UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

EXPEDIENTE TÉCNICO DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO SANTA ROSA DE ASIA - RESERVORIO Y ADUCCIÓN

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Titulo Profesional de:

INGENIERO CIVIL

EDSON MUNAYLLA MESCUA

Lima - Perú

2010

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	**03**
LISTA DE CUADROS	**04**
LISTA DE FIGURAS	**05**
LISTA DE TABLAS	**06**
LISTA DE DIAGRAMAS	**06**
LISTA DE SIGLAS	**07**
INTRODUCCIÓN	**08**
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	**09**
1.1 ANTECEDENTES	09
1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO	10
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	11
1.4 ALCANCES DEL PROYECTO	12
1.5 DESCRIPCIÓN BREVE DEL PROYECTO	13
1.6 OBRAS A EJECUTAR	14
1.7 RESUMEN DEL PROYECTO	15
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO:	**16**
2.1 RESERVORIO APOYADO	16
2.1.1 RESERVORIO APOYADO	16
2.1.2 CONSIDERACIONES INICIALES	16
2.1.3 DISEÑO DE RESERVORIO	24
2.2 LÍNEA DE ADUCCIÓN	29
2.2.1 LÍNEA DE ADUCCIÓN	29
2.2.2 CRITERIO DE DISEÑO	29
CAPITULO III: LÍNEA DE ADUCCIÓN	**34**
3.1 GRADIENTE HIDRÁULICA	34
3.2 DISEÑO LÍNEA DE ADUCCIÓN	35
3.3 DISEÑO DE ANCLAJES	38
3.3.1 ANCLAJES	38
3.3.2 APOYOS	41

CAPITULO IV: RESERVORIO DE ALMACENAMIENTO **42**
4.1 PREDIMENSIONAMIENTO 42
4.2 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE RESERVORIO 44
4.2.1 MUROS 45
4.2.2 ESTRUCTURA DE TECHO 52
4.2.3 LOSA DE FONDO 65
4.2.4 CIMENTACIÓN, PARED DEL RESERVORIO 66
4.3 PARÁMETRO DE CONTROL EN EL DISEÑO 68
4.4 DISEÑO DE CASETA DE VÁLVULAS 71

CONCLUSIONES **73**
RECOMENDACIONES **74**
BIBLIOGRAFÍA **75**
ANEXOS **76**
- PLANOS LÍNEA DE ADUCCIÓN
- PLANOS RESERVORIO Y CASETA DE VÁLVULAS

- ARQUITECTURA
- ESTRUCTURA
- INSTALACIONES SANITARIAS

RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia denominado "Expediente Técnico de Almacenamiento y Distribución de Agua Potable del Centro Poblado de Santa Rosa de Asia – Reservorio y Aducción" ha sido diseñado a fin de satisfacer la demanda actual y futura del centro poblado Santa Rosa.

El proyecto se ubica en el Centro Poblado Santa Rosa, del Distrito de Asia, en la provincia de Cañete – Lima. De acuerdo al perfil, se ha determinado que el CC.PP. Santa Rosa cuenta con 2,510 habitantes. En promedio, se encuentra a 110 msnm. y una superficie aproximada de 61.4 Ha. La topografía del distrito es ligeramente inclinada de poca pendiente. Los pobladores en gran parte se dedica a labores agrícolas.

Los motivos que generaron la propuesta del proyecto básicamente son la carencia e ineficiencia de los servicios de agua potable del Centro Poblado de Santa Rosa, que provoca deterioro de la salud, baja calidad de vida y aumento en los gastos de atención de salud.

El proyecto de construcción del sistema de agua potable y reservorio apoyado, contempla la instalación de 10,200 metros de tubería PVC ISO 4422 para redes de agua potable, línea de aducción de 1,019.49 m. con tubería de hierro dúctil (67.41m.) y PVC. (872.52m.), la construcción de un reservorio apoyado de cabecera de forma rectangular de concreto armado de 350 m^3 de capacidad así como también la construcción de la caseta de válvulas.

El costo del Proyecto "Almacenamiento y Distribución de Agua Potable del Centro Poblado de Santa Rosa de Asia", asciende a la suma total de S/. 1'512,338.31 (incluye IGV.) y esta programado para ser ejecutado en 88 días calendario.

LISTA DE CUADROS

Pág.

CAP I
Cuadro Nº 1.01: Conexiones domiciliarias por manzanas 14

CAP II
Cuadro Nº 2.01: Censo – Población 17
Cuadro Nº 2.02: Proyección del Centro Poblado de Asía 17
Cuadro Nº 2.03: Caudal Medio Diario 18
Cuadro N° 2.04: Caudal Máximo Diario 18
Cuadro N° 2.05: Caudal Máximo Horario 19
Cuadro N° 2.06: Volumen de Regulación 20
Cuadro N° 2.07: Volumen de Reserva 20
Cuadro N° 2.08: Volumen de Almacenamiento de Agua 21
Cuadro Nº 2.09: Formas económicas, sección prismática 22

CAP III
Cuadro Nº 3.01: Valores de K para hallar a 32
Cuadro Nº 3.02: ángulo de anclajes 39
Cuadro Nº 3.03: peso y centro de gravedad de anclajes 40
Cuadro Nº 3.04: Dimensiones reservorio rectangular 43
Cuadro Nº 3.05: Requisitos mínimos de resistencias y recubrimientos 44
Cuadro Nº 3.06: Coeficientes Interpolados 47
Cuadro Nº 3.07: Tabla de Momentos últimos verticales 48
Cuadro Nº 3.08: Tabla de Momentos últimos horizontales 50
Cuadro Nº 3.09: Requisitos mínimos de resistencias y recubrimientos 71

LISTA DE FIGURAS

Pág.

CAP I
Figura Nº 1.01 : Ubicación distrito de Asia 10

CAP II
Figura Nº 2.01: Esquema de fuerzas en reservorio rectangular 22
Figura Nº 2.02: Esquema perfil topográfico 23
Figura Nº 2.03: Viga continua simplemente apoyada 25
Figura Nº 2.04: Viga continua, extremos empotrados 25
Figura Nº 2.05: Esquema, Losa de techo 26
Figura Nº 2.06: Esquema fuerzas de acción(agua) y reacción - (cimentación) 28

CAP III

Figura Nº 3.01: Esquema perfil longitudinal 36
Figura Nº 3.02: Ángulo de inclinación de tubería respecto horizontal 38
Figura Nº 3.03: Anclaje 40
Figura Nº 3.04: Tapa libre y fondo empotrado 45
Figura Nº 3.05: Viga continua simplemente apoyada 52
Figura Nº 3.06: Viga continua, extremos empotrados 53
Figura Nº 3.07: Esquema, Losa de techo 59
Figura Nº 3.08: Ídem Figura Nº 2.06 66
Figura Nº 3.09: Sección reservorio 67
Figura Nº 3.10: Sección agrietada 69

LISTA DE TABLAS

Pág.

CAP III

Tabla Nº 3.01: Coeficientes, Tapa libre y fondo empotrado 46
Tabla Nº 3.02: Coeficientes para Momentos Negativos 60
Tabla Nº 3.03: Coeficientes para Momentos Positivos (carga muerta) 61
Tabla Nº 3.04: Coeficientes para Momentos Positivos (carga viva) 62
Tabla Nº 3.05: Valor máximo del factor "Z" 68

LISTA DE DIAGRAMAS

Pág.

CAP III

Diagrama Nº 3.01: Diagrama de momento flector vertical 48
Diagrama Nº 3.02: Diagrama de momento flector horizontal 50
Diagrama Nº 3.03: Momento Flector viga nº1 53
Diagrama Nº 3.04: Fuerza Cortante viga nº1 53
Diagrama Nº 3.05: Momento Flector viga nº2 54
Diagrama Nº 3.06: Fuerza Cortante viga nº2 54
Diagrama Nº 3.07: Envolvente de Momentos 54
Diagrama Nº 3.08: Envolvente de Cortantes 54

LISTA DE SIGLAS

CC.PP	:	Centro poblado
UTM	:	Universal transversa Mercator
msnm	:	metros sobre el nivel del mar
DN	:	Diámetro nominal
HD	:	Hierro dúctil
PVC	:	Poli cloruro de vinilo
INEI	:	Instituto Nacional de Estadística e Informática
RNE	:	Reglamento Nacional de Edificaciones
NTE	:	Norma Técnica de Edificaciones
PCA	:	Pórtland Cement Association
Hab	:	Habitantes
Qm	:	Caudal medio
Qmd	:	Caudal máximo diario
hf	:	Perdida de carga
Wu	:	Carga ultima
Ca	:	Coeficiente de momentos
ε	:	Módulo de elasticidad
ΔH	:	Sobrepresión producida por el golpe de ariete
mca	:	metros de columna de agua
LGH	:	Línea de gradiente hidráulico
f'c	:	Resistencia a la compresión del concreto
fy	:	Resistencia a la tracción del acero
A_s	:	Area de acero
V	:	Fuerza cortante
Mcr	:	Momento sección agrietada
Icr	:	Inercia sección agrietada
f_s	:	Esfuerzo máximo en servicio del acero

INTRODUCCIÓN

El Informe de Suficiencia titulado "EXPEDIENTE TÉCNICO DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO SANTA ROSA DE ASIA - RESERVORIO Y ADUCCIÓN", plasma el proceso de recopilación y procesamiento de información de campo necesario para diseñar las estructuras planteadas como son la línea de aducción y el reservorio.

El presente documento consta de 4 capítulos en los que se ha desarrollado:

- Aspectos generales, memoria descriptiva del proyecto.
- Marco teórico, conjunto de procedimientos y normas para el diseño de línea de aducción y reservorio.
- Línea de Aducción, predimensionamiento y diseño de línea de aducción
- Reservorio, predimensionamiento y diseño de reservorio.

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES

El centro poblado Santa Rosa se encuentra en los planes reguladores como parte del desarrollo urbano distrital de Asia. Por ello la Municipalidad elaboró en Octubre 2006, el plano de Lotización P-L, el mismo que pertenece al proceso de saneamiento físico legal.

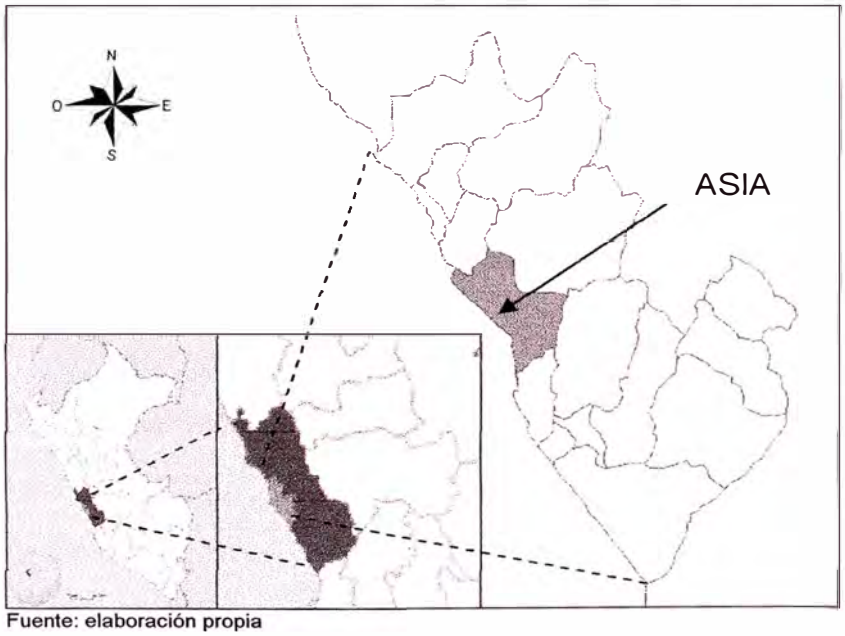
Actualmente los pobladores de la zona en estudio cuentan con un servicio de agua potable precario y limitado en el área central, afectando la calidad de vida de la población.

En este contexto el desarrollo detallado del Expediente Técnico: Almacenamiento y Distribución de Agua Potable del Centro Poblado de Santa Rosa de Asia, toma importancia cuyo propósito es obtener las características, requisitos y especificaciones necesarias para la ejecución del proyecto.

1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO:

Departamento : Lima
Provincia : Cañete
Distrito : Asia
Centro Poblado : Santa Rosa

Figura Nº 1.01 : Ubicación distrito de Asia



Fuente: elaboración propia

Coordenadas (UTM):

E = 8'588,600 m.
N = 334,000 m.
Altitud = 110 msnm.

Accesos:

Se logra llegar al lugar iniciando el recorrido en bus comercial desde kilómetro cero de la Panamericana hasta el Km 101 de la Panamericana Sur, seguidamente mediante un desvío hacia la margen izquierda, por un acceso asfaltado, se recorre con taxis colectivos una distancia de 1.95 km hasta llegar al Centro Poblado La Capilla de Asia; el trayecto continúa unos 250 metros más, donde termina la vía asfaltada y se prolonga en un tramo no asfaltado de 4.20 km hasta llegar hasta la plaza del CC.PP. Santa Rosa.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo General:

Elaborar un expediente técnico que especifique el diseño, y facilite la construcción, operación y mantenimiento de un sistema de almacenamiento y distribución de agua potable a fin de satisfacer la demanda actual y futura del centro poblado Santa Rosa de Asia.

Objetivos Específicos:

- Diseñar el reservorio apoyado y la línea de aducción para el agua potable del CC.PP. Santa Rosa de Asia.

- Comparar métodos de análisis y diseño para obtener la mejor alternativa que respalde un diseño óptimo.

1.4 ALCANCES DEL PROYECTO:

ÁREA DEL TERRENO

De acuerdo al plano de Trazado y Lotización, correspondiente al Centro Poblado "Santa Rosa" ubicado en el Distrito de Asia, Provincia de Cañete, Departamento de Lima, esta área urbana se desarrolla en un terreno de 860,570.96 m2, conformado por 36 manzanas, con un total de 504 lotes, entre habitados y sin habitar.

TOPOGRAFÍA

La topografía del Centro Poblado "Santa Rosa", es en declive con pendiente uniforme y moderada de 3%, adyacente a cerro rocoso que alcanza los 150 msnm., que nos da un diferencial de cota de aprox.60m. El CC.PP. se desarrolla entre las cotas 95.00 a 123.00 m.s.n.m.

Para el levantamiento topográfico se ha tomado referencia la altitud batimétrica.

EVALUACIÓN DEL TIPO DE TERRENO

El terreno donde se ubicarán las redes de agua potable está conformado por arenas limosas y arenas pobremente graduadas, materiales de compacidad semi suelta; en las excavaciones hasta los 2.50 m. no se encontró napa freática.

El lugar donde se ubicará el reservorio esta a 1.00 Km. del poblado Santa Rosa a 150.00 msnm., donde se registró un depósito compacto de material aluvial de 0.20 m y roca meteorizada de tipo moderada a fuertemente fracturada.

El subsuelo no presenta sales agresivas en los lugares donde se ubicará el reservorio apoyado de concreto armado, por lo tanto se puede utilizar cemento Pórtland Tipo I en la preparación del concreto, y el acero de refuerzo no presentará corrosión a corto plazo.

1.5 DESCRIPCIÓN BREVE DEL PROYECTO:

TANQUE APOYADO

El reservorio de almacenamiento es apoyado, de forma rectangular de concreto armado y monolítico con la estructura de techo, de volumen 350 m^3, con cota de fondo 148.15 msnm. Caseta de válvulas con tuberías y accesorios de hierro dúctil de DN 160 mm, también cuenta con una regla exterior (mide el volumen de agua).

LÍNEA DE ADUCCIÓN

Esta compuesta por 02 tipos de tuberías de DN 160 mm, primer tramo de HD desde la cota 148 – 121.26 msnm. (expuesta y apoyado en anclajes de concreto, L =67.41m), segundo tramo de PVC DN 160 mm UF serie 10 desde la cota 121.26 – 109.65msnm. (enterrado, L =872.52m)

REDES DE DISTRIBUCIÓN

Para la proyección de las troncales y redes secundarias de agua potable en el Centro Poblado "Santa Rosa" de Asia, se ha tenido en cuenta la dirección y sentido de la alimentación de Agua Potable y al tanque proyectado.

Sobre la base de ello se está proyectando tuberías de DN 160 mm, 110 mm, 90 mm y 63 mm. PVC, UF Serie 5 y 10 NTP-ISO 4422-1997, de acuerdo a las normas técnicas vigentes a lo largo del frente de todos los lotes a servir de acuerdo al plano de trazado y lotización.

CONEXIONES DOMICILIARIAS

Esta comprende desde la abrazadera sobre la tubería matriz hasta la caja de concreto, dicha tubería conexión PVC ISO 4422 DN 15mm, lleva una funda de recubrimiento de DN 3".

I.6 OBRAS A EJECUTAR

Para el proyecto de agua potable se han desarrollado las siguientes obras:

RESERVORIO

01 reservorio de concreto armado de volumen 350 m^3 incluye caseta de válvulas de albañilería (según detalles planos)

LÍNEA DE ADUCCIÓN

Esta compuesta por 67.41m de tubería de HD, 04 anclajes, 08 apoyos intermedios y 872.52 m de tubería de PVC UF serie 10 (enterrado).

RED MATRIZ DE AGUA

Instalación con tubería PVC ISO 4422 C-5 = 10, 211.07 m.

CONEXIONES DOMICILIARIAS

Conexión domiciliaria con tubería PVC ISO 4422 DN 15mm = 504 und.

En el siguiente cuadro se muestran las conexiones domiciliarias de agua potable distribuidas por manzanas.

Cuadro Nº 1.01: Conexiones domiciliarias por manzanas

Manzana	# lotes	Manzana	# lotes	Manzana	# lotes
A	7	N	16	B1	16
B	16	Ñ	16	C1	16
C	16	Q	16	D1	16
D	13	R	16	E1	14
E	14	S	16	F1	16
F	14	T	16	G1	8
G	13	U	6	H1	7
H	14	V	16	I1	6
J	16	W	16	J1	14
K	16	4	16	K1	14
L	14	5	16	L1	16
M	16	A1	16	M1	10

Fuente: Elaboración propia

I.7 RESUMEN DEL PROYECTO

TITULO

EXPEDIENTE TÉCNICO DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO SANTA ROSA DE ASIA

UBICACIÓN

El Centro Poblado de Santa Rosa, se encuentra ubicado en la zona Este del distrito de Asia, provincia de Cañete y departamento de Lima

META FÍSICA

Reservorio 350 m^3, línea de aducción 939.93 ml, redes de distribución 10,211.07 ml, conexiones domiciliarias 501 unid.

META FINANCIERA

El costo total del proyecto asciende a la suma de **S/. 1' 512 338.31 (SON: UN MILLON QUINIENTOS DOCE MIL TRESCIENTOS TRENTIOCHO Y 31/100 NUEVOS SOLES)** que comprende: Costo Directo, Gastos Generales 15%, Utilidades 10% e IGV con precios vigentes al mes de Octubre del año 2,009.

MODALIDAD DE CONTRATACIÓN

Suma Alzada.

FINANCIAMIENTO

El financiamiento estará a cargo de la Municipalidad Distrital de Asia por intermedio de los recursos provenientes de las inversiones.

MODALIDAD DE EJECUCIÓN

La Modalidad de ejecución será por **CONTRATA**.

PLAZO DE EJECUCIÓN

Será de 88 días útiles (102 días calendario).

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO:

2.1 RESERVORIO APOYADO

2.1.1 RESERVORIO APOYADO

Definición:

Son estructuras hidráulicas apoyadas directamente sobre el terreno de cimentación ubicada en la cabecera del área de servicio y permiten almacenar agua en periodos en las cuales la demanda es menor que el suministro de agua, de esta manera el agua almacenada es usado cuando la demanda es mayor al suministro de agua.

Función:

- Compensar variaciones de consumo que se producen durante el día, garantizando el suministro permanente de agua potable (volumen de regulación).
- Mantener la presión adecuada para la red de distribución.
- Disponer de un volumen de agua adicional para atender situaciones de emergencias, como son los casos de incendios (volumen contra incendio), reparación en las tuberías de conducción (volumen de reserva), etc.

2.1.2 CONSIDERACIONES INICIALES

a) CAPACIDAD DEL RESERVORIO

Para el diseño del reservorio del Centro Poblado Santa Rosa de Asia se ha tomado en consideración la información de los Estudios Básicos y los aspectos sociológicos de la zona. Para el cálculo se ha desarrollado un acápite por cada ítem que se ha creído necesario y que se detalla a continuación

PERIODO DE DISEÑO

Siguiendo las recomendaciones indicadas por el Reglamento Nacional de edificaciones, para poblaciones pequeñas menores 20,000 habitantes se optará por un periodo de diseño de 15 años.

POBLACIÓN DE DISEÑO

La población de diseño se determinará de acuerdo al periodo de diseño determinado y en función del criterio adoptado para la proyección de la población.

Cuadro Nº 2.01: Censo - Población

	Censo - Población (hab.)			
Distrito	**1972**	**1981**	**1993**	**2007**
Asia	2,337	2,681	3,466	6,618

Fuente: INEI

Elaboración propia

En el siguiente cuadro se muestra la proyección de la población aplicando el método geométrico:

Cuadro Nº 2.02: Proyección del Centro Poblado de Asía.

	Base	Gestión de Financ.		Ejecución	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
habitantes	2510	2586	2664	2744	2827	2912	3000	3091	3184

	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
habitantes	3280	3379	3481	3586	3695	3806	3921	4040	4161	4287

Fuente: Elaboración propia

De lo indicado se aprecia que la población de diseño es de 4,287 habitantes la misma que se alcanza en el año 2028, teniendo en consideración los años de gestión de financiamiento y de ejecución.

DOTACIÓN DEL AGUA

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones la dotación para zonas de clima Calido y de pocas lluvias la dotación recomendada es de 220 litros por habitante por día.

Para el centro poblado de Santa Rosa de Asia se visto conveniente asignar una dotación de 220 litros por habitante por día de acuerdo a lo indicado.

La población de diseño es de 4287 habitantes y su dotación de 220 litros por día, por lo que usando la expresión:

$$Qm = (\text{Dotación}) \times (\text{Población de Diseño}) / 86400 \quad \text{...ecuación (01)}$$

Cuadro Nº 2.03: Caudal Medio Diario

Dotación (litros/hab./día)	Población de Diseño (hab.)	Caudal Medio (litros/seg.)
220	4287	10.92

Fuente: Elaboración propia

VARIACIÓN DEL CONSUMO

La variación diaria

El Reglamento Nacional de Edificaciones recomienda que esta variación pueda estar entre el 20% y el 50% encima del caudal medio.

De acuerdo a lo indicado se opta por el 30 % de su variación siendo conservadores con este valor, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro N°2.04: Caudal Máximo Diario

Caudal Medio (litros/seg.)	Coeficiente de Variación del Consumo Máximo Diario	Caudal Máximo Diario (litros/seg.)
10.92	1.3	14.20

Fuente: Elaboración propia

La variación horaria

El Reglamento Nacional de Edificaciones recomienda que esta variación pueda estar entre el 80% y el 150% encima del caudal medio.

En este caso se usa el valor de 150 % sobre el caudal medio por lo indicado obteniéndose:

Cuadro N° 2.05: Caudal Máximo Horario

Caudal Medio (litros/seg.)	Coeficiente de Variación del Consumo Máximo Horario	Caudal Máximo Horario (litros/seg.)
10.92	2.5	27.30

Fuente: Elaboración propia

VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

Depende directamente del volumen de regulación, el volumen de agua contra incendio y el volumen de emergencia. Para el caso del centro poblado de Santa Rosa de Asia, teniendo en consideración que su población de diseño es pequeña e inferior a 10,000 habitantes no se considerará el volumen de agua contra incendio.

Volumen de Regulación

El volumen de regulación estará definido de acuerdo a métodos analíticos, gráficos o estimados de acuerdo al Reglamento nacional de edificaciones.

En el caso del centro poblado Santa Rosa de Asia, no se conoce el consumo horario que podría consumir la población, ni se tiene reporte del consumo diario y horario del mismo. En concordancia con el Reglamento Nacional de Edificaciones el Volumen de Regulación podría estimarse como el 25 % del Caudal Máximo Diario.

Cuadro N° 2.06: Volumen de Regulación

Caudal Máximo Diario (Lit/sg)		Consumo Diario (Lit/día)
14.20	⟺	1,226,880

Volumen Diario (m^3)		Volumen Regulado (m^3)
1227	25% ⟺	307

Fuente: Elaboración propia

De donde el volumen de Regulación resulta ser 307 m3.

Volumen de Reserva

El volumen de Reserva estará definido en función a las posibles interrupciones debido a mantenimiento o desperfectos que podrían ocurrir en la captación y/o en la conducción del agua para consumo.

Se ha podido observar que el tiempo de mantenimiento o reparación de las bombas de succión en los pozos, puede tomar seis horas, tiempo en el cual a la población no se debe dejar atender.

Por ello se determinará el volumen de Reserva en función a una dotación mínima de 30 litros/hab./día por un periodo de seis horas afectado por la población de diseño. En consecuencia se tiene lo siguiente:

Cuadro N° 2.07: Volumen de Reserva

Dotación Mínima (litros/hab/día)	Periodo (horas)	Población de diseño (hab)
30	6	4287

Volumen de Reserva (litros)		Volumen de Reserva (m^3)
32,153	⟺	32

Fuente: Elaboración propia

Volumen de Almacenamiento

El volumen de almacenamiento de agua corresponderá a la suma del volumen regulado con el volumen de reserva, el mismo que se indica a continuación:

Cuadro N° 2.08: Volumen de Almacenamiento de Agua

Volumen de Regulación (m^3)	Volumen de Reserva (m^3)	Volumen de Almacenamiento de Agua (m^3)
307	32	339

Fuente: Elaboración propia

Por factores del procesos constructivo y la facilidad de calculo se establece el volumen de reservorio = **350.00 m^3**.

b) FORMA Y DIMENSIÓN DEL RESERVORIO

Elección Forma de Reservorio

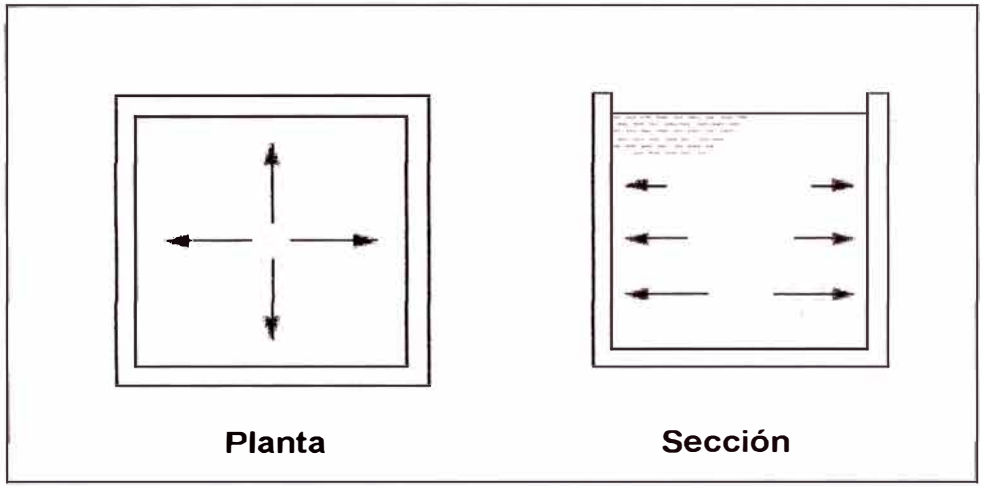
La Organización Panamericana de la Salud recomienda para capacidades medianas y pequeñas (como es el caso de los proyectos de abastecimiento de agua potable en poblaciones rurales), resulta tradicional y económica la construcción de un reservorio apoyado de forma cuadrada o circular.

Siguiendo esta recomendación y por proceso constructivo (facilidad para encofrar y menor costo en encofrado) elegimos la forma rectangular para el reservorio.

Reservorio Apoyado

Aprovechando la topografía se proyecta reservorio apoyado con muros empotrados y monolíticos con cobertura de losa, de tal manera que se restrinja el desplazamiento horizontal del borde superior del muro.

Figura Nº 2.01: Esquema de fuerzas en reservorio rectangular



Fuente: Elaboración propia

Dimensionamiento:

Formas económicas

Con el volumen (V=350 m^3) se define la proporción del reservorio de forma rectangular cuyas dimensiones se calculan teniendo en cuenta la constante k (coeficiente que es función del volumen)

$H = V/3 + k$ ..... Ecuación (02)

V: cientos de m^3

Cuadro Nº 2.09: Formas económicas, sección prismática

V (cientos de m^3)	k
menos de 3	2
4 - 6	1.8
7 - 9	1.5
10 - 13	1.3
14 - 16	1
mas de 17	0.7

Fuente: "Diseño de acueducto y alcantarillado" – R. Lopez Cualla, Alfaomega

Se tiene:

V= 0.35 cientos de m^3

K = 2

En la ecuación (02):

H = 0.35 / 3 + 2 = 2.12 m

Por lo tanto el lado de la base (L_b) es:

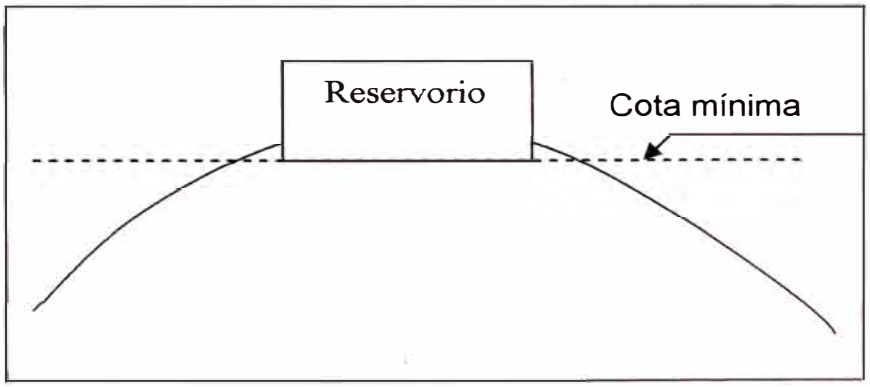
$L_b = 12.85\ m^2$.

Limitación topográfica:

El emplazamiento esta limitada por la cota mínima requerida por la red de distribución, por lo tanto el área de explanación queda limitada a A = 144 m^2, que ha de incluir la caseta de válvulas.

Supeditados a tal condición elegimos lado de la base interior (L_b = 10.00m)

Figura Nº 2.02: Esquema perfil topográfico



Fuente: Elaboración propia

Dimensión reservorio (interior)

Volumen de reservorio	=	350.00 m^3.
Lado interior de base	=	10m.
Área interior de base	=	100 m^2.
Altura	=	3.5m.

2.1.3 DISEÑO DE RESERVORIO

Se hizo el análisis y posterior diseño por componentes: muros, estructura de techo (columna central, viga y losa maciza), losa de fondo, cimentación perimetral.

Para el cálculo de los refuerzos de todos los elementos se hizo por el método Diseño por Resistencias conforme al Reglamento Nacional de Edificaciones N.T.E. E.60 (Capitulo 8).

a) MUROS

Método de Pórtland Cement Association (PCA)

El método de Pórtland Cement Association (PCA) determina momentos y fuerzas cortantes como resultado de experiencias sobre modelos de reservorios basados en la teoría de Plates and Shells (Placas y Cáscaras) de Timoshenko.

Reservorio Rectangular

Este método propone tres condiciones, que son:

- Tapa articulada y fondo articulado
- Tapa libre y fondo articulado
- Tapa libre y fondo empotrado

De las cuales la condición que más se acomoda a las consideraciones iniciales es la tercera alternativa, tapa libre y fondo empotrado. Para este caso y cuando actúa sólo el empuje del agua, la presión en el borde es cero y la presión máxima (P), ocurre en la base.

b) ESTRUCTURA DE TECHO

Para simplificar el análisis y reducir el espesor de la losa se proyecta una viga empotrada a los muros y apoyada sobre una columna central.

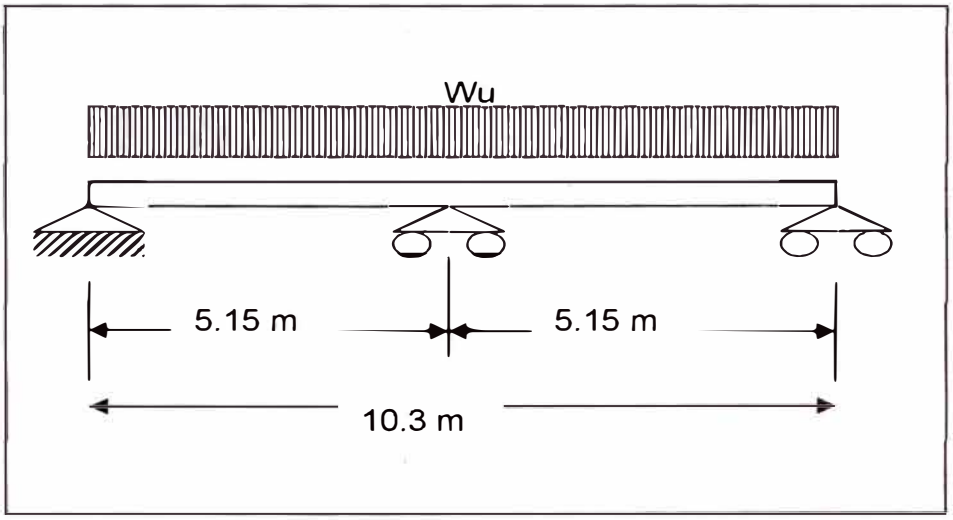
Componentes:

- Viga
- Columna central
- Paños de losa armada en 02 direcciones

Diseño de viga:

Modelo nº 01: Viga continua simplemente apoyada

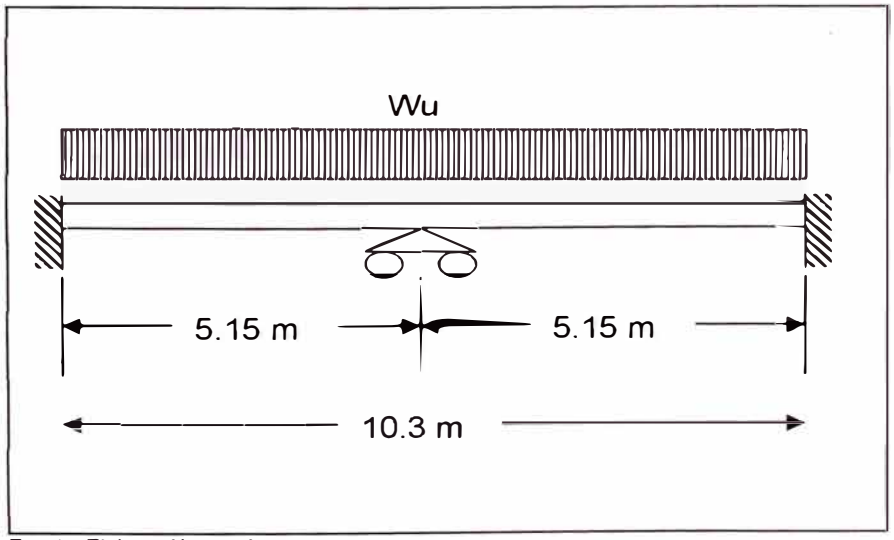
Figura Nº 2.03: Viga continua simplemente apoyada



Fuente: Elaboración propia

Modelo nº 02: Viga continua, extremos empotrados

Figura Nº 2.04: Viga continua, extremos empotrados



Fuente: Elaboración propia

Columna central

Sometido a cargas verticales proveniente de la viga de techo

Diseño losa armada en dos direcciones

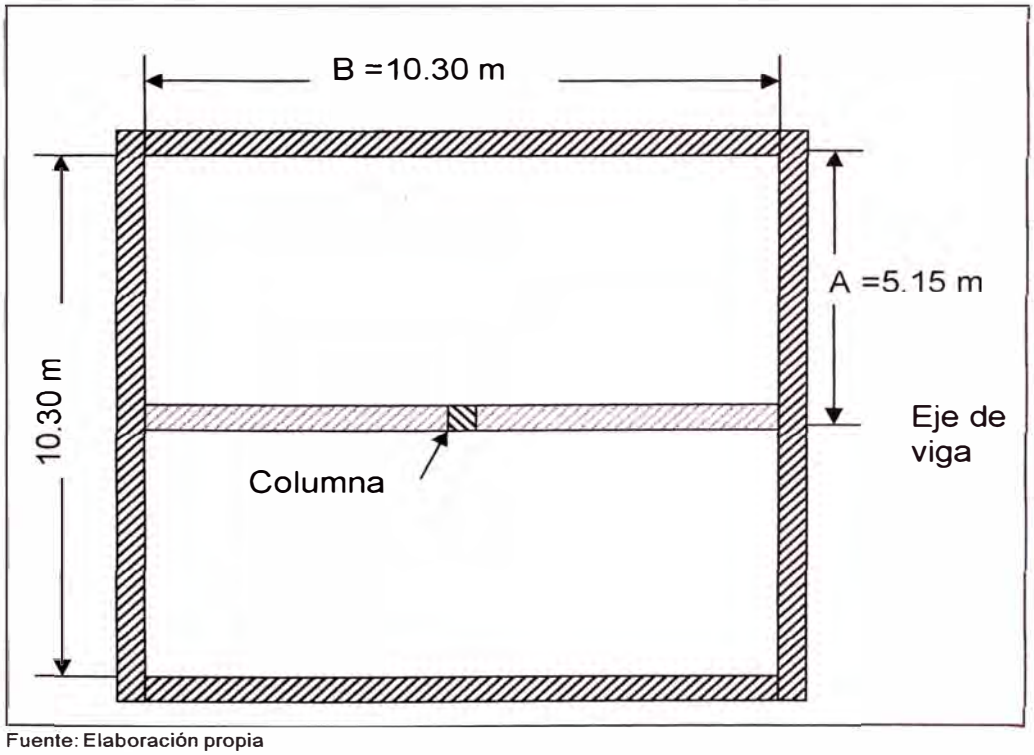
MÉTODO DE COEFICIENTES

Condiciones mínimas para el uso del método de coeficientes para determinar los esfuerzos según el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) N.T.E. E.60 (capitulo 13)

h viga = 0.40 m > 5.15 / 15 = 0.34

relación de luces: A/B = 5.15 / 10.3 = 0.50 OK

Figura Nº 2.05: Esquema, Losa de techo



Fuente: Elaboración propia

Los momentos se determinan para las franjas centrales según:

Ma = Ca Wu A^2 ..... Ecuación (14)

Mb = Cb Wu B^2

Donde:

A: Luz libre del tramo en la dirección corta

B: Luz libre del tramo en la dirección larga

Ma: Momento de flexión en la dirección A.

Mb: Momento de flexión en la dirección B.

Ca: Coeficiente de momentos, indicado en las tablas Nº 02, Nº 03, Nº 04, para la dirección corta

Cb: Coeficiente de momentos, indicado en las tablas Nº 02, Nº 03, Nº 04, para la dirección larga

Wu: Carga última repartida por unidad de área de losa

c) LOSA DE FONDO

Dada las condiciones del terreno rocoso con capacidad portante estimado en 15kg /cm^2, se recomienda para el diseño una capacidad portante menor = 5kg/cm^2, bajo estas condiciones planteamos un losa de espesor mínimo, h = 15cm, con refuerzo mínimo.

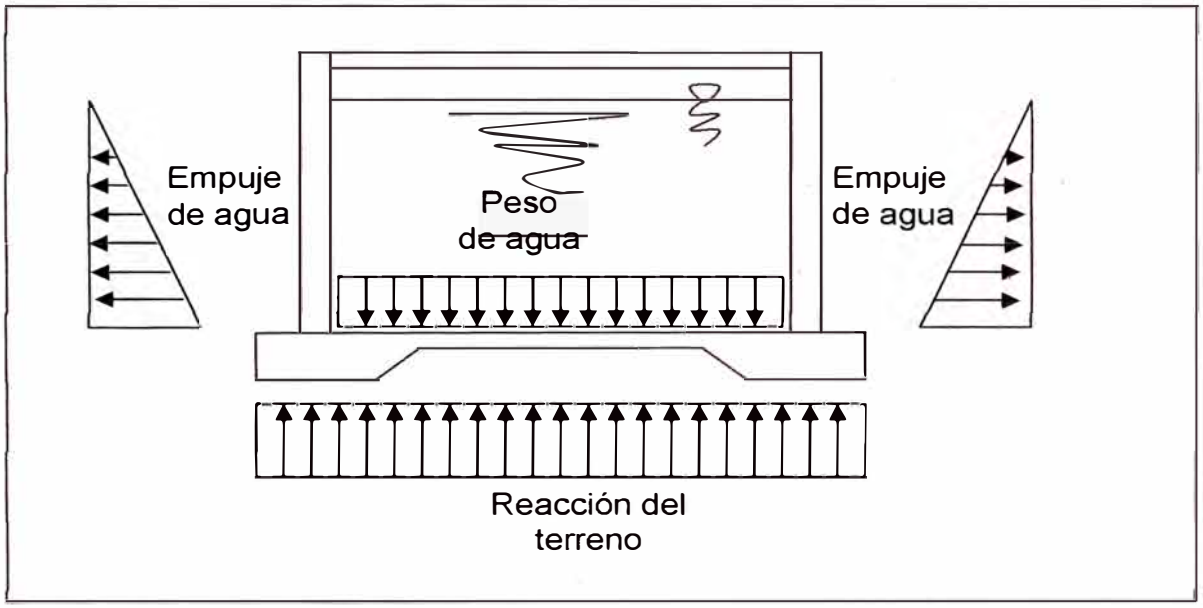
d) CIMENTACIÓN, PARED DEL RESERVORIO

El terreno está conformado por un depósito residual de arenas limosas de 0.20m. de espesor. Luego continúa una roca arenisca y cuarcita de color rojizo a marrón fracturada y seca.

Para el metrado de cargas consideramos la situación más desfavorable, la carga de losa de techo repartida a lo largo de 02 muros (paralelos).

Por la configuración de la estructura integral, no esta sujeto a deslizamiento ni al volteo, por lo que su análisis resulta prescindible.

Figura Nº 2.06: Esquema fuerzas de acción(agua) y reacción(cimentación)



Fuente: Elaboración propia

2.2 LÍNEA DE ADUCCIÓN

2.2.1 LÍNEA DE ADUCCIÓN

Definición

Son tuberías a presión que transporta agua potable desde el reservorio hasta la red de distribución, esta tubería normalmente sigue el perfil del terreno, en ocasiones la topografía condiciona la implementación de sifones, sifones invertidos. Por lo que el conocimiento de las propiedades y características de cada tipo de tubería es vital para un diseño optimo de la línea de aducción

Función

Transportar agua potable a presión desde el reservorio hasta la red de distribución.

2.2.2 CRITERIO DE DISEÑO

CARGA DISPONIBLE

Es la diferencia de cota entre el reservorio y la entrada de la red de distribución

H = 148 – 109.65 = 38.35 m.

CAUDAL DE DISEÑO

Se diseña para transportar el máximo caudal diario (Qmd):

Qmd = k1 x Qm

Donde:

Qm = población x dotación

Ídem. Cuadro N° 2.04 : Caudal Máximo Diario

Caudal Medio (litros/seg.)	Coeficiente de Variación del Consumo Máximo Diario	Caudal Máximo Diario (litros/seg.)
10.92	1.3	14.20

Fuente: elaboración propia

CLASE DE TUBERÍA

Para determinar el tipo de tubería a emplearse es importante conocer las condiciones de servicio de esta, puesto que los tipos de tuberías tienen diferentes características según su composición.

Descripción tipo de tubería:

Fibrocemento : En desuso por estar compuesto de asbesto (cancerigeno).

Hierro Dúctil : son caras, poseen alta resistencia a los agentes externos, es apropiado para estar expuesto a la intemperie.

Hormigón : Se utilizan para diámetros mayores a 0.50m metros, si son necesarios.

Acero : Poseen gran resistencia interna, pero poca resistencia externa por lo que se usa con protección de concreto para evitar el aplastamiento, además es necesario el uso de uniones flexibles para evitar la influencia de los cambios de temperatura.

Plástico (PVC): Inerte a la corrosión, liviana y de fácil manejo, fácil de perforar para instalara cometidas, se degrada cuando esta expuesta a los rayos solares.

Por consiguiente la mejor alternativa es el uso de dos tipos de tuberías, las cuales son de PVC para el tramo enterrado y de Hierro Dúctil para el tramo expuesto.

PERDIDA DE CARGA UNITARIA

Es la perdida de energía por unidad de longitud, se evalúa por las siguientes ecuaciones:

Hazen y Williams

$$Q = 0.0004264\ C\ D^{2.63}\ (h_f / L)^{0.54} \quad \text{.....Ecuación (03)}$$

PERDIDA DE CARGA POR TRAMO

Hazen y Williams

$$h_f = 1.72 \times 10^6\ L\ Q^{1.85} /(\ C^{1.85}\ D^{4.87}) \quad \text{.....Ecuación (04)}$$

GOLPE DE ARIETE

Definición

El fenómeno del golpe de ariete, consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir, básicamente es una variación de presión.

Descripción

El valor de la sobrepresión debe tenerse en cuenta a la hora de dimensionar las tuberías, mientras que, en general, el peligro de rotura debido a la depresión no es importante, más aún si los diámetros son pequeños. No obstante, si el valor de la depresión iguala a la tensión de vapor del líquido se producirá cavitación, y al llegar la fase de sobrepresión estas cavidades de vapor se destruirán bruscamente, pudiendo darse el caso, no muy frecuente, de que el valor de la sobrepresión producida rebase a la de cálculo, con el consiguiente riesgo de rotura. Los principales elementos protectores en este caso serían las ventosas.

Tanto en abastecimientos por gravedad como en impulsiones, la duración de cada una de estas fases es a/L, siendo L la longitud de la tubería y a la celeridad.

a) Velocidad de la onda (a):

Es la velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería, por lo que su ecuación de dimensiones es $L \times T^{-1}$.

Una expresión práctica propuesta por Allievi, que permite una evaluación rápida del valor de la celeridad cuando el fluido circulante es agua, es la siguiente:

$$a = \frac{9{,}900}{\sqrt{(48.3+K\,D/e)}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{Ecuación (05)}$$

Siendo:

K: Coeficiente función del módulo de elasticidad (ε) del material constitutivo de la tubería.

$$K = \frac{10^{10}}{\varepsilon}$$

D: Diámetro interior de la tubería

e: Espesor de la tubería

Cuadro Nº 3.01: Valores de K para hallar a

Material de la tuberia	ε (kg/m2)	K
Planchas de hierro y acero	$2x10^{10}$	0.5
Fundición	10^{10}	1
Hormigon simple	$2x10^{9}$	5
Fibrocemento	$1.85x10^{9}$	5.5 (5-6)
PVC.	$3x10^{8}$	33.3 (20-50)

Fuente: Cátedra de Ingeniería Rural, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica agrícola de Ciudad Real

Caso particular, tramos de diferentes tuberías

En el caso de que la conducción esté constituida por tramos de tubos de diferentes características (diámetro, espesor, material, etc.), la celeridad media se calculará como la media ponderada de la celeridad de cada tramo. Si L_1, L_2, L_3, ..., son las longitudes de los tramos de distintas características y a_1, a_2, a_3, ..., las celeridades respectivas, el tiempo total L/a que tarda la onda en recorrer la tubería será la suma de los tiempos parciales:

$$\frac{L}{a} = \frac{L_1}{a_1} + \frac{L_2}{a_2} + \frac{L_3}{a_3} + \ldots\ldots \quad \text{Luego} \quad a = \frac{L}{\Sigma L_i/a_i}$$

b) Tiempo de cierre de válvula

Se define el tiempo (T) como el intervalo entre el inicio y el término de la maniobra, sea cierre o apertura, total o parcial, ya que durante este tiempo se produce la modificación del régimen de movimiento del fluido.

$$T = 2\,L/a \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \qquad \text{Ecuación (06)}$$

$T < 2\,L/a$: cierre rápido

$T > 2\,L/a$: cierre lento

c) Sobre presión producida por el golpe de ariete, caso cierre lento:

A finales del siglo XIX, Michaud propuso la primera fórmula para valorar el golpe de ariete:

$$\Delta H = \frac{2\,L\,v}{g\,T} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \qquad \text{Ecuación (07)}$$

siendo:

ΔH: Sobrepresión producida por el golpe de ariete (metros de col. de agua)

L: Longitud de la tubería (m)

v: Velocidad de régimen del agua (m/s)

T: tiempo de cierre.

g: Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s^2

CAPITULO III: LÍNEA DE ADUCCIÓN

3.1 GRADIENTE HIDRÁULICA

Definición

Es la línea que indica la presión del agua a lo largo de la tubería en condición de operación.

De la ecuación de la energía considerando las perdidas locales se tiene:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad h_f + h_l \quad \text{..... ecuación de la energía} \qquad (08)$$

Calculamos la presión en el cambio de tubería de hierro dúctil a PVC (P_2) y en la descarga de la línea de aducción (P_3)

Datos:

Q = 27,300 cm^3/s (Caudal máximo horario)

γ = 1000 kg / cm^3

g = 9.81 m/s^2

P_1= 0

P_2= ?

P_3= ?

Z_1 = 148 msnm.

Z_2 = 121.26 msnm.

Z_3 = 109.65 msnm.

Cálculos previos:

Q = 27,300 cm^3/s (Caudal máximo horario)

Condición de velocidad $0.6 < V < 3$ m/s

Entonces: $13.04 < D < 29.15$ cm

Elegimos D = 15 (comercial 6")

A = 120.465 cm^2

V = 2.26 m/s

Perdida de carga: h_f

Por Hazen y Williams:

$$h_f = 1.72 \times 10^6 \, L \, Q^{1.85} / (C^{1.85} \, D^{4.87})$$

tramo de Hierro Dúctil:

L = 67.41 m

C = 140 de tabla Nº01 (RNE- OS 0.50)

h_f = 0.91 m

tramo de PVC:

L = 952.08 m

C = 150 de tabla Nº01 (RNE- OS 0.50)

h_f = 11.37m.

Calculando las presiones en columnas de agua al final de cada tramo: (de la ecuación 08)

P_2= 25.57 m.

P_3= 25.31 m.

3.2 DISEÑO LÍNEA DE ADUCCIÓN

Condiciones del terreno

Tramo 01: Rocoso

Del reservorio, cota =148msnm. hasta 121.26msnm.

A lo largo de 70ml aprox.

Muy difícil de excavar, necesariamente expuesto, es necesario el uso de tubería resistente a la intemperie, se opto por la tubería de Hierro Dúctil con acoples, uniones y codos del mismo material.

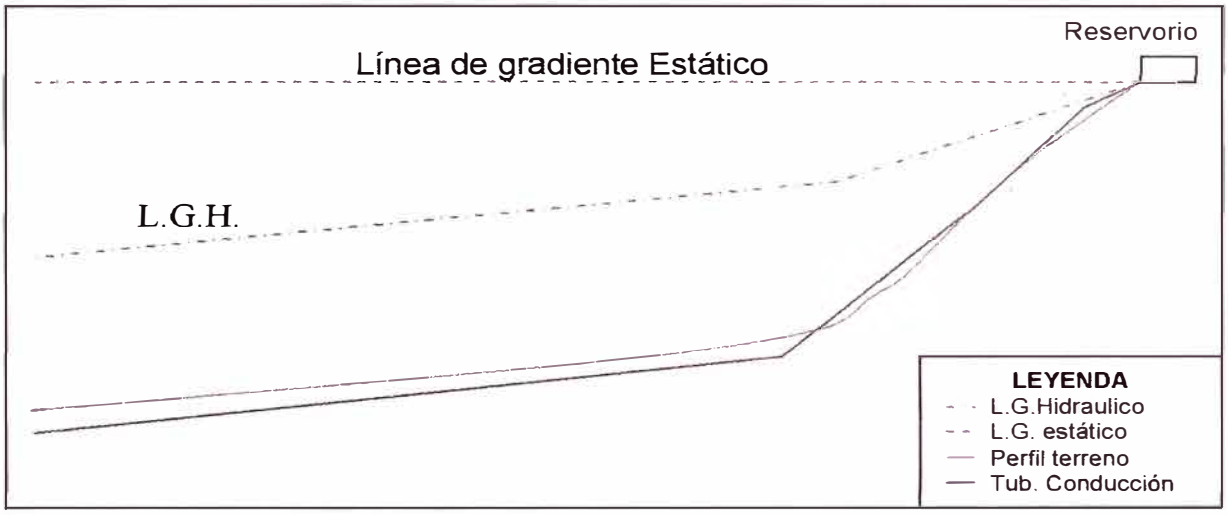
Tramo 02: Sedimentarias (arenas limosas pobremente graduadas)

De 121.26 msnsm. hasta109.65 msnsm. a lo largo de 900ml aprox.

Fácil de excavar recomendable para tubería enterrada, apropiada para tubería de PVC por el bajo costo y fácil de instalar.

Línea de conducción por debajo de la línea de gradiente hidráulico

Figura Nº 3.01: Esquema perfil longitudinal



Fuente: Elaboración propia

Calculo de sobrepresión por golpe de ariete

Tramo HD (hierro dúctil)

L = 67.41m : longitud de tubería

Velocidad de la onda (a):

De la ecuación (05)

Siendo:

K = 1 de la tabla Nº 3.01

D = 154.40 mm.

E = 7.80 mm.

a = 1,199.71 m/s

Tramo PVC:

L = 952.08 m

Velocidad de la onda (a):

De la ecuación (05)

Siendo:

K = 33.3 del cuadro Nº 11

D = 145.60 mm.

e = 7.70 mm.

a = 372.20 m/s

Velocidad de la onda del sistema: (HD + PVC):

$$\frac{L}{a} = \frac{L_1 + L_2 + L_3}{a_1 \quad a_2 \quad a_3}$$

$$\frac{L}{a} = \frac{67.41}{1,197.71} + \frac{952.08}{372.20}$$

$$\frac{L}{a} = 2.6142$$

a = 389.98 m/s

T = 5.22 s ..... de la Ecuación (06)

Asumiendo que cerraremos la válvula en un tiempo mayor a 5.22 segundos, entonces se producirá el cerrado lento.

Para esta condición debemos calcular la sobrepresión del sistema:

$$\Delta H = \frac{2 L v}{g T}$$ ..... de la Ecuación (07)

siendo:

ΔH : Sobrepresión producida por el golpe de ariete (metros de col. de agua)

L : 1,019.49 m

v : 2.26 m/s

g : Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s^2

Para:

T = 7.5 seg. ;ΔH = 62.63 m c h

T = 15 seg. ;ΔH = 31.31 m c h

Presiones en columnas de agua al final de línea de aducción

P_3= 25.31 m. (sin golpe de ariete)

P_3= 87.94 m. (con golpe de ariete y T = 7.5 seg) < clase 10 = 100 mca

P_3= 56.63 m. (con golpe de ariete y T = 15 seg) < clase 10 = 100 mca

La tubería PVC clase 10 es apropiada para resistir las sobrepresiones por golpe de ariete, teniendo muy en cuenta el tiempo de cerrado T, mayor a 7.5 segundos.

3.3 DISEÑO DE ANCLAJES

3.3.1 ANCLAJES

Definición

Son bloques de concreto que envuelven la tubería de presión con el propósito de fijarla al terreno, absorbiendo desplazamientos en los tres ejes.

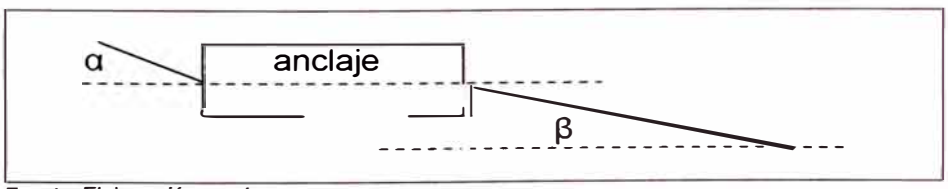
Ubicación

Se ubican en aquellos lugares donde hay *cambios* de dirección o de pendiente, o donde existe cambio de sección, en el proyecto se identifico 05 lugares apropiados, siendo el anclaje de pie de monte el mas critico.

Calculo:

Para el cálculo se considera juntas de expansión en el tramo de tubería con hierro dúctil, después de cada anclaje 03 en total.

Figura Nº 3.02: ángulo de inclinación de tubería respecto horizontal



Fuente: Elaboración propia

α : ángulo de inclinación aguas arriba

β : ángulo de inclinación aguas abajo

H : Presión hidrostática a la altura del anclaje en m.

Cuadro Nº 3.02: ángulo de anclajes

tramo HD 04		Tramo HD 03		Tramo HD 02		Tramo HD 01	
H =	27.23	H =	16.24	H =	8.28	H =	5.14
L =	20.46	L =	16.07	L =	8.65	L =	20.88
Dist.Apoyo I	3.00	Dist. Apoyo	3.00	Dist. apoyo	3.00	Dist. apoyo	3.00
α =	33.00	α =	31.00	α =	22.00	α =	14.00
β =	0.00	β =	33.00	β =	31.00	β =	22.00

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño del anclaje se considera el anclaje mas critico al final del tramo 04 de 20.46 ml, con cota 121.26msnm.

Datos:

γ agua = 1,000.00 kg/m^3

γ Tub. HD = 7,860.00 kg/m^3

esp. tub. (t) = 7.80 mm.

Calculo de fuerzas actuantes:

Componente del peso de la tubería con agua perpendicular a ella (F1):

$F1 = (W_t + W_a) \times l \times \cos \alpha$ .....Fórmula (01)

F1 = 135.71 kg-f en dirección al terreno

Fuerza de fricción entre la tubería y los apoyos (F2):

$F2 = \mu \times (W_t + W_a) \times L \times \cos \alpha$ .....Fórmula (02)

μ = 0.70 coeficiente de fricción entre concreto y roca

F2 = 647.88 kg-f en la dirección del flujo

Fuerza por cambio de dirección (F3):

$F3 = 1.6 \times 10^3 \times H \times D^2 \times \text{Sen}((\beta - \alpha)/2)$ .....Fórmula (03)

F3 = 294.99 kg-f en dirección al terreno

Componente del peso de la tubería paralela a ella (F4):

$F4 = W_t \times L \times \text{Sen}\ \alpha$ .....Fórmula (04)

F4 = 348.12 kg-f en la dirección del flujo

Fuerza de fricción en la junta de dilatación (F5):

F5 = 3.1 x D x C .....Fórmula (05)

D = 154.4 mm diámetro interior de tubería

F5 = 1,544.00 kg-f en la dirección del flujo

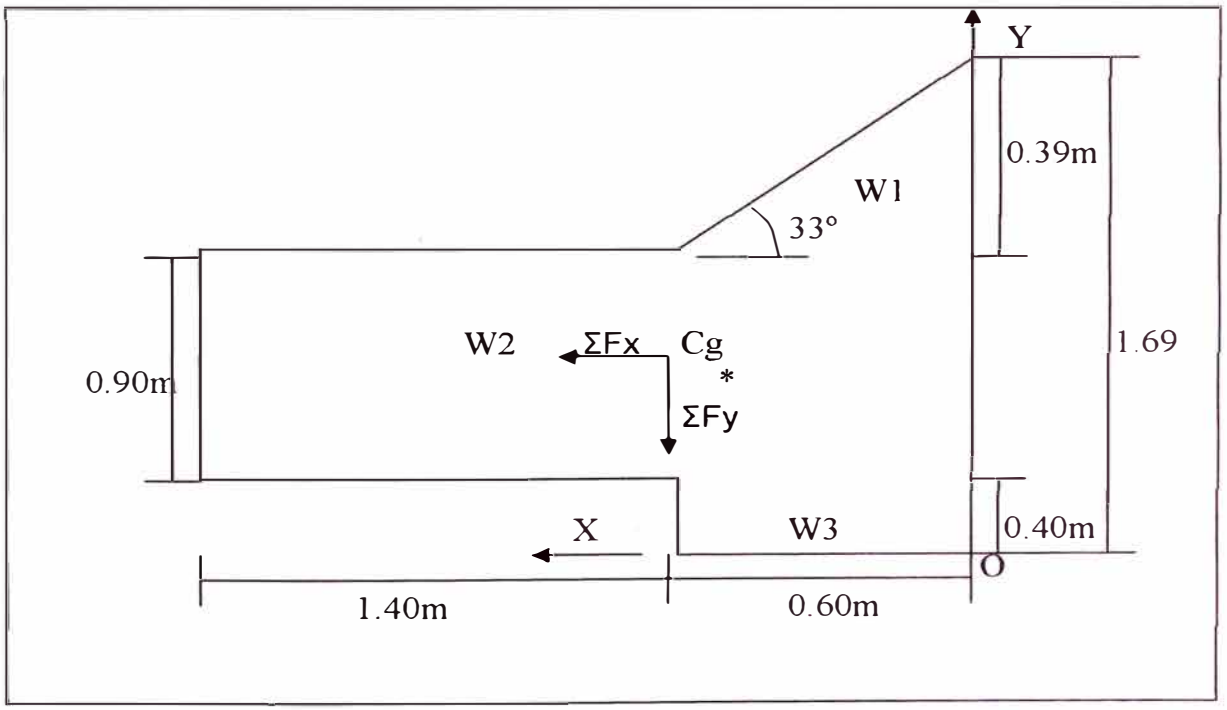
Fuerza debido a la presión hidrostática dentro de las juntas de expansión (F6):

F6 = 3.1 x H x D x t .....Fórmula (06)

F6 = 101,660.26 kg-f en la dirección del flujo

Calculando la estabilidad de anclaje:

Figura Nº 3.03: Anclaje



Fuente: Elaboración propia

Calculando peso de anclaje y centro de gravedad:

Cuadro Nº 3.03: peso y centro de gravedad de anclajes

		braso x	braso y
w1 =	252.72	0.20	1.43
w2 =	3,888.00	1.00	0.85
w3 =	518.40	0.30	0.20
	4,659.12	Xg	Yg
		0.88	0.81

Fuente: Elaboración propia

Verificando deslizamiento ΣFx:

ΣFx = 1,972.53 kg-f

ΣFy = 6,439.16 kg-f en dirección al terreno

Rx (μ x ΣFy) =4,507.41 kg-f

Rx >> ΣFx OK.

Aplicando la segunda condición de equilibrio:

ΣMo = ΣFx (0.85) + ΣFy(0.6) + W (0.88) – Ry X = 0

Despejando:

X = 1.06

e = x – b/2 = 0.06

Comprobando que S base < S adm.

S base= Ry / Ax(1± 6 x e/b) .....Fórmula (07)

S base= 0.425 máx

S base= 0.29 min

S adm = 5 kg/cm^2 >> S base OK.

La estabilidad del anclaje esta garantizado.

3.3.2 APOYOS

Definición

Son bloques de concreto en forma de tetraedro que envuelven y sirven de apoyo a la tubería de presión.

No precisa de cálculo, es suficiente con predimensionar constructivamente, base cuadrada 0.50m x 0.50m, y altura de 0.90m aprox. (variable según la configuración del terreno).

Ubicación

Como apoyo intermedio entre cada unidad de tubería de Hierro dúctil (L = 6m), en total se requiere 09 unidades.

CAPITULO IV: RESERVORIO DE ALMACENAMIENTO

4.1 PREDIMENSIONAMIENTO

Formas económicas

$H = V/3 + k$ ..... de la Ecuación (02)

Tenemos:

$V = 0.35$ cientos de m^3

$K = 2$ del cuadro Nº 10

En la ecuación (02):

$H = 0.35 / 3 + 2 = 2.12$ m

Por lo tanto el lado de la base (L_b) es:

$L_b = \sqrt{(V / H)} = 12.85\ m^2$.

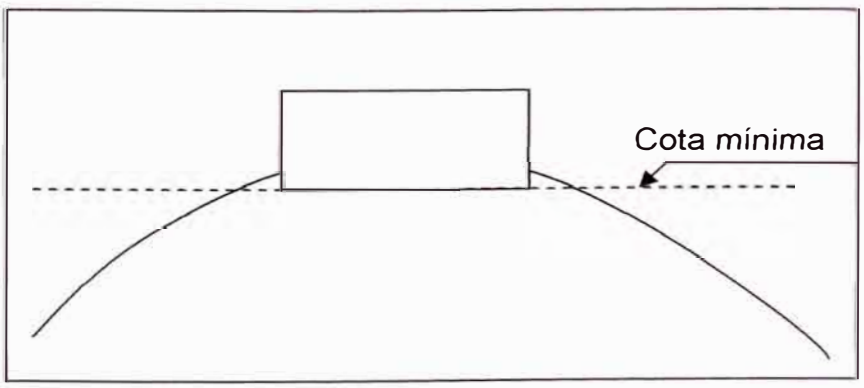
$L_b = 12.85\ m^2$.

Topografía

El emplazamiento esta limitada por la cota mínima requerida por la red de distribución, por lo tanto el área de explanación queda limitada a $A = 144.00\ m^2$, que ha de incluir la caseta de válvulas.

Supeditados a tal condición elegimos lado de la base interior ($L_b = 10.00$m)

Ídem. Figura Nº 2.02: Perfil topográfico



Fuente: Elaboración propia

Datos Iniciales:

- Volumen de Reservorio requerido (m^3) = 341
- Lado de la base interior (m) = 10.00

Cuadro Nº 3.04: Dimensiones reservorio rectangular

DESCRIPCIÓN	VALOR
Volumen de Reservorio requerido (m^3)	341.00
Borde libre adoptado (m)	0.50
Altura de agua adoptada (m)	3.50
Long. Int. de pared Adoptado (m)	10.00
Relación ancho/altura	2.86
Volumen Resultante (m^3)	350.00

Fuente: Elaboración propia

4.2 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE RESERVORIO

Método de Pórtland Cement Association (PCA)

El método de Pórtland Cement Association (PCA) determina momentos y fuerzas cortantes como resultado de experiencias sobre modelos de reservorios basados en la teoría de Plates and Shells (Placas y Cáscaras) de Timoshenko.

Reservorio Rectangular

Este método propone tres condiciones, que son:

- Tapa articulada y fondo articulado
- Tapa libre y fondo articulado
- Tapa libre y fondo empotrado

De las cuales la condición que más se acomoda a las consideraciones iniciales es la tercera alternativa, tapa libre y fondo empotrado. Para este caso y cuando actúa sólo el empuje del agua, la presión en el borde es cero y la presión máxima (P), ocurre en la base.

Consideraciones:

Por condiciones de exposición (concreto impermeable) con relación a/c = 0.45

Cuadro Nº 3.05: Requisitos mínimos de resistencias y recubrimientos

DESCRIPCION	VALOR
Resistencia del Concreto f'c (Kg/cm^2)	280
Resistencia del Acero fy (Kg/cm2)	4200
Recubrimiento mínimo losa superior (cm)	4
Recubrimiento mínimo losa de fondo (cm)	5
Recubrimiento mínimo muros (cm)	5

Fuente: Elaboración propia

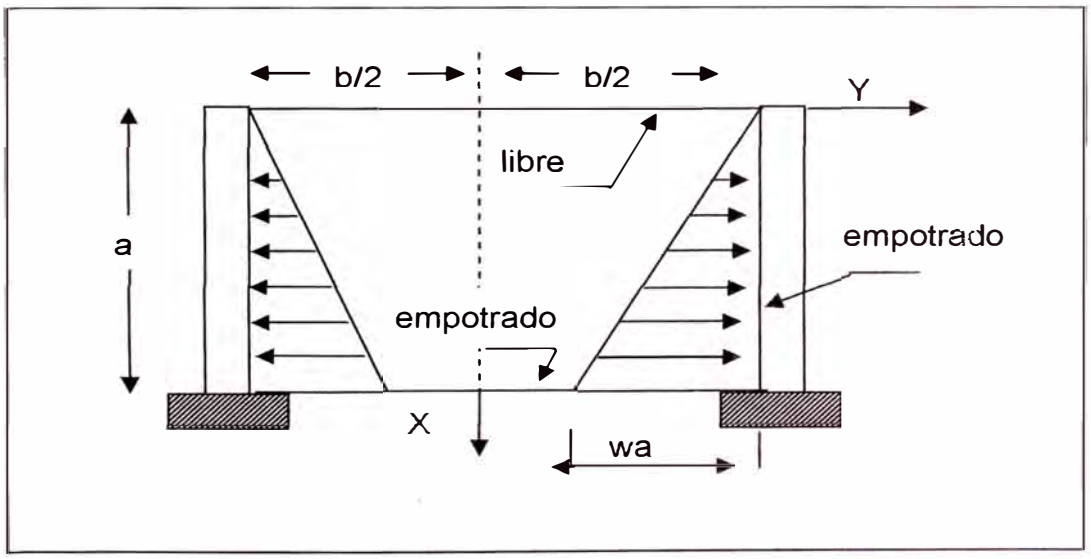
Diseñando por componentes:

4.2.1 MUROS:

CALCULANDO ESFUERZOS EN LAS PAREDES

Usando las tablas del PCA (Pórtland Cement Association)

Figura Nº 3.04: Tapa libre y fondo empotrado



Fuente: Tabla III - Pórtland Cement Association (PCA)

Momento = Coeficiente x wa^3

Tabla Nº 3.01: Coeficientes, Tapa libre y fondo empotrado

b/a	x/a	y = 0		y = b/4		y = b/2	
		Mx	My	Mx	My	Mx	My
3	0	0.000	0.025	0.000	0.014	0.000	-0.082
	1/4	0.010	0.019	0.007	0.013	-0.014	-0.071
	1/2	0.050	0.010	0.008	0.010	-0.011	-0.055
	3/4	-0.033	-0.004	-0.018	0.000	-0.006	-0.028
	1	-0.126	-0.025	-0.092	-0.018	0.000	0.000
2.5	0	0.000	0.027	0.000	0.013	0.000	-0.074
	1/4	0.012	0.022	0.007	0.013	-0.013	-0.066
	1/2	0.011	0.040	0.008	0.010	-0.011	-0.053
	3/4	-0.021	-0.001	-0.010	0.001	-0.005	-0.027
	1	-0.108	-0.022	-0.077	-0.015	0.000	0.000
2	0	0.000	0.027	0.000	0.009	0.000	-0.060
	1/4	0.013	0.023	0.006	0.010	-0.012	-0.059
	1/2	0.015	0.016	0.010	0.010	-0.010	-0.049
	3/4	-0.008	0.003	-0.002	0.003	-0.005	-0.027
	1	-0.086	-0.017	-0.059	-0.012	0.000	0.000
1.75	0	0.000	0.025	0.000	0.007	0.000	-0.050
	1/4	0.012	0.022	0.005	0.008	-0.010	-0.052
	1/2	0.016	0.016	0.010	0.009	-0.009	-0.046
	3/4	-0.002	0.005	0.001	0.004	-0.005	-0.027
	1	-0.074	-0.015	-0.050	-0.010	0.000	0.000
1.5	0	0.000	0.021	0.000	0.005	0.000	-0.040
	1/4	0.008	0.020	0.004	0.007	-0.009	-0.044
	1/2	0.016	0.016	0.010	0.008	-0.008	-0.042
	3/4	0.003	0.006	0.030	0.004	-0.005	-0.026
	1	-0.060	-0.012	-0.041	-0.008	0.000	0.000
1.25	0	0.000	0.015	0.000	0.003	0.000	-0.029
	1/4	0.005	0.015	0.002	0.005	-0.007	-0.034
	1/2	0.014	0.015	0.008	0.007	-0.007	-0.037
	3/4	0.006	0.007	0.005	0.005	-0.005	-0.024
	1	-0.047	-0.009	-0.031	-0.006	0.000	0.000
1	0	0.000	0.009	0.000	0.002	0.000	-0.018
	1/4	0.002	0.011	0.000	0.003	-0.005	-0.023
	1/2	0.009	0.013	0.005	0.005	-0.006	-0.029
	3/4	0.008	0.008	0.005	0.004	-0.004	-0.020
	1	-0.035	-0.007	-0.022	-0.005	0.000	0.000
0.75	0	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	-0.007
	1/4	0.001	0.008	0.000	0.002	-0.002	-0.011
	1/2	0.050	0.010	0.002	0.003	-0.003	-0.017
	3/4	0.007	0.007	0.003	0.003	-0.003	-0.013
	1	-0.024	-0.005	-0.015	-0.003	0.000	0.000
0.5	0	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	-0.002
	1/4	0.000	0.005	0.000	0.001	-0.001	-0.004
	1/2	0.002	0.006	0.001	0.001	-0.002	-0.009
	3/4	0.004	0.006	0.001	0.001	-0.001	-0.007
	1	-0.015	-0.003	-0.008	-0.002	0.000	0.000

Fuente: Tabla III - Pórtland Cement Association (PCA)

MOMENTOS VERTICALES

Los momentos se determinan mediante la siguiente fórmula:

$M_x = K_x * \gamma_a * H^3$ *en kg – m* ..... Ecuación (09)

Datos:

H = 3.50 m. (Altura de la carga hidráulica)

L = 10.00 m. (Lado interior del reservorio)

t = 0.30 m. (Espesor de paredes de reservorio)

γ_a = 1000 kg / m^3 (Peso especifico del agua)

γ_a = w ; a = H; b = L

Los valores de K se obtienen interpolando de la tabla anterior (Tabla Nº 3.01)

b / a = 2.86

Cuadro Nº 3.06: Coeficientes Interpolados

b/a	x/a	y = 0		y = b/4		y = b/2	
		Mx	My	Mx	My	Mx	My
3	0	0.000	0.025	0.000	0.014	0.000	-0.082
	1/4	0.010	0.019	0.007	0.013	-0.014	-0.071
	1/2	0.050	0.010	0.008	0.010	-0.011	-0.055
	3/4	-0.033	-0.004	-0.018	0.000	-0.006	-0.028
	1	-0.126	-0.025	-0.092	-0.018	0.000	0.000
2.86	0	0.000	0.026	0.000	0.014	0.000	-0.080
	1/4	0.011	0.020	0.007	0.013	-0.014	-0.070
	1/2	0.039	0.018	0.008	0.010	-0.011	-0.054
	3/4	-0.030	-0.003	-0.016	0.000	-0.006	-0.028
	1	-0.121	-0.024	-0.088	-0.017	0.000	0.000
2.5	0	0.000	0.027	0.000	0.013	0.000	-0.074
	1/4	0.012	0.022	0.007	0.013	-0.013	-0.066
	1/2	0.011	0.040	0.008	0.010	-0.011	-0.053
	3/4	-0.021	-0.001	-0.010	0.001	-0.005	-0.027
	1	-0.108	-0.022	-0.077	-0.015	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

El momento último de diseño se obtiene multiplicando por 1.7 (factor de carga viva) y por el coeficiente de durabilidad 1.3

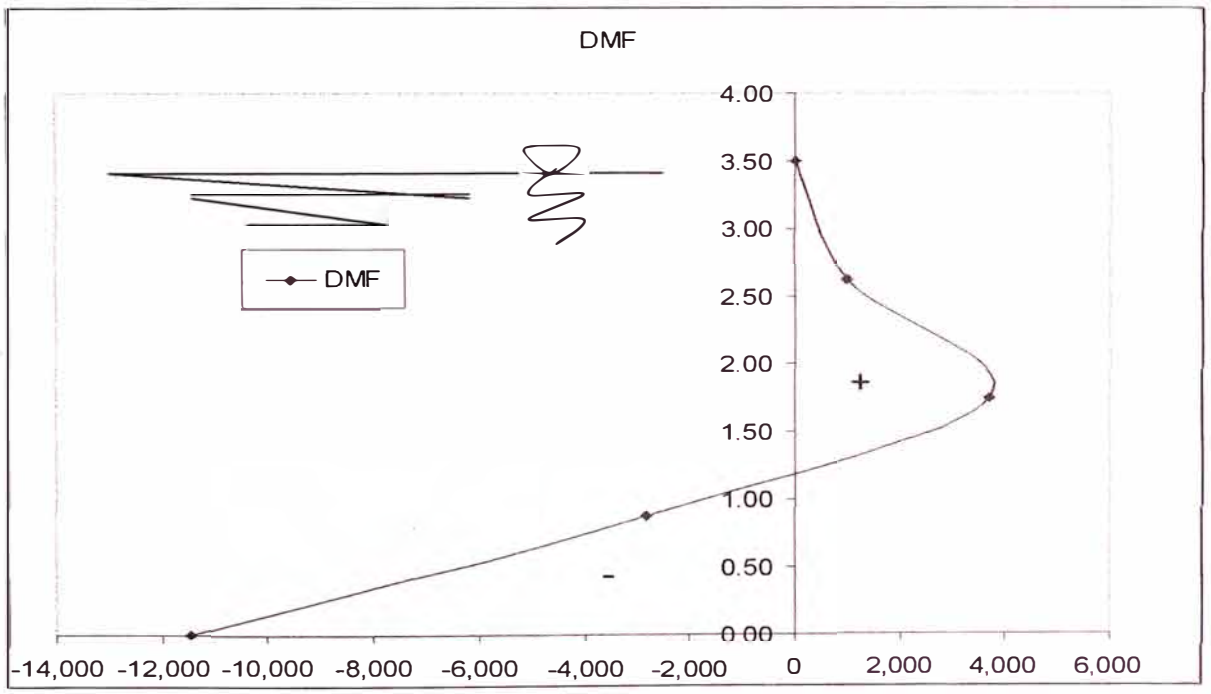
$M_{ux} = M_o$ x 1.7 x 1.3 ..... De la Ecuación (09)

Cuadro Nº 3.07: Tabla de Momentos últimos verticales

x/a	x/a * H	tabl. PCA	Mx (kg-m)	Mux = 1.7x1.3xMo
1	3.50	0.000	0.00	0.00
3/4	2.63	0.011	452.76	1,000.60
1/2	1.75	0.039	1,675.56	3,702.98
1/4	0.88	-0.030	-1,270.82	-2,808.50
0	0.00	-0.121	-5,186.16	-11,461.41

Fuente: Elaboración propia

Diagrama Nº 3.01: Diagrama de momento flector vertical



Fuente: Elaboración propia

El cálculo de refuerzo se hará por el método de cargas factoradas.

$$A_s = \frac{M_u}{0.9 \times f_y \times d} \quad \text{..... Ecuación (10)}$$

Calculando el refuerzo de acero para el máximo momento negativo, se da en la cara interior de la base

$$A_s = \frac{11{,}461.41 \times 100}{0.9 \times 4200 \times 25}$$

$$A_s = 12.13 \text{ cm}^2 / \text{m}.$$

$$A_{s\,min} = \frac{0.8\sqrt{(f'_c)} \times t \times b}{f_y} \quad \text{..... Ecuación (11)}$$

$A_{s\,min}$ = 9.56 cm^2

A_s > $A_{s\,min}$

Φ 3/8" @ 0.20m ⟶ 3.55 cm^2

Φ 5/8" @ 0.20m ⟶ 9.90 cm^2

13.45 cm^2 OK

Calculando el refuerzo de acero para el máximo momento positivo, se da en la cara exterior a 1.75m de la base aproximadamente.

$$A_s = \frac{3{,}702.98 \times 100}{0.9 \times 4200 \times 25}$$ ..... de la Ecuación (10)

A_s = 3.92 cm^2 / m.

$A_{s\,min}$ = 9.56 cm^2 ..... de la Ecuación (11)

A_s < $A_{s\,min}$

Entonces:

Φ 1/2" @ 0.20m ⟶ 6.35 cm^2 (cara exterior, para momento positivo)

Φ 5/8" @ 0.20m ⟶ 9.90 cm^2 (cara interior, continuación de refuerzo

15.25 cm^2 negativo desde la base)

A_s > $A_{s\,min}$

MOMENTOS HORIZONTALES

Los momentos se determinan mediante la siguiente fórmula:

$M_y = K_y * \gamma_a * H^3$ *en kg* – m

El valor de K se obtiene de la tabla de Coeficientes Interpolados (Cuadro Nº 3.06)

El momento último de diseño se obtiene multiplicando por 1.7 (factor de carga viva) y por el coeficiente de durabilidad 1.3

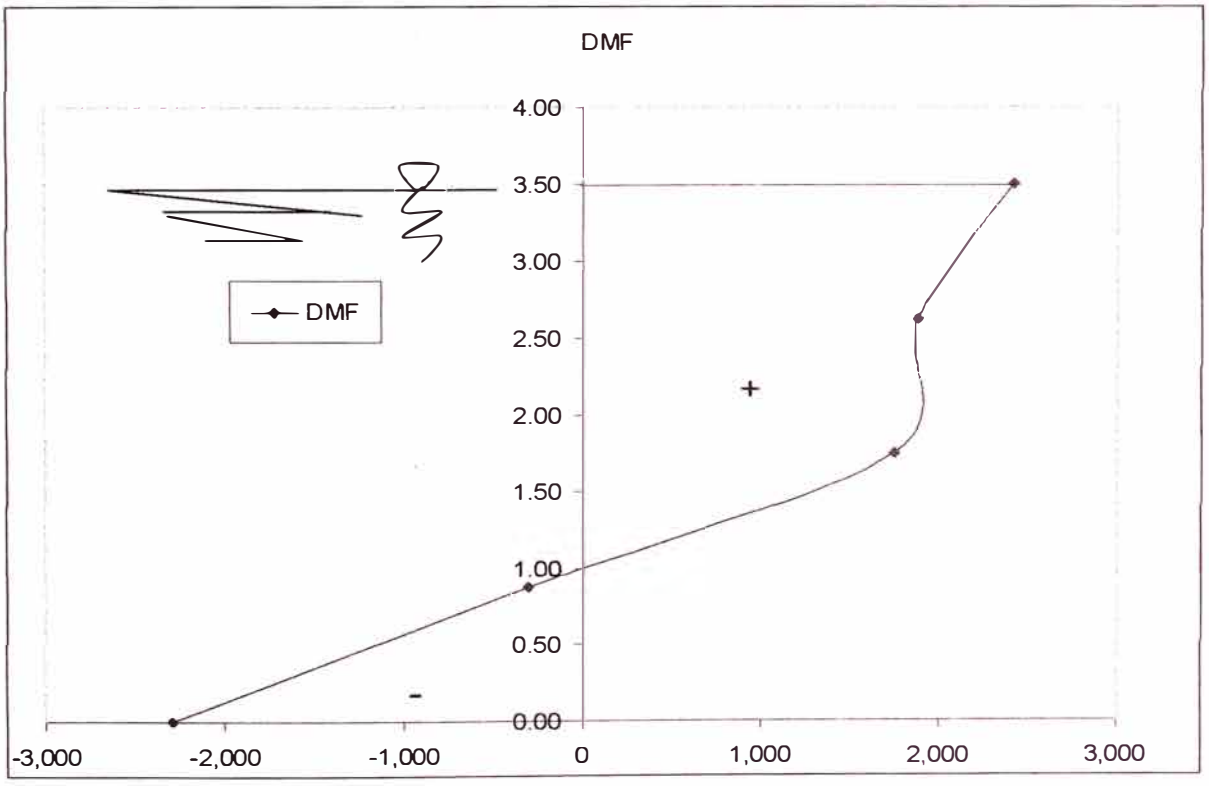
M_{uy} = M_o x 1.7 x 1.3 ..... De la Ecuación (09)

Cuadro Nº 3.08: Tabla de Momentos últimos horizontales

x/a	x/a * H	tabl. PCA	My (kg-m)	Muy = 1.7x1.3xMo
1	3.50	0.026	1095.89	2,421.91
3/4	2.63	0.020	850.64	1,879.91
1/2	1.75	0.018	788.90	1,743.47
1/4	0.88	-0.003	-135.49	-299.42
0	0.00	-0.024	-1035.86	-2,289.25

Fuente: Elaboración propia

Diagrama Nº 3.02: Diagrama de momento flector horizontal



Fuente: Elaboración propia

El cálculo de refuerzo se hará por el método de cargas factoradas.

$$A_s = \frac{M_u}{0.9 \times f_y \times d} \quad \text{.....de la Ecuación (10)}$$

Calculando el refuerzo de acero para el máximo momento negativo, se da en la cara interior de la base

$$A_s = \frac{2{,}289.25 \times 100}{0.9 \times 4200 \times 25}$$

$$A_s = 2.42 \text{ cm}^2 / \text{m}.$$

$A_{s\,min}$ = 9.56 cm^2 ..... de la Ecuación (11)

A_s < $A_{s\,min}$

Φ 1/2" @ 0.20m ⟶ 6.35 cm^2 (cara interior, para momento negativo)

Φ 1/2" @ 0.20m ⟶ 6.35 cm^2 (cara exterior, para momento positivo, amarra

12.70 cm^2 vertical negativo)

A_s > $A_{s\,min}$

Calculando el refuerzo de acero para el máximo momento positivo, se da en la cara exterior de 1.0 a 3.5m de la base

$$A_s = \frac{2{,}421.91 \times 100}{0.9 \times 4200 \times 25}$$ .....de la Ecuación (10)

A_s = 2.56 cm^2 / m.

$A_{s\,min}$ = 9.56 cm^2 ..... de la Ecuación (11)

A_s < $A_{s\,min}$

Φ 1/2" @ 0.20m ⟶ 6.35 cm^2 (cara interior, para momento negativo)

Φ 1/2" @ 0.20m ⟶ 6.35 cm^2 (cara exterior, para momento positivo, amarra

12.70 cm^2 vertical negativo)

A_s > $A_{s\,min}$

4.2.2 ESTRUCTURA DE TECHO

Para simplificar el análisis y reducir el espesor de la losa se proyecta una viga empotrada a los muros y apoyada sobre una columna central.

Componentes:

- Viga
- Columna central
- Paños de losa armada en 02 direcciones

DISEÑO DE VIGA:

Metrado de cargas:

s/c = 100 kg/m^2

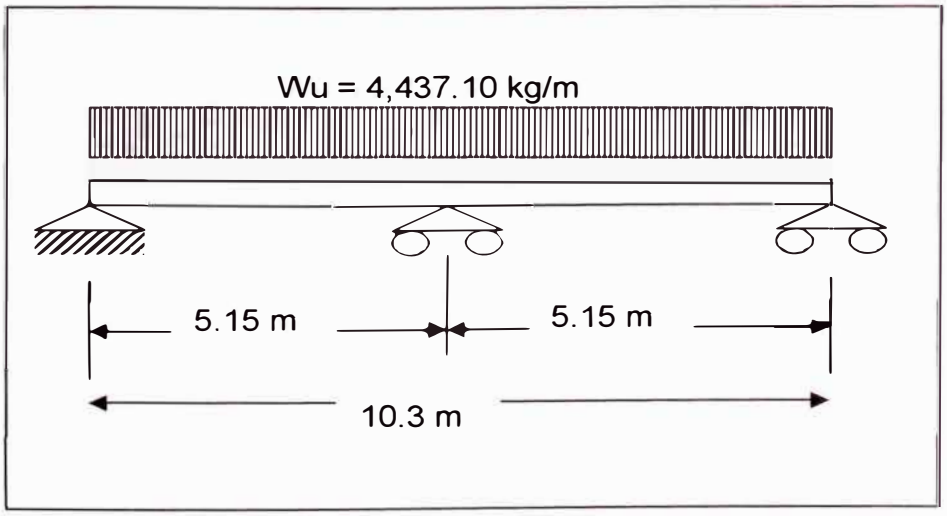
Wd = (0.2 x 10 x 4.85 + 0.3 x 0.3) x ρc (peso especifico de concreto)

Wl = 5.15 x 100

Wu = 4,437.10 kg/m

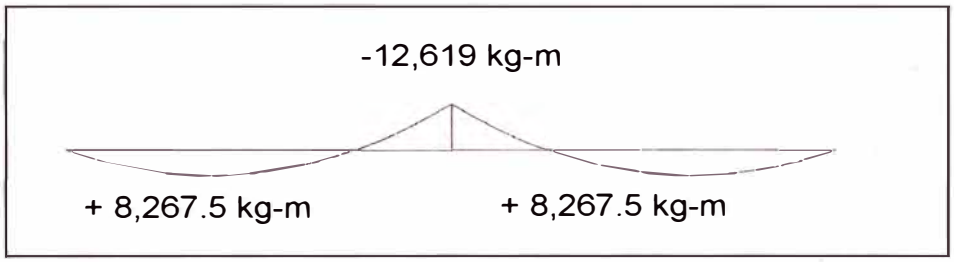
Modelo nº 01: Viga continua simplemente apoyada

Figura Nº 3.05: Viga continua simplemente apoyada



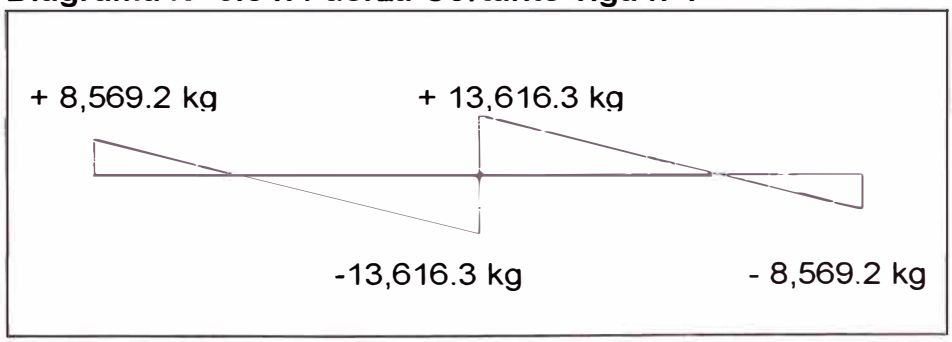
Fuente: Elaboración propia

Diagrama N° 3.03: Momento Flector viga n°1



Fuente: Elaboración propia

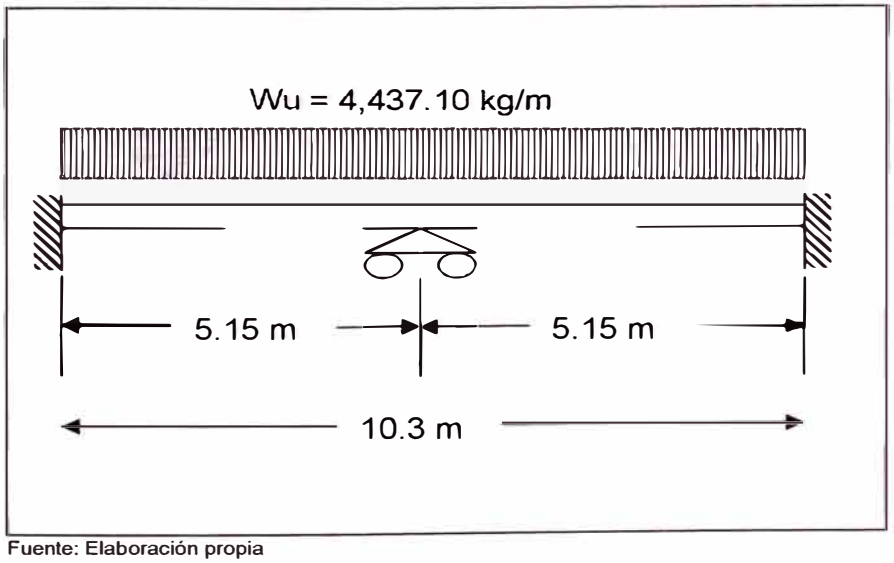
Diagrama N° 3.04: Fuerza Cortante viga n°1



Fuente: Elaboración propia

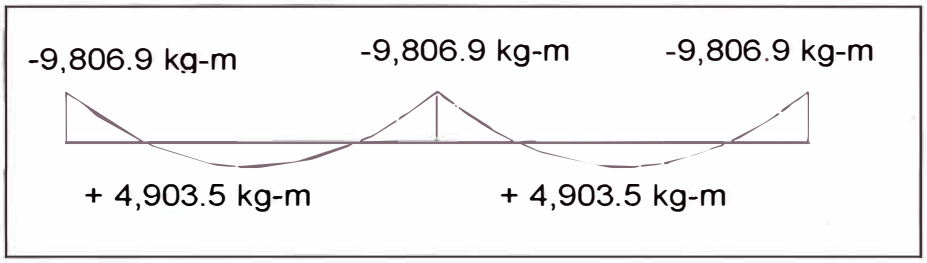
Modelo n° 02: Viga continua, extremos empotrados

Figura N° 3.06: Viga continua, extremos empotrados



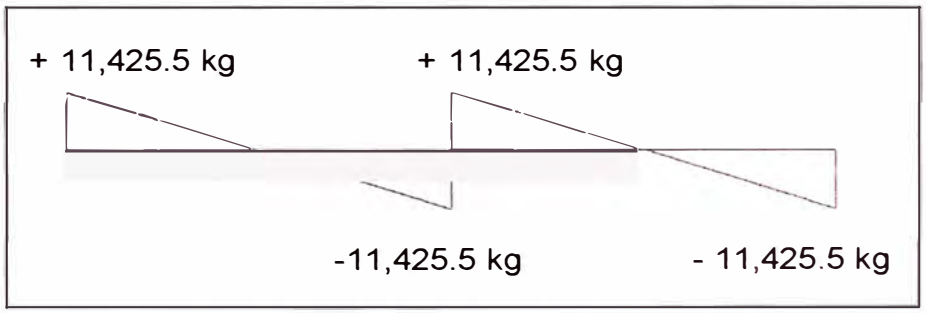
Fuente: Elaboración propia

Diagrama Nº 3.05: Momento Flector viga nº2



Fuente: Elaboración propia

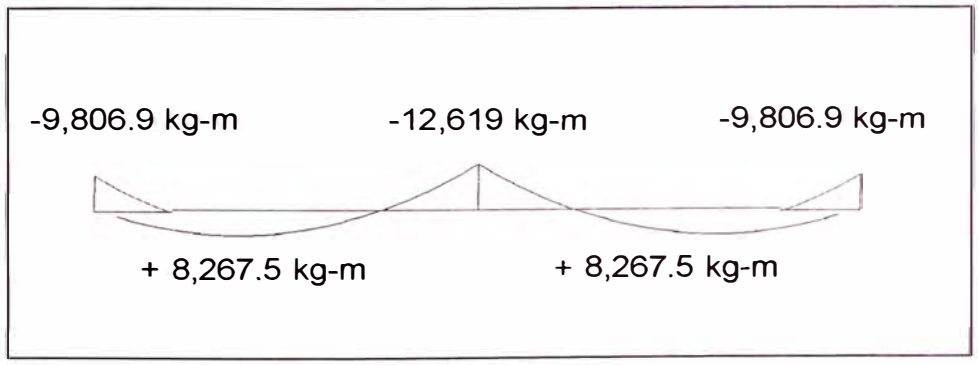
Diagrama Nº 3.06: Fuerza Cortante viga nº2



Fuente: Elaboración propia

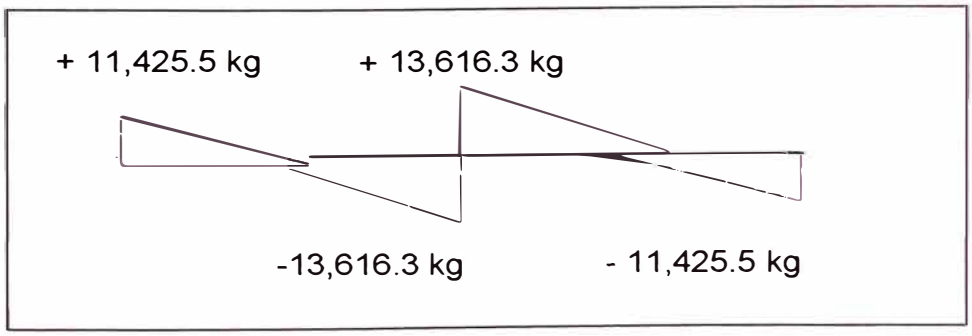
Para el diseño usamos la envolvente: Modelo nº 01 + Modelo nº 02:

Diagrama Nº 3.07: Envolvente de Momentos:



Fuente: Elaboración propia

Diagrama Nº 3.08: Envolvente de Cortantes:



Fuente: Elaboración propia

Predimensionando la viga:

Dato inicial:

b = 0.30 m. (ancho de Viga)

h = ?

β_1 = 0.85 (f'_c = 280 kg/cm^2)

$\rho b = \beta_1\ 0.85\ \frac{f'_c}{f_y}\left[\frac{6000}{6000 + f_y}\right]$ ..... Ecuación (12)

ρb = 0.03

ρ máx. = 0.75 ρb ..... Ecuación (13)

ρ máx. = 0.021

w = $\rho * f_y / f'_c$ (índice de refuerzo) ...Ecuación (14)

Mu = $\varphi f'_c$ * b * d^2 * w (1-0.59 w) ..... Ecuación (15)

Despejando "d":

d = 25.40 cm

h = d + 5 + 0.95 + 2.54 / 2

h = 32.62 cm.

Se elige peralte de viga:

h = 40 cm. ; d = h – (5 + 0.95 + 2.54 / 2)

Calculando el refuerzo de acero para el máximo momento negativo, en el centro de la viga, a ambos lados de la columna.

$A_s = \frac{12{,}619 \times 100}{0.9 \times 4200 \times 32.78}$ .....de la ecuación (10)

A_s = 10.18 cm^2

$A_{s\ min}$ = 4.46 cm^2 ..... de la Ecuación (11)

$A_s > A_{s\ min}$

$A_{s\ max}$ = 0.021 x 30 x 40 = 25.2 cm^2

$A_s < A_{s\ max}$

4 Φ 3/4" @ ⟶ 11.40 cm^2 OK

Calculando el refuerzo de acero para el máximo momento positivo, a 1.875 m de la cara interior del muro.

$$A_s = \frac{8{,}267.5 \times 100}{0.9 \times 4200 \times 32.78} \quad \text{.....de la ecuación (10)}$$

$A_s = 6.67\ cm^2$

$A_{s\,min} = 4.46\ cm^2$ ..... de la Ecuación (11)

$A_s > A_{s\,min}$

$A_{s\,max} = 0.021 \times 30 \times 40 = 25.2\ cm^2$

$A_s < A_{s\,max}$

$4\ \Phi\ 5/8" \longrightarrow 7.92\ cm^2$ OK

Calculando el refuerzo de acero para el momento negativo, pegado a la cara interior del muro.

$$A_s = \frac{9{,}806.9 \times 100}{0.9 \times 4200 \times 32.78} \quad \text{.....de la ecuación (10)}$$

$A_s = 7.91\ cm^2$

$A_{s\,min} = 4.46\ cm^2$ ..... de la Ecuación (11)

$A_s > A_{s\,min}$

$A_{s\,max} = 0.021 \times 30 \times 40 = 25.2\ cm^2$

$A_s < A_{s\,max}$

$3\ \Phi\ 3/4" \longrightarrow 8.55\ cm^2$ OK

Diseño por corte:

Primer apoyo, sobre el muro

Va = 11,425.5 kg

$Vc = 0.53\sqrt{f'c} * b * d$ ..... Ecuación (16)

Vc = 8,721.38 kg

Vs = Vn - Vc ..... Ecuación (17)

$Vn = V/\varphi$; $\varphi = 0.85$

Vn = 13,441.76 kg

Vs = 4,720.39 kg

Vn > Vc ⟶ Vs ≤ 1.06√(f'_c) x b x d = 17,442.76

Vs ≤ 17,442.76 ok

s = Av * f_y * d / Vs (cm) ..... Ecuación (18)

s = 41.42 cm.

Condición: s ≤ d/2 y s ≤ 60cm

s ≤ 16.39 cm ⟶ s = 15 cm.

Hasta: x = 88 cm. (después ya no requiere refuerzo)

Distribución de estribos:

estribo Φ3/8" 1 @0.05, 6 @0.15, resto @0.30

Segundo apoyo, sobre la columna

Va = 13,616.30 kg

Vc = 8,721.38 kg ..... de la Ecuación (16)

Vn = V/φ ; φ = 0.85

Vn = 16,019.18 kg

Vs = 7,297.80 kg ..... de la Ecuación (17)

Vn > Vc ⟶ Vs ≤ 1.06√(f'_c) x b x d = 17,442.76

Vs ≤ 17,442.76 ok

s = Av * f_y * d / Vs (cm)

s = 26.79 cm. ..... de la Ecuación (18)

Condición: s ≤ d/2 y s ≤ 60cm

s ≤ 16.39 cm ⟶ s = 15 cm.

Hasta: x = 2.13 m. (después ya no requiere refuerzo)

Distribución de estribos:

estribo Φ3/8" 1 @0.05, 14 @0.15, resto @0.30

DISEÑO COLUMNA CENTRAL

La condición más desfavorable es considerar el aporte del 50% de sobrecarga total en viga.

Dato:

Pu_o = Wu x 5.15m

Pu_o = 22,851.07 kg

Sección de columna: 30 x 30 cm

Ag = 900 cm^2

Refuerzo de acero:

4 Φ 3/4" = 11.40 cm^2 ; Ast = 11.40 cm^2

Pn = $0.8(0.85\ f'_c\ (Ag - Ast) + Ast\ x\ f_y)$ ..... Ecuación (19)

(capacidad max)

Pn = 207,493.44 kg >> Pu_o

Pu = $0.1\ f'_c\ Ag$

Pu = 25,200 kg >> Pu_o

Estribos: Φ 3/8"

S ≤ 16 (diam 3/4") = 30.48 cm

S ≤ 48 (diam 3/8") = 45.72

S ≤ 30 cm

Estribo: 1@0.05, 4@0.15, resto @0.30 (ambos extremos)

DISEÑO LOSA ARMADA EN DOS DIRECCIONES

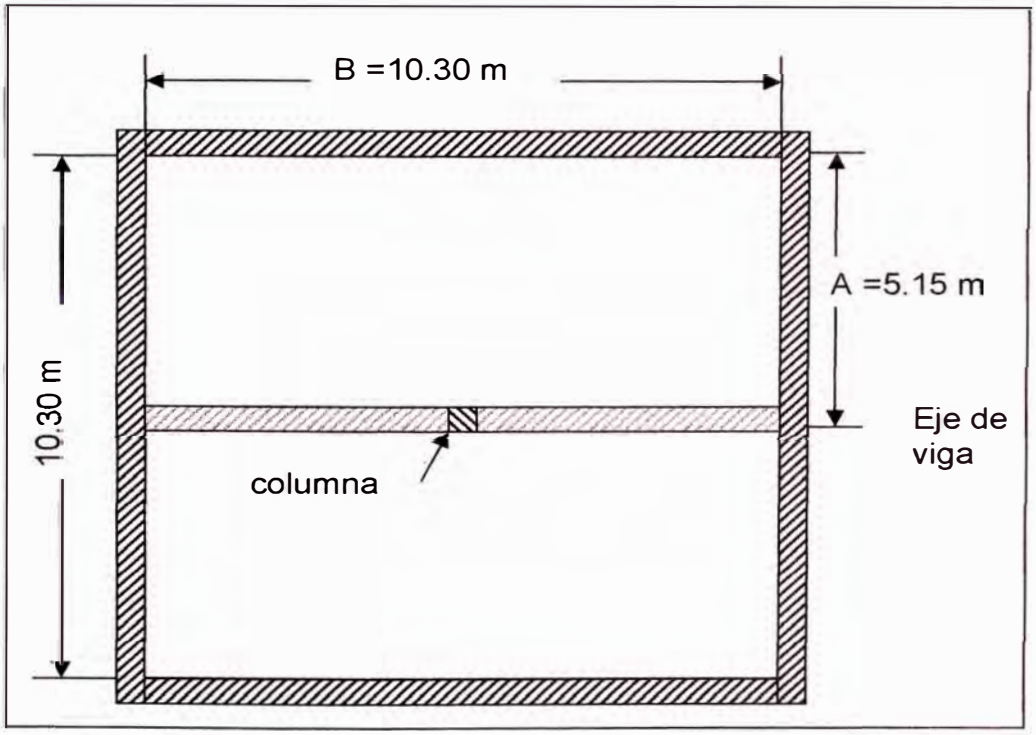
MÉTODO DE COEFICIENTES

Condiciones mínimas para el uso del método de coeficientes para determinar los esfuerzos según el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) N.T.E. E.60:

h viga = 0.40 m > 5.15 / 15 = 0.34

relación de luces: A/B = 5.15 / 10.3 = 0.50 ≤ 1:2 ok

Figura Nº 3.07: Esquema, Losa de techo



Fuente: Elaboración propia

Los momentos se determinan para las franjas centrales según:

Ma = Ca Wu A^2 ..... Ecuación (20)

Mb = Cb Wu B^2

Donde:

A: Luz libre del tramo en la dirección corta

B: Luz libre del tramo en la dirección larga

Ma: Momento de flexión en la dirección A.

Mb: Momento de flexión en la dirección B.

Ca: Coeficiente de momentos, indicado en las tablas Nº 02, Nº 03, Nº 04, para la dirección corta

Cb: Coeficiente de momentos, indicado en las tablas Nº 02, Nº 03, Nº 04, para la dirección larga

Wu: Carga última repartida por unidad de área de losa

Tabla Nº 3.02: Coeficientes para Momentos Negativos

Relación m = A/B	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00 Ca		0.045		0.050	0.075	0.071		0.033	0.061
Cb		0.045	0.076	0.050			0.071	0.061	0.033
0.95 Ca		0.050		0.055	0.079	0.075		0.038	0.065
Cb		0.041	0.072	0.045			0.067	0.056	0.029
0.90 Ca		0.055		0.060	0.080	0.079		0.043	0.068
Cb		0.037	0.070	0.040			0.062	0.052	0.025
0.85 Ca		0.060		0.066	0.082	0.083		0.049	0.072
Cb		0.031	0.065	0.034			0.057	0.046	0.021
0.80 Ca		0.065		0.071	0.083	0.086		0.055	0.075
Cb		0.027	0.061	0.029			0.051	0.041	0.017
0.75 Ca		0.069		0.076	0.085	0.088		0.061	0.078
Cb		0.022	0.056	0.024			0.044	0.036	0.014
0.70 Ca		0.074		0.081	0.086	0.091		0.068	0.081
Cb		0.017	0.050	0.019			0.038	0.029	0.011
0.65 Ca		0.077		0.019	0.087	0.093		0.074	0.083
Cb		0.014	0.043	0.015			0.031	0.024	0.008
0.60 Ca		0.081		0.089	0.088	0.950		0.080	0.085
Cb		0.010	0.035	0.011			0.024	0.018	0.006
0.55 Ca		0.084		0.092	0.089	0.096		0.085	0.086
Cb		0.007	0.028	0.008			0.019	0.014	0.005
0.50 Ca		0.086		0.094	0.090	0.097		0.089	0.088
Cb		0.006	0.022	0.006			0.014	0.010	0.003

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, N.T.E. E.60

Tabla Nº 3.03: Coeficientes para Momentos Positivos (carga muerta)

Relación m = A/B		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	Ca	0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	Cb	0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	Ca	0.040	0.02	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	Cb	0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	Ca	0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	Cb	0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	Ca	0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	Cb	0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	Ca	0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	Cb	0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	Ca	0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	Cb	0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	Ca	0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	Cb	0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	Ca	0.074	0.032	0.54	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	Cb	0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.011	0.005
0.60	Ca	0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.044	0.036
	Cb	0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.009	0.004
0.55	Ca	0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.048	0.037
	Cb	0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.007	0.003
0.50	Ca	0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.052	0.038
	Cb	0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.005	0.002

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, N.T.E. E.60

Tabla Nº 3.04: Coeficientes para Momentos Positivos (carga viva)

Relación m = A/B		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	Ca	0.036	0.027	0.023	0.032	0.032	0.038	0.032	0.025	0.028
	Cb	0.036	0.027	0.032	0.032	0.023	0.032	0.038	0.028	0.025
0.95	Ca	0.040	0.029	0.026	0.035	0.033	0.041	0.036	0.027	0.029
	Cb	0.033	0.025	0.030	0.029	0.02	0.029	0.036	0.026	0.022
0.90	Ca	0.045	0.031	0.030	0.038	0.034	0.044	0.040	0.030	0.031
	Cb	0.029	0.023	0.029	0.027	0.018	0.026	0.033	0.024	0.020
0.85	Ca	0.050	0.033	0.034	0.041	0.036	0.047	0.045	0.034	0.033
	Cb	0.026	0.021	0.027	0.024	0.016	0.022	0.030	0.022	0.018
0.80	Ca	0.056	0.035	0.039	0.044	0.037	0.050	0.050	0.037	0.034
	Cb	0.023	0.020	0.025	0.021	0.014	0.020	0.027	0.020	0.015
0.75	Ca	0.061	0.037	0.045	0.048	0.038	0.053	0.056	0.041	0.036
	Cb	0.019	0.018	0.023	0.018	0.012	0.017	0.025	0.018	0.012
0.70	Ca	0.068	0.039	0.051	0.051	0.040	0.056	0.063	0.045	0.038
	Cb	0.016	0.016	0.021	0.016	0.01	0.014	0.022	0.016	0.011
0.65	Ca	0.074	0.041	0.545	0.055	0.041	0.059	0.070	0.049	0.039
	Cb	0.013	0.015	0.019	0.014	0.009	0.012	0.019	0.016	0.01
0.60	Ca	0.081	0.043	0.067	0.058	0.042	0.061	0.078	0.049	0.041
	Cb	0.010	0.013	0.016	0.012	0.008	0.011	0.017	0.014	0.009
0.55	Ca	0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	Cb	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	Ca	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	Cb	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, N.T.E. E.60

Calculando los momentos usando las tablas:

Considerando losa h = 0.15 m.

Wd	=	360 kg / m^2	;	Wud	=	504 kg / m^2
Wl	=	100 kg / m^2	;	Wul	=	170 kg / m^2
				Wu	=	674 kg / m^2

Coeficientes:

Relación m = A/B		M (-)	M (+) carga muerta	M (+) carga viva
0.50	Ca	0.086	0.037	0.066
	Cb	0.006	0.002	0.004

Momentos: ..... de la Ecuación (20)

Relación m = A/B		M (-)	M (+) carga muerta	M (+) carga viva	ΣM (+)
0.50	Ma	1,537.35	494.59	297.58	792.17
	Mb	429.03	106.94	72.14	179.08

Momentos incluyendo durabilidad (1.3):

	M (-)	M (+)
Ma =	1,998.56	1,029.82
Mb =	557.74	232.80

Calculando el refuerzo de acero para el momento negativo, pegado a la cara interior del muro de tramo 10.00m, en la dirección "A".

$$A_s = \frac{1{,}998.56 \times 100}{0.9 \times 4200 \times 8.78} \quad \text{.....de la ecuación (10)}$$

$A_s = 6.022\ cm^2$

$A_{s\,min} = 4.78\ cm^2$ ..... de la ecuación (11)

$A_s > A_{s\,min}$

$A_{s\,max} = 0.021 \times 15 \times 100 = 31.50\ cm^2$

$A_s < A_{s\,max}$

Φ 1/2" @ 0.20m ⟶ 6.35 cm^2 (cara superior, para momento negativo)

Calculando el refuerzo de acero para el momento positivo, en la dirección "A".

$$A_s = \frac{1{,}029.82 \times 100}{0.9 \times 4200 \times 8.78} \quad \text{.....de la ecuación (10)}$$

$A_s = 3.10\ cm^2$

$A_{s\ min} = 4.78\ cm^2$ .....de la ecuación (11)

$A_s > A_{s\ min}$

$A_s < A_{s\ max}$

Φ 1/2" @ 0.20m ⟶ 6.35 cm^2 (cara inferior, para momento positivo)

Calculando el refuerzo de acero para el momento negativo, pegado a la cara interior del muro de tramo 5.00 m, en la dirección "B".

$$A_s = \frac{557.74 \times 100}{0.9 \times 4200 \times 8.78} \quad \text{.....de la ecuación (10)}$$

$A_s = 1.51\ cm^2$

$A_{s\ min} = 4.78\ cm^2$ .....de la ecuación (11)

$A_s < A_{s\ min}$

$A_s < A_{s\ max}$

Φ 1/2" @ 0.20m ⟶ 6.35 cm^2 (cara superior, para momento negativo)

Calculando el refuerzo de acero para el momento positivo, en la dirección "B".

$$A_s = \frac{232.8 \times 100}{0.9 \times 4200 \times 8.78} \quad \text{.....de la ecuación (10)}$$

$A_s = 0.70\ cm^2$

$A_{s\ min} = 4.78\ cm^2$ .....de la ecuación (11)

$A_s < A_{s\ min}$

$A_s < A_{s\ max}$

Φ 1/2" @ 0.20m ⟶ 6.35 cm^2 (cara inferior, para momento positivo)

4.2.3 LOSA DE FONDO

Dada las condiciones del terreno rocoso con capacidad portante de diseño = 5 kg /cm^2, bajo estas condiciones se usará una losa de espesor, h = 15cm, con refuerzo mínimo.

As temp = 0.0018 x b x h ..... de la Ecuación (21)
As temp = 2.70 cm^2

As min = 4.78 cm^2 ..... de la Ecuación (11)
Φ 1/2" @ 0.20m ⟶ 6.35 cm^2 (en ambas direcciones)

4.2.4 CIMENTACIÓN, PARED DEL RESERVORIO

Para el metrado de cargas consideramos la situación más desfavorable, la carga de losa de techo repartida a lo largo de 02 muros (paralelos).

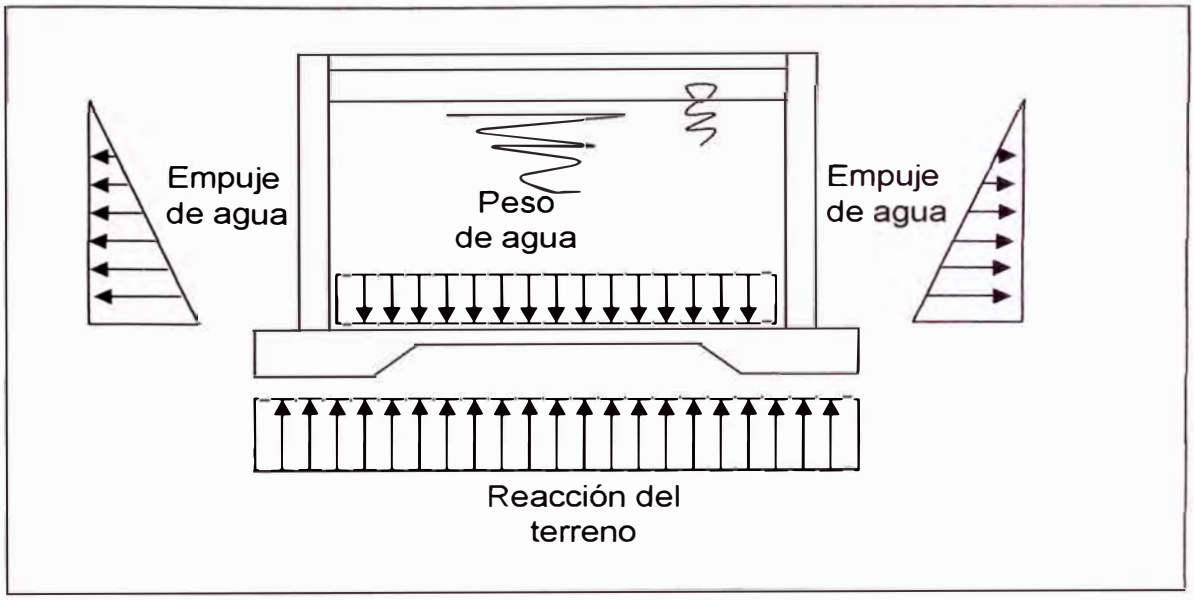
Metrado de cargas:

W losa	=	5.15 x 0.15 x 2,400	=	1,854.00 kg/ml
W muro	=	0.30 x 4.00 x 2,400	=	2,880.00 kg/ml
W zapata	=	0.50 x 1.30 x 2,400	=	1,560.00 kg/ml
W agua	=	0.50 x 3.50 x 1,000	=	1,750.00 kg/ml
				8,044.00 kg/ml

Pu	=	1.4 Wd + 1.7 Wl	=	11,786.60 kg/ml
δ terreno	=	5 kg / cm^2		
A base requerida	=	0.24 m^2		
A base	=	1.3 m^2 (predimensionada)		
A base	>>	A base requerida	OK	

Por la configuración de la estructura integral, no esta sujeto a deslizamiento ni al volteo, por lo que su análisis resulta prescindible.

Figura Nº 3.08: Esquema fuerzas acción (agua) y reacción (cimentación)

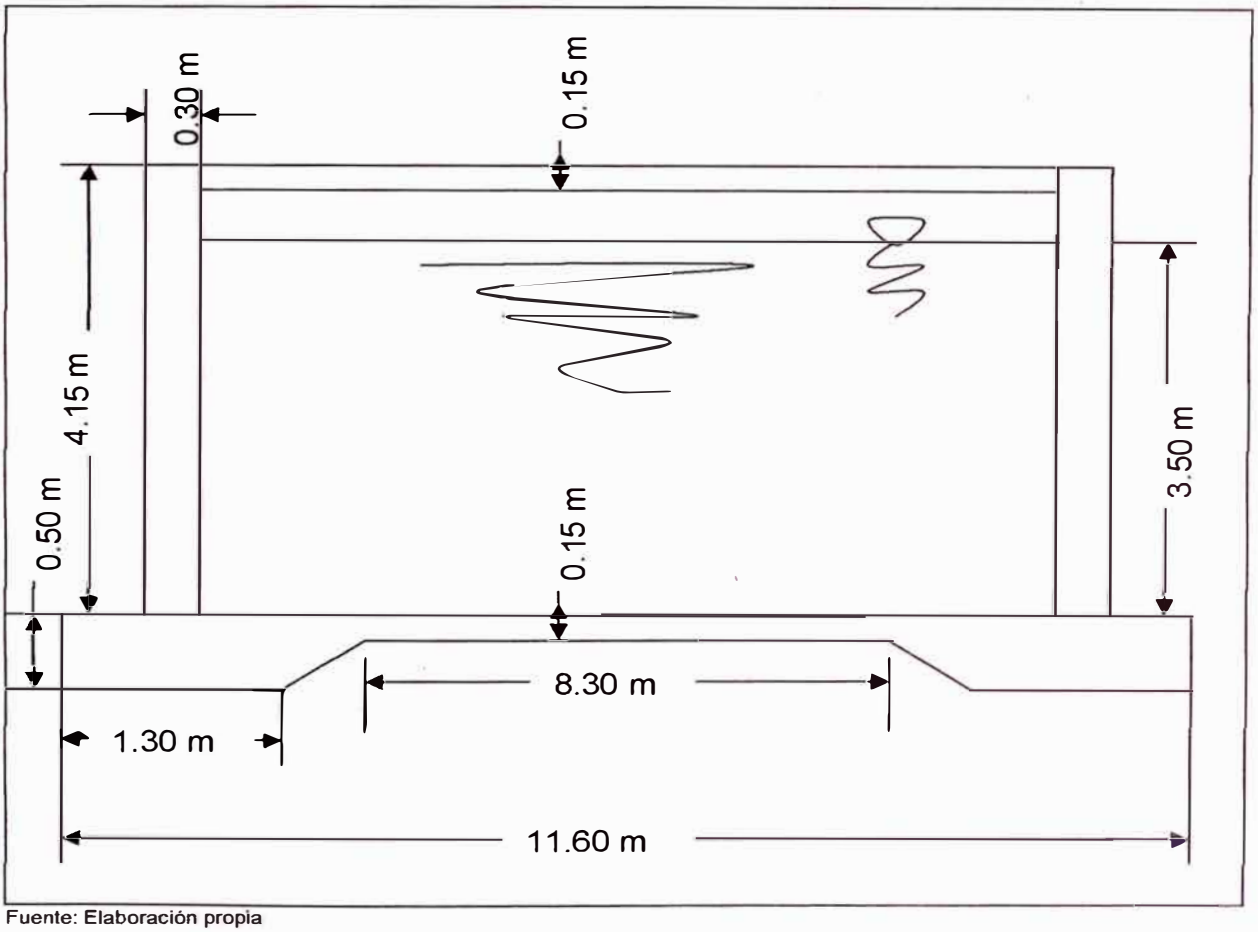


Fuente: Elaboración propia

RESUMEN:

Principales dimensiones de reservorio:

Figura Nº 3.09: Sección reservorio



Fuente: Elaboración propia

4.3 PARÁMETRO DE CONTROL EN EL DISEÑO

CONTROL DE FISURAMIENTO

Las grietas se presentan en el concreto en forma inevitable ya que el acero para aportar resistencia necesita un diferencial de desplazamiento longitudinal, análogo a un resorte, a mayor desplazamiento mayor esfuerzo del acero. Por lo tanto el fisuramiento es inherente a las estructuras de concreto armado sometidos a esfuerzos de tensión, flexión, flexo-compresión, torsión. Producto de las fisuras la protección del acero de refuerzo queda mermada en proporción al ancho de las fisuras, cuanto mayor fisura mayor exposición a la intemperie del acero, mayor corrosión. En este sentido limitar el ancho de las fisuras es vital para la vida útil de las estructuras hidráulicas.

ANCHO DE FISURAS

Experimentalmente se ha demostrado el mejor desempeño del acero cuando esta uniformemente distribuido en menores diámetros, en comparación con el acero concentrado.
El código ACI 350 – 01, recomienda un ancho de grieta menor de 0.22 mm para exposición severa.

ANCHO DE GRIETA EN SECCIÓN CRÍTICA DE MURO DEL RESERVORIO

Desde el punto de vista de darle protección al acero de refuerzo, recomiendan anchos de grieta menores a 0.20mm

Tabla Nº 3.05: Valor máximo del factor "Z"

"W"	Z	Z		
mm	Kg / cm	Kips / in		
0.40	31,250	175.000	ACI 318-95	Exposición interior
0.30	25,900	145.000	ACI 318-95	Exposición exterior
0.25	20,500	115.000	ACI 350-01	Exposición normal
0.22	16,900	95.000	ACI 350-01	Exposición severa
0.20	15,500	90.000	BS 8007	Tanques enterrados y apoyados
0.10	7,700	45.000	BS 8007	Tanques elevados

Fuente: Apuntes de clase Ing. Carlos Irala

Datos:

Mu = 11,461.41 kg - m

f'_c = 280 kg / cm^2

f_y = 4,200 kg / cm^2

Es = 2 x 10^6 kg / cm^2

As = 5 Φ 3/8" + 5 Φ 5/8"

As = 13.45 cm^2

h = 0.30 m

b = 1.0 m

Estribo= 5/8"

d = 22.615 cm

Sin considerar sección transformada

Ig = b x h^3 /12

Ig = 225,000.00

f_r = $2\sqrt{f'_c}$ = 33.46

Mcr = Ig f_r / Yt = 5.02 t-m (Yt = h/2) ..... Ecuación (22)

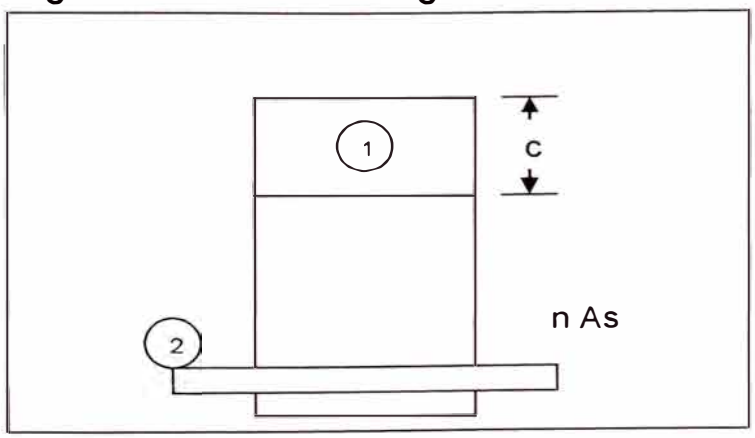
Mu > Mcr (sección agrietada)

Para la sección agrietada calculamos la profundidad del eje neutro, c y el momento de inercia de la sección agrietada, Icr.

(1) b c ⟶ b c^2 / 2

(2) n As ⟶ n As d

Figura Nº 3.10: Sección agrietada



Fuente: Elaboración propia

$(b \times c + n \times As)\, c = b \times c^2 / 2 + As \times d \times n$

Donde:

n = Es / Ec = 7.97

Despejando el valor de c = ?

c = 5.97 cm

Entonces:

Icr = $b \times c^3 / 3 + n\, As\, (d - c)^2$ ..... Ecuación (23)

Icr = 36,791.7 cm^4

f_s = Mu (d – c) / I cr (f_s : esfuerzo en el acero) ..... Ecuación (24)

f_s = 518.52 kg / cm^2

Calculando factor "Z" para verificación de control de grietas

Z = $f_s \sqrt[3]{d_c \times A}$ ..... Ecuación (25)

f_s = Esfuerzo máximo en servicio del acero (kg / cm^2)

d_c = espesor del recubrimiento en (cm.), medido desde el centro de la primera línea de refuerzo

A = Área de tensión efectiva del concreto, 2 d_c x s (espaciamiento de varillas de acero)

s = 10 cm.

d_c = 7.385 cm.

A = 115.9 cm^2

Z = 4,923.15 kg / cm ⟶ W < 0.10 mm (de la tabla Nº 3.05)

OK

4.4 DISEÑO DE CASETA DE VÁLVULAS

Sistema albañilería confinada, techo de losa maciza

Cuadro Nº 3.09: Requisitos mínimos de resistencias y recubrimientos

DESCRIPCIÓN	VALOR
Resistencia del Concreto f'c (Kg/cm^2)	210
Resistencia del Acero f'y (Kg/cm2)	4200
Recubrimiento mínimo losa superior (cm)	4

Fuente: Elaboración propia

Dimensiones:

Área = 3.00m x 3.00m

h = 2.50m

Ancho de paredes:

hp = 0.15 m

Espesor de losa:

hl = 0.10 m

Pu_o = 3,194 kg

COLUMNAS: 12 x 27 cm

4 Φ 1/2" @ 5.08 cm^2

Pnu = 6,804 kg > Pu_o

Estribos: Φ 3/8"

S ≤ 12 cm

Estribo: 1@0.05, 4@0.10, resto @0.15 (ambos extremos)

VIGA COLLARÍN: 12 x 27 cm

4 Φ 1/2" @ 5.08 cm^2

Estribos: Φ 3/8"

S ≤ 27 cm

Estribo: 1@0.05, 4@0.15, resto @0.25 (ambos extremos)

LOZA MACIZA: 3.0 x 3.0 m

Ma = Mb

Wu = 354.89 kg / m^2

Wul= 170 kg / m^2

Momentos: ..... de la Ecuación (14)

Relación m = A/B	M (-)	M (+) carga muerta	M (+) carga viva	ΣM (+)
1.0 Ma	143.73	29.95	41.31	71.26

Calculando el refuerzo de acero para el momento negativo

$$A_s = \frac{143.73 \times 100}{0.9 \times 4200 \times 6.0}$$ .....de la ecuación (10)

$A_s = 0.63\ cm^2$

$A_{s\ min} = 2.76\ cm^2$ .....de la ecuación (11)

$A_s < A_{s\ min}$

$A_{s\ max} = 0.021 \times 10 \times 100 = 21.00\ cm^2$

Φ 3/8" @ 0.20m ⟶ 3.55 cm^2 (cara superior, para momento negativo)
Bastones de 1.0m ambos lados en las dos direcciones

Refuerzo positivo:
Φ 3/8" @ 0.20m ⟶ 3.55 cm^2 (cara inferior, para momento positivo)
En ambas direcciones

CIMENTACIÓN

Apoyado sobre roca en toda su base, la función que cumple la cimentación es de interfase entre roca y concreto. En tal sentido el ancho y espesor requerido son mínimos por lo que optamos por dimensionar de acuerdo al mejor desempeño constructivo en conjunto con el reservorio.

ancho = 0.30 m.
peralte = 0.50 m.

CONCLUSIONES

El reservorio de concreto armado ha sido diseñado considerando un proceso constructivo sencillo, cantidad y calidad de mano de obra disponible para proyectos de pequeña envergadura, así como también la accesibilidad hacia el reservorio.

La línea de aducción se diseño usando dos tipos de tuberías, de acuerdo a las condiciones del terreno, aprovechando las propiedades de cada tipo de material.

RECOMENDACIONES

La ejecución del proyecto generará impactos positivos para los pobladores de Santa Rosa de Asia ya que contará con agua potable de buena calidad en sus domicilios, con presión y buen servicio, todo lo cual influirá en mejorar las condiciones higiénicas sanitarias de la población, al disminuir la incidencia de las enfermedades de origen hídrico.

Tener en cuenta los detalles de los planos para el proceso constructivo del reservorio y la línea de aducción, así como también las recomendaciones para la correcta operación de las válvulas al final del sistema de aducción.

Se recomienda la construcción en etapas con juntas constructivas impermeabilizadas con water stop, ubicadas en zonas de menores esfuerzos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agüero, Roger
   Guía para el Diseño y Construcción de Reservorios Apoyados
   - CEPIS-OPS/ Perú / 2004

2. Florez Fernandez, Julio Cesar
   Informe de Suficiencia: Formulación y Diseño del proyecto de Saneamiento Unipampa Zona 06 "Diseño Estructural de Reservorio y Línea de Conducción" / FIC-UNI / Perú / 2007.

3. Ministerio de Vivienda
   Reglamento Nacional de Edificaciones
   El Peruano separata especial PDF / Perú / 2006

4. Morales Morales, Roberto (Ing.)
   Diseño en Concreto Armado
   ICG. / Perú / 2002

5. Moya Sáciga, Próspero Jesús (Ing.)
   Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado
   Compilatorio apuntes de clase/Grafica Cristal S.R.L / Perú / 2009

6. Municipalidad Distrital de Asia.
   Expediente "Plan de Desarrollo Integral del Distrito de Asia"
   Archivo Municipal del Distrito de Asia / Perú / 2006.

7. Rivera Feijóo, Julio (Ing.)
   Diseño Estructural de Obras Hidráulicas
   Publicación Web Archivo PDF / Perú / 2009

8. Rocha Felices, Arturo (Ing.)
   Hidráulica de tuberías y canales
   FIC / UNI / 2002

ANEXO

- PLANOS LÍNEA DE ADUCCIÓN L1

- PLANOS RESERVORIO Y CASETA DE VÁLVULAS:

- **ARQUITECTURA R-A**
- **ESTRUCTURA R-E**
- **INSTALACIONES SANITARIAS R-S**

Expediente Técnico de Almacenamiento y Distribución de Agua Potable del Centro Poblado Santa Rosa de Asia- Reservorio y Aducción

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

LINEA DE ADUCCION

L1

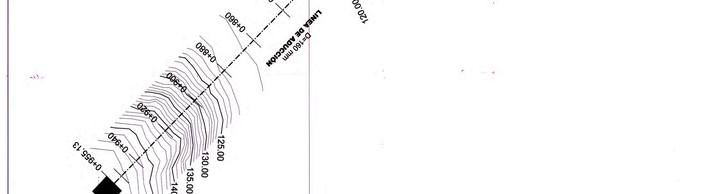
Elaborado: Jhoan Guevara PEAO 08	GRAFICAMENTE: L.M.A. Jhon C.TAO 18-5	REVISADO: CASTIL Fermín CAPEA NACIONAL	OSTROTO ASIA Fecha: NOV. 2009	J. de Reynoso MG. JAVIER MORENO S. Fecha: INDICADA

Plano:

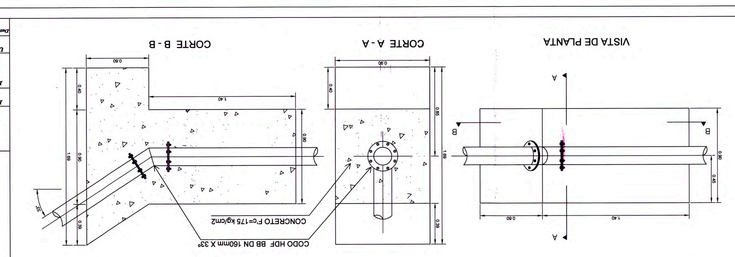
Fecha:

DETALLES CONSTRUCTIVOS

APOYO INTERMEDIO
ESCALA 1:20

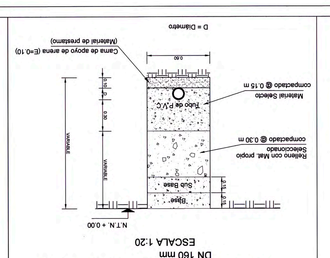


ANCLAJE
ESCALA 1:20

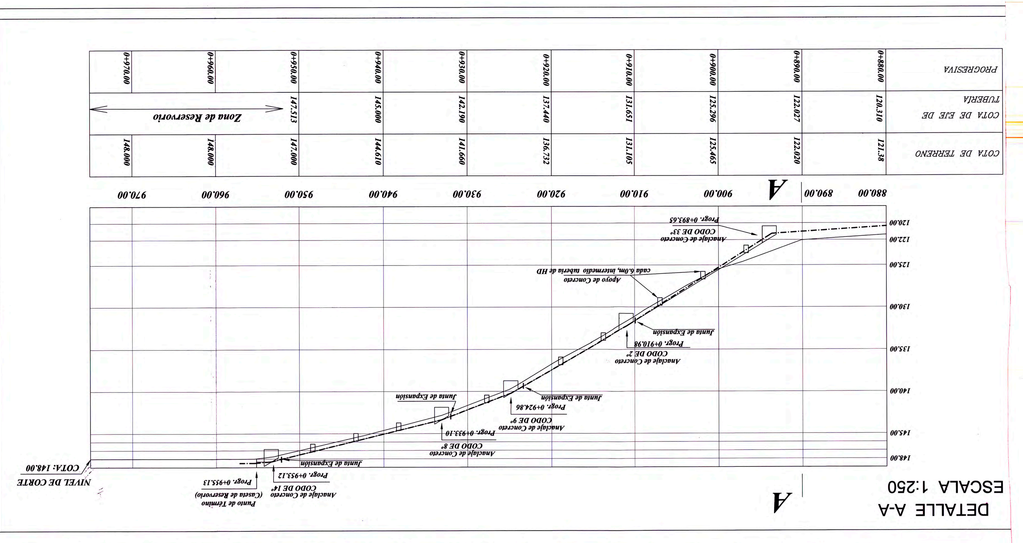


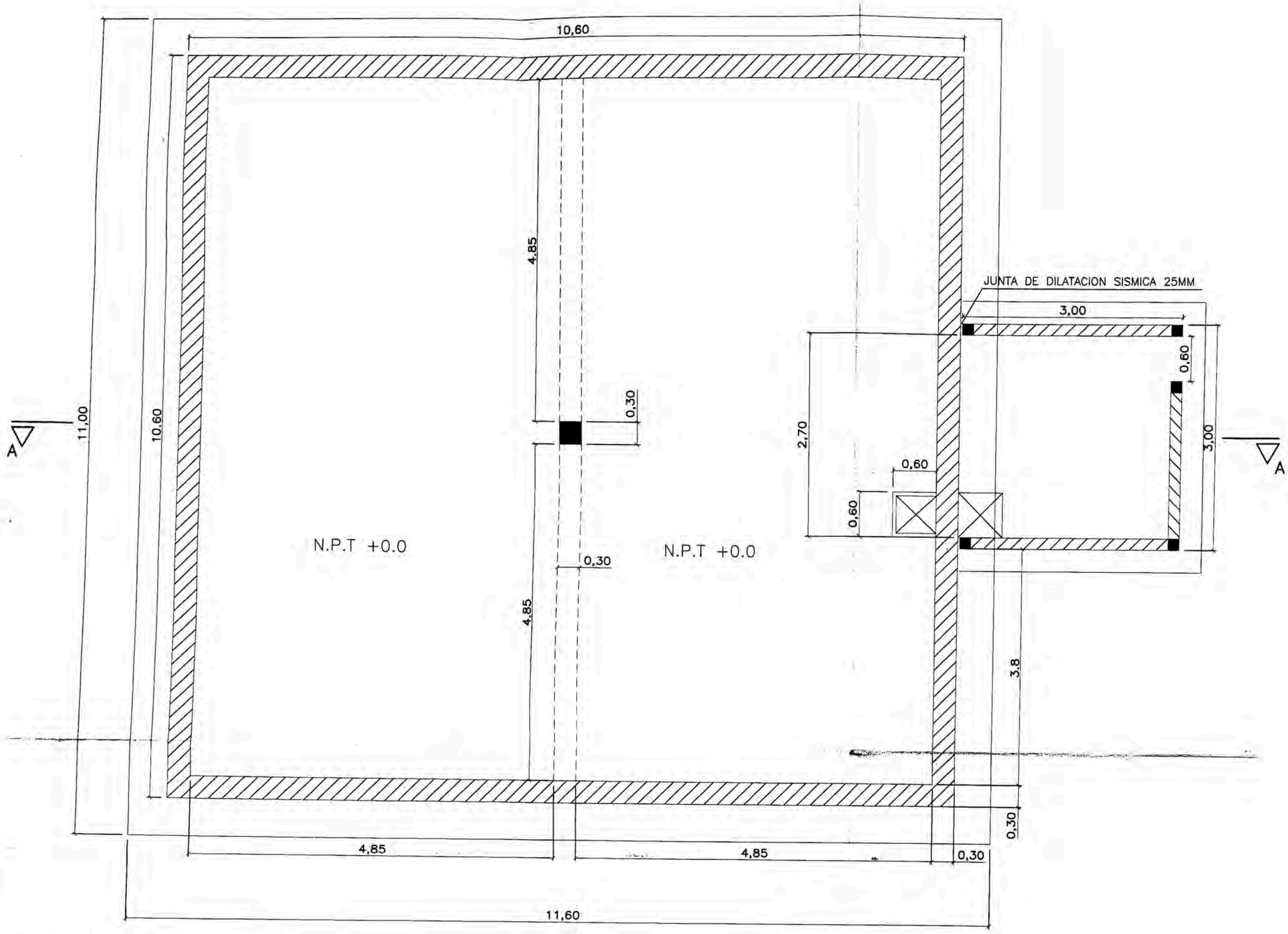
DETALLE DE UNION DE TUBERIA
P.V.C. CON TUBERIA DE HIERRO DUCTIL
Sin escala

DETALLE TIPICO
INSTALACION DE TUBERIAS PVC. DE ADUCCION
DN 160 mm
ESCALA 1:20



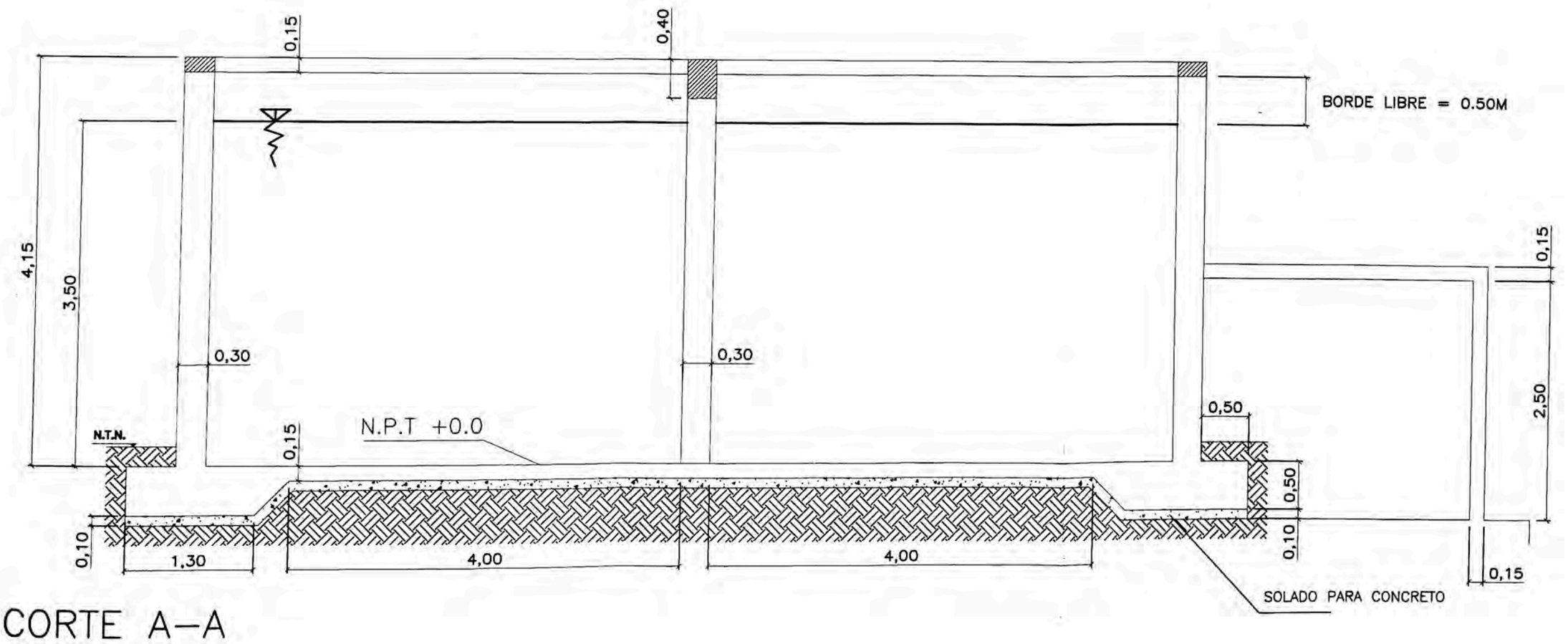
DETALLE A-A
ESCALA 1:250


A
Zona de Reservorio
COTA DE TERRENO
COTA DE EJE DE TUBERIA
PROGRESIVA
NIVEL DE CORTE
COTA: 148.00
Anclaje de Concreto CODO DE 22.5º
Anclaje de Concreto CODO DE 45º
Anclaje de Concreto CODO DE 90º
Anclaje de Concreto CODO DE 11.25º
Anclaje de Concreto CODO DE 11º
Anclaje de Concreto Codo de Reversión Valvula de Aire
Anclaje de Concreto CODO DE TEE
Pedestal de Concreto
Pedestal de Concreto
Pedestal de Concreto



PLANTA GENERAL

ESC.1:50

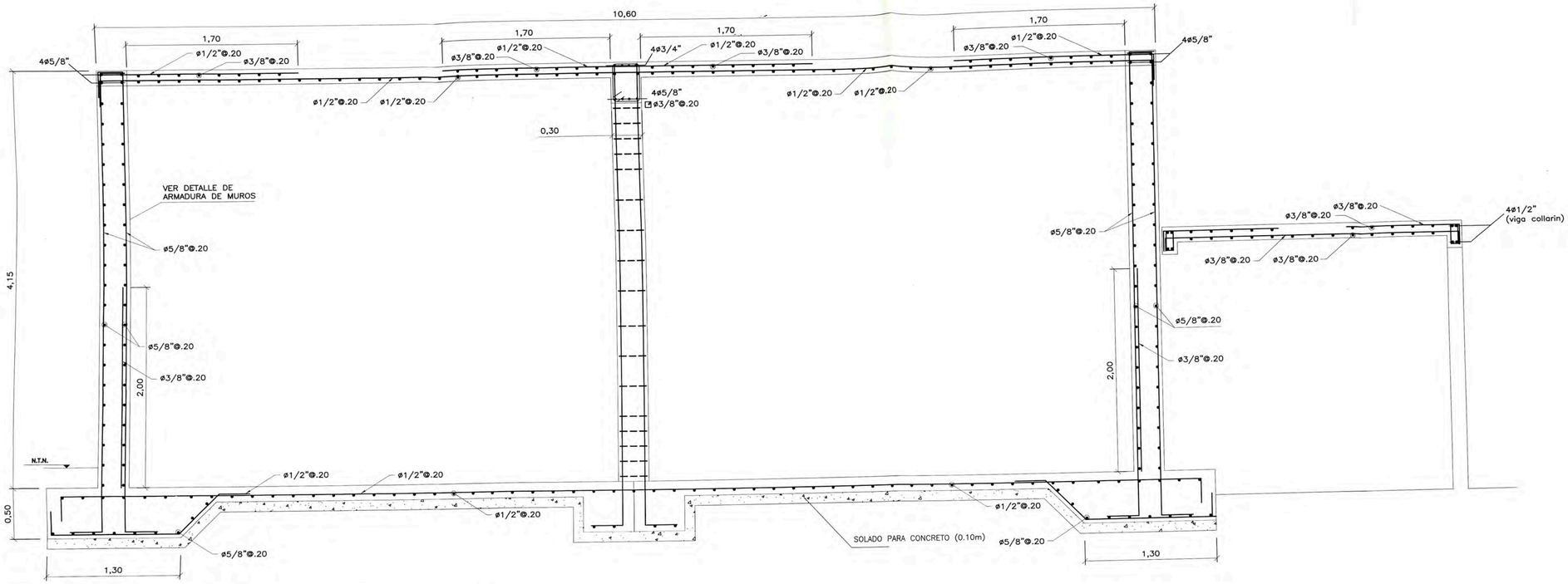


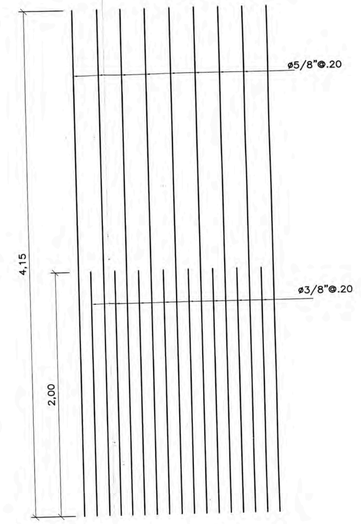
CORTE A–A

ESC.1:50

Expediente técnico de Almacenamiento y Distribución de Agua Potable del Centro Poblado Santa Rosa de Asia - Reservorio y Aducción

Propietario: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA				
Plano: **ARQUITECTURA**				Lamina: **R-A**
Ubicación: DEPARTAMENTO: LIMA PROVINCIA: CAÑETE DISTRITO: ASIA			J. de Proyecto: ING. JAVIER MORENO S.	
Diseño: EMM	Dibujo: EMM	Fuente: ELABORACIÓN PROPIA	Fecha: NOV. 2009	Escala: INDICADA



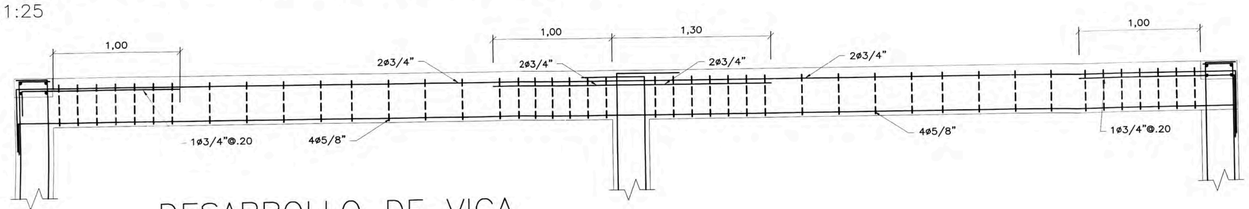


DETALLE DE ARMADURA DE MURO

ESC.1:25

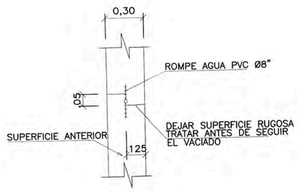
DISTRIBUCION DE ACERO DE REFUERZO

ESC.1:25

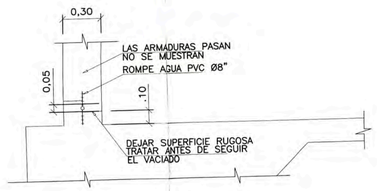


DESARROLLO DE VIGA

ESC.1:25



JUNTA HORIZONTAL EN LA CUBA



JUNTA HORIZONTAL :CUBA – ZAPATA

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO CICLOPEO

CIMIENTOS CORRIDOS : CONCRETO CICLOPEO 1:10
(CEMENTO–HORMIGON MAS 30% PG (6"max.)

SOBRECIMIENTOS : CONCRETO CICLOPEO 1:8
(CEMENTO–HORMIGON MAS 25% PG (3"max.)

CONCRETO ARMADO

CONCRETO : f'c = 280Kg/cm2

ACERO REFUERZO : fy = 4200 Kg/cm2

RECUBRIMIENTOS

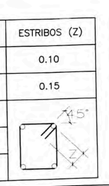
MUROS, VIGAS PERALTADAS Y COLUMNAS : 5 Cm

LOSA ARMADA EN 02 DIRECCIONES : 4 Cm

LONGITUDES MINIMAS DE ANCLAJE

Y TRASLAPE DE ARMADURAS

Ø	ANCLAJE	TRASLAPES	ESTRIBOS (Z)
1/4"	0.45	0.55	0.10
3/8"	0.45	0.55	0.15
1/2"	0.50	0.60	
5/8"	0.60	0.75	
3/4"	0.70	0.80	



RESISTENCIA DE TERRENO(de diseño) : 5.00 Kg/cm2

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION :

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

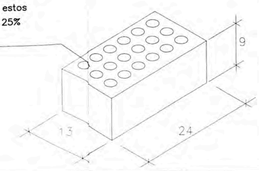
NORMAS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE

NORMAS TECNICAS DE EDIFICACION E–020, E–030, E–050, E–060, E070

CARACTERISTICAS DE LA ALBAÑILERIA CONFINADA (en caseta de valvulas) :

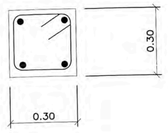
UNIDAD (LADRILLO TIPO IV)	:f'm 45 Kg / Cm2
ESPESOR MINIMO	: e min. = 0.14m , 0.24m
% MAXIMO DE VACIOS	: 25 %
MORTERO P1–C	: 1:1:4 (CEMENTO : CAL NORMALIZADA : ARENA)
ESPESOR DE JUNTAS DE MORTERO	: e min: =0.9 Cm
	: e max : =1.5 Cm

Si tiene Alveolos estos no excederan el 25% del Volumen



NOTA:

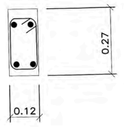
LAS COLUMNAS SE VACIARAN ENTRE MUROS DENTADOS Y LAS VIGAS SOLERAS DIRECTAMENTE SOBRE LOS MUROS



C–1

4 ø 3/4"

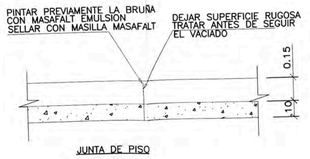
ø3/8" 1@.05, 4@.15, Resto @.30



C–2

4 ø 1/2"

ø3/8" 1@.05, 4@.10, Resto @.15



JUNTA DE PISO

Expediente técnico de Almacenamiento y Distribución de Agua Potable del Centro Poblado Santa Rosa de Asia - Reservorio y Aducción

Propietario: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

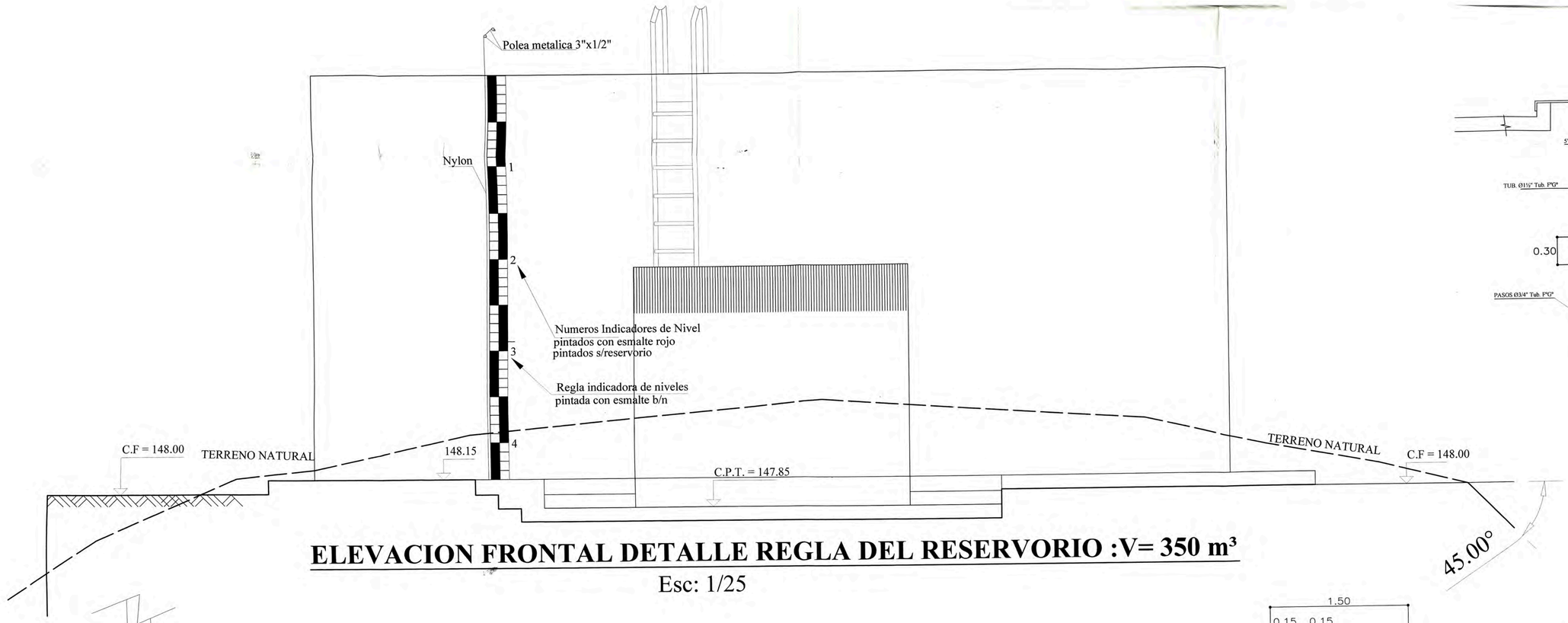
Plano: **ESTRUCTURAS RESERVORIO**

Lamina: **R-E**

Ubicación: DEPARTAMENTO: LIMA PROVINCIA: CAÑETE DISTRITO: ASIA

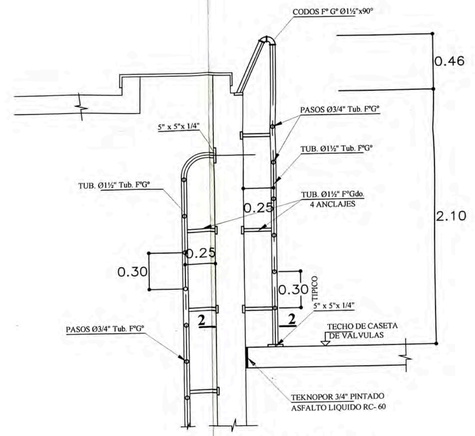
J. de Proyecto: ING. JAVIER MORENO S.

Diseño: EMM | *Dibujo:* EMM | *Fuente:* ELABORACIÓN PROPIA | *Fecha:* NOV. 2009 | *Escala:* INDICADA

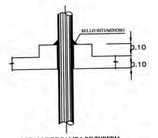


ELEVACION FRONTAL DETALLE REGLA DEL RESERVORIO :V= 350 m³

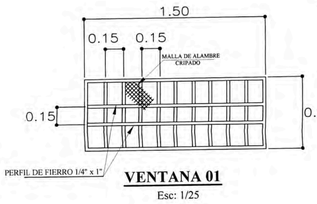
Esc: 1/25



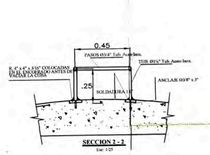
DETALLE ESCALERA :
TIPO MARINERA
Esc: 1/25

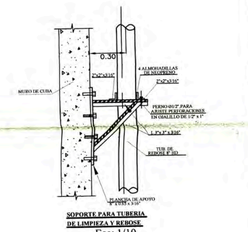


DETALLE DE SALIDA DE TUBERIA
Esc: 1/10



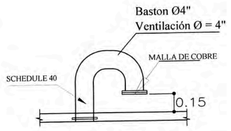
VENTANA 01
Esc: 1/25





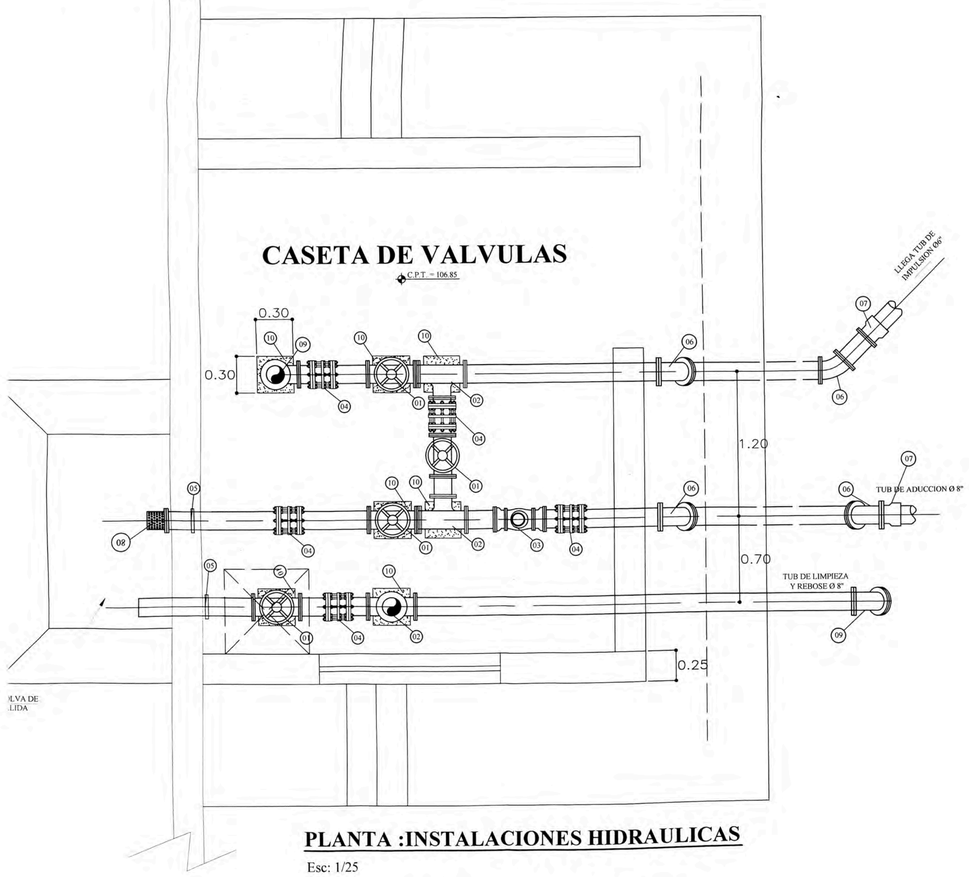
SOPORTE PARA TUBERIA
DE LIMPIEZA Y REBOSE
Esc: 1/10

DETALLE DE VENTILACION
Esc: 1/25

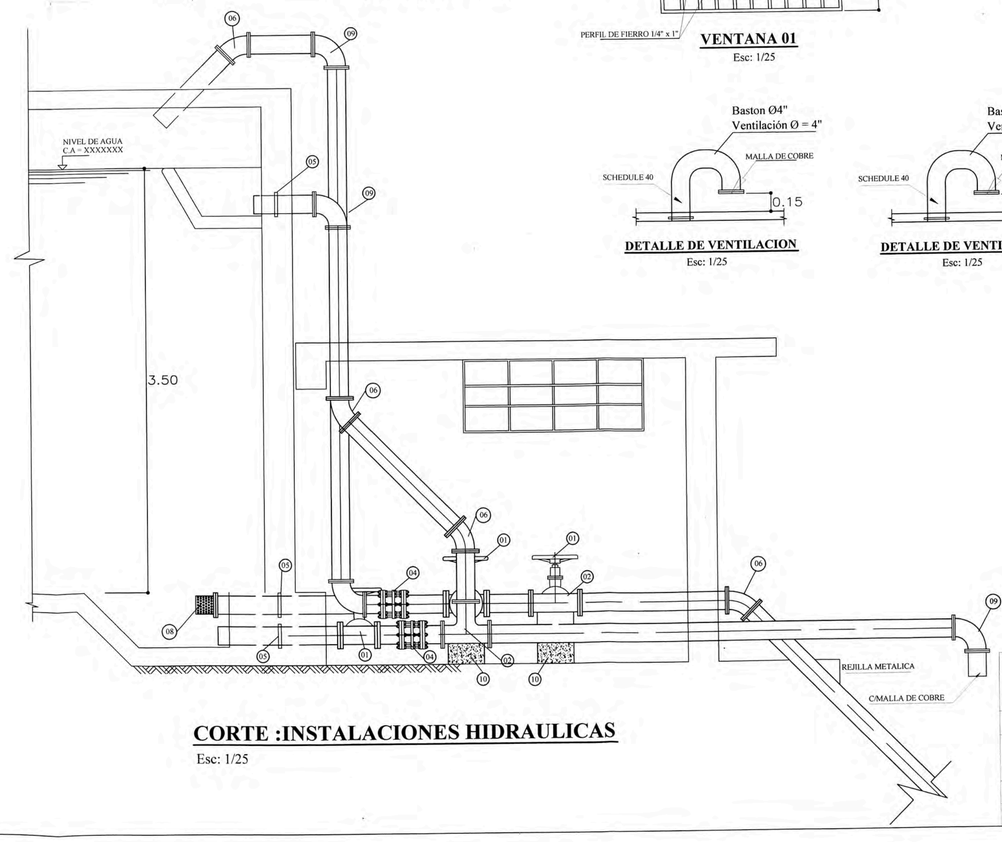


DETALLE DE VENTILACION
Esc: 1/25

LEYENDA GENERAL	
NOMENC.	DESCRIPCION
01	VALVULA COMPUERTA BB Ø 150mm HD.
02	TEE BB Ø150mm HD.
03	MEDIDOR DE CAUDAL MECANICO TIPO WOLTMAN VERTICAL Ø 150mm
04	UNION FLEXIBLE TIPO DRESSER Ø 150mm
05	BRIDA ROMPE AGUA Ø 150mm
06	CODO BB Ø 150mm x 45° HD.
07	UNION MIXTA HD. Ø 150mm
08	CANASTILLA DE ADUCCION Ø 150mm
09	CODO BB Ø 150mm x 90° HD.
10	DADO DE CONCRETO F'C = 175 Kg/cm2
11	TUBERIA BB Ø 150mm HD.



PLANTA :INSTALACIONES HIDRAULICAS
Esc: 1/25



CORTE :INSTALACIONES HIDRAULICAS
Esc: 1/25

Expediente técnico de Almacenamiento y Distribución de Agua Potable del Centro Poblado Santa Rosa de Asia - Reservorio y Aducción

Propietario: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - GRUPO N° 06

Plano: **INSTALACIONES SANITARIAS**

Lamina: R-S

Ubicación: DEPARTAMENTO: LIMA PROVINCIA: CAÑETE DISTRITO: ASIA

J. de Proyecto: ING. JAVIER MORENO S.

Diseño:	Dibujo:	Fuente:	Fecha:	Escala:
EMM	EMM	ELABORACIÓN PROPIA	NOV. 2009	INDICADA