRIMIENTO EN LA LOSA SERA DE 0.03m.



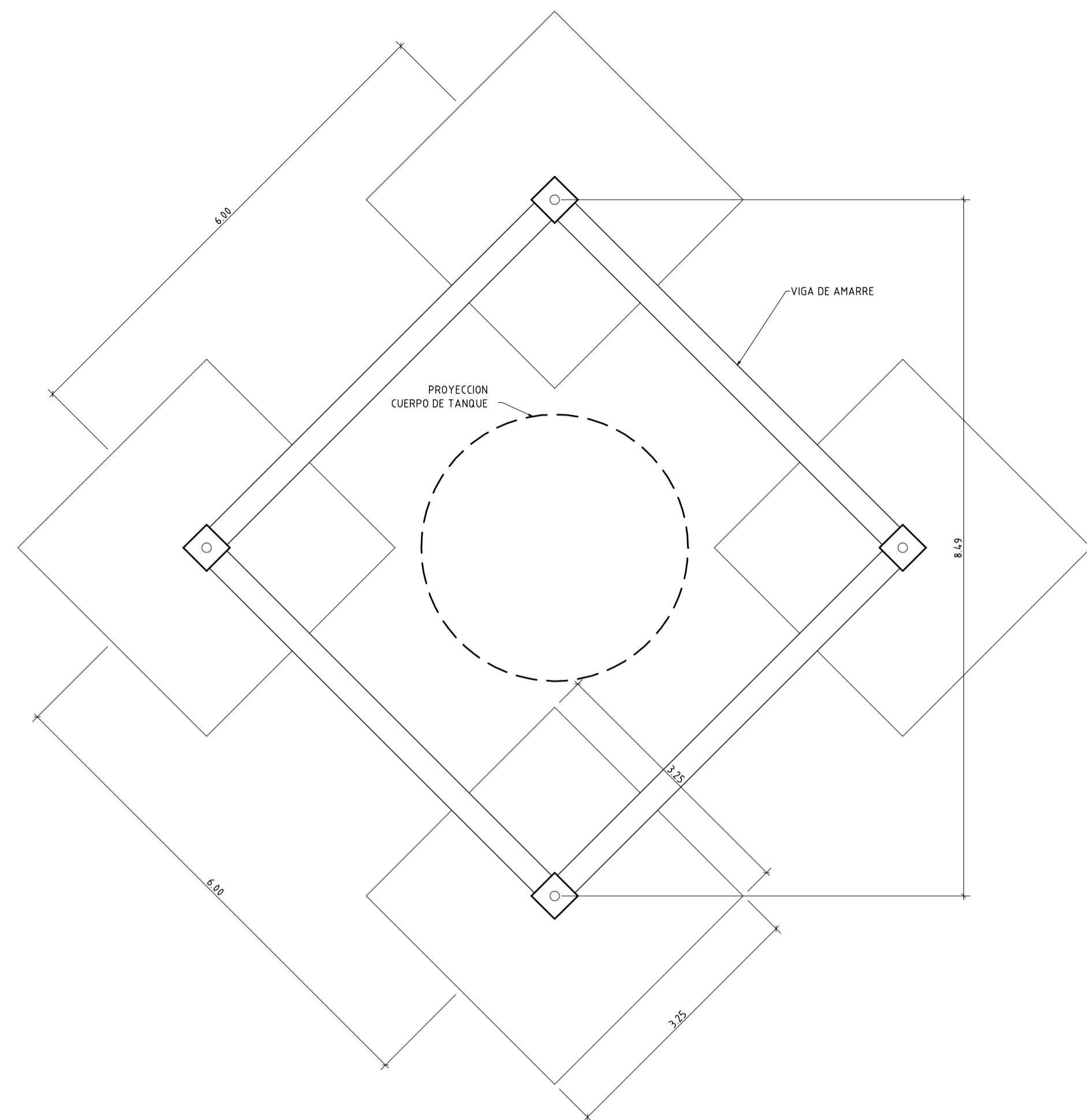
MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL  
UNIDAD EJECUTORA DEL PROGRAMA DE ACUEDUCTOS RURALES  
UNEPAR

PLANO TIPICO

1  
2  
3  
4

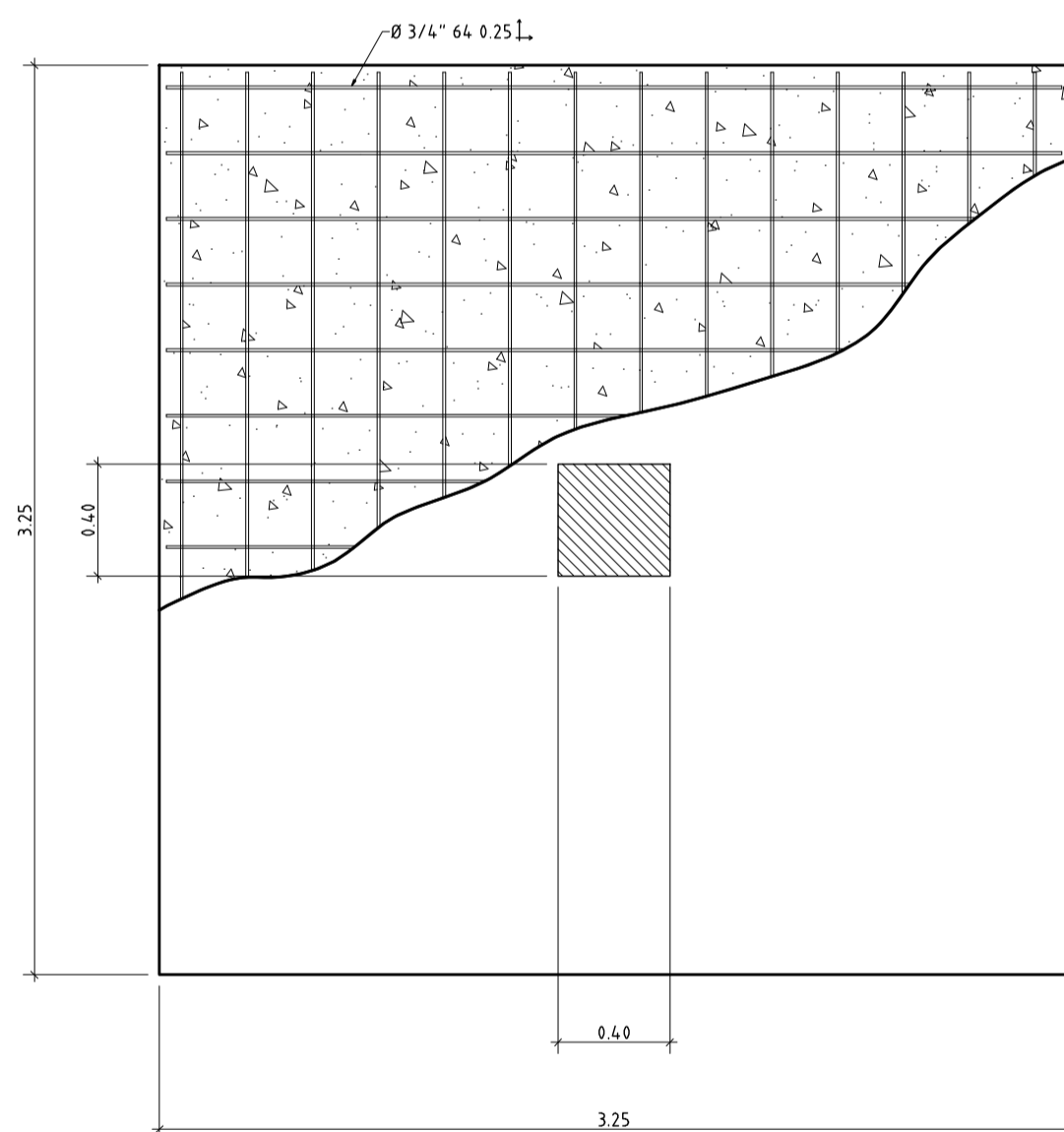
**TANQUE DE 30 MT.3 DE MAMPOSTERIA**

DISEÑO DISEÑO	REVISOR ING. ERICK G. CASTILLO	DIBUJADOR GEOMETRICA S.A.	FECHA:
APROBADO:	VISTO BUENO:	FECHA:	
JEFE SECCION ESTUDIOS Y DISEÑOS		JEFE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	FECHA:
EJECUTASE:	PROGRAMA: BID	ESCALA: 5	HOJA No. 6
DIRECTOR O SUB-DIRECTOR:	No.836/SF-CU	PTNo. 7	



**PLANTA DE CIMIENTOS INDIVIDUALES**

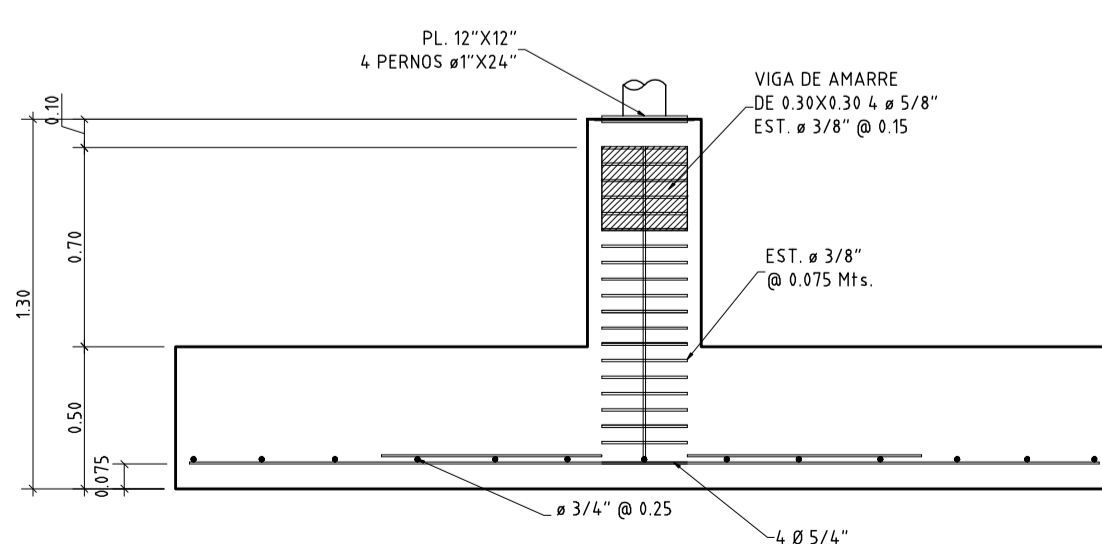
ESCALA 150



**PLANTA**

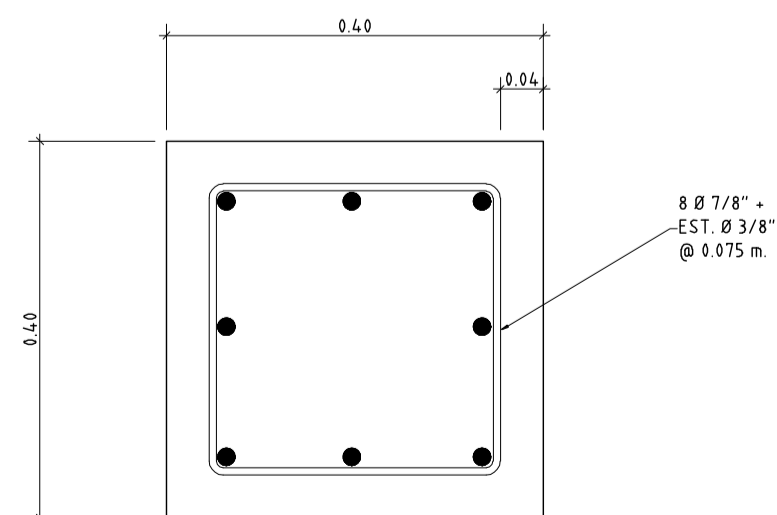
ESCALA 150

$f'_c = 3 \text{ KSI}$   
 $f_y = 40 \text{ KSI}$



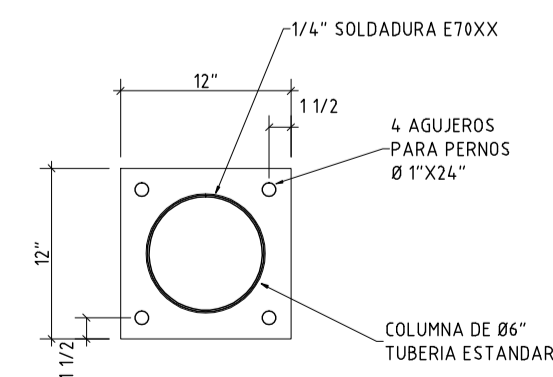
**DETALLE DE ZAPATA**

ESCALA 125



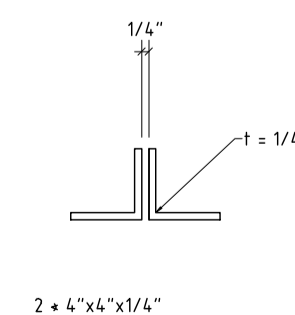
**DETALLE DE PEDESTAL**

ESCALA 125



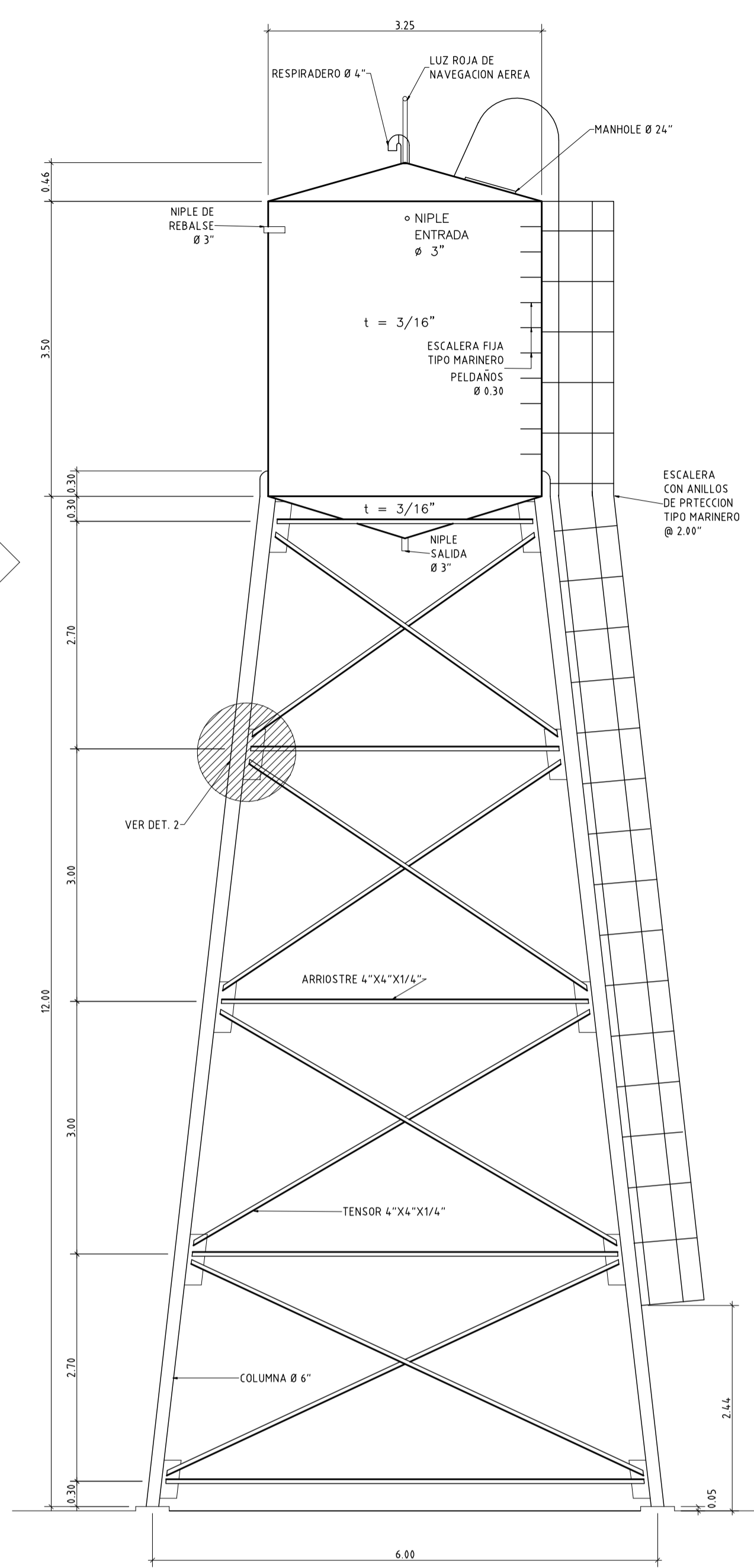
**DETALLE DE PLATINO DE APOYO**

ESCALA 125



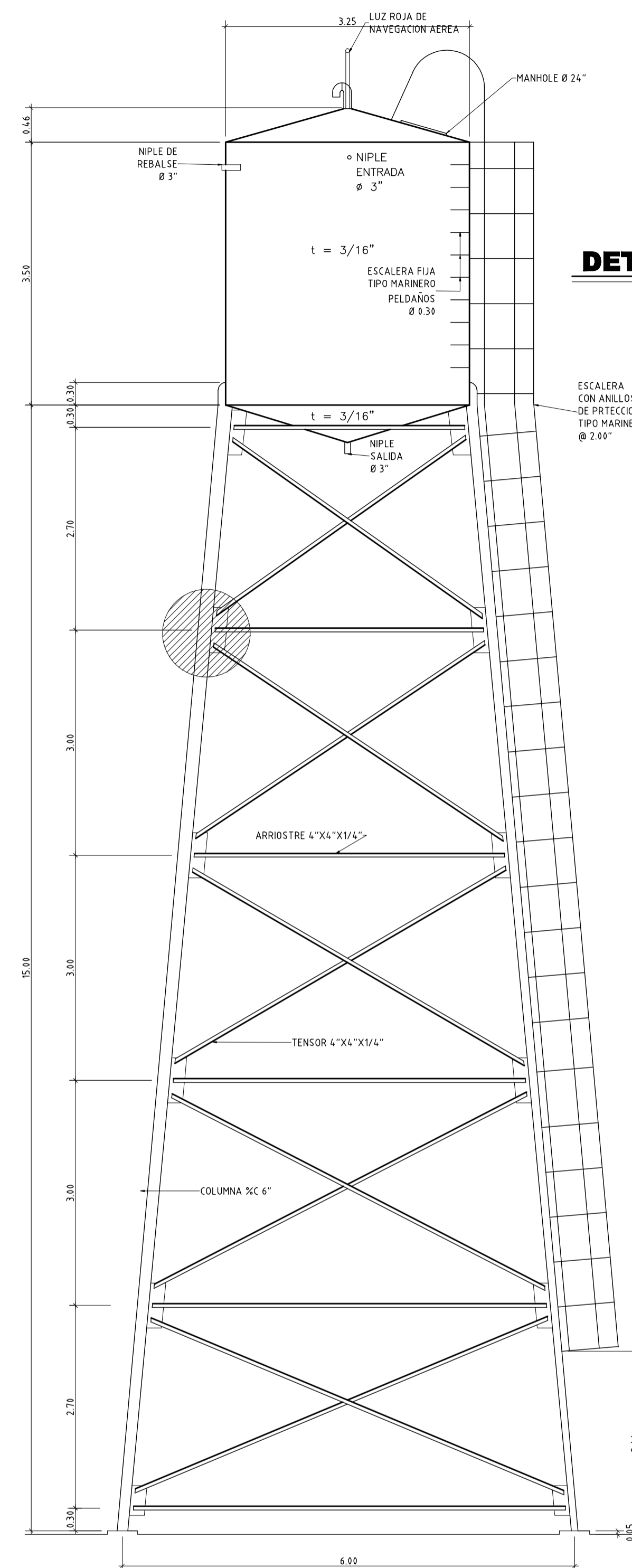
**DETALLE DE ARRIOSTRES**

ESCALA 150



**ELEVACION TANQUE Y TORRE 12.00 m.**

ESCALA 150

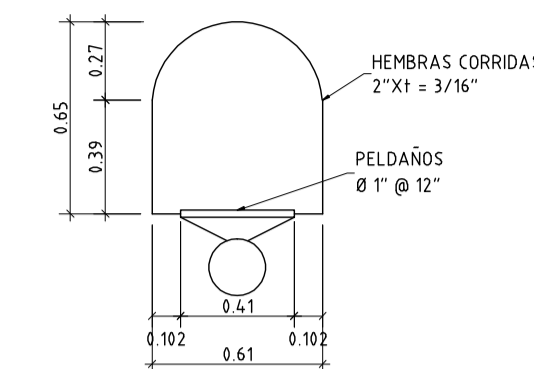


**ELEVACION TANQUE Y TORRE 15.00 m.**

ESCALA 150

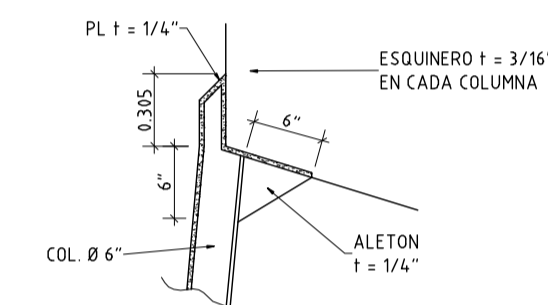
**DETALLE DE MANHOLE**

SIN ESCALA



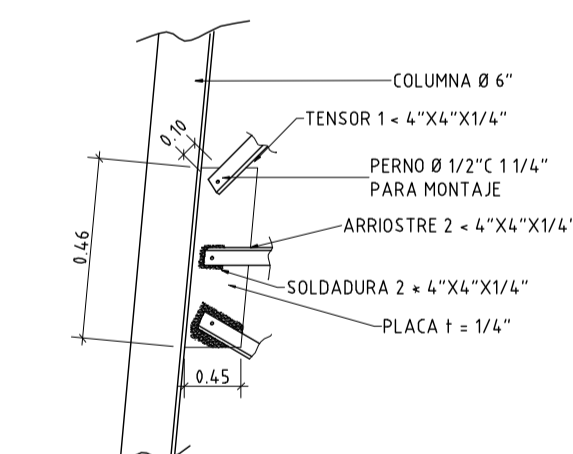
**DETALLE ESCALERA CON ANILLOS DE PROTECCION @ 24" PELDAÑOS @ 12"**

ESC. 125



**DETALLE DE JUNTA CON TANQUE**

SIN ESCALA



**DETALLE 2**

ESCALA 125

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL  
UNIDAD EJECUTORA DEL PROGRAMA  
DE ACUEDUCTOS RURALES  
UNEPAR  
GUATEMALA, C.A.



**PLANO TIPICO**

**TANQUE ELEVADO DE 30M3**

DISENO	REVISO: ING. ERICK G. CASTILLO	DIBUJO: GEOMETRICA S.A.
APROBO:	VISTO BUENO:	FECHA:
JEFE SECCION ESTUDIOS Y DISEÑOS JEFE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		
EJECUTESE:	PROGRAMA: BID	ESCALA: HOJA No.
DIRECTOR O SUB-DIRECTOR:	No. 836/SF-GU	ARCHIVO: PTNo.