



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**INGENIERÍA DE DETALLES SISTEMA DE AGUA POTABLE Y AGUAS SERVIDAS
DE MAITENCILLO, COMUNA DE PUCHUNCAVÍ**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

LEONARDO ANTONIO CEPEDA ARAYA

PROFESOR GUÍA

ADOLFO OCHOA LLANGATO

PROFESORA CO-GUÍA

KATHERINE LIZAMA ALLENDE

COMISIÓN

ANA LUCIA PRIETO SANTA

SANTIAGO DE CHILE
2021

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR

AL TÍTULO DE: Ingeniero Civil

POR: Leonardo Antonio Cepeda Araya

FECHA: 26/05/2021

PROFESOR GUÍA: Adolfo Ochoa Llangato

“INGENIERÍA DE DETALLES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y AGUAS SERVIDAS DE MAITENCILLO, COMUNA DE PUCHUNCAVÍ”

Maitencillo es una localidad de tipo balneario de la comuna de Puchuncaví en la Región de Valparaíso, Chile. Está ubicada a 11 km. al Norte de Puchuncaví, posee playas y terrenos boscosos. Su extensa playa se divide en: Aguas Blancas, Los Pinos, Las Conchitas, Los Pocitos, La Caleta, Playa Chica, Playa Chungungo, El Abanico y Playa Grande. En la actualidad la localidad no cuenta con una red de distribución de agua potable, red de recolección ni tratamiento de aguas servidas. La localidad a la fecha se abastece de agua potable con camiones aljibes y pozos particulares, los tratamientos de aguas servidas son del tipo particular por medio de fosas sépticas. Los camiones aljibes son abastecidos desde Puchuncaví tanto por particulares como por La Ilustre Municipalidad.

Se presenta en este trabajo un resumen del desarrollo de la ingeniería de detalles, que se realizó entre los años 2016 a 2019, del diseño de las obras necesarias para dotar de servicios de agua potable y alcantarillado de aguas servidas a la localidad de Maitencillo. Las obras de distribución de agua potable a diseñar incluyen: 24,5 km de redes de distribución, tres estanques de regulación de agua potable, dos reductoras de presión, válvulas de corta, grifos y arranques domiciliarios. Las obras de recolección de aguas servidas a diseñar incluyen: 26,3 km de redes de recolección, diez plantas elevadoras de aguas servidas (ó PEAS), 5,76 km en cañerías de impulsión, válvulas de corta, ventosas y uniones domiciliarias (UD). Las especialidades que se incluyen en este proyecto son: civil, eléctrica, de control y estructuras, dado que las instalaciones intervendrán en áreas públicas se consideran soluciones de arquitectura. Se requieren especialistas para los diseños del control de olores y los sistemas de protección del golpe de ariete.

El producto final del diseño de ingeniería es un conjunto de documentos entre los que se incluyen: memorias, especificaciones, presupuestos, cartas, oficios y planos que contienen la solución técnica y autorizaciones, que permitirá dotar de agua potable y recolectar las aguas servidas de la localidad de Maitencillo. Como parte de los documentos se encuentran los proyectos de Terceros (SERVIU, Vialidad, DGA, Directemar) con los cuales se pueden instalar las conducciones y estructuras proyectadas en los que estos organismos tienen tuición. La ingeniería de detalles cumplirá con la normativa chilena y los requerimientos de las Bases de Licitación.

DEDICATORIA

Dedicada a Marina y Mario mis amados padres que me apoyan y acompañan desde un lugar maravilloso.

Para Antonio, Felipe, Javiera y Rodrigo mis amados hijos y mi gran fortaleza.

A mis amados hermanos Ronald y Alex.

A mi amor Amalia uno de mis pilares fundamentales.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi colega y amigo Jorge Cotton por el apoyo en la confección de este texto.

Agradecer también a mi colega y amigo Sebastián Hernández al contribuir con información y apoyo para complementar este texto.

Agradecer igualmente a mi colega y amigo Christian Lillo por contribuir en el apoyo de las figuras.

A mi querida Amalia por su paciencia y apoyo incondicional en mis largas horas de trabajo.

Por ultimo y no menos importante, agradecer también el apoyo de familiares y amigos que de una manera ó de otra han aportado con su apoyo para darme ánimo de continuar y finalmente llegar a una meta tan importante en mi vida.

Muchas gracias

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Alcances	3
1.2	Objetivos	4
1.2.1	Objetivo general.....	4
1.2.2	Objetivos específicos.....	4
2	ETAPAS DE UN PROYECTO DE INGENIERÍA	5
2.1	Resumen de proceso licitación-adjudicación de ingeniería	5
2.2	Etapas principales de la ingeniería	6
2.2.1	Ingeniería conceptual.....	6
2.2.2	Ingeniería básica.....	6
2.2.3	Ingeniería de detalles.....	7
2.2.4	Etapas de construcción.....	7
2.3	Contenido de la ingeniería de detalles	7
2.3.1	Memoria.....	8
2.3.2	Especificación Técnica General (ETG).....	8
2.3.3	Especificaciones Técnicas especiales (ETE).....	8
2.3.4	Anexos.....	8
2.3.5	Presupuesto.....	9
2.3.6	Planos.....	9
2.3.7	Proyectos de terceros.....	9
3	ANTECEDENTES DE DISEÑO PARA EL DISEÑO DE INGENIERÍA	11
3.1	Antecedentes entregados por la Empresa	11
3.2	Antecedentes que debe gestionar el Consultor	12
3.3	Topografía	13
3.4	Mecánica de Suelos, Sondajes y Calicatas	14
3.5	Reuniones y visitas a terreno	15
3.5.1	Reunión inicial, avance y coordinación.....	15
3.5.2	Objetivos de las visitas a terreno.....	16
3.6	Proyectos de terceros	16
3.6.1	Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU).....	17
3.6.2	Dirección de Vialidad (Vialidad).....	17
3.6.3	Dirección General de Aguas (DGA).....	18
3.6.4	DIRECTEMAR.....	18
3.6.5	Municipalidad.....	19
3.6.6	Información a la comunidad.....	19
3.7	Servicios básicos	21
3.8	Especialidades	21
3.9	Especialistas	21
3.10	Programa del Proyecto de Ingeniería	22
4	NORMATIVA CHILENA APLICABLE	23
4.1	Normas principales utilizadas en proyectos de redes	23
4.2	Valores recomendados para el tratamiento de olores	24
4.2.1	Concentración estimada de emisión de gases PEAS.....	25
4.2.2	Calidad de Emisión.....	25
4.2.3	Otras consideraciones de diseño.....	25
4.3	Decreto 38: Norma emisión de ruidos molestos	26
4.4	Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado (RIDAA)	26
4.4.1	Alcance y campo de aplicación.....	26
5	MARCO TEÓRICO Y TÉCNICO	27
5.1	Perdidas friccionales en flujos en presión en cañerías (formula 1)	27
5.2	Perdidas friccionales en flujos en presión en cañerías (formula 2)	28

5.3	Pérdidas singulares en cañerías	28
5.3.1	Valores típicos coeficiente de pérdidas K	28
5.4	Energía del Flujo en Tuberías (Bernoulli)	29
6	DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.....	30
6.1	Red de distribución de Agua Potable.....	31
6.1.1	Condiciones de diseño redes	31
6.1.2	Modelamiento de redes	32
6.1.3	Cuarteles	35
6.1.4	Válvulas de corta	35
6.1.5	Grifos de incendio.....	36
6.2	Regulación y almacenamiento de agua potable	36
6.2.1	Volumen de regulación.....	36
6.2.2	Cálculo volumen de incendio.....	37
6.2.3	Volumen de reserva (seguridad)	37
6.2.4	Volumen del estanque	37
6.2.5	Especialidades asociadas a un estanque de regulación	38
6.3	Estaciones reductoras de presión.....	38
6.4	Contenido proyecto de redes de AP	39
6.5	Diseño de redes de Agua Potable de Maitencillo.....	40
6.5.1	Redes de agua Potable	40
6.5.2	Estanques de regulación	41
6.5.3	Reductora de presión	42
6.5.4	Cámaras de válvulas, grifos de incendio y arranques domiciliarios.....	43
6.5.5	Proyecto eléctrico	43
6.5.6	Proyecto estructural.....	44
6.6	Redes de agua potable, resumen de obras proyectadas	45
7	DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS	46
7.1	Red de recolección de aguas servidas	47
7.1.1	Área tributarias y localización de tuberías.....	47
7.1.2	Cálculos hidráulicos.....	47
7.1.3	Modelamiento de redes	49
7.1.4	Cámaras de inspección de aguas servidas.....	51
7.2	Contenido de proyecto de redes de aguas servidas (AS).....	52
7.3	Diseño de redes de alcantarillado de aguas servidas	52
7.3.1	Redes de alcantarillado de aguas servidas.....	53
7.3.2	Plantas elevadoras de aguas servidas.....	54
7.3.3	Cámaras de inspección	54
7.3.4	Proyecto estructural de cámaras.....	54
7.4	Redes de aguas servidas, resumen de obras proyectadas	54
8	DISEÑO DE PLANTA ELEVADORA E IMPULSIÓN.....	56
8.1	Planta elevadora de aguas servidas (PEAS)	56
8.1.1	Estructuras y equipos requeridos en una planta elevadora (PEAS).....	56
8.1.2	Cámara de inspección final	57
8.1.3	Cámara despiadora	57
8.1.4	Cámara de by-pass	57
8.1.5	Cámara de rejas gruesas	57
8.1.6	Pozo de mantención	58
8.1.7	Pozo de aspiración o cámara húmeda	58
8.1.8	Cámara de válvulas.....	61
8.1.9	Sistema ante emergencias	61
8.1.10	Control de olores	62
8.1.11	Ventosa.....	62
8.1.12	Medidores de caudal	62
8.1.13	Sistema hidroneumático	63
8.1.14	Grupo generador	63

8.1.15	Proyecto eléctrico de fuerza, control y telemetría	63
8.1.16	Proyecto estructural.....	64
8.1.17	Proyecto de arquitectura	64
8.1.18	Resumen de obras planta elevadora e impulsiones	64
8.2	Impulsiones de aguas servidas	67
8.2.1	Diámetro de la impulsión	67
8.2.2	Altura geométrica	68
8.2.3	Pérdidas totales.....	68
8.2.4	Puntos de operación equipos de bombeo.....	69
8.2.5	Elementos operacionales de una impulsión.....	70
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
9.1	Conclusiones.....	72
9.2	Recomendaciones.....	78
	BIBLIOGRAFÍA.....	80
	ANEXOS	82
ANEXO A	DIÁMETRO ECONÓMICO (IMPULSIONES).....	82
ANEXO B	FORMULA DE MANNING.....	83
ANEXO C	RESULTADOS MODELACIÓN REDES AGUA POTABLE	84
ANEXO D	RESULTADOS MODELACIÓN REDES AGUAS SERVIDAS.....	87
ANEXO E	CAUDALES DISEÑO PLANTAS ELEVADORAS DE AGUAS SERVIDAS	90
ANEXO F	CALCULO DEL VOLUMEN DEL POZO DE ASPIRACIÓN	91
ANEXO G	VENTOSAS.....	101
G.1	Bases de calculo	101
G.1.1	Problema de aire en tuberías	101
G.1.2	Tipos de ventosas	102
G.1.3	Ubicación de ventosas	103
G.1.4	Generación de aire en tuberías.....	103
G.1.5	Movimiento de aire dentro de las tuberías	104
G.1.6	Llenado de tuberías.....	105
G.1.7	Vaciado de tuberías.....	106
ANEXO H	CÁLCULO DE ESPESOR CAÑERÍAS DE ACERO	108
ANEXO I	CÁLCULO DE TIEMPO DESAGÜE	109
ANEXO J	PLACAS ORIFICIO	111
J.1	Definición	111
J.2	Tipos de placa orificio.....	111
ANEXO K	GOLPE DE ARIETE	113
K.1	Consideraciones de cálculo	113
K.2	Tipos de sistemas de protección.....	115
K.3	Ubicación de los sistemas de protección.....	117
K.3.1	Protección para agua potable.....	117
K.3.2	Protección para aguas servidas	117
ANEXO L	MACHONES PARA CONDUCCIONES.....	118
L.1	Machones de anclaje verticales, horizontales y muertos	118
L.2	Machones de sostenimiento en pendientes altas del terreno	119
ANEXO M	VARIADORES DE FRECUENCIA.....	120
M.1	Introducción	120
M.2	Leyes de afinidad	120
M.3	NPSH de equipos de bombeo	121
ANEXO N	VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE CAÑERÍAS	123
N.1	Determinación de cargas muertas.....	123

N.2	Determinación de cargas vivas.....	123
N.3	Cálculo de la deformación máxima	124
ANEXO O RECOMENDACIONES DE LOS PROVEEDORES		126
O.1	Plantas elevadoras de aguas servidas.....	126
O.1.1	Proveedor equipos de elevación FLYGT	126
O.1.2	Proveedor de equipos de elevación KSB.....	129
O.2	Instalación grupos generadores.....	132
O.2.1	Introducción	132
O.2.2	Clasificación de los grupos electrógenos	132
O.2.3	Requisitos y consideraciones para la selección del equipo	133
O.2.4	Características arquitectónicas y estructurales relacionadas con el montaje y traslado interno del equipo	133
O.2.5	Normativas principales asociadas	134
O.3	Medidores de caudal	135
O.4	Válvulas de retención.....	136
ANEXO P ELEMENTOS DE UNA PLANTA ELEVADORA (FIGURAS).....		139
ANEXO Q SOLUCIONES ARQUITECTÓNICAS (FIGURAS)		141
ANEXO R CÁMARAS Y OTROS EN REDES (FIGURAS).....		143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Resumen de Normas Técnica INN.....	23
Tabla 4.2 Emisiones de Gases	25
Tabla 4.3 Valores de remoción de Gases	25
Tabla 5.1 Valores típicos de K	29
Tabla 6.1 Número de grifos de incendio en uso simultaneo.....	37
Tabla 6.2 Resumen de redes de agua potable Etapas 1, 2, 3 y 4	40
Tabla 6.3 Volumen de estanques Etapas 1, 2 y 3.....	41
Tabla 6.4 Volumen de estanque Etapa 4	42
Tabla 6.5 Diseño de reductora de presión ERP-1	42
Tabla 6.6 Diseño de reductora de presión ERP-2.....	43
Tabla 6.7 Resumen de obras anexas en red de agua potable	43
Tabla 6.8 Resumen de obras en proyecto eléctrico de estanques	44
Tabla 7.1 Pendientes mínimas de autolavado	48
Tabla 7.2 Cámaras de inspección, dimensiones.....	51
Tabla 7.3 Resumen de redes de aguas servidas Etapas 1, 2, 3 y 4.....	53
Tabla 7.4 Resumen de cámaras de inspección.....	54
Tabla 8.1 Estructuras de una planta elevadora.....	56
Tabla 8.2 Caudales de diseño plantas elevadoras año 2035	59
Tabla 8.3 Diámetro en tuberías de aspiración.....	59
Tabla 8.4 Volumen requerido y alturas peras de nivel.....	60
Tabla 8.5 Potencias de equipos elevación (datos proveedores)	61
Tabla 8.6 Diámetro de medidores de caudal.....	62
Tabla 8.7 Estructuras del proyecto estructural PEAS.....	64
Tabla 8.8 Resumen dimensionamiento de obras AS de Maitencillo	65
Tabla 8.9 Caudales de diseño en impulsiones.....	67
Tabla 8.10 Cálculo de diámetro en impulsión PEAS 5.1 (ejemplo).....	67
Tabla 8.11 Diámetros nominales de impulsiones	68
Tabla 8.12 Alturas geométricas de elevación.....	68
Tabla 8.13 Pérdidas totales en impulsiones de aguas servidas	69
Tabla 8.14 Altura total de elevación	69
Tabla 9.1 Resumen de largos y diámetros, redes agua potable.....	74
Tabla 9.2 Resumen de proyectos de estanques	74
Tabla 9.3 Resumen de estaciones reductoras de presión.....	74
Tabla 9.4 Resumen de largos y diámetros de redes aguas servidas	74
Tabla 9.5 Resumen de plantas elevadoras e impulsiones	74
Tabla 9.6 Resumen de subproyectos de Maitencillo	76
Tabla 9.7 Resumen de documentos proyecto de Maitencillo	76
Tabla 9.8 Resumen cantidad de planos proyecto de Maitencillo	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Etapas de diseño y constructivas, localidad de Maitencillo	2
Figura 2.1 Proceso típico licitación-propuesta-adjudicación ingeniería de detalles	5
Figura 2.2 Documentos típicos de ingeniería de detalles	10
Figura 3.1 Estudios y antecedentes entregados por el Mandante	12
Figura 3.2 Estudios y antecedentes a cargo del Consultor	13
Figura 3.3 Diagrama de flujo de procedimiento administrativo general	18
Figura 3.4 Diagrama de flujo información a la comunidad.....	20
Figura 6.1 Componentes de un sistema de distribución de agua potable.....	30
Figura 6.2 Diagrama de flujo modelo redes de agua potable	34
Figura 6.3 Diagrama de flujo volumen de estanques	38
Figura 6.4 Diagrama de flujo documentos de ingeniería de detalles en redes de agua potable	39
Figura 6.5 Obras de agua potable.....	45
Figura 7.1 Componentes del sistema de recolección	46
Figura 7.2 Diagrama de flujo para modelo de redes de aguas servidas	50
Figura 7.3 Diagrama de flujo de documentos de Ingeniería de Detalles en redes de aguas servidas	52
Figura 7.4 Obras en redes de alcantarillado de aguas servidas	55
Figura 8.1 Planta de ubicación PEAS localidad de Maitencillo	65
Figura 8.2 Planta típica: PEAS de distribución y componentes	66
Figura 8.3 Puntos de operación equipos PEAS 5.1	70
Figura 8.4 Componente de una impulsión.....	71
Figura 9.1 Obras distribución de agua potable.....	75
Figura 9.2 Obras de recolección de Aguas Servidas	75

1 INTRODUCCIÓN

Los proyectos de ingeniería y en particular los elaborados para empresas sanitarias tales como: redes de alcantarillado y redes de agua potable requieren de desarrollar gran cantidad de obras relacionadas entre sí, así como variadas disciplinas y especialidades.

En este sentido y dada la diversidad de especialidades que abarca la etapa de ingeniería de detalles para estos proyectos, así como la variada teoría aplicada para su desarrollo, se espera que este trabajo pueda ser una guía en el desarrollo de proyectos similares, ya sea en su totalidad o en alguna parte de las especialidades que la componen.

Para explicar en parte el desarrollo de una ingeniería de este tipo, se utilizará como base un proyecto desarrollado en forma íntegra por el autor de este documento en la localidad de Maitencillo, ubicada en la V Región de Valparaíso, y que cumple a cabalidad con lo indicado en los párrafos anteriores.

En la actualidad la localidad de Maitencillo no cuenta con una red de distribución de agua potable, red de recolección de aguas servidas ni tratamiento de aguas servidas. La localidad a la fecha se abastece de agua potable con camiones aljibes y pozos particulares, los tratamientos de aguas servidas son del tipo particular por medio de fosas sépticas. Los camiones aljibes son abastecidos desde Puchuncaví tanto por particulares como por La Ilustre Municipalidad.

Para el desarrollo y ordenamiento del proyecto el área de concesión de la localidad, solicitada por la empresa Esval S.A., se ha dividido en 4 Etapas tanto de diseño como constructivas, en la Figura 1.1 se indican las ubicaciones de cada una de ellas.

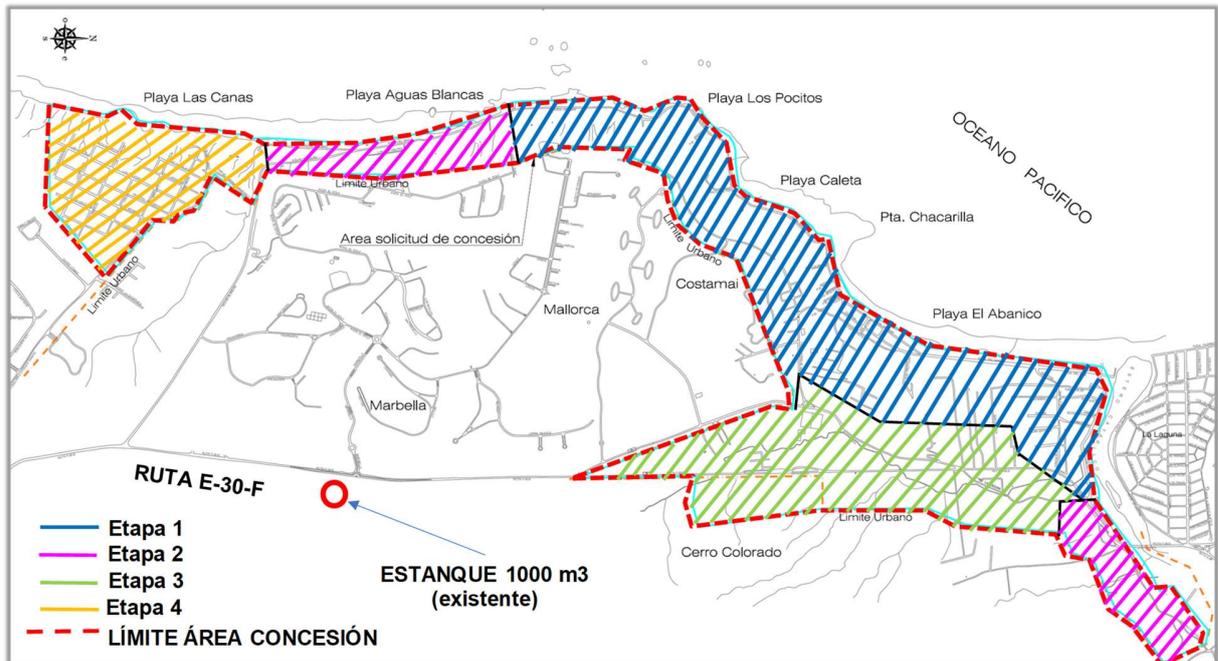


Figura 1.1
Etapas de diseño y constructivas, localidad de Maitencillo

La Figura 1.1 (sin escala) es de elaboración propia con antecedentes de las Bases de Licitación (Esva S.A., 2016).

Además de establecer Etapas de diseño y construcción, como las indicadas en la Figura 1.1, las obras de distribución de agua potable se han dividido en redes primarias y redes secundarias, las que incluyen: redes de distribución, estanques de regulación de agua potable, reductoras de presión, válvulas de corta, grifos y arranques domiciliarios.

Las redes primarias corresponden en general a: alimentadoras, impulsiones y colectores, de mayor diámetro que serán financiadas por la empresa sanitaria por medio de recursos privados, mientras que las secundarias corresponden a las redes de distribución y de recolección financiadas por el Gobierno Regional con recursos públicos.

De similar manera a la distribución, para la recolección de aguas servidas se han separado las obras en redes primarias y redes secundarias, las que incluyen: redes de recolección, plantas elevadoras de aguas servidas (ó PEAS), cañerías de impulsión, válvulas de corta, ventosas, desagües y uniones domiciliarias (ó UD).

Una vez construidas las obras, la localidad se abastecerá de agua potable desde la conducción Litoral Norte, la cual pertenece a la empresa Esva S.A y va desde la Planta de Tratamiento de Agua Potable (ó PTAP) Concón hasta La Ligua. Dado que el agua que se utilizará para distribuir en Maitencillo ya es potable no se requiere de tratamiento.

El autor de este documento participó durante todo el desarrollo de la Ingeniería de Detalles de este proyecto, desde diciembre de 2016, primero como ingeniero de proyecto y luego como Ingeniero Jefe del Proyecto hasta abril de 2019, cubriendo todo el período de ejecución del proyecto. Dado lo anterior participó directamente en el diseño de todas las obras civiles e hidráulicas, coordinando los diseños estructurales, los diseños eléctricos, los diseños de urbanización y arquitectura, así como la confección de las carpetas técnicas para las autorizaciones de obras con interferencias a la Dirección de Vialidad, Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU) y Dirección General de Aguas (DGA) entre otras.

Las especialidades necesarias para el desarrollo de los diseños, tales como: electricidad y telecontrol, estructuras y arquitectura, son elaboradas por empresas especialistas y en este trabajo se realiza un resumen de los cálculos y diseños realizados.

Cabe destacar que la base para el desarrollo de las especialidades depende de los diseños civiles, lo cual se recalcará durante el avance del texto, por lo cual es de suma importancia la definición y dimensionamiento de las obras civiles, aunque sea en forma preliminar, para iniciar a la brevedad los diseños asociados a las especialidades y así no atrasar el programa del proyecto.

El Mandante (propietario o dueño), quien es el que realiza la inversión, desarrollando el proyecto según sus intereses, requiere ver el avance del proyecto lo que se realiza por medio de entregas parciales denominadas revisiones, para ordenar la información cada entrega parcial se identifica con una letra (por ejemplo, Rev B). El Mandante además de ver el avance puede incorporar comentarios y observaciones a los documentos y planos, las cuales se incorporan a las nuevas revisiones. La revisión final de la ingeniería denominada Revisión 0 ó apta para construir. La entrega final incluye la totalidad de los documentos y planos, así como de todas las especialidades y servicios, permitiendo que lo proyectado desde el punto de vista técnico se pueda construir.

En el caso de los servicios como: la Dirección de Vialidad, Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU), DIRECTEMAR y Dirección General de Aguas (DGA), se hacen ingresos independientes durante el desarrollo del proyecto que no necesariamente coinciden con las revisiones de ingeniería entregada al Mandante. El objetivo de los ingresos a los servicios es: solicitar la autorización para el uso de espacios públicos ya sea de conducciones o estructuras.

1.1 Alcances

El alcance de este trabajo corresponde al desarrollo de proyectos de redes de agua potable, y proyectos de redes de aguas servidas, incluyendo los elementos tipo asociados a estos proyectos. No se incluye el diseño del sistema de tratamiento de aguas servidas.

1.2 Objetivos

Los objetivos generales y específicos del presente trabajo se indican en los párrafos siguientes:

1.2.1 Objetivo general

Presentar la ingeniería de detalles para un proyecto de redes, necesario para dotar de agua potable y alcantarillado de aguas servidas a la localidad de Maitencillo.

1.2.2 Objetivos específicos

Desarrollar la Ingeniería de Detalles, dimensionando las obras necesarias para dotar de un sistema de distribución de agua potable y recolección de aguas servidas a la localidad de Maitencillo.

Las obras deberán cumplir con lo solicitado en las Bases de Licitación en cuanto a: plazos de la ingeniería de detalles, ubicación de las obras, capacidad, cantidad y calidad. Las obras deben cumplir también con la normativa vigente, considerando en los diseños aquellos elementos necesarios para su posterior construcción, operación y mantención.

Realizar el diseño de la Ingeniería de Detalles para la distribución de agua potable de Maitencillo, que incluye: tres (3) estanques de regulación, 24,5 kilómetros de redes, dos (2) reductoras de presión, válvulas, grifos y conexión de arranques.

Realizar el diseño de la Ingeniería de Detalles para aguas servidas de Maitencillo, que incluye: diez (10) plantas elevadoras, diez (10) impulsiones, 26,3 kilómetros de redes de recolección, ventosas y conexión de uniones domiciliarias.

Realizar los proyectos de ingeniería de detalles para las especialidades requeridas en este proyecto las que corresponden a: civil, eléctrica, estructural y de arquitectura.

Preparar las carpetas que se deberán presentar o ingresar a los servicios públicos para la autorización de su construcción, las que incluyen:

- Proyecto de atravesos de causes, se presenta a la Dirección General de Aguas (DGA)
- Proyecto de rotura y reposición de pavimentos, se presenta al Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU)
- Proyecto de atravesos y paralelismo, se presenta a la Dirección de Vialidad.
- Uso de espacios públicos, se Presenta a La Ilustre Municipalidad de Puchuncaví.

2 ETAPAS DE UN PROYECTO DE INGENIERÍA

La ingeniería civil está compuesta por etapas iniciando desde la más simple, donde nace una idea, hasta que está se transforma en un proyecto. Para llevar una idea o necesidad a un proyecto de ingeniería, se requiere ir cumpliendo pasos siendo el primero definir quien realizará y como se llevará a cabo el diseño de las obras requeridas, lo que se logra por medio de un proceso denominado licitación.

La ingeniería civil es una rama de la ingeniería que se encarga del diseño, la construcción y el mantenimiento de infraestructuras de gran tamaño para el uso público, como por ejemplo: sistemas de distribución de agua potable, sistemas de recolección de aguas servidas, carreteras, puentes, ferrocarriles, aeropuertos, puertos, presas, diques, canales, etc.

La licitación es el proceso regulado que puede ser público o privado mediante el cual una organización da a conocer una necesidad, solicita ofertas o propuestas que la satisfagan, evalúa estas ofertas y selecciona una de ellas.

En general la selección o adjudicación de una licitación define al consultor e inicia las etapas de la ingeniería ya sean estas: conceptual, básica o de detalles.

2.1 Resumen de proceso licitación-adjudicación de ingeniería

En la Figura 2.1 se muestra un resumen típico de los procesos previos de licitación, propuesta y adjudicación, las que permiten finalmente la elaboración de alguna de las etapas de ingeniería.

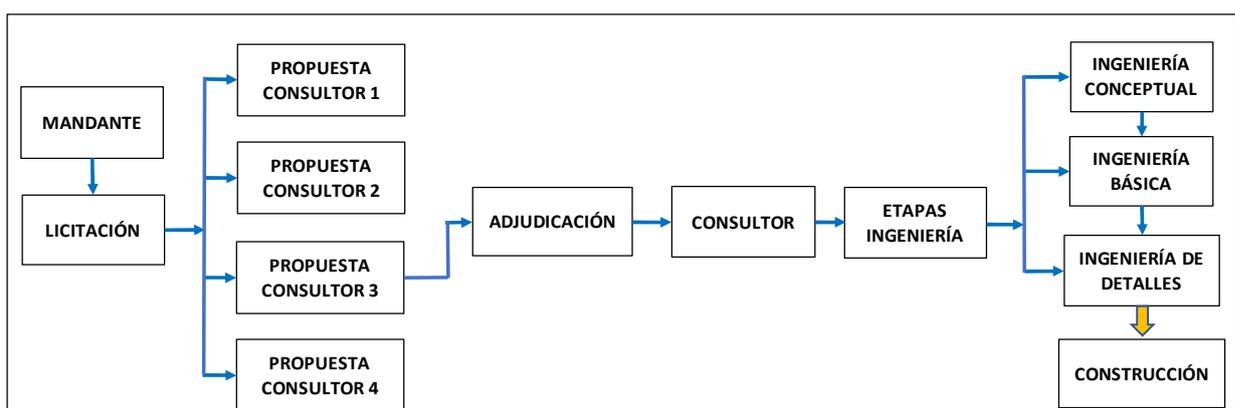


Figura 2.1

Proceso típico licitación-propuesta-adjudicación ingeniería de detalles

La Figura 2.1 es de elaboración propia, sobre la base de la experiencia de este escritor.

En la Figura 2.1 se define como Mandante a aquel que confía a otro la gestión de algún negocio, en el caso de Maitencillo el Mandante es la empresa Esval S.A. y confía el desarrollo de la ingeniería de detalles al consultor.

Ya entendido el proceso previo al desarrollo de una ingeniería, se procede a describir someramente las etapas de la ingeniería.

2.2 Etapas principales de la ingeniería

2.2.1 Ingeniería conceptual

La ingeniería conceptual identifica la viabilidad técnica y económica del proyecto y marcará la pauta para el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle. Se basa en un estudio previo (estudio de viabilidad) y en la definición de los requerimientos del proyecto. Ésta es una etapa en que los gastos, contrataciones, para el desarrollo de las labores de Ingeniería son mínimos, o prácticamente no existen, porque se usa información pública que está disponible.

2.2.2 Ingeniería básica

En esta etapa se puede ratificar o no lo concluido en la etapa de ingeniería conceptual, o hacer un análisis de alternativas; para lo cual se incurre en los primeros gastos para hacer investigaciones en terreno, que permiten sustentar las alternativas de diseño.

Como su nombre lo indica, mediante esta se definen los lineamientos básicos de un proyecto. Quienes están a cargo de la ingeniería básica es un grupo de ingenieros, aquellos tendrán la responsabilidad de elaborar planos, especificaciones técnicas y, de ser necesario, se encargarán de las licitaciones para el diseño de la Ingeniería de Detalles. En esta fase, los requerimientos del Mandante quedan plasmados, así como las especificaciones básicas, el cronograma y un alcance del presupuesto final.

Es importante mencionar que los planos que se elaboran, como parte de la ingeniería básica, no pueden ser usados para construir, sólo permiten la evaluación de la obra. Esto además hace posible que se pueda cotizar la misma.

Se puede decir que la ingeniería básica sirve de pilar para lo que se desarrollará en la ingeniería de detalle. Esta permitiría la ejecución de planos constructivos. Antes de que se pase de la ingeniería básica a la de detalle, es importante una cuidadosa evaluación de la anterior en la que se anoten las observaciones y mejoras que se crean convenientes. Respecto a la ingeniería de detalle, esta debe hacerse conforme a las normas vigentes y a los criterios de seguridad.

2.2.3 Ingeniería de detalles

También es conocida como ingeniería de proyecto. En contraste con la ingeniería básica, donde el nivel de especialización de los encargados es mayor. Como resultado de la ingeniería de detalle se obtienen los documentos técnicos necesarios para la planificación y ejecución de la obra, gracias a ella, se optimizan los recursos ya sea, la mano de obra o materiales.

Entre los documentos que comprende la ingeniería de detalle, se encuentran aquellos que definen los componentes que se necesitarán para que la fabricación y construcción pueda darse. Además, están Las Bases de Licitación que definen los objetivos y requerimientos generales del proyecto.

En general, forman parte de la ingeniería de detalle: memorias, especificaciones, anexos, presupuesto, planos, proyectos de terceros entre otros.

2.2.4 Etapa de construcción

Luego de terminada la etapa de ingeniería de detalles se realiza una nueva licitación, esta vez para la construcción de lo que ha diseñado. No se puede construir sin que los documentos y planos de la ingeniería de detalles estén emitidos para construcción, firmados por el consultor y aprobados por el Mandante.

La ingeniería conceptual, básica o de detalles debe ser revisada por el Mandante. Para diferenciar una revisión de otra se utilizan las letras mayúsculas de la "A" hasta la "Z", en donde y en la medida que avanzan las letras la revisión del proyecto es mayor. En el caso de la ingeniería de detalles cuando se aprueban documentos y planos, emitiendo estos para construcción, la letra cambia a número iniciando con el valor cero "0". De manera similar, en la etapa de construcción, en la medida que avanzan los números es mayor el grado de revisión.

2.3 Contenido de la ingeniería de detalles

Luego de realizados los diseños solicitados en el proceso de licitación, se deben entregar al Mandante documentos y planos que permitan la construcción de lo proyectado, cumpliendo tanto con la normativa vigente, como con todo lo solicitado por el Mandante en las Bases de Licitación. La ingeniería de detalles siempre debe contener como mínimo lo que se indica en los puntos que se desarrollan a continuación.

2.3.1 Memoria

Corresponde a un texto que debe incluir como mínimo lo siguiente: descripción del proyecto, resumen de las obras a desarrollar (geometrías principales, tipo, cantidades), resumen de cálculos, y se incorpora cuadro resumen del presupuesto. El objetivo de este documento es mostrar al constructor lo que deberá considerar para construir. Dentro de lo que se debe incluir están las referencias a las especialidades.

2.3.2 Especificación Técnica General (ETG)

En el caso de la realización de estudios o construcción de obras, éstas forman parte integral del proyecto y complementan lo indicado en los planos respectivos y en el contrato. Son muy importantes para definir la calidad de los trabajos en general y de los acabados en particular.

2.3.3 Especificaciones Técnicas especiales (ETE)

Es un documento específico y especial para cada proyecto, en él se debe indicar con mucha claridad lo siguiente: qué se va a construir, cómo se construirá, materiales y calidad mínima que se requiere utilizar, las cantidades de obra que se requieren (conocidas como cubicaciones). En cuanto al cómo se construirán las obras, en general en este documento se propone un método que el constructor puede o no adoptar.

Las E.T.E. tienen un ordenamiento estándar el que está dividido en grandes ítems o capítulos, según lo que se indica a continuación:

- I. Introducción, presentación del proyecto
- II. Instalación de faenas
- III. Movimientos de tierras
- IV. Obras de hormigón
- V. Tubos y piezas especiales
- VI. Equipos
- VII. Obras especiales
- VIII. Proyecto eléctrico
- IX. Proyecto Arquitectura
- X. Otro ítem de acuerdo con proyecto

Cada ítem debe contener las cantidades de obra (o cubicaciones) las cuales son indispensables para elaborar el presupuesto de la obra.

2.3.4 Anexos

En este documento se incluye información como la siguiente: fotografías, informe de mecánica de suelos, proyecto estructural, catálogos, cotizaciones, cartas, cálculos, es decir toda aquella información que complementa y mejora el entendimiento del proyecto.

2.3.5 Presupuesto

Se elabora considerando la cantidad de obras o cubicaciones y los precios unitarios, estos últimos se obtienen de listados, presupuestos anteriores y cotizaciones a los proveedores.

2.3.6 Planos

Estos documentos permiten definir exactamente lo que se quiere construir, en ellas se encuentran planos como los siguientes: generales, emplazamiento de las obras, planta, cortes, salas, cámaras, salas de bombas, estanques, plantas elevadoras, entre otras.

Se indican en los planos información como: dimensiones, especificaciones de materiales, ubicación, interferencias y otras especificaciones que serán relevantes para la etapa de construcción.

Los planos utilizan las medidas de los formatos de papel de la serie A (A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10), que se encuentran bajo la norma ISO 216.

Los planos deben ser realizados a escala de reducción, por ejemplo: se puede utilizar la UNE EN ISO 5455:1996, "Dibujos técnicos. Escalas" que utiliza las siguientes escalas normalizadas: 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000.

2.3.7 Proyectos de terceros

Son proyectos que se elaboran para los siguientes servicios públicos: SERVIU, Dirección de Vialidad, Dirección General de Aguas (DGA), DIRECTEMAR y Municipalidad. Toda vez que el trazado de una conducción o la instalación de una estructura se realice en una vía, cauce o zona de mar que es tuición o pertenencia a los organismos públicos indicados se deberá solicitar autorización para su uso.

Para conseguir la autorización de los organismos públicos se deben presentar documentos y planos, cuyo formato depende de cada servicio, la presentación ante el servicio se denomina ingreso. Luego de ingresado, tanto documentos como planos, el servicio emite las observaciones a este por medio de un Oficio, se deben atender dichas observaciones hasta que se obtenga la aprobación.

El proyecto de tercero es requisito para la ubicación de conducciones y estructuras, por lo cual deberá modificarse el proyecto civil en caso que el servicio lo requiera.

Resumiendo lo indicado en los puntos anteriores, en la Figura 2.2 se muestran los documentos que debe incluir, como mínimo, un proyecto de ingeniería de detalles, así como las especialidades asociadas.

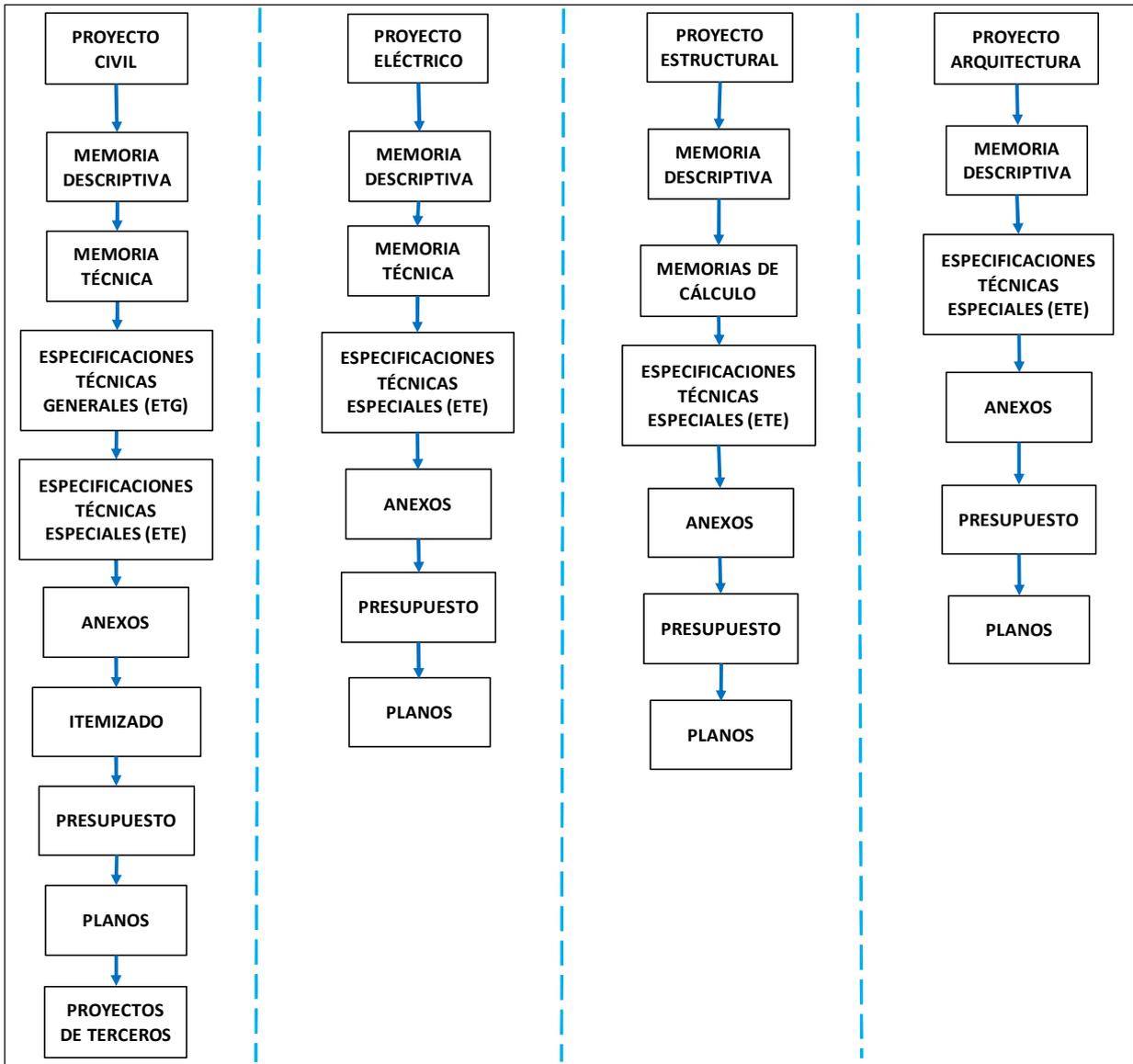


Figura 2.2
Documentos típicos de ingeniería de detalles

La Figura 2.2 es de elaboración propia, sobre la base de los proyectos y la experiencia de este autor.

3 ANTECEDENTES DE DISEÑO PARA EL DISEÑO DE INGENIERÍA

Luego de adjudicada la licitación para el diseño de ingeniería de detalles, se realizan una serie de procesos administrativos entre los que se cuentan: firma del contrato por el diseño de las obras, definición de profesionales, entrega de boletas de garantía, reunión de inicio. En la ingeniería y para el desarrollo de los proyectos la empresa que licita se llama **Mandante** o **Empresa** y el adjudicado se denomina **Consultor**.

Los antecedentes para los diseños de proyectos de ingeniería se encuentran en las Bases de Licitación y deben incluir como mínimo: ubicación donde se realizarán las obras, plazos de la ingeniería, los alcances, descripción de las obras a proyectar, bases de diseño (por ejemplo, caudales), especialidades que se deberán considerar. Es muy importante leer detenida y exhaustivamente las bases poniendo especial atención en hitos o etapas, las fechas asociadas a cada uno y que se debe incluir en ellos, cualquier falta o incumplimiento en lo solicitado llevará a multas por no cumplir el contrato o término del contrato.

La información o antecedentes para el proyecto se pueden dividir en dos partes, la primera que entrega el Mandante, en las Bases de Licitación, y la otra que debe conseguir y gestionar el consultor, como antecedente adicional, para elaborar el proyecto de manera correcta cumpliendo con las bases. En general los antecedentes adicionales corresponden a: topografías, mecánica de suelos, proyectos de terceros, especialidades como: estructural, eléctrica y arquitectura, especialista en olores, especialista en golpe de ariete por mencionar algunos.

Dentro de los antecedentes que siempre se deben considerar están las normativas existentes en el país, así también como: instructivos, manuales y recomendaciones.

Para mejor comprensión de los antecedentes involucrados, se ha dividido la información necesaria en dos puntos. El primero relacionado con los estudios y antecedentes proporcionados por el Mandante y el segundo referidos a los estudios y antecedentes que debe gestionar o conseguir el consultor.

3.1 Antecedentes entregados por la Empresa

Estos incluyen aquellos emitidos durante el proceso de licitación y adjudicación, así como nuevos antecedentes, los cuales deben ser revisados con mucha detención y detalle, pues se encuentra la información más importante entre las que se cuentan: plazo para el desarrollo de la ingeniería de detalles, actualización de información, estándares además de otras.

En la Figura 3.1 se muestran los estudios y antecedentes típicos para estos estudios de ingeniería que proporciona el Mandante.

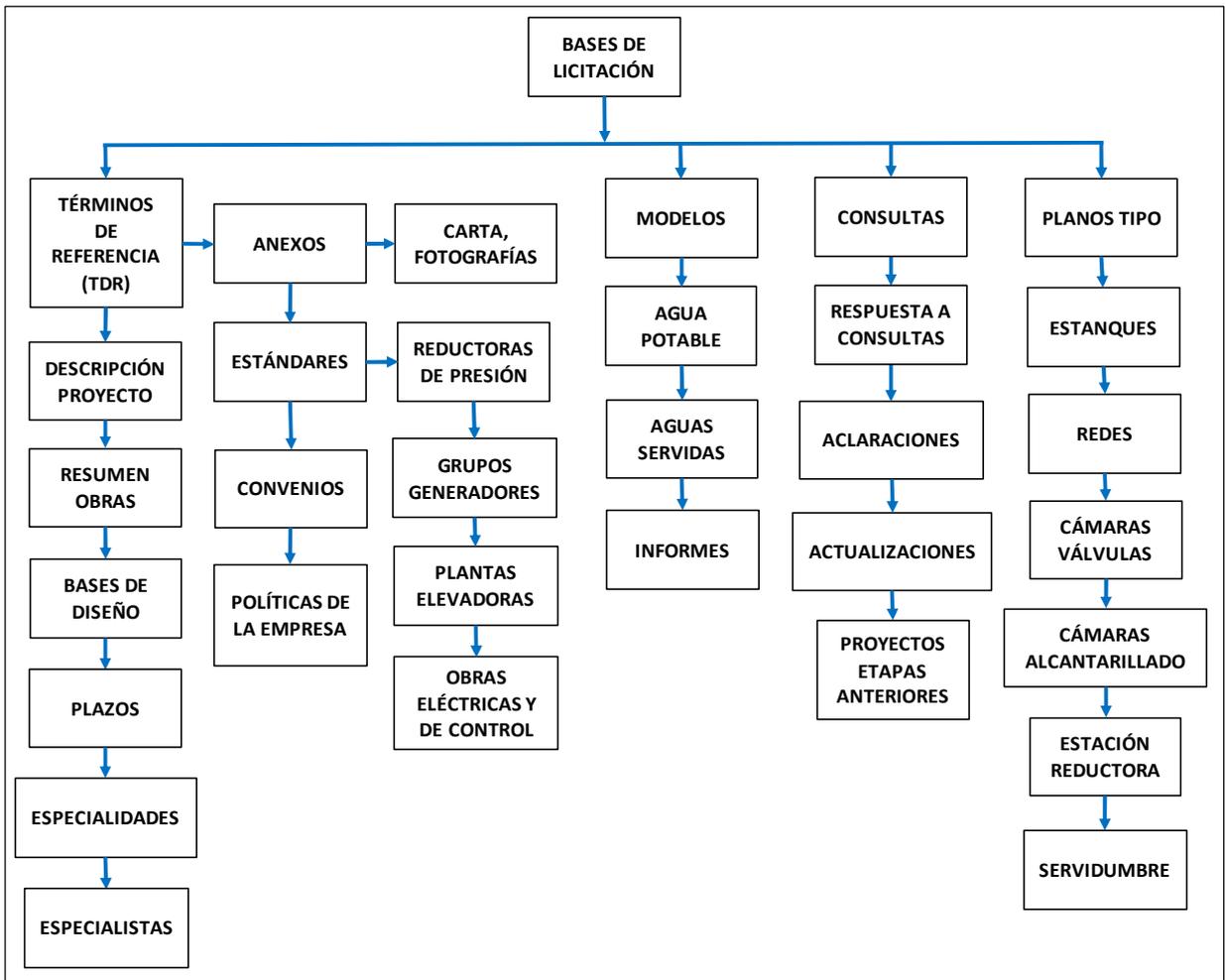


Figura 3.1
Estudios y antecedentes entregados por el Mandante

La Figura 3.1 es de elaboración propia, sobre la base de los proyectos y la experiencia de este escritor.

3.2 Antecedentes que debe gestionar el Consultor

Corresponden a aquellos necesarios para la elaboración de la documentación indicada en el punto 2.3 y que deben ser gestionados por el Consultor.

En la Figura 3.2 se muestran los estudios y antecedentes típicos para los estudios de ingeniería de detalles que debe elaborar o gestionar el Consultor.

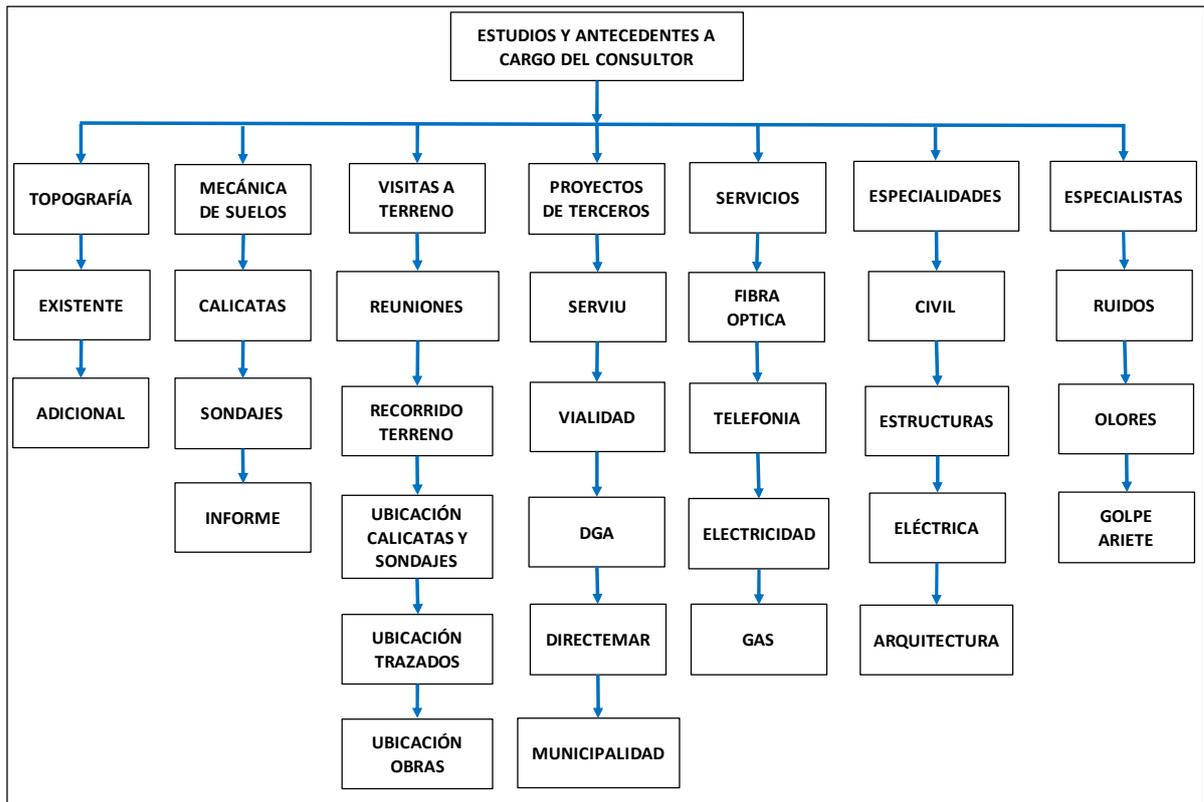


Figura 3.2
Estudios y antecedentes a cargo del Consultor

La Figura 3.2 es de elaboración propia, sobre la base de los proyectos y la experiencia de este escritor.

En los siguientes puntos se indican los antecedentes a cargo del consultor y que son necesario para el desarrollo del proyecto.

3.3 Topografía

De acuerdo con la definición que encontramos en el diccionario de la Real Academia Española, la topografía es la técnica de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno, otra definición corresponde a una ciencia geométrica dedicada a la representación gráfica de la superficie terrestre. En lo que se refiere a la ingeniería civil, los trabajos topográficos son fundamentales para la ubicación de las obras y diseño de estas.

En este sentido en los proyectos de ingeniería se hace indispensable la representación gráfica del área donde se proyectan las obras. Es primordial para el diseño de elementos o estructuras como las redes, los estanques, las plantas elevadoras y las especialidades contar con una buena topografía.

En general el Mandante no entrega la topografía, sólo indican las áreas en que serán proyectadas las obras, para que el consultor realice la topografía e integrar esta a los antecedentes del proyecto.

Lo recomendable en todos los proyectos es solicitar, a un geomensor o topógrafo, una topografía adecuada a lo que se proyectará, en este sentido para las redes y recintos se recomienda una escala 1:500 y curvas de nivel cada 0,5 o 1,0 m. Todo proyecto debe estar referidos a un sistema de coordenadas de referencia, usualmente se utiliza el DATUM WGS-84-SIRGAS, WGS-84-uso 19 u otro según la localidad, para proyectos en sectores costeros es posible consultar la existencia de datos del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA).

Las cotas de los proyectos de redes están generalmente referidas al nivel medio del mar, hay que revisar en las bases si solicitan otra distinta. La topografía del proyecto debe estar ligada a puntos de referencia o "PR" existentes. La información de cotas existentes es posible obtenerlas en el Instituto Geográfico Militar, que tiene una red de PRs en territorio nacional, o puede en algunos casos ser entregada por el Mandante.

3.4 Mecánica de Suelos, Sondajes y Calicatas

La instalación de estructuras enterradas o superficiales requiere de un conocimiento lo más específico posible del terreno donde éstas se instalarán. Esto con el fin de que las estructuras proyectadas no sufran algún daño durante su construcción, cuando se encuentre en marcha blanca o durante su operación permanente. En este sentido se requiere de un estudio de mecánica de suelos o estudio geotécnico.

El Estudio de Mecánica de Suelos consiste en la realización de prospecciones correspondientes a calicatas y sondajes de exploración. Las calicatas para estos proyectos consisten en realizar una excavación, normalmente manual, de 1m de ancho por 1m de profundidad, lo cual es variable, dependiendo del tipo de estructura a proyectar. En el caso del sondaje, consiste en una perforación mecánica mediante rotación con extracción de testigo. Dichas prospecciones atraviesan los suelos y rocas, obteniendo muestras representativas de los diferentes suelos y rocas que aparecen, desde la superficie del terreno hasta la profundidad deseada. En general, las calicatas se realizan hasta profundidades variables de 1,5m a 4,5m y para profundidades mayores se utilizan los sondajes, evitando así los riesgos para las personas.

Las muestras obtenidas de las exploraciones se llevan al laboratorio de ensayos, para realizar pruebas que determinan propiedades físico químicas de los suelos o rocas, las cuales se resumen en el denominado Informe de Ensayos, el especialista en mecánica de suelos y rocas toma dicha información para realizar el Informe de Mecánica de Suelos, que define la profundidad de fundación para la estructura, el tipo de suelo o roca apto para fundar, la resistencia de dicho suelo o roca ante cargas estáticas o sísmicas, el tipo de fundación recomendado, el tipo de suelo y la zonificación sísmica, que se obtiene

mediante un sondaje de 30 m de profundidad bajo el fondo de las fundaciones proyectadas, lo cual permite al Ingeniero Calculista incorporar coeficientes de amplificaciones de cargas frente movimientos telúricos.

Por último, el Especialista en Mecánica de Suelos y Rocas, deberá recepcionar los sellos de fundación en la etapa de construcción, para verificar los suelos y rocas encontrados en las prospecciones, y tomar decisiones frente a variaciones o situaciones atípicas, que en ocasiones son comunes en los suelos y rocas debido a su heterogeneidad y cambios en la morfología del terreno.

El informe de mecánica de suelos debe incluir la suficiente información que permita el correcto desarrollo del proyecto durante su construcción y operación, en este sentido lo mínimo a considerar el informe es lo siguiente:

- Antecedentes del sitio
- Campaña geotécnica
- Parámetros para diseño de fundaciones
- Taludes de excavación
- Especificaciones técnicas para la excavación y rellenos
- Certificados ensayos de laboratorio
- Planos
- Análisis de laboratorio especiales (solo en casos particulares)

3.5 Reuniones y visitas a terreno

Todo proyecto debe considerar reuniones con el Mandante y los diferentes servicios en donde el proyecto tendrá interferencias y por consiguiente requerirá de autorizaciones.

Un hito muy relevante además de importante tiene que ver con el lugar físico donde se construirán las obras proyectadas, en este sentido las visitas a terreno son cruciales para entender el entorno y definir con claridad lo que se va a diseñar.

3.5.1 Reunión inicial, avance y coordinación

La reunión inicial corresponde a aquella en la cual se presenta a los jefes de proyecto y equipo de profesionales que participará en el desarrollo del proyecto, tanto por el lado del Mandante como del Consultor. Durante esta reunión se realizan las primeras programaciones, se organizan las prioridades para cumplir con las fechas del proyecto. Además, se entrega oficialmente toda información de la etapa de licitación y otros antecedentes que forman parte del inicio al proyecto. Se elabora un acta de reunión que luego es enviada para aprobación.

Las reuniones de avance y coordinación se realizan periódicamente con el Mandante y tienen por objetivo presentar el estado del proyecto, indicar los problemas y solicitar antecedentes para el avance de cada etapa.

Las interferencias de las obras proyectadas con servicios existentes ya sean públicos (denominados de Terceros) o privados (servicios básicos), requieren de relacionarse con estos servicios y tener sus datos de contacto. Los datos de contacto permiten agilizar las tramitaciones y la solicitud de información. Los Terceros autorizan la instalación de conducciones, mientras que los servicios básicos informan de sus instalaciones para evitar, durante el diseño, interferirlas. Toda la información se incluye en los planos y documentos del proyecto, posteriormente se utilizará en la etapa de construcción.

3.5.2 Objetivos de las visitas a terreno

Un hito muy importante del proyecto corresponde a la (s) visita (s) a terreno que tiene varios objetivos entre los que se cuentan:

- Establecer en terreno los límites del proyecto
- Revisar interferencias con SERVIU
- Revisar interferencias con Vialidad
- Revisar interferencias con DGA
- Revisar interferencias con puentes
- Revisar interferencias con DIRECTEMAR
- Modificación de soluciones propuestas en etapas anteriores
- Revisión de uso de espacios públicos
- Toma de fotografías y otros antecedentes
- Revisar los posibles trazados preliminares
- Definir topografías adicionales
- Definir ubicación preliminar de calcatas o sondajes
- Ubicación de calles pavimentadas y no pavimentadas, tipo de pavimento
- Ubicar posibles servidumbres
- Consultar calles correspondientes a bien nacional de uso público (BNUP)
- Ubicar calles que sean de índole privada
- Ver interferencias con otros servicios (básicos) como: redes existentes de agua potable o alcantarillado, fibra óptica, telefonía, electricidad, gas, oleoductos, etc.

3.6 Proyectos de terceros

Los proyectos de terceros corresponden a aquellos asociados a las autorizaciones para ejecutar parte o la totalidad de una obra y tienen que ver con: roturas de pavimentos dentro del radio urbano, roturas en rutas de vialidad (paralelismos y atraviesos), cruces de cursos de agua, obras dentro de la jurisdicción de la marina, cruces de puentes, cruces de líneas de ferrocarriles, obras de arquitectura urbana entre otras.

Para las obras indicadas anteriormente se deben presentar proyectos independientes a los servicios correspondientes, con antecedentes particulares en cada caso, para que se autorice su posterior construcción.

Se deben considerar los plazos y recursos para los proyectos de terceros en cada caso, pues siempre son requisitos, en la aprobación de etapas, y por consiguiente para los estados de pago que realiza el Mandante al consultor.

En los siguientes puntos se indican los servicios, que antecedentes mínimos se debe presentar en cada caso y los plazos aproximados asociados para la aprobación. El detalle se puede encontrar también en las páginas web de cada servicio.

3.6.1 Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU)

La misión del SERVIU a lo largo de la historia es contribuir a mejorar la calidad de vida de los habitantes, a través de programas de vivienda, pavimentos, equipamientos comunitarios, subsidios, parques y vialidad urbanos.

En caso de ser necesario, para la construcción de las obras con rotura tanto de pavimentos de calzadas como de veredas se debe solicitar permisos de rotura y reposición de pavimentos. Hay que ingresar primero a SERVIU el denominado Formulario N°4 o de exigencias técnicas para proyectos de pavimentación, el que debe incluir la identificación del proyecto, datos del proyectista y un plano de ubicación con las calles que se intervienen. La respuesta de este permite conocer si las calles a intervenir se encuentran bajo la tuición de SERVIU y a qué tipo de vía corresponde. Una vez definido esto se procede con el proyecto de rotura y reposición.

3.6.2 Dirección de Vialidad (Vialidad)

La Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas tiene por misión mejorar la conectividad entre los chilenos y entre Chile y países vecinos, planificando, proyectando, construyendo y conservando oportunamente la infraestructura vial necesaria para el desarrollo del país y su resguardando su calidad y seguridad, respetando el medio ambiente e incorporando sistemáticamente tecnologías innovadoras en el ámbito vial y de transporte.

Ella se rige fundamentalmente por el DFL 850 de 1997, que aprueba el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 15.840 de 1964, y en su rol normativo y fiscalizador interviene en toda obra vial que se ejecute en el país y garantiza a todas las personas el acceso a los caminos públicos.

En caso de ocupación de faja vial en caminos públicos (paralelismo y/o atraviesos), se deberá solicitar una autorización a Vialidad. Es muy importante, por lo tanto, establecer qué tipo de camino es por el cual se desarrollará el proyecto. Lo ideal es enviar al servicio un plano de ubicación con información clara, a fin de obtener información sobre la pertenencia o no de la ruta a Vialidad. Posterior a esto se debe elaborar la carpeta e ingresarla al servicio para su aprobación y autorización.

3.6.3 Dirección General de Aguas (DGA)

Si se interfiere con algún cauce natural o artificial se deberá pedir autorización a la DGA, para lo cual se utilizará lo establecido en los artículos 41, 42, 131, 171 y 172 del documento “Guías metodológicas para presentación y revisión técnica de proyectos de modificación de cauces naturales y artificiales”, el que deberá ser aprobada por la Dirección General de Aguas.

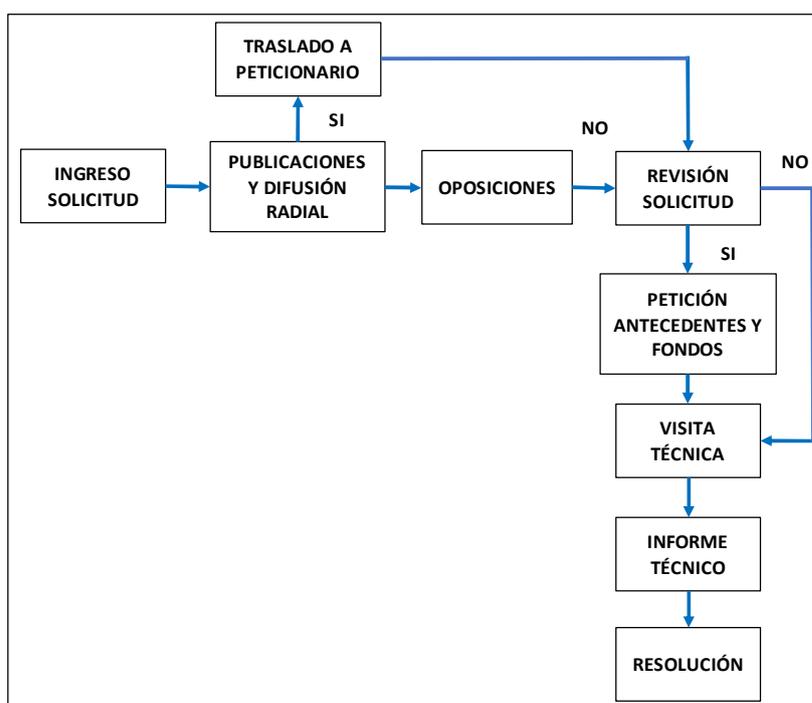


Figura 3.3
Diagrama de flujo de procedimiento administrativo general

En la Figura 3.3 se indica el procedimiento administrativo extraído del citado documento.

3.6.4 DIRECTEMAR

La Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de Chile (DIRECTEMAR) es un organismo de la Armada de Chile, mediante el cual el Estado cautela el cumplimiento de las leyes y acuerdos internacionales vigentes en relación al territorio marítimo chileno, para proteger la vida humana en el mar, el medio ambiente, los recursos naturales y regular las actividades que se desarrollan en el ámbito acuático de su jurisdicción, con el propósito de contribuir al desarrollo marítimo de Chile.

Para el caso de este proyecto se establecen dos situaciones para solicitar autorización a DIRECTEMAR: la instalación de los aliviaderos de tormenta que descargan al mar y la instalación de las plantas elevadoras proyectadas en el sector costero.

De acuerdo con el D.F.L. N°340, sobre concesiones marítimas en su Artículo 2°, que dice: “Es facultad privativa del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina,

conceder el uso particular en cualquier forma, de las playas y terrenos de playas fiscales dentro de una faja de 80 m de ancho medidos desde la línea de más alta marea de la costa del litoral". En tal sentido se deberá solicitar la autorización si la planta elevadora está dentro de la faja de 80 m. Para los aliviaderos de tormenta, que descargan en la costa, deberán también solicitar una concesión marítima.

En el año 2011, la Superintendencia de Servicios Sanitarios impartió instrucciones, mediante el Ordinario N°3104 de fecha 27 de Julio de 2011, en las que precisó las condiciones en las cuales está permitida la operación de los sistemas de aliviaderos de tormenta o de emergencia en sistemas de recolección de aguas servidas; plantas elevadoras y plantas de tratamiento de aguas servidas, mediante el Instructivo "Instructivo uso de aliviaderos de tormenta o de emergencia en sistemas de alcantarillado".

En dicho instructivo se especifica el objetivo de los aliviaderos de tormenta; las condiciones de su localización, las especificaciones técnicas que deben cumplir, las condiciones de operación, e incluso instrucciones relativas a la información de su uso, entre otras materias.

3.6.5 Municipalidad

La Municipalidad correspondiente en general participa indirectamente por medio del Formulario N°4 de SERVIU, pues le indica a este último servicio el tipo de vía (expresa, troncal, colectora, servicio o local) que permite la definición de la exigencia de pavimentación.

Por otro lado, cuando hay obras dentro de la zona urbana, que interfieren la vía pública y que están sobre el nivel del terreno la Municipalidad tiene directa relación con la aprobación y se debe solicitar su permiso, entregando los antecedentes correspondientes a dicho servicio por medio de la Dirección de Obras Municipales.

3.6.6 Información a la comunidad

En general para proyectos pequeños no es necesaria la información a la comunidad, sin embargo, en el caso de Maitencillo y dada su gran envergadura se generaron reuniones con la comunidad.

Los proyectos de instalación o reposición de redes consideran la rotura en pavimentos de veredas y calzadas, en el caso de Maitencillo la intervención incluirá la totalidad de la localidad, además de roturas de accesos vehiculares, roturas de áreas verdes, ocupación de espacios públicos por lo cual la interferencia durante la construcción y posterior operación será muy importante. Se debe en tal sentido hacer partícipe a la comunidad.

Para informar a la comunidad del proyecto se realizan reuniones que son organizadas por la Ilustre Municipalidad por medio de la alcaldía, en la que participan miembros de la comunidad, autoridades de la Municipalidad, representantes de la empresa sanitaria y por supuesto la empresa de ingeniería que está realizando el diseño.

La empresa sanitaria o prestador atiende solo el área de concesión, sin embargo, el prestador puede para las zonas rurales próximas otorgar factibilidades de abastecimiento sobre la base del Artículo 52 bis DFL MOP N°382/88. En este las factibilidades son pactadas libremente entre las partes de acuerdo con el derecho común, para el prestador no implica aumento del área de concesión.

En la reunión la información del proyecto se realiza por medio de una presentación, en la que se mostraran las áreas o etapas del proyecto, las obras involucradas con sus respectivas ubicaciones. Se indica además los plazos estimados de inicio y término de las obras. Como parte de la presentación, se hace mención del estado de avance en que encuentra el proyecto de ingeniería y las autorizaciones con los servicios. Por último, se da espacio a las consultas de la comunidad en la cual se resuelven sus dudas. Las respuestas las darán principalmente la empresa de ingeniería, la empresa sanitaria y en lo que se requiera la I. Municipalidad. En la Figura 3.4 se presenta un diagrama de flujo.

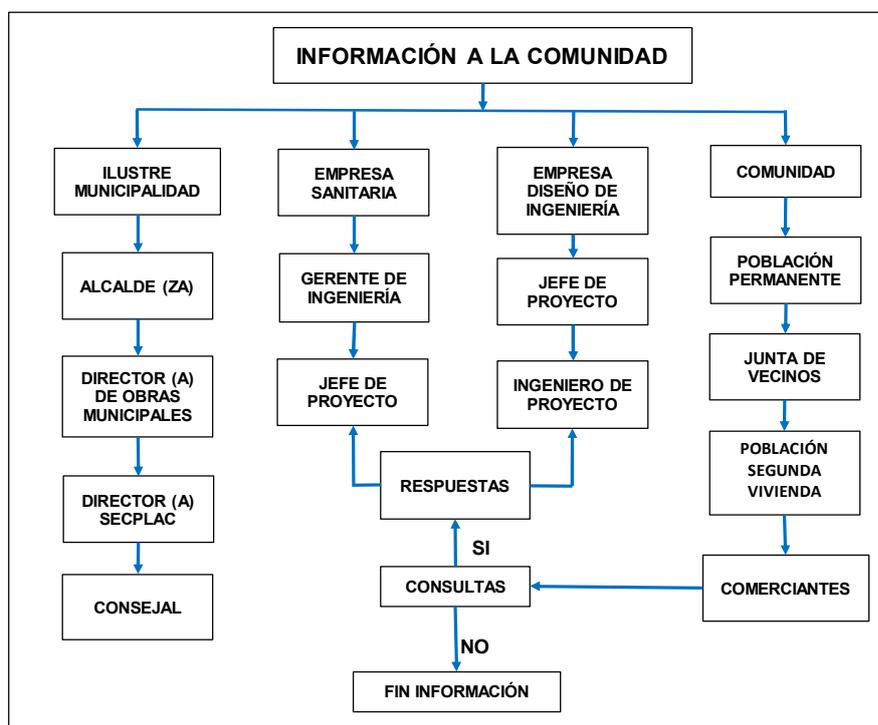


Figura 3.4
Diagrama de flujo información a la comunidad

La Figura 3.4 es de elaboración propia, basado en la experiencia de este autor.

3.7 Servicios básicos

En los proyectos se encontrarán las llamadas interferencias, las que corresponden a cruces o paralelismos con instalaciones existentes, que pueden ser aéreas o subterráneas y en general corresponden a: líneas de fibra óptica, telefonía, electricidad, gas u oleoductos por mencionar las más usuales. Los servicios involucrados se obtienen inicialmente con la visita a terreno, en lo que se denomina un catastro o revisión de las instalaciones existentes.

Para realizar el trazado final, de las conducciones proyectadas, es necesario conocer la ubicación y características de las instalaciones existentes, no está permitido intervenir o acceder a las instalaciones existentes de servicios básicos, la única manera de obtener información de estas es preparar y entregar cartas a los servicios solicitando antecedentes. La carta se puede ingresar vía presencial o digital y debe incluir un esquema con los trazados proyectados, que indique el sector, para ver que instalación se interfiere. El servicio básico debe responder como mínimo lo siguiente: tipo de servicio, cantidad de conducciones, diámetro y material de la o las conducciones, si se encuentra en servicio y la profundidad. Las cartas ingresadas, así como las respuestas a las mismas serán incorporadas como un anexo en el proyecto de ingeniería de detalles. Los antecedentes serán actualizados y utilizados posteriormente durante la etapa de construcción.

3.8 Especialidades

En las bases del proyecto se indican los requerimientos de las obras, las cuales definen las especialidades que será necesario incorporar. En general en el caso de obras sanitarias, se deben incluir las siguientes especialidades: hidráulica, estructuras, electricidad y control además de arquitectura. En el caso de considerar, por ejemplo, dentro de las obras a proyectar, el diseño de los sistemas de tratamiento de agua potable o aguas servidas se deberá incluir una especialidad de tratamiento y proceso.

3.9 Especialistas

Al hablar de especialistas se refiere a una parte de la ingeniería específica del proyecto, en este contexto se encuentran los sistemas de olores, insonorización y golpe de ariete, los que en general se contratan directamente a empresas dedicadas a estas áreas específicas.

El tratamiento de los olores es un tema muy sensible, sobre todo cuando se debe instalar fuentes contaminantes cerca de las viviendas tales como: planta de tratamiento de aguas servidas o una planta elevadora de aguas servidas, se debe tener muy presente que estas estructuras son fuentes permanentes de emanación de olores. La comunidad en la actualidad está muy sensible ante los olores. Existen varios sistemas para disminuir las emanaciones de olores (por ejemplo, Biológicos "Biotrickling filters o físico absorción con

carbón activado) estos se diseñan para cada proyecto y deben incluirse dentro de la ingeniería de detalles.

En el caso de la insonorización o disminución del nivel sonoro hay empresas que realizan estos proyectos. La necesidad de estos sistemas es principalmente para las salas de grupo generador. En general los grupos generadores se solicitan con cabinas insonorizadas, sin embargo, se requiere de elementos adicionales para cumplir el Decreto N°38 (Ministerio del Medio Ambiente, 2012).

Por último, los flujos transientes asociados al golpe de ariete son un tema delicado y en Chile hay muy pocos especialistas que se dedican a esto. Las soluciones son típicas, sin embargo, lo más complejo es el dimensionamiento. Lo usual es utilizar estanques para aminorar este fenómeno.

3.10 Programa del Proyecto de Ingeniería

Para el proyecto se debe definir un programa que permita el ordenamiento de los recursos, determinación de plazos, así como la necesidad de permisos y reuniones entre otros.

El proceso de programación integral de proyectos mediante la utilización de las técnicas gráficas o de redes se caracteriza por el desarrollo de una serie de etapas que permiten incorporar en un solo análisis los factores tiempo y costo, para definir el punto óptimo de ejecución de cada actividad en función tanto de la disponibilidad de recursos físicos, humanos, financieros y de tiempo como del mínimo costo de ejecución.

En el programa de obras es posible encontrar la siguiente información:

- La definición de todas y cada una de las actividades del proyecto, su duración y necesidades de recursos físicos, humanos y financieros para la ejecución de cada actividad del proyecto.
- La definición de la secuencia o dependencia para la ejecución entre ellas.

Se tiene, por otra parte, un programa que define cómo se pretende llevar a cabo todas las actividades requeridas para la ejecución del proyecto, de tal forma que se tenga una comprensión cabal de la magnitud e importancia de los recursos involucrados en cada una de las actividades más importantes incluidas en la ejecución del proyecto. Asimismo, deberán establecerse las entidades externas y las unidades administrativas internas, responsables de la ejecución de dichas actividades y programar la aplicación y materiales necesarios para la implementación del proyecto.

4 NORMATIVA CHILENA APLICABLE

El diseño de obras hidráulicas ya sean sanitarias o de otra índole, deben ser desarrolladas sobre la base de la normativa chilena vigente, además de los estándares que cada organismo tiene internamente. Sin entrar en contraposición con las normas, están: instructivos, reglamentos internos o estándares en los cuales los proyectos deben basarse.

En el caso de la distribución de agua potable, recolección de aguas servidas, plantas elevadoras, estanques de agua potable, todas instalaciones relacionadas con el sector sanitario, existe una normativa nacional oficial que permite el diseño adecuado de lo que se debe proyectar.

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la International Organization for Standardization (ISO) y de la Comisión Panamericana de Normas técnicas (COPANT), representando a Chile ante estos organismos.

4.1 Normas principales utilizadas en proyectos de redes

Las normas se designan con un código, nombre y su año de vigencia, como referencia en la Tabla 4.1 (de elaboración propia), se indican algunas de las principales normas utilizadas en la ingeniería para el diseño de obras sanitarias:

Tabla 4.1
Resumen de Normas Técnica INN

Código	Nombre	Año Vigencia	Aspectos de diseño
NCh 691	Agua potable - Producción, conducción, almacenamiento y distribución - Requisitos de diseño	2015	Diseño hidráulico de redes agua potable, estanques
NCh 1105	Ingeniería sanitaria - Alcantarillado de aguas residuales - Diseño y cálculo de redes	2019	Diseño hidráulico de redes aguas servidas
NCh 2702	Instalaciones de alcantarillado – Cámaras de inspección domiciliarias – Requisitos generales	2002	Diseño hidráulico de redes aguas servidas
NCh 2811	Trazados, atravesos y paralelismos de tuberías de agua potable y de alcantarillado, en redes públicas de distribución de agua potable y de recolección de aguas servidas - Requisitos generales	2006	Interferencias entre redes agua potable y aguas servidas
NCh 692	Agua potable - Plantas elevadoras - Especificaciones generales	2000	Diseño hidráulico plantas elevadoras Agua Potable

Código	Nombre	Año Vigencia	Aspectos de diseño
NCh 2472	Aguas residuales - Plantas elevadoras - Especificaciones generales	2000	Diseño hidráulico plantas elevadoras Aguas Residuales
NCh 2080	Tapas y anillos para cámaras de válvulas de agua potable y para cámaras de inspección de alcantarillado público	2008	Requisitos de tapas para cámaras
NCh 1646	Grifos de incendio - Tipo de columna 100 mm diámetro nominal - Requisitos generales	2004	Requisitos grifo tipo columna
NCh 1623	Cámaras de inspección prefabricadas de hormigón para redes de alcantarillado - Requisitos	2003	Requisitos para cámaras prefabricadas de hormigón
NCh 433	Diseño sísmico de edificios	2009	Esta norma establece requisitos exigibles para el diseño sísmico de edificios
NCh 2369	Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales	2003	Para instalaciones livianas o pesadas
NCh 3171	Diseño estructural, Disposiciones generales y combinaciones de carga	2017	Diseño de edificios y otras estructuras
N SEC	Normas Eléctricas Chilenas de la SEC		
NCh 4-2003	Normas Eléctricas chilenas de Instalaciones en B.T.	2003	Para instalaciones en baja tensión

Además de las normas indicadas anteriormente, es de comentar que existen reglamentos como: el RIDDA (Ministerio de Obras Públicas, 2009) (asociado a las instalaciones interiores de agua potable y alcantarillado) y Decreto como el 38 (Ministerio del Medio Ambiente, 2012) que tiene que ver con la emisión de ruidos molestos. Para el caso de la emisión de olores, aunque no hay una normativa, existen criterios utilizados para disminuirlos, en los puntos siguientes se tratan con un mayor detalle.

4.2 Valores recomendados para el tratamiento de olores

La base de diseño considera los caudales de gases a tratar y sus características de acuerdo con valores de instalaciones similares, enfocados a las plantas elevadoras de aguas servidas. En cuanto a la calidad de salida, al no haber normativa, se consideran los valores típicos de remoción utilizados en proyectos similares.

4.2.1 Concentración estimada de emisión de gases PEAS

De acuerdo con la experiencia de especialistas en el tema, se indican a continuación las emisiones características de las plantas elevadoras de aguas servidas (PEAS) las cuales corresponden a: amoniaco, ácido sulfhídrico y sulfuro de dimetilo, en la Tabla 4.2 se indican los valores.

Tabla 4.2
Emisiones de Gases

Valores	Unidad	Parámetro		
		NH3	H2S	DMS
Rango de valores medios	ppm	77	31	2

NH3: amoniaco; H2S: ácido sulfhídrico; DMS: sulfuro de dimetilo

Con estos valores es posible realizar el diseño del sistema de tratamiento de olores.

4.2.2 Calidad de Emisión

La capacidad de remoción de gases del sistema de tratamiento de olores debe ser mayor a 95% para NH3, mayor a 99% para H2S y mayor a 90% para DMS, lo anterior se resume en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3
Valores de remoción de Gases

Valores	Unidad	Parámetro		
		NH3	H2S	DMS
Rango de valores medios	ppm	>73,1	>30,7	>1,8

4.2.3 Otras consideraciones de diseño

Se deben tener presentes las condiciones ambientales tales como: las de temperatura y los volúmenes a tratar de aire, los cuales dependen de cada instalación que se diseñe.

Los sistemas de tratamiento de olores se utilizan para aquellas instalaciones que tiene directa relación con la emanación de olores, entre las que se encuentran las relacionadas con las aguas servidas tales como: cámara interceptora, cámara de rejillas gruesas y pozo de bombas en las plantas elevadoras de aguas servidas.

4.3 Decreto 38: Norma emisión de ruidos molestos

El Decreto 38 (Ministerio del Medio Ambiente, 2012) establece la norma de emisión de ruidos, elaborada de la revisión del Decreto N°146 (Ministerio Secretaria General de la Presidencia, 1997).

El objetivo de la norma es proteger la salud de la comunidad mediante el establecimiento de niveles máximos de emisión de ruido generador por las fuentes emisoras de ruido que esta norma regula.

La norma se aplicará en todo el territorio nacional.

Los límites máximos permisibles de ruido establecidos en la norma serán aplicables al funcionamiento en viviendas y edificaciones habitacionales.

4.4 Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado (RIDAA)

4.4.1 Alcance y campo de aplicación

El Reglamento regula los proyectos, la construcción y puesta en servicio de las instalaciones domiciliarias de agua potable y de alcantarillado y establece las normas técnicas para este tipo de instalaciones en todo el territorio nacional.

Las normas técnicas, tablas y anexos de este Reglamento sólo son aplicables a una sola unidad de vivienda o edificio (instalaciones interiores).

Las disposiciones de este Reglamento (RIDAA (Ministerio de Obras Públicas, B2009)) son obligatorias para las personas que proyecten o construyan instalaciones domiciliadas de agua potable o de alcantarillado de aguas servidas domésticas y para los prestadores de servicios sanitarios y los Servicios de Salud, cuando corresponda.

a. Instalación domiciliaria de agua potable

Las obras necesarias para dotar de este servicio a un inmueble desde la salida de la llave de paso colocada a continuación del medidor o de los sistemas propios de abastecimiento de agua potable, hasta los artefactos.

b. Instalación domiciliaria de alcantarillado de aguas servidas

Las obras necesarias para evacuar las aguas servidas domésticas del inmueble, desde los artefactos hasta la última cámara domiciliaria, inclusive, o hasta los sistemas propios de disposición.

5 MARCO TEÓRICO Y TÉCNICO

En esta sección se presentan los fundamentos teóricos y formulas asociadas que se utilizan normalmente para el desarrollo de los proyectos hidráulicos.

5.1 Pérdidas friccionales en flujos en presión en cañerías (formula 1)

Las pérdidas friccionales de escurrimientos cerrados en cañerías circulares se calculan con la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$\Delta_f = \frac{f V^2}{D 2g} L$$

Donde:

- Δ_f : Pérdidas friccionales (m).
- f : Factor de fricción (adimensional).
- D : Diámetro interior de la cañería (m).
- V : Velocidad del flujo (m/s).
- L : Largo de la cañería (m).
- g : Aceleración de gravedad (m/s²).

El factor de fricción f se calcula según la relación de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\left(\frac{k_s}{3,71 \cdot D} \right) + \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right) \right]$$

Donde:

- f : Factor de fricción (adimensional).
- D : Diámetro interior de la cañería (mm).
- ks : Rugosidad de la cañería (mm).

- Re : Número de Reynolds (adimensional).

El número de Reynolds del escurrimiento se determina con la relación siguiente:

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

Donde:

- Re : Número de Reynolds (adimensional).
- V : Velocidad del flujo en la cañería (m/s).
- D : Diámetro interior de la cañería (m).
- ν : Viscosidad cinemática del agua (m²/s). Se adopta el valor $\nu = 1,14 \cdot 10^{-6}$ m²/s, correspondiente a la viscosidad cinemática del agua a una temperatura de 15 °C.

5.2 Pérdidas friccionales en flujos en presión en cañerías (formula 2)

Las pérdidas friccionales se pueden evaluar aplicando la ecuación de Hazen – Williams, cuya expresión es la siguiente:

$$J = 10.67 \frac{Q^{1.85}}{D^{4.87}} \frac{1}{C^{1.85}}$$

$$Pf = J \times L$$

Donde:

Q	:	Caudal (m ³ /s)
C	:	Coficiente de H-W (dependiente del material de la cañería)
D	:	Diámetro interior (m)
L	:	Longitud (m)
J	:	Pérdida de carga unitaria (m/m)
Pf	:	Pérdida friccional (m)

Los coeficientes de rugosidad considerados para cada uno de los materiales son los siguientes:

HDPE	C	=	140
Acero	C	=	100
PVC	C	=	140

5.3 Pérdidas singulares en cañerías

Las pérdidas singulares de escurrimientos cerrados en cañerías circulares se calculan con la ecuación siguiente:

$$\Lambda_s = K \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

Λ_s	:	Pérdidas singulares (m).
V	:	Velocidad del flujo (m/s).
g	:	Aceleración de gravedad (m/s ²).
K	:	Coficiente de pérdida singular (adimensional).

5.3.1 Valores típicos coeficiente de pérdidas K

En la literatura técnica actual existen valores para muchos casos, la Tabla 5.1 entrega algunos valores de K, normalmente usados para diferentes tipos de punto singulares en los proyectos de redes extraídos del texto Pont-A-Mousson (Pont-A-Mousson, 1995) también se pueden encontrar valores en el texto Sterling SIHI (Sterling SIHI, 2003).

Tabla 5.1
Valores típicos de K

Tipo de singularidad	K
Válvula de compuerta totalmente abierta	0,2
Válvula de compuerta mitad abierta	5,6
Curva 90°	1,0
Curva 45°	0,4
Válvula de pie	2,5
Emboque (entrada en la tubería)	0,5
Salida de una tubería	1,0
Ensanchamiento brusco	$\left(1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2\right)^2$
Reducción brusca de sección (Contracción)	$0,5 * \left(1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2\right)^2$

Para otros casos distintos a los entregados en la tabla anterior se utilizan valores existentes en textos técnicos del ámbito de la ingeniería hidráulica.

5.4 Energía del Flujo en Tuberías (Bernoulli)

La energía en una sección del escurrimiento, o Bernoulli, se calcula con la expresión siguiente:

$$B = \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + z$$

Donde:

- B : Bernoulli del flujo (m).
- V : Velocidad del flujo (m/s).
- g : Aceleración de gravedad (m/s²).
- P : Presión del escurrimiento (Pa).
- γ : Peso específico del agua (N/m³).

El Bernoulli de una sección cualquiera del escurrimiento se puede calcular en función del Bernoulli en otra sección, y las pérdidas de carga entre ambas secciones:

$$B_2 = B_1 - \Lambda_f - \Lambda_s$$

Donde:

- B₁: Bernoulli del flujo en la sección de aguas arriba (m).
- B₂: Bernoulli del flujo en la sección de aguas abajo (m).
- Λ_f: Pérdidas friccionales entre ambas secciones (m).
- Λ_s: Pérdidas singulares entre ambas secciones (m).

6 DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

El sistema de producción y distribución de agua potable está compuesto por varios elementos, entre los que se encuentran: captaciones, tratamiento de agua cruda, conducciones de producción, sistemas de elevación de producción, estanques de distribución y redes de distribución.

En cuanto a la distribución de agua potable es posible distinguir entre sus componentes principales las siguientes: estanque(s), matrices de alimentación, red de distribución, válvulas (ubicadas en cámaras), grifos de incendio y cuando es necesario estaciones reductoras de presión o sistemas de presurización.

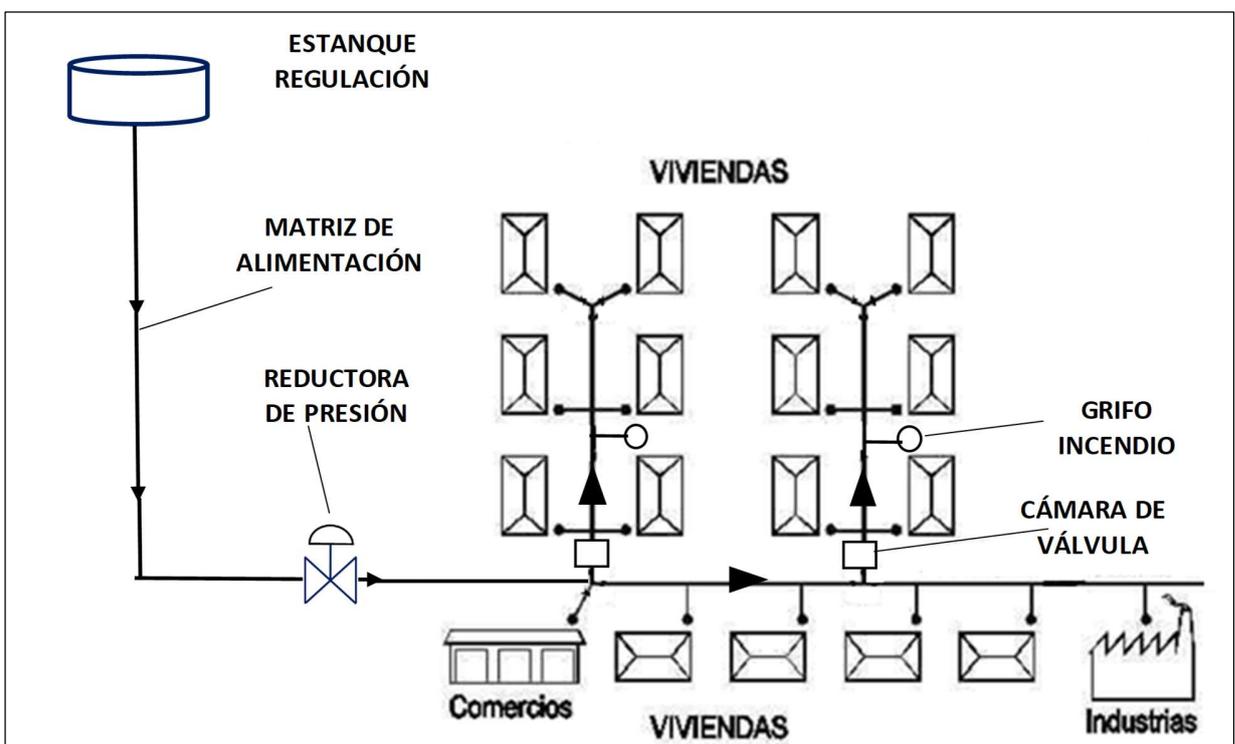


Figura 6.1
Componentes de un sistema de distribución de agua potable

En la Figura 6.1 (adaptada por el autor) se muestra de forma esquemática un sistema de distribución típico.

Este capítulo se enfocará en la etapa de distribución y sus componentes, identificando qué se debe utilizar para su definición y como abordar sus diseños. Para el dimensionamiento de este sistema hay que referirse a las Bases de Licitación (Esval S.A., 2016) en la que es posible encontrar, por ejemplo: zona de influencia del proyecto, los caudales de diseño y obras que se requieren diseñar, entre otras.

6.1 Red de distribución de Agua Potable

Las redes de distribución de agua potable permiten llevar el agua desde los estanques de distribución a los puntos de consumo, se diseñan utilizando la norma NCh 691 (INN, 2015): Agua potable – Conducción, regulación y distribución.

Las redes de agua potable están compuestas por elementos tales como: estanques de distribución, cañerías, estaciones reductoras, válvulas, grifos, desagües y equipos de elevación.

6.1.1 Condiciones de diseño redes

Basados en la norma NCh 691 (INN, 2015), las principales condiciones de diseño son las siguientes:

I. Generalidades

- Las redes deben diseñarse para la condición de máximo caudal entre el consumo máximo horario y el consumo máximo diario más la demanda de incendio.
- Los consumos de incendio deben determinarse considerando la capacidad y el número de grifos de incendio en funcionamiento.

II. Presiones de servicio

- A nivel de terreno sobre la tubería, la presión mínima de servicio en las redes de distribución, excluyendo el arranque debe ser 147 kPa ($1,5 \text{ kgf/cm}^2 = 15 \text{ mca}$), para el consumo máximo horario, con una pérdida de carga máxima de 49 kPa (5 mca) en el arranque.
- A nivel de terreno sobre la tubería, la presión estática en tuberías de distribución no debe ser mayor que 686,47 kPa ($7 \text{ kgf/cm}^2 = 70 \text{ mca}$).
- En el caso de uso de grifos, la presión mínima en la red a nivel de terreno, calculada con las condiciones de máximo diario indicadas, debe ser igual o mayor que 49,03 kPa ($0,5 \text{ kgf/cm}^2 = 5 \text{ mca}$).

III. Diseño y dimensionamiento

La distancia entre los grifos y los puntos de incendio serán las siguientes:

- En conjunto de edificaciones aisladas o pareadas entre el grifo y la edificación 150 m.
- En conjunto con edificaciones comunes constituidas por 3 y 50 unidades, entre el grifo y la edificación más alejada horizontalmente será de 100m.
- En conjunto con edificaciones comunes constituidas por más de 50 unidades, entre el grifo y la edificación más alejada horizontalmente será de 100m.

IV. Diámetros mínimos

- El diámetro nominal mínimo de las tuberías debe ser de 100 mm.
- Las tuberías para conectar grifos en el punto de alimentación deben tener un diámetro nominal mínimo de 100 mm.

V. Materiales

- El material de la tubería debe ser el más adecuado según la calidad del agua y del terreno.
- Los grifos deben ser fabricados de acuerdo con las normas chilenas aplicables.
- En ausencia de normativa se aplicarán las especificaciones de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

VI. Trazado

- La profundidad mínima de la red de agua potable debe ser de 1,10m, medidas sobre la clave de la tubería.
- En los trazados paralelos a redes de alcantarillado de aguas servidas se debe tratar de mantener entre las tuberías de ambos sistemas, una distancia mínima de 2,0 m con las excepciones autorizadas por la autoridad competente.
- En los cruces de ambos sistemas las tuberías de agua potable se deben colocar sobre las de alcantarillado con una distancia mínima de 0,30 m con las excepciones autorizadas por la autoridad competente.

VII. Cámaras

- Todas las válvulas se deben colocar dentro de cámaras.

6.1.2 Modelamiento de redes

6.1.2.1 Programa para modelar redes de agua potable

En la actualidad existen herramientas computacionales a nuestra disposición para modelar una red, y así obtener la distribución de caudales y de presión en una red, en este sentido podemos indicar por ejemplo dos de estas herramientas:

Programa Epanet

- Epanet es un software de aguas gratuito desarrollado por la US EPA (Environmental Protection Agency) y es reconocido por las ingenierías y constructoras más prestigiosas. El software se puede obtener en Chile desde la página web.
- Epanet constituye una herramienta muy potente. Una red de distribución está compuesta por: tuberías, nudos conexión entre tuberías, válvulas, bombas y

depósitos de almacenamiento. Con el software Epanet es posible modelar el caudal que circula por cada tubería, la presión en cada nudo y el nivel de agua en cada depósito o estanque.

Programa WaterCad

- Bentley WaterCad es un software comercial de análisis, modelación y gestión de redes a presión (sistemas de distribución o de riesgo). WaterCad permite la simulación hidráulica de un modelo computacional representado en este caso por elementos tipo: Línea (tramos de tuberías), Punto (Nodos de Consumo, Tanques, Reservorios, Grifos) e Híbridos (Bombas, Válvulas de Control, Regulación, etc.).

6.1.2.2 Modelamiento existente redes agua potable (AP)

La existencia de un modelo permite obtener los diámetros y trazado preliminar de la red. Se deberán revisar: caudal total, cotas estanques y nudos, diámetros, distribución de caudales, ubicación de grifos y caudales asociados.

Se debe correr el modelo y utilizar el diagrama de flujo de la Figura 6.2 para chequear las condiciones que se deben cumplir.

6.1.2.3 Modelamiento redes agua potable (AP)

Sobre la base de la topografía, se trazarán las redes con un grado mayor de detalle con lo cual se podrán revisar si se cumple con las presiones máximas y mínimas definidas en la NCh 691 (INN, 2015) indicada en el Capítulo 4.

De la revisión del modelamiento se obtendrán los diámetros finales de la red, con lo cual se podrán preparar los planos preliminares con los trazados de detalle. Con los planos se podrá ir a terreno y empezar, en forma paralela, con las tramitaciones y reuniones con SERVIU, Vialidad, DGA, Municipalidad, etc. Para Maitencillo el modelamiento se realizó con el programa WaterCad V8i.

6.1.2.4 Diagrama de flujo modelamiento de redes de agua potable

En la Figura 6.2 (de elaboración propia) se presenta el diagrama de flujo, con el desarrollo típico de un proceso de modelamiento de red. El diagrama fue elaborado de acuerdo con la experiencia adquirida en los modelamientos realizados para distintos proyectos.

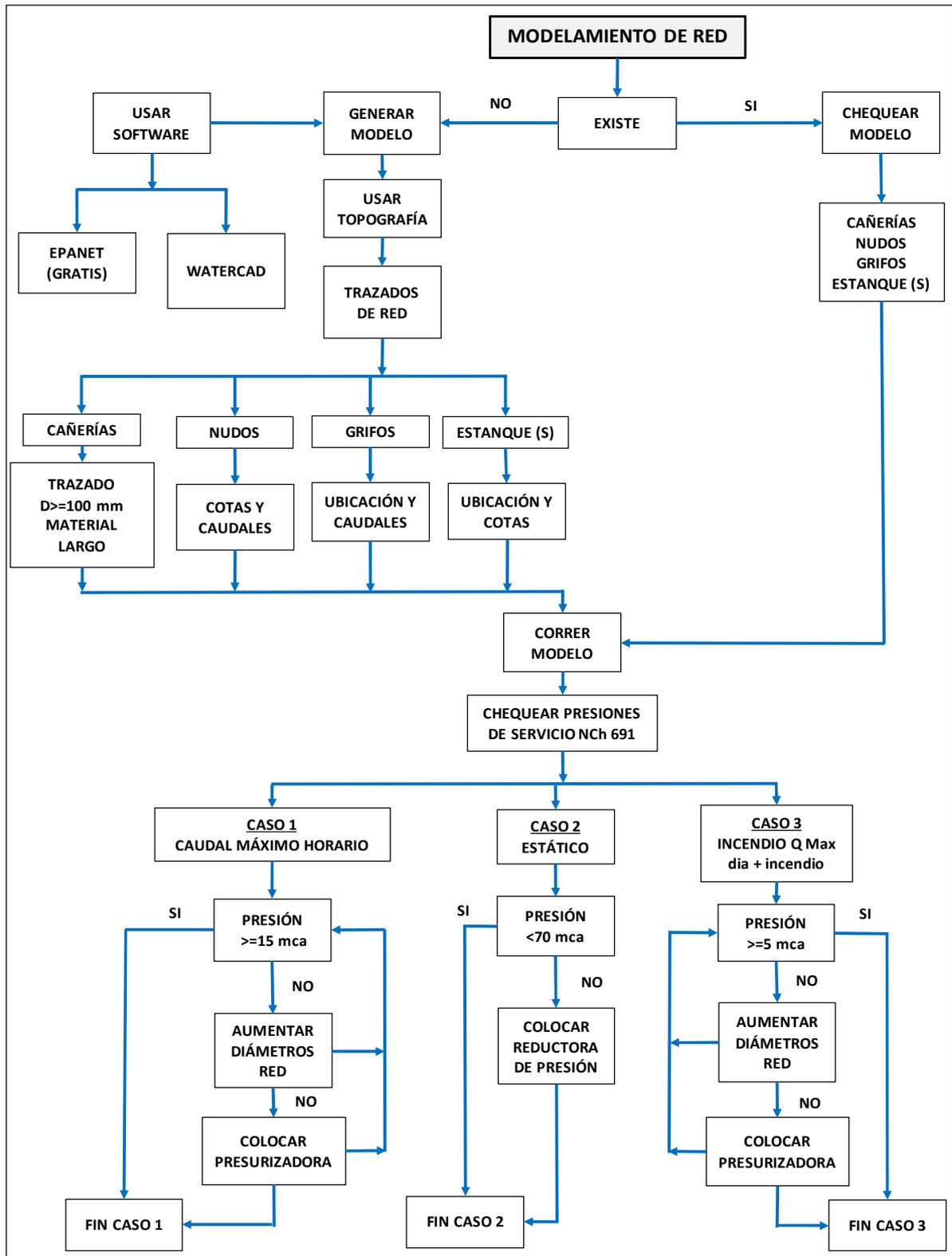


Figura 6.2
Diagrama de flujo modelo redes de agua potable

6.1.2.5 Aspectos importantes del proceso de modelamiento

- ✓ Los casos 1 al 3 deben cumplirse para todos los nudos de la red.
- ✓ Aumentar los diámetros, en los casos 1 y 3, se realizará hasta obtener una velocidad en la conducción no mayor a 2,0 m/s. No tiene sentido aumentar los diámetros de manera infinita. La presurizadora se colocará cuando el aumento de diámetro no tenga efectos importantes en las presiones de la red, lo que indica existen problemas de presión debidas a las cotas del sistema.
- ✓ Cada vez que se realice una modificación en el modelo, se verificará que se cumplan las condiciones de los casos 1, 2 y 3.
- ✓ Una vez que se cumplan los tres casos de la norma en forma simultánea, se podrá considerar la modelación terminada.
- ✓ Los incendios en la realidad se producen en cualquier parte de la red, por lo cual en este caso debe modelarse el uso de todos los grifos, existentes o proyectados, uno a uno (dos grifos dos a dos, ver Tabla 6.1 para definir la cantidad).

6.1.3 Cuarteles

El área abastecida por una red debe estar dividida en cuarteles, los cuarteles se proyectarán de modo que la longitud total de las tuberías sea menor que 1000 m. En caso de tener casos especiales quedará a criterio de la autoridad competente, en Maitencillo los casos especiales quedan a criterio de Esva S.A.

Los cuarteles se utilizan para disminuir las interrupciones en la red, la existencia de cuarteles permite aislar una parte de la red, ya sea para hacer mantenciones, cambio de red o reparaciones, sin dejar de abastecer a los otros cuarteles o red. En la práctica en terreno un cuartel se crea utilizando válvulas de corta.

6.1.4 Válvulas de corta

Se ubicarán para cumplir con lo solicitado en la NCh 691 (INN, 2015) en cuanto a los cuarteles, pues las válvulas permiten dividir la red. De acuerdo con lo solicitado en la norma, las válvulas deben quedar dentro de cámaras. El dimensionamiento de las cámaras se realizará según estándares existentes de la empresa sanitaria. Los estándares para cámaras en las redes de agua potable están diseñados para cañerías de hasta 400 mm, para diámetros mayores se deberá realizar un diseño especial, el cual tendrá los mismos elementos. La válvula de corta tendrá el mismo diámetro que la conducción.

Las cámaras se construyen en hormigón armado o albañilería, las dimensiones se obtienen de los cuadros que se encuentran en los estándares y que tienen relación con el diámetro de la conducción y válvula que se instalará en su interior. En el Anexo R, Figura R-1 se encuentra la cámara de válvula que pertenece a los estándares de cámaras de válvulas (Esva S.A, 2015).

En general las principales consideraciones para el diseño de una cámara de válvula corresponden a las siguientes:

- a) Ancho, largo y altura interior de la cámara debe facilitar, durante la vida útil, la operación y la mantención de las instalaciones. Existe una dependencia entre el diámetro de la válvula y conducción.
- b) El espacio para el acceso debe ser expedito evitando accidentes.
- c) Debe tenerse en consideración la etapa de construcción, los espacios para instalación de piezas especiales deben ser adecuados. En particular los tubos con bridas pasamuros deben separarse, de tal manera que permitan los aprietes de los pernos. En general mínimo 30 cm desde el muro.
- d) Como mínimo el acceso será de 600 mm.

6.1.5 Grifos de incendio

La ubicación y las distancias entre los grifos tienen que cumplir con lo solicitado en la NCh 691 (INN, 2015) y los requisitos de la norma NCh 1646 (INN, 2004). En general los grifos para las redes de agua potable son del tipo columna de 100 mm. Como es de recordar los grifos se ubican dependiendo de la distancia entre edificaciones y la cantidad de unidades que la conforman, pudiendo estar separados 150, 100 ó 50 m entre ellos.

El distanciamiento entre grifos se utiliza para definir la cantidad de grifos que se deben proporcionar a la red que se está diseñando. Como veremos más adelante el número de grifos funcionando permite dimensionar los volúmenes para los estanques de regulación.

6.2 Regulación y almacenamiento de agua potable

Los sistemas de agua potable deben incluir estanques de regulación para efectuar la compensación entre la producción máxima diaria y el consumo máximo diario y disponer de reserva para casos de emergencia, tales como incendio, ruptura de tuberías, cortes de energía.

Los estanques se dimensionan sobre la base de la norma NCh 691 (INN, 2015) para el cálculo de la capacidad de los estanques se deben considerar los volúmenes de regulación, de incendio y de reserva.

6.2.1 Volumen de regulación

El volumen de regulación se determina sobre la base de las curvas de conducción primaria y de consumo, correspondiente al día de máximo consumo, con un mínimo de un 15% de este último volumen.

6.2.2 Cálculo volumen de incendio

El volumen de incendio se determina de acuerdo con la demanda y duración del siniestro. Para efectos de cálculo, debe considerarse a lo menos 2 horas de siniestro, con un caudal de 16 l/s en cada grifo de 100 mm de diámetro, según NCh1646 (INN, 2004), y el número de grifos en uso simultáneo se indica la Tabla 6.1:

Tabla 6.1
Número de grifos de incendio en uso simultáneo

Área servida, población en miles de habitantes	Número de grifos en uso simultáneo	Volumen de incendio, mínimo en m ³
Hasta 6	1	115
> 6 - 25	2	230
> 25 - 60	3	346
> 60 - 150	5	576
> 150	6	690

- Como alternativa y cuando su infraestructura lo permita, la empresa sanitaria prestadora puede emplear grifos de 32 l/s.
- Cuando el volumen de incendio calculado a base de 2 h de siniestro, supere el volumen de regulación, la Autoridad Competente puede autorizar un valor menor a 2 h de siniestro como base para el cálculo pero no inferior a 1 h, en cualquier caso el volumen del estanque debe ser como mínimo de 60 m³.

6.2.3 Volumen de reserva (seguridad)

Para hacer frente a las fallas accidentales en la producción, elevación y conducción primaria se debe considerar un volumen de reserva (seguridad) el cual debe ser determinado por la Autoridad Competente, en función de la vulnerabilidad del sistema. El volumen mínimo a considerar debe ser equivalente a 2 h de consumo del día de máximo consumo previsto.

6.2.4 Volumen del estanque

El proyectista debe determinar el volumen del estanque tomado el mayor valor que resulta de las siguientes relaciones:

a) $V_{reg} + V_{inc}$

b) $V_{reg} + V_{reserv}$

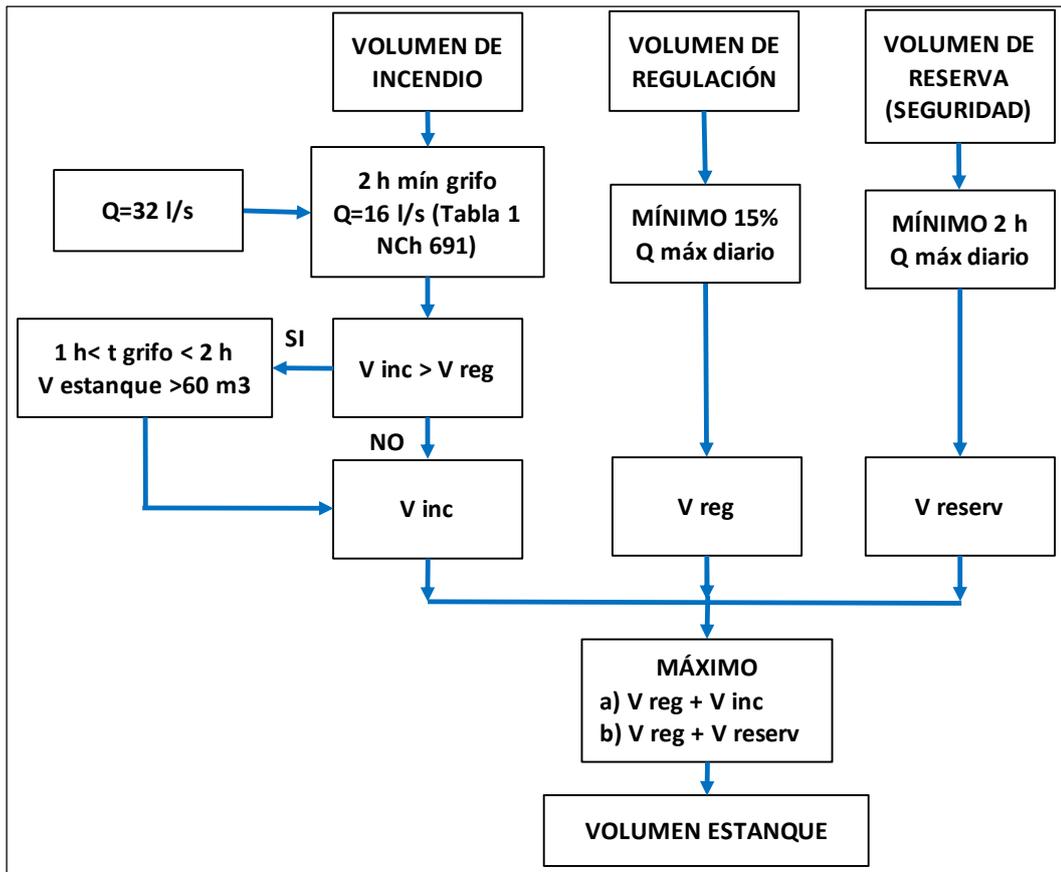


Figura 6.3
Diagrama de flujo volumen de estanques

En la Figura 6.3, de elaboración propia con la Norma NCh 691 (INN, 2015), se resume por medio de un diagrama de flujo el cálculo del volumen de regulación.

6.2.5 Especialidades asociadas a un estanque de regulación

Por otro lado, se deben diseñar las obras civiles definiendo la forma y dimensiones de los estanques. Además de lo anterior hay que incorporar las interconexiones hidráulicas, urbanización, los controles hidráulicos y eléctricos.

6.3 Estaciones reductoras de presión

Las reductoras se dimensionarán de acuerdo con los estándares de la empresa sanitaria, los rangos de reducción de presión se obtienen de las simulaciones hidráulicas. La ubicación final se realiza con la visita a terreno.

La reductora de presión cuenta con una cámara de hormigón, y en su interior se encuentran tanto piezas con mecanismo como piezas sin mecanismo.

6.4 Contenido proyecto de redes de AP

Un proyecto de redes de agua potable debe contener los antecedentes necesarios para su global entendimiento y lo más importante para la construcción de las obras que han sido diseñadas.

Dentro de los antecedentes hay que considerar aquellos relacionado a las carpetas ingresadas para solicitar los permisos y autorizaciones de terceros (rotura de pavimentos, atravesos y paralelismos de vialidad, cruce de causes, cálculos) y otros antecedentes como anexos de fotografías por indicar algunos.

Para las redes de agua potable existe un esquema estándar del contenido mínimo de documentos que debe tener un proyecto de ingeniería a nivel de detalles, este debe contener: memoria, especificaciones generales y técnicas, anexos, presupuesto y planos. Cada uno de los documentos requiere definir, elaborar, calcular, dibujar y ordenar información.

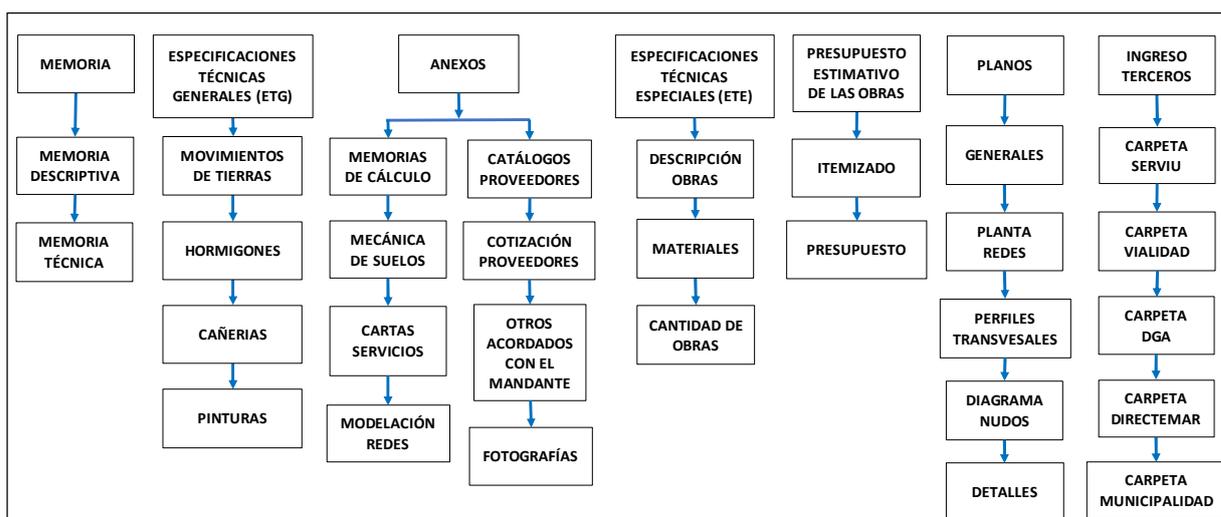


Figura 6.4

Diagrama de flujo documentos de ingeniería de detalles en redes de agua potable

En la Figura 6.4 (de elaboración propia) se indica la documentación mínima que debe contener un proyecto a nivel de ingeniería de detalles.

Hay antecedentes que fueron parte del proceso de licitación y que el Mandante podría solicitar adicionalmente incluir en los anexos, entre estos se encuentran: cartas, estándares de la empresa otros detalles que son de interés del Mandante y que serán parte del proceso de licitación de la siguiente etapa de construcción.

6.5 Diseño de redes de Agua Potable de Maitencillo

En los puntos siguientes se entregan los valores para los diseños de las redes de agua potable, estanques de regulación, reductoras de presión grifos y válvulas para el sistema de redes de la localidad de Maitencillo.

Es de recordar que el sistema se ha proyectado en cuatro Etapas, en la primera Etapa se utilizará el estanque existente de 1000 m³, para las Etapas 2 y 3 se proyecta un estanque de 2000 m³, en la Etapa 4, que es un sector independiente, se proyecta un estanque de 700 m³.

Por otro lado dada la geografía de la localidad, para el sistema es necesario considerar dos estaciones reductoras de presión.

6.5.1 Redes de agua Potable

Los resultados de la modelación obtenidos para cada uno de los modelos con el programa WaterCad V8i serie 4, se muestran en las Figuras C-1 a C-3 del Anexo C, se incluyen: Mapas de cotas, presión estática y presión dinámica.

Del análisis de la modelación hidráulica realizada se desprende que no existen problemas, obteniéndose todos los parámetros dentro de los rangos establecidos por la norma NCh 691 (INN, 2015). Para la evaluación de la presión estática, en los puntos más desfavorables ubicados en el sector bajo más cercano a la playa resulta una presión estática mayor a 70 m.c.a. por lo que es necesario situar una reductora, tanto para la Etapa 1 como en la Etapa 2. Para el caso del caudal máximo horario se tiene que no se presentan bajas presiones en el periodo de tiempo analizado (año 2018-2035).

Tabla 6.2
Resumen de redes de agua potable Etapas 1, 2, 3 y 4

Material	HDPE				
Diámetro (mm)	160	200	250	315	400
Largo (m)	10.951	2.526	5.455	4.259	1.239
				Total (m)=	24.430

En la Tabla 6.2 (de elaboración propia) se resumen los resultados con las longitudes y diámetros de las redes obtenidos de la modelación.

Aunque la norma NCh 691 (INN, 2015) exige un diámetro mínimo de 100 mm, se utilizó un mínimo de 160 mm a solicitud del Mandante. Por otro lado, el material para las redes es HDPE (por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) solicitado por la empresa sanitaria.

Las separaciones entre las redes proyectadas de agua potable y alcantarillado consideraron lo indicado en la norma NCh 2811 (INN, 2006).

6.5.2 Estanques de regulación

Los volúmenes de los estanques de regulación se calcularán de acuerdo con lo indicado en el punto 6.2, mientras que en las Tablas 6.3 y 6.4 se muestran los resultados del cálculo, obtenidos de las Bases de Licitación (Esval S.A., 2016).

Para la totalidad de las redes de agua potable, se verifica que la capacidad estructural es suficiente dadas las condiciones de instalación, profundidad, material y diámetro. Las deformaciones se calculan según lo indicado en el Anexo N.

Tabla 6.3
Volumen de estanques Etapas 1, 2 y 3

Año	Caudal Máximo Diario	Población	Volumen [m ³]			Volumen de Regulación	Capacidad	Balance
			Regulación	Incendio	Reserva			
2016	0,00	0	0	115	0	115	0	-115
2017	0,00	0	0	115	0	115	0	-115
2018	3,40	694	44	115	25	159	0	-159
2019	7,44	1524	96	115	54	211	1000	789
2020	17,62	3610	228	115	127	355	1000	645
2021	31,59	6466	409	230	227	639	1000	361
2022	43,32	8852	561	230	312	873	1000	127
2023	55,62	11344	721	230	400	1121	3000	1879
2024	65,96	13433	855	230	475	1330	3000	1670
2025	73,19	14891	949	230	527	1476	3000	1524
2026	80,49	16361	1043	230	580	1623	3000	1377
2027	86,40	17540	1120	230	622	1742	3000	1258
2028	92,79	18810	1203	230	668	1871	3000	1129
2029	98,74	19987	1280	230	711	1991	3000	1009
2030	103,57	20938	1342	230	746	2088	3000	912
2031	105,29	21265	1365	230	758	2123	3000	877
2032	107,05	21602	1387	230	771	2158	3000	842
2033	108,85	21944	1411	230	784	2194	3000	806
2034	110,69	22295	1435	230	797	2232	3000	768
2035	112,71	22681	1461	230	812	2272	3000	728

De la Tabla 6.3 es posible indicar que el estanque de 1.000 m³ (existente) tiene capacidad de regulación hasta el año 2022, por lo cual se debe incorporar un nuevo estanque de 2.000 m³ para cumplir con el volumen de regulación durante el fin del periodo de previsión año 2035.

La Etapa 4 (Tabla 6.4) debe considerar construir un estanque de 700 m³ el año 2022 para abastecer a la población que se proyecta a partir de ese año y hasta el año 2035.

Tabla 6.4
Volumen de estanque Etapa 4

Año	Caudal Máximo Diario	Población	Volumen [m3]			Volumen de Regulación	Capacidad	Balance
			Regulación	Incendio	Reserva			
2016	0,00	0	0	115	0	115	0	-115
2017	0,00	0	0	115	0	115	0	-115
2018	0,00	0	0	115	0	115	0	-115
2019	0,00	0	0	115	0	115	0	-115
2020	0,00	0	0	115	0	115	0	-115
2021	0,00	0	0	115	0	115	0	-115
2022	2,61	544	34	115	19	149	700	551
2023	5,64	1177	73	115	41	188	700	512
2024	9,08	1901	118	115	65	233	700	467
2025	12,96	2719	168	115	93	283	700	417
2026	14,86	3122	193	115	107	308	700	392
2027	16,54	3478	214	115	119	333	700	367
2028	18,12	3814	235	115	130	365	700	335
2029	19,79	4166	256	115	142	399	700	301
2030	21,74	4579	282	115	157	438	700	262
2031	22,32	4708	289	115	161	450	700	250
2032	22,91	4838	297	115	165	462	700	238
2033	23,50	4969	305	115	169	474	700	226
2034	24,09	5102	312	115	173	486	700	214
2035	24,72	5240	320	115	178	498	700	202

Las Tablas 6.3 y 6.4 se obtuvieron del documento perteneciente a la gerencia de planificación, Esval S.A. "Diseño obras de Distribución Localidad de Maitencillo, Informe Modelación Red de Distribución de Agua Potable" dentro de las Bases de Licitación (Esval S.A., 2016).

6.5.3 Reductora de presión

Las reductoras de presión se diseñan de acuerdo con los siguientes parámetros, obtenidos de la modelación de las redes y que se presentan en la Tabla 6.5 y Tabla 6.6 (de elaboración propia).

Tabla 6.5
Diseño de reductora de presión ERP-1

Año	Nombre	Consigna	Cota	Caudal Qest	Presión PQest	Caudal Qinc	Presión Qinc	Presión PminQinc	Caudal Qmáxh	Presión PQmáxh	Presión PminQmáxh	Observación	Diámetro válvula (mm)
		(mca)	(msnm)	(l/s)	(mca)	(l/s)	(mca)	(mca)	(l/s)	(mca)	(mca)		
2018	ERP-1	30	35,36	0,39	73,44	3,86	68,45	30,01	5,79	68,44	30,01	Paso reducido una consigna	300
2020	ERP-1	30	35,36	1,76	73,43	7,56	67,98	30,01	26,42	67,85	30,01		300
2021	ERP-1	30	35,36	2,62	73,43	32,20	66,88	30,01	39,30	66,90	30,01		300
2022	ERP-1	30	35,36	3,14	73,42	47,33	66,23	30,01	47,14	65,88	30,01		300
2035	ERP-1	30	35,36	6,81	73,34	100,09	57,76	30,01	102,13	54,50	30,01		300

Nota 1: Valores obtenidos de la modelación entregada por Esval S.A.

Tabla 6.6
Diseño de reductora de presión ERP-2

Año	Nombre	Consigna (mca)	Cota (msnm)	Caudal Qest (l/s)	Presión PQest (mca)	Caudal Qinc (l/s)	Presión Qinc (mca)	Presión PminQinc (mca)	Caudal Qmáxh (l/s)	Presión PQmáxh (mca)	Presión PminQmáxh (mca)	Observación	Diámetro válvula (mm)
2018	ERP-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Paso reducido	-
2020	ERP-1	35	38,47	0,24	70,33	28,41	64,65	35,01	3,53	65,03	35,01	una consigna	300
2021	ERP-1	35	38,47	0,96	70,32	9,60	64,42	35,01	14,40	64,32	35,01		300
2022	ERP-1	35	38,47	1,77	70,32	17,67	63,87	38,01	26,50	63,39	35,01		300
2035	ERP-1	Nota 2	38,47	5,97	70,25	56,65	57,03	42,02	89,48	52,97	43,02		300

Nota 1: Valores obtenidos de la modelación entregada por Esva S.A.

Nota 2: Qest 35 (mca); Qinc 42 (mca) y Qmáxh 46 (mca)

Donde:

Qest: Caudal estático
 Qinc: Caudal de incendio
 Qmáxh: Caudal máximo horario
 PQest: Presión aguas arriba para Qest
 PQinc: Presión aguas arriba para Qinc
 PminQinc: Presión mínima admisible aguas abajo Qinc
 PQmáxh: Presión aguas arriba Qmáxh
 PminQmáxh: Presión mínima admisible aguas abajo Qmáxh

6.5.4 Cámaras de válvulas, grifos de incendio y arranques domiciliarios

El cumplimiento de las normativas relativas a las redes requiere instalaciones para su correcta operación, estas se resumen en la Tabla 6.7 (de elaboración propia).

Tabla 6.7
Resumen de obras anexas en red de agua potable

Instalación	Cantidad	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Totales
Cámaras de Válvulas	N°	79	41	9	27	156
Grifos	N°	56	27	6	22	111
Arranques Domiciliarios	N°	846	254	122	420	1.643

Las cámaras de válvulas consideran los estándares de la empresa sanitaria (Esva S.A., 2015) por otro lado, en cuanto a las tapas se regirá por la norma NCh 2080 (INN, 2008).

6.5.5 Proyecto eléctrico

Los estanques de 1000 y 2000 m³ se encuentran ubicados en el mismo recinto, por lo cual hay permisos y otros que se incluyeron durante la habilitación del estanque existente.

El proyecto eléctrico fue elaborado por una empresa independiente, que incluyó un grupo de ingenieros, técnicos y dibujantes.

Tabla 6.8
Resumen de obras en proyecto eléctrico de estanques

Estanque 1000 m³ (Existente)	Estanque 2000 m³ (Proyectado)	Estanque 700 m³ (proyectado)
Solicitud e instalación de Empalme Eléctrico	Empalme solicitado junto con la de estanque 1000m ³	Solicitud de empalme
Revisión y Puesta en Servicio de Tablero Eléctrico de Fuerza y Control existente	Tablero de Fuerza, Alumbrado y Control	Tablero de fuerza alumbrado y control
Instalación y Puesta en Servicio de Tablero de Telemetría	Tablero de Telemetría	Telemetría
Instalación y Puesta en Servicio de Instrumentación	Instrumentación: flujómetro, Sondas guarda nivel, Sensor de nivel hidrostático	Instrumentación: flujómetro, Sondas guarda nivel, Sensor de nivel hidrostático
Instalación y revisión de Canalización y Cableado, nuevo y existente	Instalación canalización y cableado.	Instalación canalización y cableado.
Revisión de Alumbrado y Fuerza existente	Elaborado con el estanque de 1000 m ³	Alumbrado
Revisión y Medición del Sistema Puesta a Tierra existente	Puesta a tierra	Sistema de puesta a tierra
Instalación Prueba y puesta en servicio	Instalación Prueba y puesta en servicio	Instalación Prueba y puesta en servicio

En la Tabla 6.8 (elaboración propia, fuente proyecto Maitencillo (Esval S.A., 2020) se indica un resumen de las obras proyectadas.

6.5.6 Proyecto estructural

El Proyecto estructural deberá cumplir con las dimensiones y cotas definidas en el proyecto civil, además deberá cumplir con las normas NCh 433 (INN, 2009) y la NCh 2369 (INN, 2003).

Solo se elaboró proyecto estructural para el estanque de 2000 m³, esto dado que el estanque de 1000 m³ es existente y el de 700 m³, de la etapa 4, solo se proyecta a nivel de ingeniería básica por lo cual no requiere de proyecto estructural. El desarrollo de la ingeniería estructural fue elaborado por una oficina independiente, que incluyó ingenieros seniors y dibujantes proyectistas.

6.6 Redes de agua potable, resumen de obras proyectadas

En la Figura 6.5 se presentan las obras asociadas a las redes de agua potable, las que incluyen: Estanques, redes y reductoras, debido al tamaño de la figura no se presentan las cámaras y grifos.

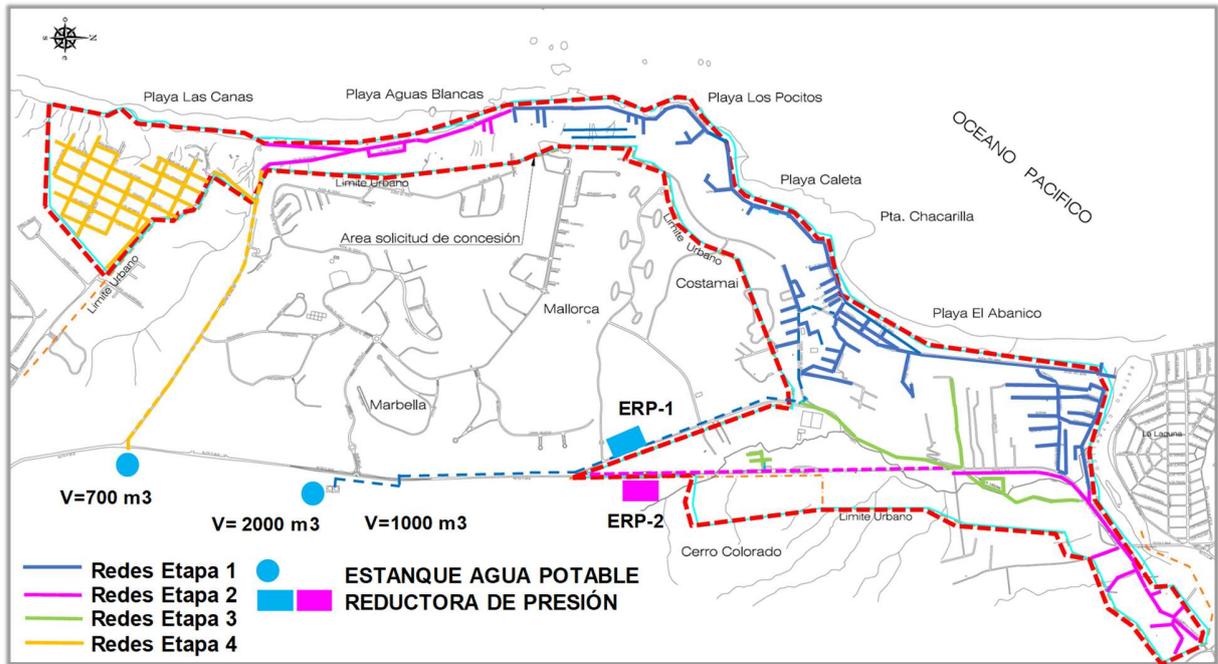


Figura 6.5
Obras de agua potable

La Figura 6.5 (sin escala) es de elaboración propia sobre la base del proyecto de Maitencillo (Esvál S.A., 2020). La línea segmentada en color rojo indica el límite del territorio operativo.

7 DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS

El sistema de recolección de aguas servidas está compuesto por dos elementos principales, el primero corresponde a las redes de alcantarillado y el segundo al tratamiento. En Chile operan mayoritariamente el tratamiento mediante la tecnología de lodos activados. Otras tecnologías utilizadas son los emisarios submarinos y las lagunas aireadas. Para poblaciones urbanas pequeñas hay sistemas como los lombrifiltros o sistema TOHÁ.

En cuanto a las redes de recolección de aguas servidas es posible distinguir entre sus componentes principales las siguientes: laterales, colectores, cámaras de inspección y cuando es necesario, por las condiciones topográficas, plantas elevadoras de aguas servidas.

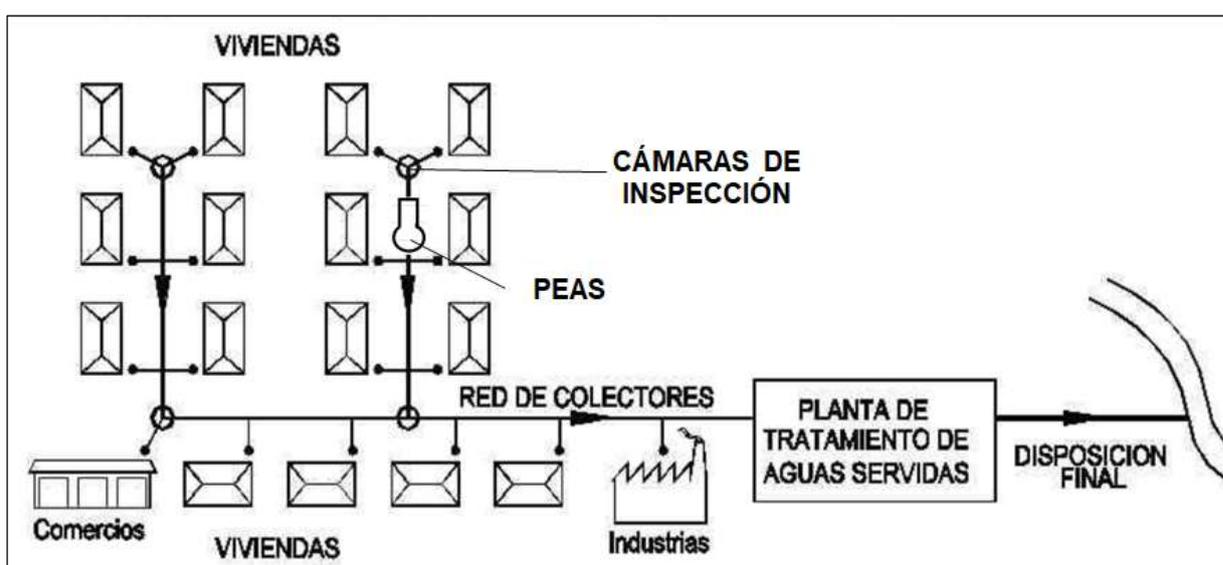


Figura 7.1
Componentes del sistema de recolección

En la Figura 7.1 (adaptada por el autor) se muestra de forma esquemática un sistema de recolección típico.

En este capítulo se abordará la etapa de recolección y sus componentes, identificando qué se debe utilizar para su definición y como realizar correctamente sus diseños. Para el dimensionamiento de este sistema hay que referirse a las Bases de Licitación (Esva S.A., 2016) en la que se encuentran, por ejemplo: zona de influencia del proyecto, los caudales de diseño, obras que se requieren diseñar, entre otras.

7.1 Red de recolección de aguas servidas

Las redes de recolección permiten recoger las aguas servidas desde los puntos de producción (viviendas o industrias) y llevarla al punto de tratamiento, se diseñan utilizando la norma NCh 1105 (INN, 2019): Ingeniería sanitaria - Alcantarillado de aguas residuales - Diseño y cálculo de redes.

Las redes de recolección de aguas servidas están compuestas por elementos como: conducciones (laterales, colectores), cámaras de inspección, plantas elevadoras e impulsiones, entre los más importantes a considerar.

7.1.1 Área tributarias y localización de tuberías

- Las tuberías se deben proyectar para ser construidas en tramos rectos, de acuerdo con la constitución topográfica del terreno donde se emplazan las obras y con un trazado que permita el escurrimiento gravitacional desde el inicio de la unión domiciliaria.
- El sistema de alcantarillado se debe proyectar de manera que sus tuberías pasen por debajo de las tuberías de distribución de agua potable.
- En los trazados paralelos a redes de agua potable se debe mantener, entre las tuberías de ambos sistemas, una distancia libre mínima de 2,0 m.

7.1.2 Cálculos hidráulicos

Los cálculos hidráulicos tienen relación con definir el caudal para el diseño de las conducciones. En este sentido se debe tener lo siguiente:

- Estadísticas: de consumo y saneamiento, usar valores referenciales, estadísticas existentes.
- Bases de cálculo de caudales: cobertura, área a sanear, población, consumos e infiltración.
- Coeficientes y factores: coeficiente de recuperación (0,7 y 1,0), factor de capacidad.
- Caudal medio diario de aguas residuales, caudal medio diario de aguas residuales.
- Caudal de diseño: incluye el caudal máximo horario de aguas servidas, el caudal de riles y el de infiltración.
- Caudal máximo horario de aguas servidas:
 - Para áreas con 1000 o más habitantes se utiliza el coeficiente de Harmon
 - Para poblaciones de menos de 100 habitantes (20 casas) se utiliza la tabla de la Boston Society of Civil Engineerig (B.S.C.E.), Anexo A de la Norma.
 - Para valores comprendidos entre 100 y 1000 habitantes se interpola entre el valor entregado por la B.S.C.E. para 20 casas, que es 3,6 l/s y caudal máximo para 1000 habitantes.

- Capacidad de las tuberías: el diámetro nominal de las tuberías (D), debe calcularse de modo que la altura de agua (h) dentro de la tubería quede entre los límites que se indican:
 - Para el caudal máximo de diseño, $h: 0,7 D$ y $0,8 D$ para casos debidamente justificados
 - Para caudal mínimo, $h > 0,3 D$ o el valor equivalente en altura al caudal entregado por la B.S.C.E.
- Las velocidades en una tubería quedarán dentro de los límites: máxima 3 m/s o el valor aceptado por la autoridad competente, mínima para boca llena ($h=D$) 0,6 m/s.
- Pendientes, para los caudales reales que produzcan autolavado, en la Tabla 7.1 se indican las pendientes mínimas a considerar en el diseño (fuente TABLA N°1, NCh 1105 (INN, 2019)).

Tabla 7.1
Pendientes mínimas de autolavado

Pendientes (o/oo)				
Diámetro Nominal (mm)	Tramos no iniciales		Tramos iniciales	
	Mínimas recomendables	Críticas	Mínimas recomendables	Críticas
175	5 o/oo	3 o/oo	10 o/oo	7 o/oo
200	5 o/oo	3 o/oo	10 o/oo	6 o/oo
250	4 o/oo	3 o/oo	-	-
300	3 o/oo	2 o/oo	-	-
350	3 o/oo	2 o/oo	-	-
400	3 o/oo	2 o/oo	-	-
500	3 o/oo	2 o/oo	-	-

- Dimensionamiento hidráulico de tuberías: El dimensionamiento se debe realizar con fórmulas que hayan sido obtenidas experimental o teóricamente, de uso generalizado y autorizado por la autoridad competente.
- Cámaras y chimeneas de inspección, se deben instalar cámaras de inspección: al inicio de un colector o naciente, cambio de dirección, cambio de pendiente, cambio de diámetro, cambio de material, confluencia de dos o más tuberías y a una distancia máxima de:
 - 120 m para diámetros nominales de tuberías menores o iguales a 500 mm
 - 120 a 150 m para diámetros nominales de tuberías mayores a 500 mm
- Diámetros de tuberías, los cuales deberán cumplir con lo siguiente:
 - El diámetro mínimo para utilizar será de 200 mm, podrá ser de 175 mm en casos especiales.
 - El diámetro nominal mínimo de las tuberías de uniones domiciliarias debe ser 100 mm.
 - No podrán considerarse reducciones de diámetro en el sentido del escurrimiento, aun cuando la tubería de menor diámetro tenga capacidad.
- Profundidad de tuberías, la profundidad mínima a la clave de la tubería debe ser de 1,6 m.

7.1.3 Modelamiento de redes

7.1.3.1 Programa para modelar redes de aguas servidas

En la actualidad existen herramientas computacionales, a nuestra disposición, para modelar y resolver la capacidad de las redes de aguas servidas. En este sentido se pueden indicar los siguientes softwares: SwerCAD, CivilCAD, Cloacas, Urbano 8 entre otros.

7.1.3.2 Modelamiento existente

La existencia de un modelo permite obtener los diámetros y trazado preliminar de la red, así como una asignación de caudales. Se deben revisar, por ejemplo: los caudales, pendientes, largo de las conducciones, diámetros, distribución de caudales, alturas de escurrimiento. Aunque al existir una modelación se reduce la cantidad de trabajo igualmente se debe correr el modelo existente. En las Figura 7.2 se muestra un diagrama de flujo con el modelamiento típico de una red.

7.1.3.3 Modelamiento redes

Sobre la base de la topografía, y utilizando alguno de los programas de modelamiento se trazan las redes en calles y avenidas, respetando las profundidades mínimas de instalación con las cual se podrá revisar el cumplimiento de: capacidades de los colectores, pendientes mínimas (Tabla 7.1) y velocidades definidas en la norma NCh 1105 (INN, 2019).

A partir del modelo final se obtendrán entre otros los diámetros y pendientes de las conducciones, con ellos se podrán preparar los planos de planta preliminares con los trazados de detalle. Confeccionados los planos se podrá ir a terreno y empezar, en forma paralela, con las tramitaciones y reuniones con servicios como: SERVIU, Vialidad, DGA, Municipalidad, etc.

7.1.3.4 Diagrama de flujo modelamiento de redes de aguas servidas

En la Figura 7.2 se presenta un diagrama de flujo típico con el desarrollo de un proceso de modelamiento de red de aguas servidas. El diagrama fue elaborado de acuerdo con la experiencia personal adquirida en los modelamientos realizados para distintos proyectos y lo requerimientos de la norma NCh 1105 (INN, 2019).

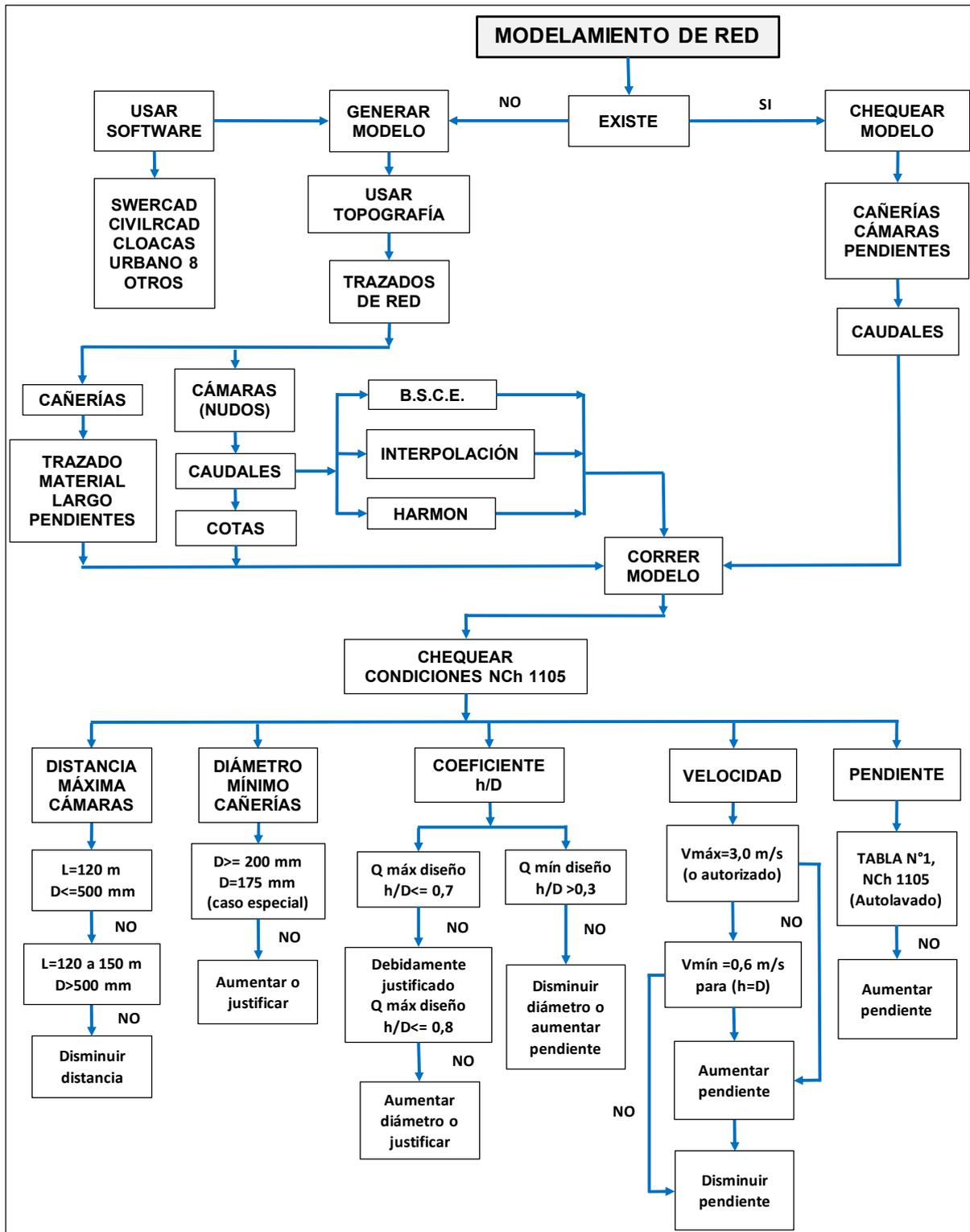


Figura 7.2
Diagrama de flujo para modelo de redes de aguas servidas

La capacidad de los colectores se mide en función de la altura de agua en la conducción (h) y el diámetro de la conducción (D). Valores de $h/D=0,3$ indica que el 30% de la altura total está ocupada por el líquido, que corresponde al diámetro (D), esta con agua, un valor de $h/D=1$ significa que el conducto está lleno o en presión.

7.1.3.5 Comentarios proceso de modelamiento

- ✓ La modelación es un proceso iterativo, cuyo resultado final será la red que cumplirá con todas las condiciones de la norma NCh 1105 (INN, 2019).
- ✓ La distancia entre cámaras es simple de ajustar en la modelación, debe considerar sin embargo las condiciones reales de terreno y las interferencias que se puedan encontrar.
- ✓ En redes proyectadas no se debe considerar diámetros menores a 200mm.
- ✓ El valor h/D debe ser calculado con los diámetros interiores de la conducción.
- ✓ Aparte de los softwares existentes, para redes simples, se pueden generar planillas de cálculo en Excel, por ejemplo, en ellas lo más complejo siempre es la distribución de caudales y realizar a las conducciones los chequeos mínimos indicados en la Figura 7.2.

7.1.4 Cámaras de inspección de aguas servidas

Las cámaras se designarán con una letra para clasificar su tipo y con un número para identificar la forma del radier, por ejemplo: "a-1", "a-2", "b-1", "b-2". El tipo "a" se refiere a cámaras con cono y chimenea. El tipo "b" se refiere a cámaras con cubiertas plana de hormigón armado.

Las cámaras del tipo "a" o tipo "b" se adoptarán según la altura disponible "H" desde el radier de la cámara hasta el nivel de la calzada, según se indica en la siguiente Tabla 7.2 basado en el estándar de cámaras de Esva S.A (Esva S.A., 2016).

Tabla 7.2
Cámaras de inspección, dimensiones

Diámetros nominales		Altura banqueta (m)	Altura disponible para cámara (H)			Diámetros nominales		Altura banqueta (m)	Altura disponible para cámara (H)		
			Tipo "b"		Tipo "a"				Tipo "b"		Tipo "a"
Colector D (mm)	Cuerpo (m)		Desde (m)	Hasta (m)	Desde (m)	Colector D (mm)	Cuerpo (m)		Desde (m)	Hasta (m)	Desde (m)
175	1,3	0,11	1,0	2,53	2,54	550	1,8	0,13	1,00	2,92	2,93
200	1,3	0,11	1,0	2,55	2,56	600	1,8	0,12	1,00	2,96	2,97
250	1,3	0,11	1,0	2,60	2,61	650	1,8	0,12	1,02	3,01	3,02
300	1,3	0,10	1,0	2,64	2,65	700	1,8	0,11	1,06	3,05	3,06
350	1,3	0,10	1,0	2,69	2,70	800	1,8	0,10	1,15	3,14	3,15
400	1,3	0,09	1,0	2,73	2,74	900	1,8	0,09	1,24	3,23	3,24
450	1,3	0,09	1,0	2,78	2,79	1000	1,8	0,08	1,33	3,32	3,33
500	1,3	0,09	1,0	2,82	2,83						

7.2 Contenido de proyecto de redes de aguas servidas (AS)

Un proyecto de redes de aguas servidas debe contener los antecedentes necesarios, para su global entendimiento, y lo más importante para la construcción de las obras que han sido diseñadas.

Dentro de los antecedentes hay que considerar aquellos relacionados a las carpetas ingresadas para solicitar los permisos y autorizaciones de terceros (rotura de pavimentos, atravesos y paralelismos de vialidad, cruce de causes, cálculos) y otros antecedentes como anexos de fotografías por indicar algunos.

Un proyecto de ingeniería a nivel de detalles de redes debe contener como mínimo: memoria, especificaciones técnicas generales y especiales, anexos, presupuesto y planos. Cada uno de los documentos requiere definir, elaborar, calcular, dibujar y ordenar información.

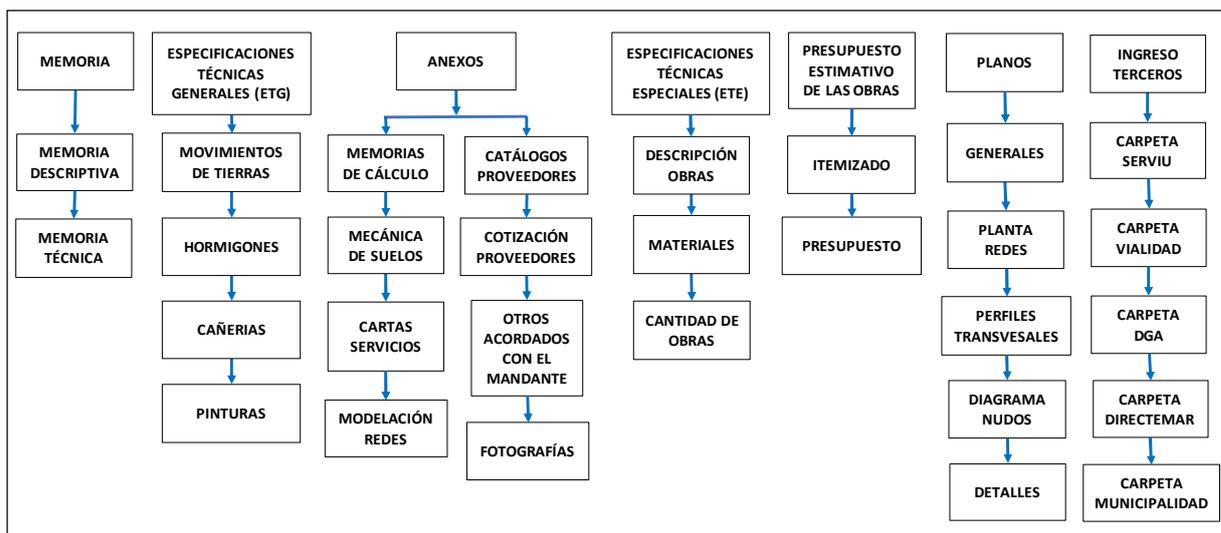


Figura 7.3

Diagrama de flujo de documentos de Ingeniería de Detalles en redes de aguas servidas

En la Figura 7.3 (elaborada de acuerdo con la experiencia de este autor) se indica la documentación mínima que debe contener un proyecto a nivel de ingeniería de detalles.

7.3 Diseño de redes de alcantarillado de aguas servidas

En los puntos siguientes se entregan los valores para los diseños de las redes de alcantarillado de aguas servidas y cámaras para el sistema de la localidad de Maitencillo.

Recordar que, de manera similar al agua potable, el sistema para el alcantarillado se ha proyectado en cuatro Etapas, los sectores para ambos sistemas son los mismos.

Por otro lado dada la geografía del sistema es necesario considerar plantas elevadoras de aguas servidas o PEAS, estas se tratarán con detalle en el capítulo siguiente.

7.3.1 Redes de alcantarillado de aguas servidas

Los resultados principales de la modelación obtenidos con el programa Sewercad V8i serie 2, se muestran en el Anexo D, Figuras D-1 a D-3 correspondientes a los mapas de cotas, capacidad (h/d) y velocidad.

El detalle se encuentra en el documento perteneciente a la gerencia de planificación, Esva S.A. "Diseño obras de Recolección Localidad de Maitencillo, Informe Modelación Red de Recolección de Aguas Servidas".

Del análisis de la modelación hidráulica se desprende que no existen problemas, obteniéndose todos los parámetros dentro de los rangos establecidos por la norma (año 2018-2035).

En la Tabla 7.3 se resumen los resultados de las longitudes y diámetros de las redes obtenidos de la modelación. La Tabla 7.3 es de elaboración propia sobre la base del proyecto de Ingeniería de Detalles Sistema de Agua Potable y Aguas Servidas de Maitencillo (Esva S.A., 2019).

Tabla 7.3
Resumen de redes de aguas servidas Etapas 1, 2, 3 y 4

Material	HDPE PE-100, PN-6 y PN-10						
Diámetro (mm)	200	250	315	355	400	450	500
Largo (m)	19.266	2.730	855	1.284	617	1.052	505
	Total (m)=						26.309

El material para las redes es HDPE (por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) fue solicitado por la empresa sanitaria, con presiones nominales PN-6 y PN-10.

Las separaciones entre las redes proyectadas de agua potable y alcantarillado consideraron lo indicado en la norma NCh 2811 (INN, 2006).

Para la totalidad de las redes de alcantarillado, se verifica que la capacidad estructural es suficiente dadas las condiciones de instalación, profundidad, material y diámetro. Las deformaciones se calculan según lo indicado en el Anexo N.

7.3.2 Plantas elevadoras de aguas servidas

Se tratarán en el capítulo siguiente, son necesarias dada la topografía de la localidad y la ubicación de la planta de tratamiento.

7.3.3 Cámaras de inspección

Las cámaras de inspección se dimensionan de acuerdo con lo indicado en la Tabla 7.2, el resumen por tipo de cámara se indica en la Tabla 7.4. La Tabla es de elaboración propia sobre la base del proyecto Ingeniería de Detalles Sistema de Agua Potable y Aguas Servidas Maitencillo (Esva S.A.,2020).

Tabla 7.4
Resumen de cámaras de inspección

Cámara Inspección	Diámetro Cuerpo (m)	Cantidad	
TIPO a	1,3	N°	81
TIPO b	1,3	N°	283
TIPO b	1,8	N°	53
Con Caida (Tipo b)	1,3	N°	21
Especial >5,5m (Tipo b)	1,3	N°	15
Total cámaras inspección		N°	453
Uniones Domiciliarias		N°	1.643

Las cámaras de válvulas consideran los estándares de la empresa sanitaria (Esva S.A, 2015) por otro lado, en cuanto a las tapas, las cámaras se registrarán por la norma NCh 2080 (INN, 2008).

Se podrán proponer de manera formal a la empresa para la confección de las redes, cámaras de alcantarillado del tipo prefabricado según la norma NCh 1623 (INN, 2003), la empresa deberá resolver la consulta.

Dentro de las obras de redes a proyectar, se debe incluir la última cámara de inspección domiciliaria, que se encuentra dentro de la vivienda, para lo cual se utilizará la norma NCh 2702 (INN, 2002) la que indica las condiciones para dichas cámaras.

7.3.4 Proyecto estructural de cámaras

Solo realizado para las cámaras especiales (tipo b) mayores a 5,5 m de altura, que se encuentran en el proyecto, dado que no están dentro de las cámaras de inspección tipo.

7.4 Redes de aguas servidas, resumen de obras proyectadas

En la Figura 7.4 se presentan las obras asociadas a las redes de alcantarillado de aguas servidas, las que incluyen solamente las redes por Etapas. Las plantas elevadoras se tratan en el capítulo siguiente.

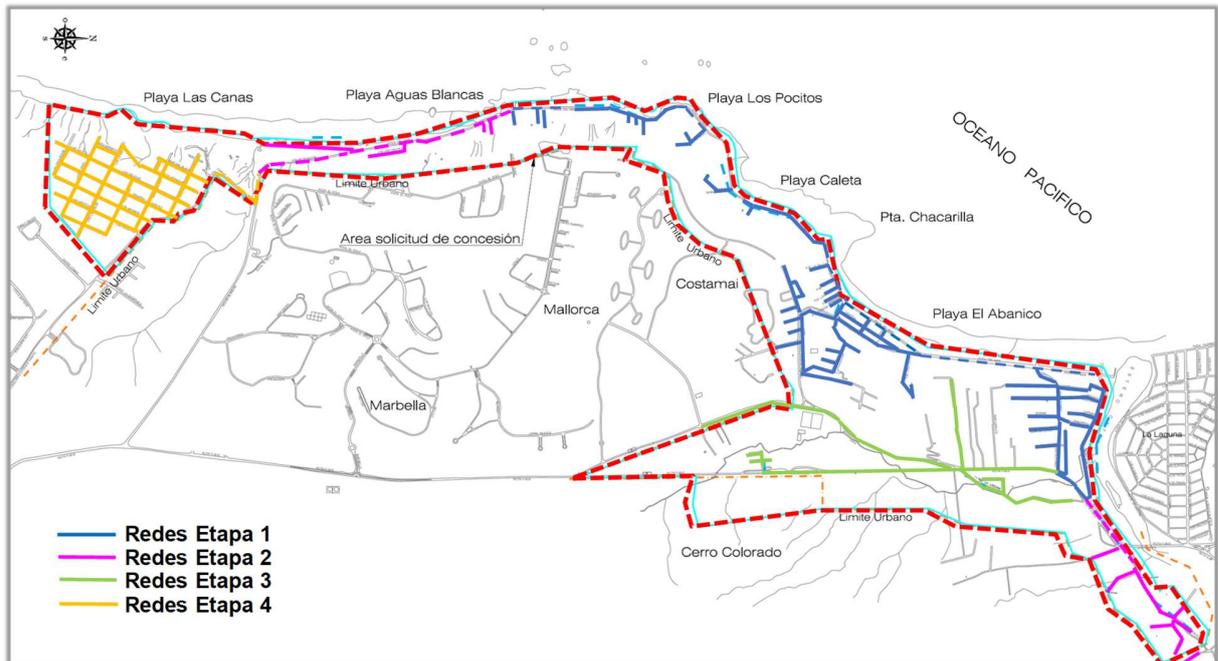


Figura 7.4
Obras en redes de alcantarillado de aguas servidas

La Figura 7.4 (sin escala) de elaboración propia, sobre la base del proyecto Ingeniería de Detalles Sistema de Agua Potable y Aguas Servidas Maitencillo (Esval S.A., 2019). La línea segmentada color rojo indica el límite del territorio operacional.

8 DISEÑO DE PLANTA ELEVADORA E IMPULSIÓN

8.1 Planta elevadora de aguas servidas (PEAS)

En los alcantarillados es muy común la necesidad de recuperar cotas por las profundidades excesivas de los ductos, debiéndose instalar sistemas de elevación con bombas sumergibles o de pozo seco. En la norma NCh2472 (INN, 2000) se establecen las disposiciones mínimas de diseño, a éstas se deben ajustar los proyectos de elevación mecánica de aguas residuales de los sistemas de alcantarillado.

Las plantas elevadoras de aguas servidas ó PEAS, deben estar compuestas por estructuras y equipos que permitan operarlas correctamente, así como disminuir los impactos ambientales que estas producen.

8.1.1 Estructuras y equipos requeridos en una planta elevadora (PEAS)

Una planta elevadora de aguas servidas debe cumplir con lo solicitado en la norma NCh 2472 (INN, 2000), estándar del Mandante y recomendaciones. Sobre la base de los antecedentes indicados, en la Tabla 8.1 (de elaboración propia) se presentan las estructuras principales que componen una planta elevadora, en donde además se puede apreciar: la normativa, estándar o recomendación que deben cumplir.

Tabla 8.1
Estructuras de una planta elevadora

Nombre estructura	Instalación		Debe cumplir con		
	Enterrada	Superficial	Norma	Estándar [19]	Proveedores
Cámara de inspección	X		NCh 1105	Esvál Cámaras	
Cámara desripadora	X			Esvál PEAS	
Cámara de by-pass	X			Esvál PEAS	
Cámara de rejillas gruesas	X		NCh 2472	Esvál PEAS	
Pozo de mantención	X			Esvál PEAS	
Cámara de bombeo	X		NCh 2472	Esvál PEAS	Equipos de bombeo
Cámara de válvulas	X		NCh 691	Esvál PEAS	
Sistema ante emergencias	X		NCh 2472		
Control de olores	X	X		Esvál PEAS	Proveedores
Ventosa y válvula	X	X		Esvál PEAS	
Medidor de caudal	X	X	NCh 2472	Esvál PEAS	
Grupo generador	X	X	NCh 2472	Esvál GG	Grupos generadores
Tableros eléctricos	X	X	NCh 2472	Esvál GG	Grupos generadores
Sistema hidroneumático	X	X	NCh 2472	Esvál GG	Especialistas

Es posible indicar que las normas se deben cumplir a todo evento, con respecto al estándar depende del Mandante y por lo tanto lo indicado es específico para esta empresa, en cuanto a las recomendaciones de los proveedores (que no contradicen las normas y los estándares) igualmente se deben respetar ya que hay garantías por los equipos.

Además de lo indicado existen requisitos de seguridad, generales y específicos cuyo detalle es posible ver en el texto de la normativa citada y que se resumen a continuación:

- a) ***Requisitos de seguridad***: asegurar operación y mantenimiento, evitar intervención de terceros, protección contra incendios, cumplimiento de normas SEC para el almacenamiento de combustibles.
- b) ***Requisitos generales***: evitar sedimentación, motobombas especiales para aguas servidas, cámara de rejillas, accesos adecuados, sistemas de ventilación, área de las PEAS debe ser independiente, sistema de control manual y automático, disponer de equipo electrógeno entre las más importantes.
- c) ***Requisitos específicos***: diseño pozo de aspiración o cámara húmeda, obras civiles, cámara o sala de bombeo, equipos de bombeo, operación y mantenimiento, interconexiones hidráulicas y los requisitos de la impulsión.

En los puntos siguientes se tratan con un mayor grado de detalle las estructuras indicadas en la Tabla 8.1. Las cámaras de inspección final, desripadora y de By-pass se encuentran en un circuito el que se muestra en el Anexo P, Figura P-1.

8.1.2 Cámara de inspección final

Corresponde a la última cámara de inspección de aguas servidas, desde ella se ingresa al sistema de la planta elevadora. En el Anexo P, Figura P-1 se muestra esta cámara.

8.1.3 Cámara desripadora

Se encuentra indicada en los estándares de las plantas elevadoras (Esval S.A., 2018) corresponde a una cámara de alcantarillado con un fondo mayor al nivel de radier de los colectores y su función es recolectar sólidos gruesos como rocas y metales que son arrastrados por los colectores. En el Anexo P, Figura P-1 se muestra esta cámara.

8.1.4 Cámara de by-pass

Se encuentra indicada en los estándares de las plantas elevadoras (Esval S.A., 2018), opera cuando se deja fuera de uso la cámara desripadora para mantención. Para aclarar esto en el Anexo P, Figura P-1 se muestra esta cámara.

8.1.5 Cámara de rejillas gruesas

Corresponde a una cámara de hormigón armado donde se instalan rejillas gruesas con una separación de 40 mm, retienen sólidos gruesos como palos y otros que no son retenidos por la cámara desripadora. El sistema considera dos canales donde uno de ellos actúa como by-pass.

8.1.6 Pozo de mantención

Se encuentra incluido dentro del estándar de las plantas elevadoras (Esva S.A.,2018) y permite dejar fuera de operación el pozo de aspiración o cámara húmeda para efectos de mantención o reparación de los equipos. En él se instala un equipo de elevación de iguales características a los existentes, se utiliza preferentemente cuando los caudales de ingreso son bajos.

8.1.7 Pozo de aspiración o cámara húmeda

Se diseña de acuerdo con el punto 5, Requisitos específicos de la norma NCh 2472 (INN, 2000), los cuales se resumen en los aspectos principales a continuación:

- a) Asegurar un tiempo de retención máxima de 30 min para el caudal medio de diseño de la planta elevadora, con un ciclo de operación adecuado al tamaño del equipo, el que en todos los casos debe ser superior a 10 min.
- b) Como referencia, el volumen del pozo de aspiración o cámara húmeda se calcula como:

$$V = \frac{t \times q}{4}$$

En que:

V= volumen necesario en m³

q= capacidad de la bomba en m³/min

t= tiempo en minutos de un ciclo de bombeo

- c) Las velocidades en la tubería de aspiración deben ser del orden de 1 m/s a 2 m/s. La velocidad mínima en la tubería de impulsión debe ser tal, que permita el arrastre de los sólidos que se depositan en la tubería al detenerse las motobombas.
- d) Se debe disponer como mínimo de dos motobombas.
- e) Si la instalación se diseña con más de dos motobombas, éstas se debe proyectar de modo tal que, si una de ellas falla, las otras puedan cubrir el caudal máximo de diseño, a través de todo el periodo de vida programada de las motobombas.

8.1.7.1 Caudales de diseño

En el Anexo E, Tabla E-1 se muestra el cuadro con la totalidad de los caudales, los que se encuentran también en las Bases de Licitación (Esva S.A., 2016) del proyecto, consideran el periodo punta y el periodo no punta.

En la Tabla 8.2 se muestra un resumen con los caudales del año 2035, elaborado por este escritor cuya fuente corresponde a las Bases de Licitación (Esva S.A.,2016) del proyecto de redes de Maitencillo.

Tabla 8.2
Caudales de diseño plantas elevadoras año 2035

NOMBRE	Periodo punta		Periodo NO punta	
	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)
PEAS 1	45,92	13,74	27,67	7,46
PEAS 2	52,86	15,95	31,96	8,66
PEAS 3	60,23	19,10	37,54	10,37
PEAS 5.1	148,31	46,27	91,29	25,12
PEAS 5.2	148,31	46,27	91,29	25,12
PEAS 6	3,63	1,13	2,25	0,61
PEAS 7	4,54	1,42	2,25	0,77
PEAS 8	17,85	5,57	11,08	3,02
PEAS 9	3,24	1,04	2,03	0,56
PEAS 10	10,79	3,45	6,75	1,88

8.1.7.2 Diámetro en tuberías de aspiración

Establecidos los caudales se define la cantidad de equipos necesarios para cada planta elevadora, por medio de una evaluación económica.

Conocida la cantidad de equipos, se procede a calcular el diámetro de la tubería de aspiración (Dn) utilizando el caudal individual, el cual se obtiene de dividir el caudal total por el número de equipos operando. La velocidad 1, en la tubería de aspiración, se debe encontrar entre 1,0 y 2,0 m/s, por otro lado, una bomba operando sola tendrá un caudal mayor que al operar dos o tres bombas, razón por la cual se debe revisar que la velocidad 2, caudal de una sola bomba, no supere los 2,0 m/s.

En la Tabla 8.3 (de elaboración propia) se muestra el cálculo de los diámetros en las tuberías de aspiración y las velocidades para las condiciones descritas anteriormente.

Tabla 8.3
Diámetro en tuberías de aspiración

Nombre	Peas 1	Peas 2	Peas 3	Peas 5.1	Peas 5.2	Peas 6	Peas 7	Peas 8	Peas 9	Peas 10
Caudal total (l/s)	45,92	52,86	60,23	148,31	148,31	3,63	4,54	17,85	3,24	10,79
Configuración equipos	2 + 1	2 + 1	3 + 1	4 + 1	4 + 1	1 + 1	1 + 1	2 + 1	1 + 1	2 + 1
Dn (mm)	150	150	150	200	200	50	75	100	50	75
Operando (N°)	2	2	3	4	4	1	1	2	1	2
Caudal individual (l/s)	22,96	26,43	20,08	37,08	37,08	3,63	4,54	8,93	3,24	5,40
Velocidad 1 (m/s)	1,36	1,53	1,15	1,19	1,35	1,83	1,03	1,19	1,68	1,22
Operando (N°)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q bomba (l/s)	38	40	30	50	55	3,63	4,54	11	3,3	7,5
Velocidad 2 (m/s)	2,15	2,26	1,70	1,59	1,75	1,85	1,03	1,40	1,68	1,70

En las PEAS 1 y PEAS 2 se ha permitido que se supere la velocidad de 2 m/s por un tema operativo de la impulsión. La configuración “n + 1” significa que “n” equipos operan cuando se portea el caudal total y uno queda de reserva.

8.1.7.3 Volumen de pozo de aspiración

Los volúmenes de los pozos de aspiración se calculan como se indica en la norma NCh 2472 (INN, 2000), en la Tabla 8.4 (de elaboración propia) se muestra el resumen tanto de los volúmenes de los pozos como las alturas de instalación de las peras de nivel, las cuales permiten el control de las paradas y partida de los equipos.

Tabla 8.4
Volumen requerido y alturas peras de nivel

Planta Elevadora	Equipos Operando	Volúmenes requeridos				Alturas instalación peras de nivel			
		Vol 1 (m3)	Vol 2 (m3)	Vol 3 (m3)	Vol 4 (m3)	h1 (m)	h2 (m)	h3 (m)	h4 (m)
PEAS 1	2	5,90	1,50			1,10	0,30		
PEAS 2	2	6,30	1,65			1,30	0,35		
PEAS 3	3	3,90	3,20	2,30		0,65	0,50	0,35	
PEAS 5.1	4	7,50	6,45	4,65	3,75	0,50	0,45	0,35	0,25
PEAS 5.2	4	7,65	6,45	5,10	4,05	0,45	0,35	0,30	0,30
PEAS 6	1	0,54				0,25			
PEAS 7	1	0,54				0,25			
PEAS 8	2	0,27	0,27			0,25	0,25		
PEAS 9	1	0,54				0,25			
PEAS 10	2	0,27	0,27			0,25	0,25		

De acuerdo con recomendaciones de los proveedores se deben utilizar alturas (hi) sobre los 20 cm para que las peras funcionen correctamente, en este sentido y aunque el cálculo arroja valores con alturas menores, se han considerado como mínimo 25 cm. Los cálculos en detalle de los volúmenes y alturas se encuentran en el Anexo F, Tablas F-1 a F-10. Se realiza una estimación de las dimensiones de acuerdo con el Anexo O.

8.1.7.4 Potencias de equipos de elevación

Obtenidos los puntos de operación de los equipos de elevación (ver punto 8.2), que corresponden a la intersección de la curva del sistema con el caudal de diseño (Tabla 8.2), se procede a cotizar equipos con empresas proveedoras del mercado, en la Tabla 8.5 se presentan estos valores. Las potencias corresponden a los equipos individuales.

Tabla 8.5
Potencias de equipos elevación (datos proveedores)

PLANTA ELEVADORA	Empresa 1 (kW)	Empres 2 (kW)	Empresa 3 (kW)	Empresa 4 (kW)
PEAS 1	7,5	7,5	10,0	5,9
PEAS 2	11,0	9,0	7,5	10,0
PEAS 3	11,0	11,0	7,5	10,0
PEAS 5.1	55,0	105,0	115,0	
PEAS 5.2	55,0	105,0	115,0	
PEAS 6	1,1	1,2	2,2	1,3
PEAS 7	4,2	3,1	2,4	3,0
PEAS 8	4,2	2,4	3,0	
PEAS 9	2,3	1,7		
PEAS 10	1,8	2,4	1,3	

8.1.8 Cámara de válvulas

En ella se instalan las válvulas de retención, válvulas de corta, y las otras piezas especiales tales como curvas, tees y reducciones.

Los diámetros de las piezas y válvulas corresponden a los calculados para las tuberías de aspiración del punto 8.1.7.2, el manifold (pieza que une la cañería de impulsión a las de aspiración) y tiene el mismo diámetro que la cañería de impulsión de la PEAS.

Los materiales de las piezas sin mecanismo en general son de hierro dúctil o acero, el manifold se fabrica en acero mientras que las restantes piezas son de hierro dúctil, las dimensiones de estas últimas se encuentran en catálogos como el Pont-A-Mousson (Pont-A-Mousson, 1995) o TALMET (TALMET,99), en el Anexo P, Figura P-2 se muestra esta instalación.

8.1.9 Sistema ante emergencias

Corresponden a los aliviaderos de tormentas y que se ejecutan de acuerdo con las instrucciones del Ordinario (SISS) N°3104 de fecha 27 de Julio de 2011, en las que precisó las condiciones en las cuales está permitida la operación de los sistemas de aliviaderos de tormenta o de emergencia en sistemas de recolección de aguas servidas; plantas elevadoras y plantas de tratamiento de aguas servidas.

Objetivo de los aliviaderos: la existencia de los aliviadores de tormenta o de emergencia en los sistemas de recolección de aguas servidas está destinada a evitar que los colectores entren en presión y las aguas servidas rebasen, ya sea por la vía pública o por las viviendas ubicadas en cotas más desfavorables. Se materializan utilizando vertederos en los puntos más desfavorables. En el caso de las plantas elevadoras de aguas servidas, la existencia de los aliviaderos está contemplada en la norma NCh 2472 (INN, 2000). El

proyecto de Maitencillo consideró de acuerdo con la ubicación de las PEAS, descarga en los cursos naturales y al mar.

8.1.10 Control de olores

Se instala en una cámara o sala independiente, el diseño considera los parámetros indicados en el punto 4.2, para el caso de este proyecto se ha considerado un sistema del tipo carbón activado que se encuentra contenido en un cilindro de HDPE. En el Anexo P, Figura P-3 se muestra la instalación proyectada para estos sistemas.

8.1.11 Ventosa

Las ventosas son elementos mecánicos que permiten eliminar las burbujas de aire que se introducen en las conducciones. La existencia de burbujas provoca una disminución en la capacidad de las conducciones y daño en las paredes de la cañería. En el caso de la planta elevadora de aguas servidas, la ventosa se instala en el manifold de salida (inicio de la impulsión) para atrapar las burbujas que se producen entre los equipos de elevación e inicio de la impulsión, con el objeto de evitar ingreso de estas a la cañería de impulsión. Las ventosas para este proyecto se solicitan para aguas servidas, se diseñan según lo indicado en el Anexo G.

8.1.12 Medidores de caudal

Se instalan al inicio de la impulsión, en una cámara de hormigón armado. Se dimensionan para velocidades entre 0,5 a 5,0 (m/s) para todo el periodo de previsión del proyecto. En la Tabla 8.6 (de elaboración propia) se muestran los diámetros de los medidores proyectados, en el Anexo O, punto O.3 se indican las condiciones de instalación, para el proyecto se utilizan equipos del tipo electromagnético.

Tabla 8.6
Diámetro de medidores de caudal

Nombre PEAS	Caudal (l/s)		Diámetro medidor (mm)	Velocidad (m/s)	
	Año 2024	Año 2035		Año 2024	Año 2035
Peas 1	21,83	45,92	125	1,78	3,74
Peas 2	25,73	52,86	125	2,10	4,31
Peas 3	37,31	60,23	125	3,04	4,91
Peas 5.1	82,85	148,31	250	1,69	3,02
Peas 5.2	82,85	148,31	250	1,69	3,02
Peas 6	2,26	3,63	50	1,15	1,85
Peas 7	2,83	4,54	50	1,44	2,31
Peas 8	11,12	17,85	75	2,52	4,04
Peas 9	2,02	3,24	50	1,03	1,65
Peas 10	6,74	10,79	75	1,53	2,44

8.1.13 Sistema hidroneumático

Para proteger las impulsiones, absorbiendo tanto de las sobrepresiones como subpresiones producidas por el golpe de ariete, se requiere la instalación de equipos hidroneumáticos, para el caso de aguas servidas se utilizan estanques hidroneumáticos, la reposición de aire se realiza con un compresor. Se dimensionan según se indica en el Anexo K, los cálculos y definición de volúmenes fueron realizados por un especialista.

8.1.14 Grupo generador

Se proyectará un grupo generador con capacidad suficiente para el respaldo del 100% del consumo de energía eléctrica necesaria en la planta elevadora, con una autonomía de 12 horas (estanque de combustible en la base) y un gabinete insonorizado de tipo intemperie. Además, se considerará un panel de control con señales discretas y un tablero de transferencia automática que supervisará la red principal, de tal manera de reemplazar el suministro de energía eléctrica pública en caso de emergencia. Este se instalará en una cámara de hormigón armado, las dimensiones serán las necesarias para que el equipo funcione adecuadamente, se utilizan además los estándares de Esva S.A. en los diseños de las cámaras. Para aclarar que incluye un sistema de generación y sus instalaciones en el Anexo O, punto O.2 Figura O-11 se muestra el detalle.

8.1.15 Proyecto eléctrico de fuerza, control y telemetría

Los criterios generales, equipos, materiales y filosofía de control adoptados para el desarrollo del proyecto eléctrico, asociado a las plantas elevadoras de aguas servidas de Maitencillo, corresponderán a los establecidos por Esva S.A.

Las obras eléctricas que están contempladas en la planta elevadora son las que se indican a continuación:

- a) Obras de Media Tensión, empalme y subestación de bajada, en caso de requerir.
- b) Obras de Baja Tensión y tableros de alimentación.
- c) Sistema de puesta a tierra.
- d) Canalizaciones y cableado.
- e) Sistema de control y Telemetría.
- f) Grupo generador estacionario como sistema de emergencia.
- g) Alumbrado y fuerza.

8.1.16 Proyecto estructural

Se realizó con especialistas internos del Consultor, se utilizó la norma NCh 433 (INN, 2009) además de las normas NCh 2369 (INN, 2003), NCh 3171 (INN, 2017) y ACI 224.2R-92 (ACI, 2004). Es de comentar que a excepción de las PEAS 5.2, PEAS 8 y PEAS 9 todas las demás se diseñaron considerando napa freática. En la Tabla 8.7 (de elaboración propia) se muestran las cámaras y pozos que fueron desarrolladas en el proyecto estructural.

Tabla 8.7
Estructuras del proyecto estructural PEAS

ESTRUCTURAS PROYECTADAS	PEAS 1	PEAS 2	PEAS 3	PEAS 5.1	PEAS 5.2	PEAS 6	PEAS 7	PEAS 8	PEAS 9	PEAS 10
CÁMARA DESRIPIADORA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CÁMARA DE REJAS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
POZO DE ASPIRACIÓN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CÁMARA DE VÁLVULAS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
POZO DE MANTENCIÓN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CÁMARA DE CONTROL DE OLORES	X	X	XS	X	XS	X	X	XS	X	X
CÁMARA DE MEDIDOR DE CAUDAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CÁMARA DE VENTOSA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CÁMARA HIDRONEUMÁTICO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CÁMARA DE GRUPO GENERADOR Y TABLEROS	X	X	XS	X	XS	X	X	XS	X	X

XS: significa que la estructura se instalara sobre el nivel de terreno y serán salas ya que el Mandante cuenta con recintos donde instalarlas.

8.1.17 Proyecto de arquitectura

Corresponden a obras que permiten incorporar, de una manera armónica y con el menor impacto posible hacia la comunidad, las estructuras que se proyectan en el sector de la planta elevadora de aguas servidas.

En general lo más complejo son las ventilaciones, ya sea las del grupo generador, tableros u olores. Para simularlas se consideran: luminarias, letreros, bancas entre otras que se incorporan en los planos de proyecto. En el Anexo Q, Figuras Q-1 a Q-3 se muestran algunas soluciones.

8.1.18 Resumen de obras planta elevadora e impulsiones

En la Tabla 8.8 de elaboración propia y proyecto de Maitencillo (Ingeniería de Detalles Sistema de Agua Potable y Aguas Servidas de Maitencillo, 2020) se muestra el resumen con el dimensionamiento de las obras asociadas a las plantas elevadoras de aguas servidas.

Tabla 8.8
Resumen dimensionamiento de obras AS de Maitencillo

Planta Elevadora AS	Caudal (l/s)	Impulsión		PEAS				DN Medidor (mm)	Golpe A. Volumen (lts)	Grupo Generador (Kva)	Olores Capacidad (cfm)
		DN (mm)	Largo (m)	Hg (m)	Ht (m)	Configuración (N + 1)	Aspiración (mm)				
PEAS 1	45,92	200	402	5,11	15,37	2 + 1	150	125	600	65	500
PEAS 2	52,86	200	379	6,29	17,99	2 + 1	150	125	600	100	500
PEAS 3	60,23	250	309	13,05	17,99	3 + 1	150	125	1.200	100	500
PEAS 5.1	148,31	400	2.142	69,10	81,35	4 + 1	200	250	2.400	500	1.000
PEAS 5.2	148,31	400	1.608	69,23	78,67	4 + 1	200	250	3.000	500	1.000
PEAS 6	3,63	75	157	6,42	10,18	1 + 1	50	50	300	65	300
PEAS 7	4,54	75	241	12,56	20,88	1 + 1	75	50	300	65	300
PEAS 8	17,85	160	241	10,97	13,98	2 + 1	75	75	300	65	300
PEAS 9	3,24	75	99	12,86	14,81	1 + 1	50	50	300	50	300
PEAS 10	10,79	110	182	2,90	8,31	2 + 1	75	75	300	50	300
Q Total (l/s)=	495,7	L total (m)=	5.760	208,5	279,5						

En donde Hg corresponde a la altura geométrica, Ht a la altura total y Dn diámetro nominal del medidor.

En la Figura 8.1 sin escala (de elaboración propia) se muestra la ubicación de las plantas elevadoras de Maitencillo, se puede ver además el trazado de las impulsiones y la ubicación de la planta de tratamiento de aguas servidas (ó PTAS), el diseño de esta última no está incluida en este texto.

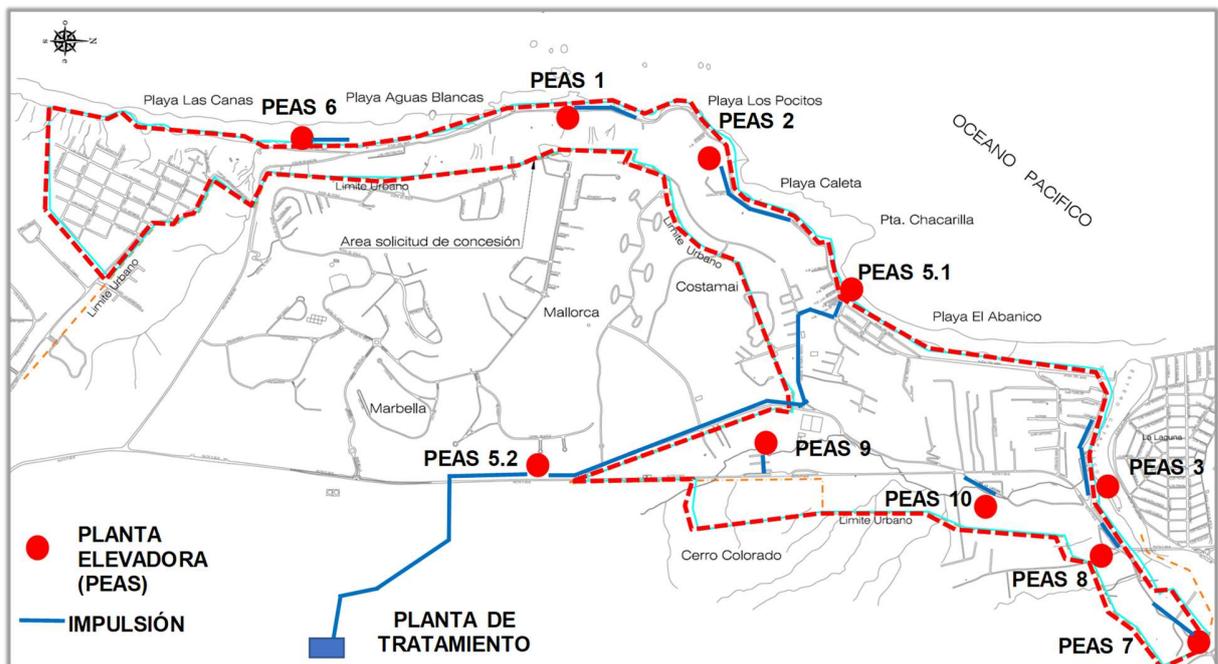


Figura 8.1
Planta de ubicación PEAS localidad de Maitencillo

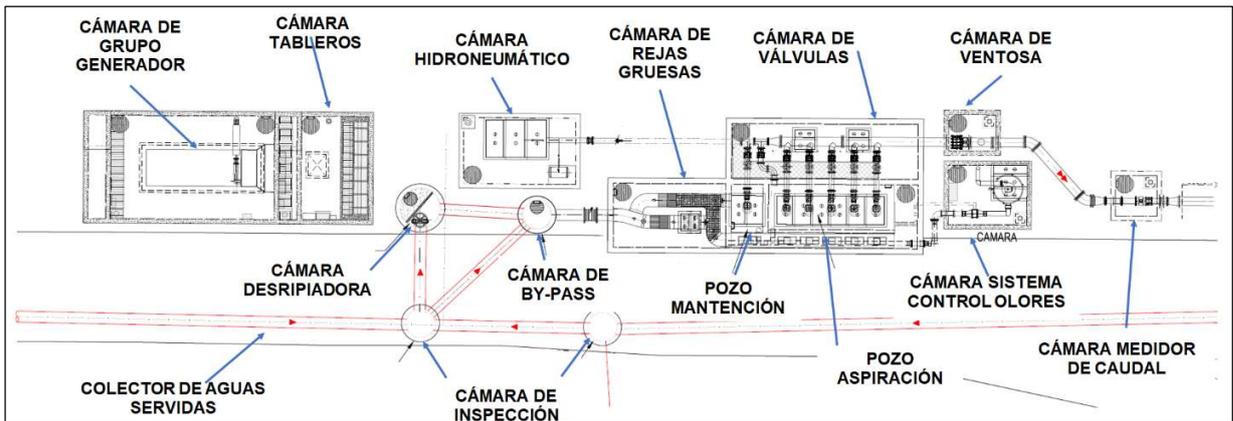


Figura 8.2
Planta típica: PEAS de distribución y componentes

Con el objetivo de mostrar las componentes o partes de una planta elevadora, en la Figura 8.2 (de elaboración propia) se presenta una planta típica con las estructuras que se proyectaron para una de las PEAS de Maitencillo.

8.2 Impulsiones de aguas servidas

Las impulsiones deben cumplir una serie de requisitos técnicos y económicos, los técnicos tienen que ver con la normativa y consideraciones dadas por la experiencia del consultor. Gran importancia tiene el trazado y el tipo de terreno, así como la presión a la que estará sometida la línea.

El diseño de la conducción debe considerar las pérdidas tanto singulares como friccionales, calculadas con las fórmulas usuales indicadas en los puntos 5.1 o 5.2 y 5.3, las que son proporcionales al caudal o la velocidad si se prefiere.

La elección del material de las tuberías es relevante para el diseño de los sistemas de protección contra los transientes hidráulicos, elegir materiales con baja celeridad reduce el golpe de ariete. Además, en caso de terrenos corrosivos se debe considerar materiales aptos como: PVC, HDPE o acero recubierto (con HDPE o pintura epóxica) para esta condición.

8.2.1 Diámetro de la impulsión

El diámetro de la impulsión se calculó considerando el caudal del año 2035, final del periodo de previsión del proyecto, los valores de caudales son los que se incluyen en la Tabla 8.9 (fuente Bases de Licitación (Esval S.A.,2016) que se muestra a continuación:

Tabla 8.9
Caudales de diseño en impulsiones

Nombre	Peas 1	Peas 2	Peas 3	Peas 5.1	Peas 5.2	Peas 6	Peas 7	Peas 8	Peas 9	Peas 10
Caudal (l/s)	45,92	52,86	60,23	148,31	148,31	3,63	4,54	17,85	3,24	10,79

Para la PEAS 5.1 se presenta un ejemplo de cálculo, se han considerado cañerías de HDPE, PE-100, PN-10 y se han evaluado dos diámetros distintos, se recomienda que la velocidad no supere los 1,5 m/s. La Tabla 8.10 (de elaboración propia, fuente proyecto Maitencillo) muestra lo indicado.

Tabla 8.10
Cálculo de diámetro en impulsión PEAS 5.1 (ejemplo)

Periodo punta		HDPE PE-100 PN-10			HDPE PE-100 PN-10					Diámetro Diseño (mm)
Año	Qt (l/s)	DN1 (mm)	e1 (mm)	Di 1 (mm)	DN1 (mm)	e1 (mm)	Di 1 (mm)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	
2019	4,51	355	21,1	312,8	400	23,7	352,6	0,06	0,05	400
2024	82,85	355	21,1	312,8	400	23,7	352,6	1,08	0,85	400
2030	119,95	355	21,1	312,8	400	23,7	352,6	1,56	1,23	400
2035	148,31	355	21,1	312,8	400	23,7	352,6	1,93	1,52	400

Qt: caudal total a impulsar; DN: diámetro nominal; e: espesor cañería; Di: diámetro interior; v: velocidad

Se seleccionó como diámetro nominal para la impulsión 400 mm, se obtuvo una velocidad de 1,52 m/s razonable para el diseño. Siguiendo el mismo procedimiento se seleccionan para las otras impulsiones los diámetros nominales (DN) los que se muestran en la Tabla 8.11 (de elaboración propia).

Tabla 8.11
Diámetros nominales de impulsiones

Nombre	Peas 1	Peas 2	Peas 3	Peas 5.1	Peas 5.2	Peas 6	Peas 7	Peas 8	Peas 9	Peas 10
Caudal (l/s)	45,92	52,86	60,23	148,31	148,31	3,63	4,54	17,85	3,24	10,79
DN (mm)	200	200	250	400	400	75	75	160	75	110
Velocidad (m/s)	1,88	2,17	1,58	1,52	1,52	1,06	1,33	1,14	0,95	1,47
Largo (m)	402	379	309	2.142	1.608	157	241	241	99	182

Por razones netamente operativas las impulsiones de las PEAS 1 y PEAS 2 se dejaron con velocidades mayores a 1,5 (m/s).

8.2.2 Altura geométrica

La altura geométrica se ha medido desde el nivel medio de agua, en el pozo de aspiración, hasta el nivel de descarga de la impulsión.

Tabla 8.12
Alturas geométricas de elevación

Nombre	Peas 1	Peas 2	Peas 3	Peas 5.1	Peas 5.2	Peas 6	Peas 7	Peas 8	Peas 9	Peas 10
Altura Geométrica (m)	5,11	6,81	13,05	69,10	69,23	6,42	12,56	10,97	12,86	2,90

En la Tabla 8.12 (de elaboración propia) se muestran las alturas geométricas para todas las plantas elevadoras.

8.2.3 Pérdidas totales

Las pérdidas totales están compuestas por la suma de las perdidas singulares y friccionales.

Las perdidas singulares son aquellas que producen piezas como: curvas, reducciones, ampliaciones, tees, válvulas, medidores de caudal, placas orificio y se calculan según lo indicado en el punto 5.3, los valores de K se encuentran en textos como: Sterling SIHI (Sterling SIHI, 2003), Bombas sumergibles y estaciones de bombeo (FLYGT, 2004) y Pont-A-Mousson (Pont-A-Mousson, 1995) entre otros. Las perdidas friccionales se producen en los tramos de cañerías y se calculan según lo indicado en el punto 5.2, los largos de las impulsiones se indicaron en la Tabla 8.11.

Tabla 8.13
Pérdidas totales en impulsiones de aguas servidas

AÑO	PEAS1 (m)	PEAS 2 (m)	PEAS 3 (m)	PEAS 5.1 (m)	PEAS 5.2 (m)	PEAS 6 (m)	PEAS 7 (m)	PEAS 8 (m)	PEAS 9 (m)	PEAS 10 (m)
2018	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2020	0,05	0,11	0,03	0,18	0,14	0,08	0,18	0,06	0,00	0,00
2021	0,18	0,31	0,24	0,68	0,52	0,32	0,71	0,25	0,05	0,13
2022	0,72	1,04	0,68	1,79	1,37	0,75	1,68	0,60	0,19	0,50
2023	1,57	1,99	1,34	2,98	2,29	1,42	3,14	1,13	0,43	1,19
2024	2,53	3,02	1,97	4,14	3,19	1,55	3,43	1,23	0,81	2,23
2025	3,82	4,38	2,15	4,99	3,84	1,69	3,74	1,35	0,88	2,43
2026	4,25	4,87	2,35	5,49	4,22	1,84	4,07	1,46	0,96	2,64
2027	4,72	5,39	2,55	6,02	4,63	2,00	4,40	1,59	1,04	2,86
2028	5,21	5,95	2,76	6,58	5,06	2,16	4,76	1,72	1,12	3,10
2029	5,72	6,53	2,99	7,16	5,51	2,33	5,14	1,86	1,21	3,35
2030	6,41	7,45	3,27	8,25	6,35	2,52	5,56	2,00	1,30	3,61
2031	7,09	8,33	3,59	9,26	7,13	3,04	6,69	2,42	1,33	3,69
2032	7,62	8,91	4,22	10,22	7,87	3,52	7,78	2,82	1,61	4,45
2033	8,75	10,09	4,65	11,20	8,64	3,59	7,95	2,88	1,87	5,18
2034	9,84	11,22	4,76	11,84	9,13	3,67	8,12	2,94	1,91	5,29
2035	10,26	11,71	4,94	12,25	9,44	3,77	8,32	3,01	1,96	5,41
Año 1	12,12	14,85	6,57	15,79	12,18	4,52	9,97	3,73	2,26	6,10
Año 2	16,62	16,98	8,00	17,56	13,55	6,86	11,91	4,09	2,85	7,69

Las pérdidas totales para cada una de las impulsiones se presentan en la Tabla 8.13.

Las pérdidas son proporcionales al caudal que portea la impulsión, con lo cual al variar el caudal se tienen puntos (Caudal-Perdidas), se construirá con esto una curva denominada curva del sistema. Los caudales se encuentran en la Tabla 8.2.

8.2.4 Puntos de operación equipos de bombeo

La altura total de elevación, de cada planta elevadora, se obtiene interceptando el caudal total con la curva del sistema. La curva del sistema se construye sumando la altura geométrica de la Tabla 8.12 a las pérdidas totales de la Tabla 8.13.

Tabla 8.14
Altura total de elevación

Nombre	Peas 1	Peas 2	Peas 3	Peas 5.1	Peas 5.2	Peas 6	Peas 7	Peas 8	Peas 9	Peas 10
Caudal total (l/s)	45,92	52,86	60,23	148,31	148,31	3,63	4,54	17,85	3,24	10,79
Altura total (m)	15,37	18,51	17,99	81,35	78,67	10,18	20,88	13,98	14,81	8,31
Cofiguración Equipos	2 + 1	2 + 1	3 + 1	4 + 1	4 + 1	1 + 1	1 + 1	2 + 1	1 + 1	1 + 1

En la Tabla 8.14 (de elaboración propia) se encuentran los puntos de operación para todas las plantas elevadoras, se incluyen además las configuraciones de los equipos para cada PEAS.

- a) Ventosas:
Se proyectan en los puntos altos de la impulsión para cumplir con lo solicitado en la NCh 2472 (INN, 2000) en cuanto a las ventilaciones. El dimensionamiento se realizará según teoría existente del Anexo G. Se ubicarán al interior de cámaras de hormigón armado.
- b) Desagües:
Los desagües se proyectan en los puntos bajos de la conducción, según lo solicitado en la norma NCh 2472 (INN, 2000). El tiempo de desagüe se realiza según ecuaciones del Anexo I. Se utilizarán cámaras húmedas con alternativa de conexión a camión limpia fosa para este proyecto, esto con el objeto de evitar el vertimiento de aguas servidas tanto en caminos públicos como privados.
- c) Golpe de ariete:
Se utilizan para aminorar las sobrepresiones y las sub-presiones en la línea de impulsión, debido a que para este proyecto se trata de aguas servidas se utilizaron estanques hidroneumáticos con compresor. Las instalaciones asociadas se proyectan junto a las plantas elevadoras.
- d) Placas orificio:
Para presiones altas en los puntos de descarga de los desagües, se utilizan placas orificio, las placas orificio se calculan según lo indicado en el Anexo J.
- e) Machones para conducciones:
La existencia de curvas tanto horizontales como verticales requieren la instalación de machones de hormigón los cuales se calculan según se indica en el Anexo L.

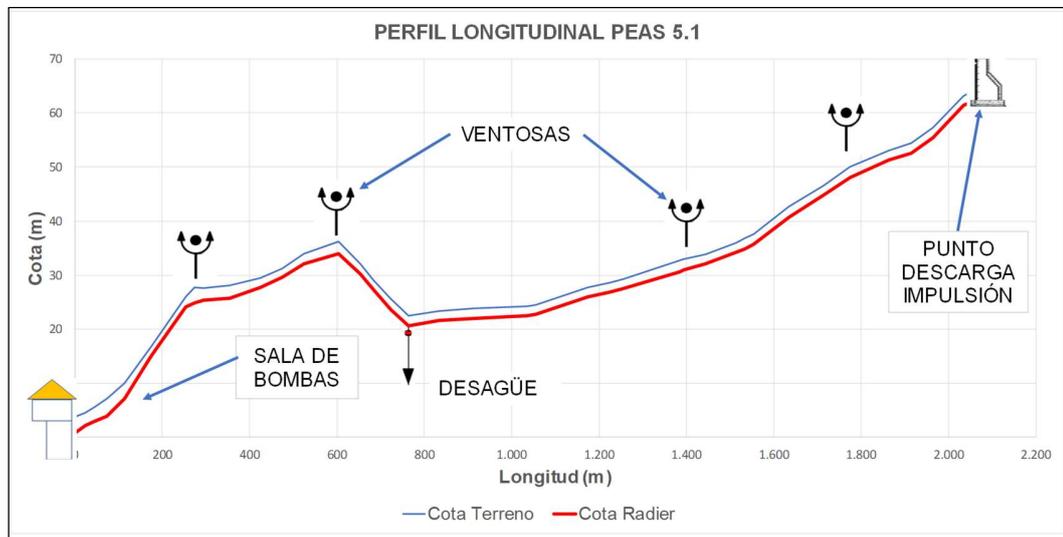


Figura 8.4
Componente de una impulsión

En la Figura 8.4 se presenta el perfil longitudinal de la impulsión 5.1, en él puede apreciarse la existencia de ventosas y desagües, elementos necesarios para la correcta operación de la conducción y que son parte de la normativa vigente. Junto a la sala de bombas se encuentra el sistema de protección contra el golpe de ariete.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

Se presentó en los capítulos anteriores un resumen con el desarrollo de la ingeniería de detalles que permitirá dotar de agua potable y alcantarillado de aguas servidas a la localidad de Maitencillo, este autor participo en el del proyecto “Ingeniería de Detalles Sistema de Agua Potable y Aguas Servidas de Maitencillo, Comuna de Puchuncaví” elaborado entre los años 2016 y 2019, primero como ingeniero de proyecto y luego como jefe de proyecto.

Las obras diseñadas fueron definidas en las bases de Licitación (Esval S.A., 2016) y corresponden a: redes de distribución de agua potable, redes de alcantarillado de aguas servidas, plantas elevadoras de aguas servidas, impulsiones de aguas servidas, estanques de distribución, reductoras de presión, válvulas de agua potable y sus cámaras correspondientes, cámaras de inspección de alcantarillado, ventosas y desagües. El sistema de tratamiento no se analizó en este trabajo ya que no fue parte del proyecto original.

Los diseños cumplen con lo solicitado las Bases de Licitación (Esval S.A., 2016), normativa chilena indicada en la Tabla 4.1 (en este texto), estándares de Esval S.A., experiencia de este autor y recomendaciones de los proveedores de equipos.

Se diseñaron dos estanques de hormigón armado, uno de 2000 m³ y otro de 700 m³ (solo ingeniería básica, sin armadura), un tercer estanque existente de 1000 m³, que estaba fuera de uso, se habilitó utilizando nuevas interconexiones y sistemas eléctricos de fuerza y control. Para el diseño de los estanques se utilizó la mecánica de suelos, los espesores y las armaduras se obtuvieron del proyecto estructural.

Las redes de distribución de agua potable proyectadas tienen una longitud de 24,5 km, los diámetros son mayores o iguales a 100 mm y la profundidad de instalación mínima cumple con estar a 1,1 m sobre la clave. Las presiones de servicio en toda la red cumplen con norma NCh 691 (INN, 2015), es decir: para el consumo máximo horario las presiones son mayores a 15 mca, la presión estática es menor a 70 mca y en el caso de máximo diario, durante el uso de grifos de incendio, en mayor o igual a 5 mca. Las redes incluyen válvulas de sectorización y grifos de incendio. Los grifos cumplen con los distanciamientos mínimos solicitados en la norma. El dimensionamiento de las redes y distribución de caudales se realizó por medio del programa WaterCad V8i.

Las redes de recolección de alcantarillado proyectadas cumplen con la NCh 1105 (INN, 2019) tienen una longitud de 26,3 km, los diámetros son mayores o iguales a 160 mm y profundidad de instalación mínima cumple con estar a 1,6 m sobre la clave. Todos los tramos de red para el caudal máximo cumplen con tener una capacidad $h < 0,7 D$, mientras que para el caudal mínimo se tiene una capacidad mínima $h > 0,3 D$, las que se

encuentran entre 0,6 y 3,0 m/s. Todas las pendientes proyectadas cumplen con lo indicado en la Tabla 7.1 presentada en este texto. Las redes incluyen cámaras de inspección y en aquellos tramos de profundidad mayor a 4,0 m se realizó un análisis estructural definiendo el material y espesores necesarios, para evitar el colapso de la conducción por cargas externas sobre esta, se incluye en este análisis la existencia de napa. El dimensionamiento de las redes y distribución de caudales se realizó por medio del programa SewerCad V8i.

Se diseñaron 10 plantas elevadoras las cuales cumplen con elevar los caudales de diseño indicados en las Bases de Licitación (Esval S.A., 2016), lo solicitado en la norma NCh 2472 (INN, 2000) y los estándares de las plantas elevadoras (Esval S.A., 2019), por lo cual todas las plantas están compuestas por: cámara de inspección final, cámara desripadora, cámara de by-pass, cámara de rejas gruesas, pozo de mantención, pozo de aspiración (donde se encuentran los equipos de elevación), válvulas en cámara, ventosa en cámara, sistema de control de olores (en sala o cámara), medidor de caudal en cámara. Si falla el sistema eléctrico cada planta cuenta con un sistema de respaldo, este corresponde a un grupo generador instalado junto a la planta elevadora ya sea en una sala o cámara, junto a este se encuentra la sala o cámara con los tableros de control. Como referencia ver Figura 8.2 contenida en este texto

El proyecto eléctrico y de control cumplen a cabalidad con las necesidades de energía eléctrica, incorporando: mallas de tierra, subestaciones eléctricas, tableros de fuerza y control, grupos generadores, así como la iluminación (interna y externa) para las diez plantas elevadoras de aguas servidas y los estanques de regulación.

La ubicación de las plantas elevadoras en la vía pública consideró la arquitectura necesaria para disminuir el impacto visual en las áreas públicas y cumplir con los requerimientos de la Ilustre Municipalidad de Puchuncaví.

Se elaboraron y realizaron todos ingresos de los proyectos de terceros a los siguientes servicios: SERVIU (son nueve ingresos), Vialidad (son diez ingresos) y DGA (es un ingreso). Al momento de la entrega de la revisión 0 del proyecto, solo se habían obtenido el 50% de los Oficios aprobatorios. El resto se espera obtener antes de la etapa de construcción.

Se incorporó toda la información de interferencias con servicios básicos, en planos y documentos, para evitar provocar daños a las estructuras existentes, sin embargo, durante la etapa de construcción se deberá dar aviso con anticipación antes de excavar a cada servicio involucrado, para que esté cuenta con un representante en terreno y supervise las obras de excavación.

Desde las Tabla 9.1 a la Tabla 9.5 se presentan los resúmenes de las obras a nivel de ingeniería de detalles proyectadas para la localidad de Maitencillo.

Tabla 9.1
Resumen de largos y diámetros, redes agua potable

Material	HDPE PE-100, PN-10				
Diámetro (mm)	160	200	250	315	400
Largo (m)	10.951	2.526	5.455	4.259	1.239
	Total (m)=				24.430

Tabla 9.2
Resumen de proyectos de estanques

Estanque	Proyectos			Observación	Nivel
	Eléctrico y control	Estructural	Civil		
1000 m3	Si	No	Si	Existente	Ing Detalle
2000 m3	Si	Si	Si	Proyectado	Ing Detalle
700 m3	Si	No	Si	Proyectado	Ing Básica

Tabla 9.3
Resumen de estaciones reductoras de presión

Nombre	Consigna (mca)	Cota (msnm)	Observación	Diámetro Válvula (mm)
ERP-1	30	35,36	Paso reducido	300
ERP-2	35	38,47	Paso reducido	300

Tabla 9.4
Resumen de largos y diámetros de redes aguas servidas

Material	HDPE PE-100, PN-6 y PN-10						
Diámetro (mm)	200	250	315	355	400	450	500
Largo (m)	19.266	2.730	855	1.284	617	1.052	505
	Total (m)=						26.309

Tabla 9.5
Resumen de plantas elevadoras e impulsiones

Nombre	Peas 1	Peas 2	Peas 3	Peas 5.1	Peas 5.2	Peas 6	Peas 7	Peas 8	Peas 9	Peas 10
Caudal (l/s)	45,92	52,86	60,23	148,31	148,31	3,63	4,54	17,85	3,24	10,79
Altura geométrica (m)	5,11	6,81	13,05	69,10	69,23	6,42	12,56	10,97	12,86	2,90
Altura total (m)	15,37	18,51	17,99	81,35	78,67	10,18	20,88	13,98	14,81	8,31
Configuración equipos	2 + 1	2 + 1	3 + 1	4 + 1	4 + 1	1 + 1	1 + 1	2 + 1	1 + 1	2 + 1
DN (mm)	200	200	250	400	400	75	75	160	75	110
Velocidad (m/s)	1,88	2,17	1,58	1,52	1,52	1,06	1,33	1,14	0,95	1,47
Largo (m)	402	379	309	2.142	1.608	157	241	241	99	182

Además, se proyectaron un total de 156 válvulas, 5 ventosas, 1.643 arranques domiciliarios, 453 cámaras de inspección y 1.643 uniones domiciliarias.

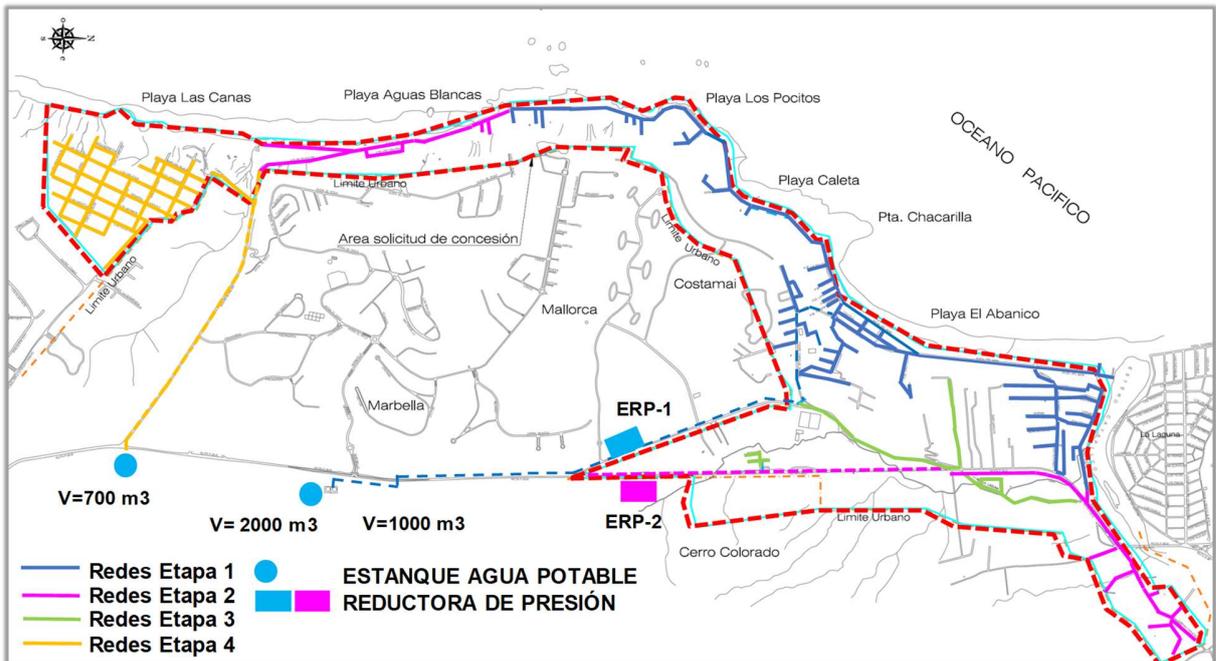


Figura 9.1
Obras distribución de agua potable

En Figura 9.1 (de elaboración propia) se encuentran ubicados: los estanques de distribución, reductoras de presión y las redes de distribución de agua potable.

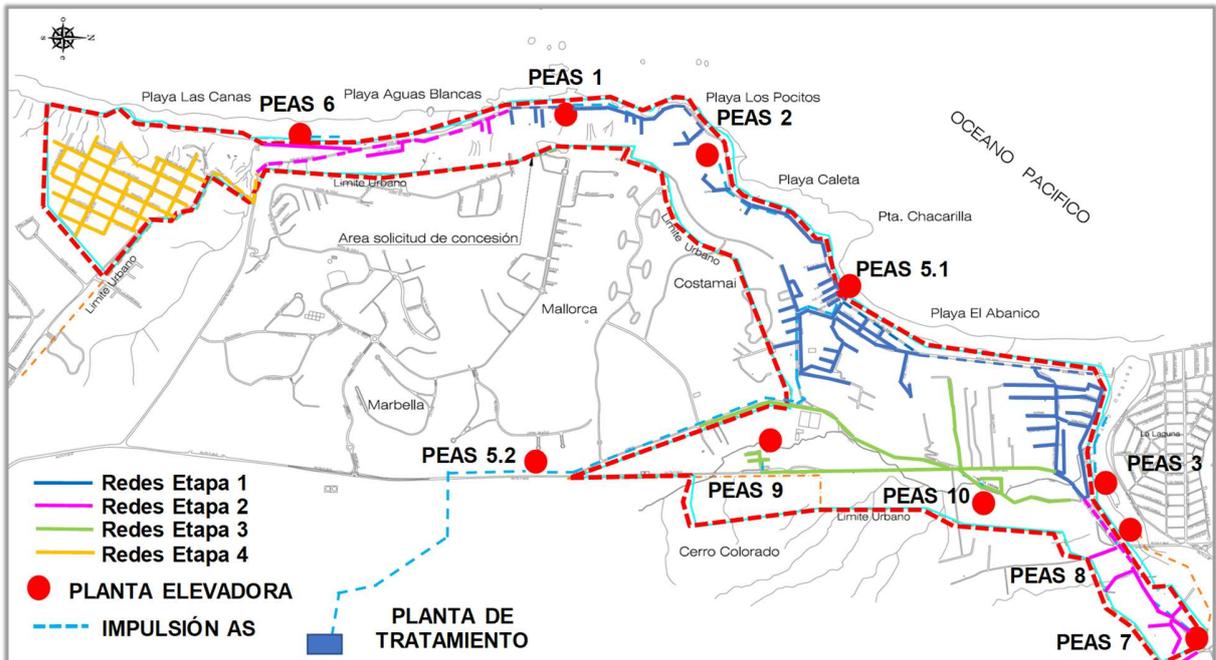


Figura 9.2
Obras de recolección de Aguas Servidas

En Figura 9.2 (de elaboración propia) se encuentran ubicados: las plantas elevadoras, las redes de recolección y la planta de tratamiento de aguas servidas.

El proyecto incluyó todos los documentos necesarios para el correcto entendimiento, posterior licitación y por último la construcción de las obras proyectadas.

Cabe recordar que el proyecto fue dividido en cuatro etapas de diseños de ingeniería, con igual número de etapas constructivas, por otra parte, dentro de cada etapa se han definido subproyectos de redes en dos tipos, una red primaria y la otra secundaria. Las redes primarias son las redes de mayor importancia que serán financiadas además por la empresa Esva S.A., las redes secundarias corresponden a las redes de menor diámetro y que además serán financiadas por la I. Municipalidad de Puchiuncavi con fondos del Gobierno Regional.

Tabla 9.6
Resumen de subproyectos de Maitencillo

Etapa	Proyectos Redes de agua potable		Proyectos Redes aguas servidas	
	Red primaria	Red secundaria	Red primaria	Red secundaria
Etapa 1	Red primaria	Red secundaria	Red primaria	Red secundaria
Etapa 2	Red primaria	Red secundaria	Red primaria	Red secundaria
Etapa 3	Red primaria	Red secundaria	-	Red secundaria
Etapa 4	Red primaria	Red secundaria	Red primaria	Red secundaria

En la Tabla 9.6 se muestran 8 subproyectos de redes de agua potable y 7 de redes de alcantarillado de aguas servidas, cada subproyecto se entregará de forma independiente en cuanto a planos y documentos.

Tabla 9.7
Resumen de documentos proyecto de Maitencillo

Proyecto	Resumen Ejecutivo (N°)	Memoria (N°)	ETE (N°)	ETG (N°)	Presupuesto (N°)	Anexos (N°)	Totales (N°)
Redes Agua Potable	8	8	8	8	8	8	48
Redes Aguas Servidas	7	7	7	7	7	7	42
Plantas elevadoras	10	10	10	10	10	10	60
Estanques agua potable	3	3	3	3	3	3	18
SERVIU	-	9	9	-	9	-	27
DGA	0	1	1	0	0	0	2
Vialidad	0	7	7	0	7	0	21
Vialidad accesos	0	3	3	0	3	0	9
Acceso Planta Tratamiento	0	1	1	0	1	0	3
Totales (N°)	28	49	49	28	48	28	230

En la Tabla 9.7 se indican los 230 documentos generados que incluyen: resumen ejecutivo, memorias, Especificaciones Técnicas Especiales (ETE), Especificaciones Técnicas Generales (ETG), presupuestos, así como los anexos.

Tabla 9.8
Resumen cantidad de planos proyecto de Maitencillo

PROYECTO	REDES		PEAS	ESTANQUES	SERVIU		VIALIDAD			CAMINO	TOTAL PLANOS (N°)
	Agua Potable	Aguas Servidas	Aguas Servidas	Agua Potable	Aguas Servidas	Agua Potable	Aguas Servidas	Agua Potable	Acceso a Ptas	Acceso a Ptas	
PLANOS (N°)	123	125	340	57	69	40	15	30	9	6	814

En la Tabla 9.8 se muestra la cantidad de planos elaborados para los proyectos de redes de agua potable y aguas servidas, plantas elevadoras y estanques, así como los proyectos de terceros para: SERVIU, Vialidad y el acceso al recinto de la planta de tratamiento de aguas servidas o también denominada PTAS. Para la correcta comprensión del proyecto se elaboraron un total de 814 planos.

Para la ingeniería de detalles de Maitencillo se elaboraron un total de 230 documentos y 814 planos. En los documentos y planos están incorporados: los proyectos eléctricos y de control, los proyectos estructurales, los proyectos de arquitectura y por supuesto los civiles. Se encuentran dentro de estos antecedentes las soluciones elaboradas por los especialistas en transientes hidráulicos (golpe de ariete) y los sistemas de tratamiento de olores.

En la actualidad el proyecto de ingeniería de detalles está aprobado y se encuentra entregado, en su versión final apto para construcción, tanto a la Ilustre Municipalidad de Puchuncaví como a la empresa sanitaria Esval S.A., sólo falta el financiamiento del Gobierno Regional para el inicio de la construcción.

9.2 Recomendaciones

Las principales recomendaciones para abordar los proyectos de redes y que se aplicaron en su totalidad para el proyecto de la localidad de Maitencillo son las siguientes:

- 1) Leer detenida y exhaustivamente las Bases de Licitación, aclaraciones, planos tipo, estándares, cartas y otros antecedentes que formen parte de estas.
- 2) Programar la reunión de inicio con el Mandante, consultar la existencia de nuevos antecedentes y solicitarlos, por ejemplo: nuevos estándares, planos tipo entre otros.
- 3) Definir el programa de trabajo y el equipo que participará en el proyecto entre los que se cuentan, jefe o jefes de proyecto, Ingenieros, dibujantes. Establecer claramente las labores, recursos y fechas para lograr los objetivos que se planteen. La coordinación en este tipo de proyectos es indispensable.
- 4) Definir claramente las obras que se deben dimensionar y hacer una clasificación de estas, separándolas por servicio.
- 5) Definir las especialidades que participaran en el proyecto: civil, eléctrica, estructural y arquitectura por indicar algunas.
- 6) Definir a los especialistas que se requieren: mecánica de suelos, golpe de ariete, tratamiento de olores por indicar algunos.
- 7) Definir las labores de terreno que se deben realizar, entre las que deben considerar: visita preliminar del consultor, topografías, mecánica de suelos.
- 8) Elaborar planos preliminares de trazados y ubicación de estructuras, realizar visita a terreno, revisar interferencias (redes agua potable o alcantarillado, telefonía, gas, fibra óptica, entre otras) y los servicios de terceros que intervienen (SERVIU, Vialidad, DIRECTEMAR, DGA o Municipalidad).
- 9) En las visitas a terreno ver los lugares donde se proyectan las obras como: Estanques, reductoras, ventosas, plantas elevadoras de aguas servidas. Con esta información se revisa la necesidad de adquisición de terrenos.
- 10) Es primordial dimensionar las obras civiles, definir los equipos con lo cual los ingenieros especialistas eléctricos, especialistas estructurales y especialidades como tratamiento de olores y golpe de ariete puedan iniciar sus trabajos.
- 11) Tener contacto permanente con el Mandante y especialistas para ir resolviendo los problemas y que se presentarán durante el desarrollo del proyecto.
- 12) Los proyectos multidisciplinario requieren de muchos documentos por lo cual una correcta codificación es indispensable.

- 13) En el caso del diseño de las plantas elevadoras, hay que leer detenidamente las normas, estándares y recomendaciones, y luego de aquello definir que estructuras y elementos se deben dimensionar.
- 14) Todos los documentos y planos deben ser ordenados en los servidores estrictamente con los códigos y archivos correspondientes.
- 15) Tener los contactos adecuados con los servicios de terceros, tales como: SERVIU, Vialidad, DGA, DIRECTEMAR a los cuales deberán enviarse cartas y antecedentes.
- 16) La entrega final del proyecto de ingeniería de detalles debe incluir los documentos y planos de todas las especialidades, cartas, carpetas de terceros y oficios, información de servicios básicos, informes y además todo aquello que el mandante considere incluir como anexo a la ingeniería.
- 17) Es de suma importancia que, en la revisión final, es decir aquella con la que se va a construir, se indique claramente que es la versión apta para construir. Con esto se evita construir con versiones técnicamente incompletas.

BIBLIOGRAFÍA

- [a] NCh 691: Agua potable - Producción, conducción, almacenamiento y distribución - Requisitos de diseño.
- [b] NCh 692: Agua potable - Plantas elevadoras - Especificaciones generales.
- [c] NCh 1646: Grifos de incendio - Tipo de columna 100 mm diámetro nominal - Requisitos generales.
- [d] NCh 2702: Instalaciones de alcantarillado – Cámaras de inspección domiciliarias – Requisitos generales.
- [e] NCh 1105: Ingeniería sanitaria - Alcantarillado de aguas residuales - Diseño y cálculo de redes.
- [f] NCh 1623: Cámaras de inspección prefabricadas de hormigón para redes de alcantarillado – Requisitos.
- [g] NCh 2472: Aguas residuales - Plantas elevadoras - Especificaciones generales.
- [h] NCh 2811: Trazados, atravesos y paralelismos de tuberías de agua potable y de alcantarillado, en redes públicas de distribución de agua potable y de recolección de aguas servidas - Requisitos generales.
- [i] NCh 2080: Tapas y anillos para cámaras de válvulas de agua potable y para cámaras de inspección de alcantarillado público.
- [j] NCh 433: Diseño sísmico de edificios.
- [k] NCh 2369: Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
- [l] N SEC: Normas Eléctricas Chilenas de la SEC.
- [m] NCh 4-2003: Normas Eléctricas chilenas de Instalaciones en B.T.
- [n] Sterling SIHI: Basic Principles for the Desing of Centrifugal Pump Installations; 7th enlarged and revised edition 2003.
- [o] FLYGT: Bombas sumergibles y estaciones de bombeo
- [p] Pont-A-Mousson, Sistema completo de canalizaciones en hierro fundido dúctil, edición 1995.
- [p] KSB Know-how, tomo 7, Indicaciones de planificación KRT, 2012.
- [r] RIDAA, Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado (RIDAA).

- [s] Estándar cámaras Esva S.A.
- [t] Estándar plantas elevadoras aguas servidas Esva S.A.
- [u] Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones
- [v] Decreto 38, Norma de emisión de ruidos molestos
- [w] Bases de Licitación proyecto Maitencillo
- [x] NCh 3171 “Diseño estructural – Disposiciones generales y combinaciones de carga”
- [y] ACI 224.2R-92 “Fisuración de Miembros de Hormigón en Tracción Directa”
- [z] Proyecto “Ingeniería de Detalles Sistema de Agua Potable y Aguas Servidas de Maitencillo, comuna de Puchuncaví”, Rev 0, año 2020.

ANEXOS

ANEXO A DIÁMETRO ECONÓMICO (IMPULSIONES)

La pérdida de carga debida al rozamiento del agua dentro de las tuberías varia en el sentido inverso al diámetro de los tubos, motivo por el que interesa aumentar este para disminuir el consumo de fuerza motriz necesaria para la bomba, en cambio esto incrementa el costo de amortización de la tubería. De ahí que existe un diámetro económico para el cual la suma de estos dos gastos en mínimo.

Para encontrar el diámetro económico existen varias fórmulas, entre las que se cuentan las siguientes:

- a) Formula de Vibert (primera aproximación)
- b) Formula de Soriano
- c) Método de Labye

Por lo general se realiza una canalización mediante tubos y accesorios de diámetro comercial inmediatamente superior a D , también se pueden hacer cálculos de rentabilidad sobre la base de los diámetros comerciales inmediatamente inferior y superior a D , y adoptar entonces el que resulte más conveniente habida cuenta de los distintos datos del problema.

ANEXO B FORMULA DE MANNING

La fórmula de Manning es una fórmula empírica para estimar la velocidad o caudal medios de un líquido que fluye en un conducto que no se llena completamente, es decir, el flujo de canal abierto. Sin embargo, esta ecuación también se utiliza para el cálculo de las variables de flujo en caso de flujo en conductos parcialmente llenos, ya que también poseen una superficie libre como el de flujo de canal abierto.

$$Q(h) = \frac{1}{n} * \frac{A(h)^{\frac{5}{3}}}{P(h)^{\frac{2}{3}}} * S^{1/2}$$

donde:

- $A(h)$ = área mojada (área de la sección del flujo de agua), en m^2 , función del tirante hidráulico h ;
- $P(h)$ = perímetro mojado, en m , función del tirante hidráulico h ;
- n = coeficiente que depende de la rugosidad de la pared y cuyo valor varía entre 0,01 para paredes muy pulidas (p.e., plástico) y 0,06 para ríos con fondo muy irregular y con vegetación.
- $Q(h)$ = caudal del agua en, m^3/s , en función del tirante hidráulico h ;
- $S(h)$ = pendiente de la línea de agua en m/m .

ANEXO C RESULTADOS MODELACIÓN REDES AGUA POTABLE

Las Figuras C1, C2 y C3 de este anexo, se han obtenido de la información entregada en las Bases de Licitación del proyecto “Ingeniería de Detalles Sistema AP y AS de Maitencillo, Comuna de Puchuncaví” (Esva S.A., 2016).

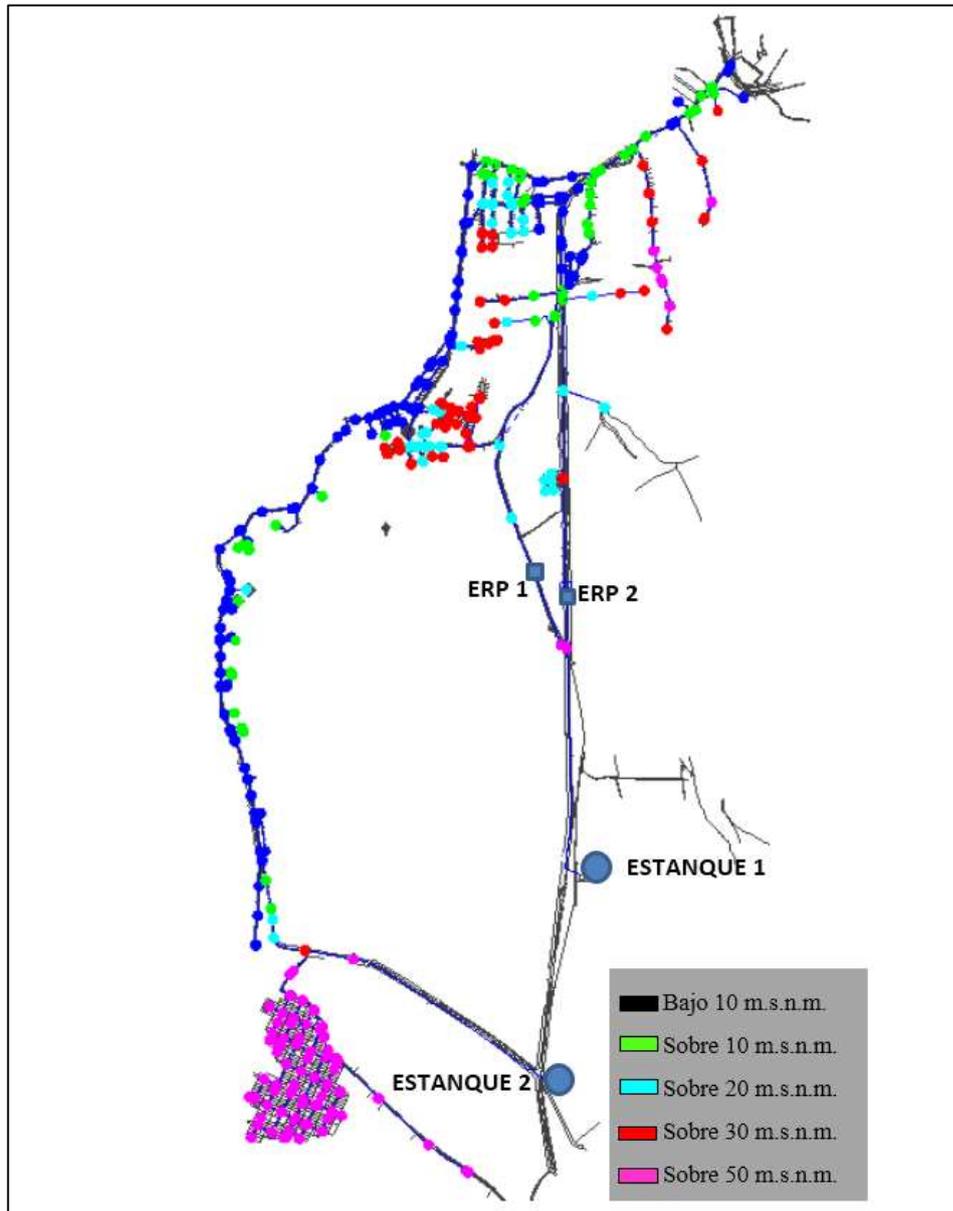


Figura C-1 Mapa cotas topográfica modelo Maitencillo

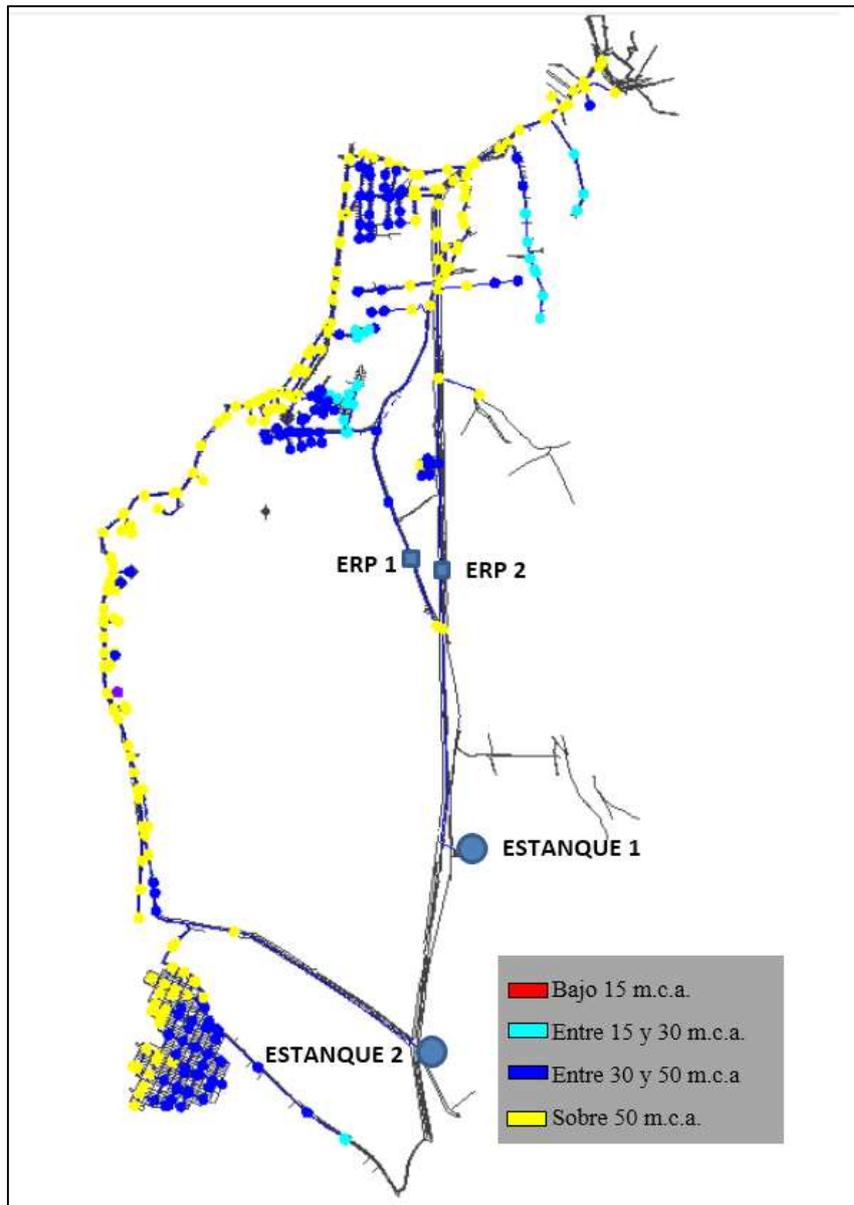


Figura C-2 Presión estática (Q est), Año 2035

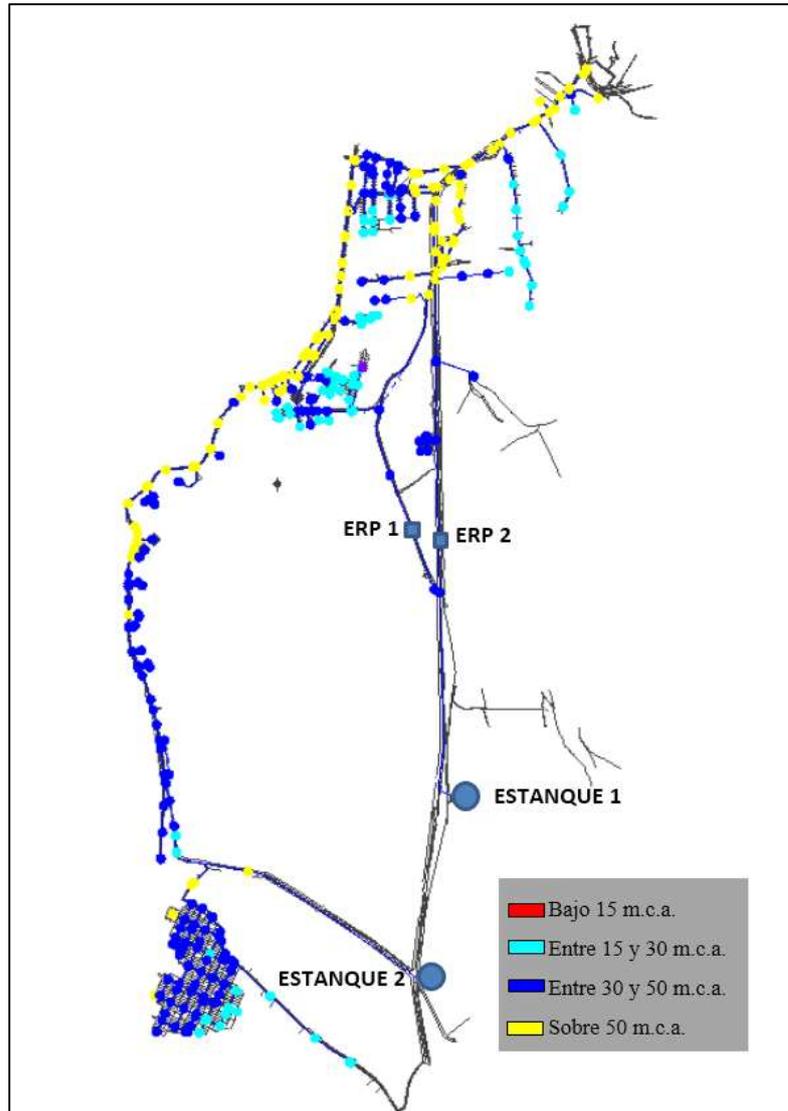


Figura C-3 Presión dinámica (Q max hor), Año 2035

ANEXO D RESULTADOS MODELACIÓN REDES AGUAS SERVIDAS

Las Figuras D-1, D-2 y D-3 de este anexo, se han obtenido de la información entregada en las Bases de Licitación del proyecto “Ingeniería de Detalles Sistema AP y AS de Maitencillo, Comuna de Puchuncaví” (Esval S.A., 2016).

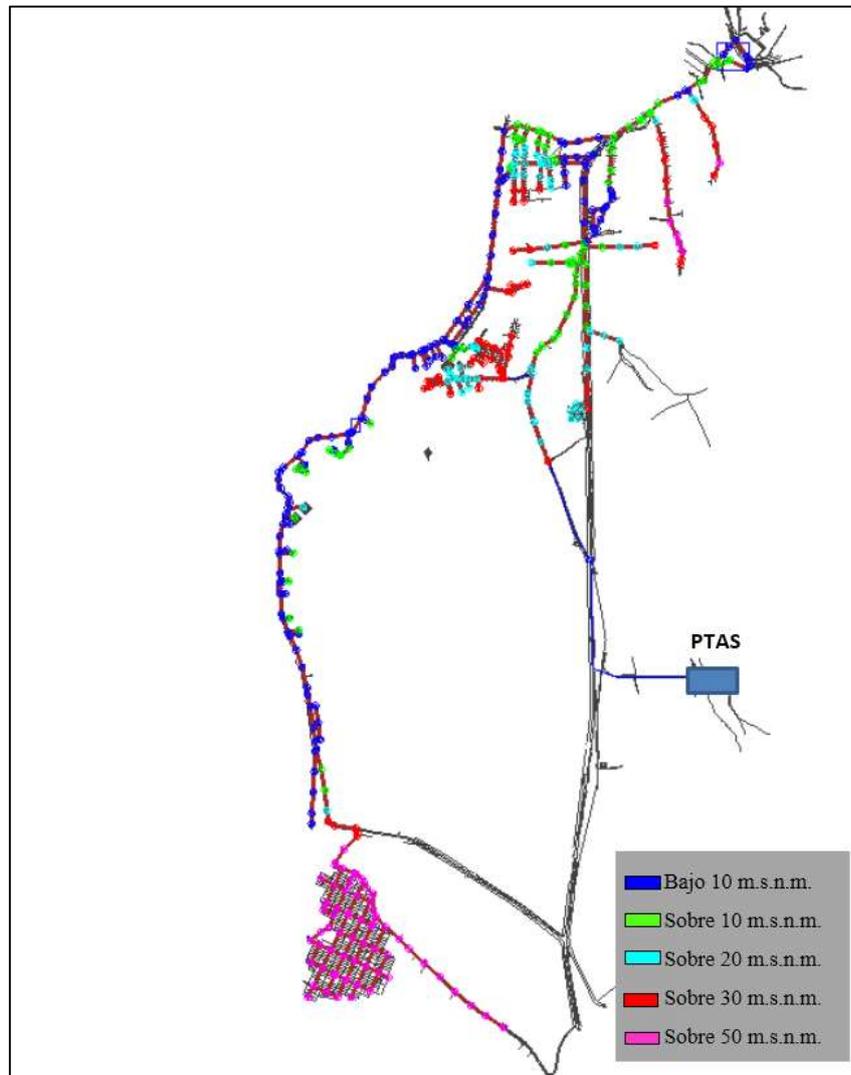


Figura D-1 Mapa cotas topográfica modelo Maitencillo

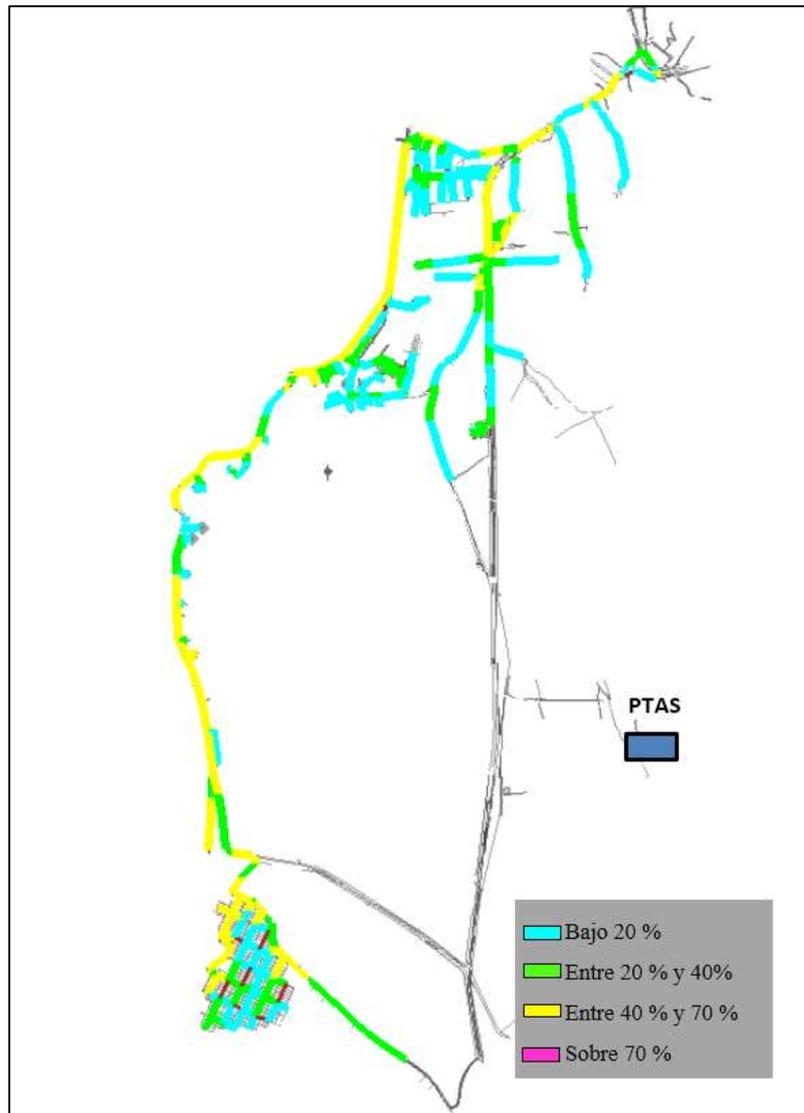


Figura D-2 Capacidad de los colectores (h/d) año 2035

Como se puede apreciar en la Figura D.2, los colectores cumplen con la normativa vigente, teniendo su h/D bajo el permitido. La capacidad máxima presentada en la modelación es de 64 % para el año 2035.

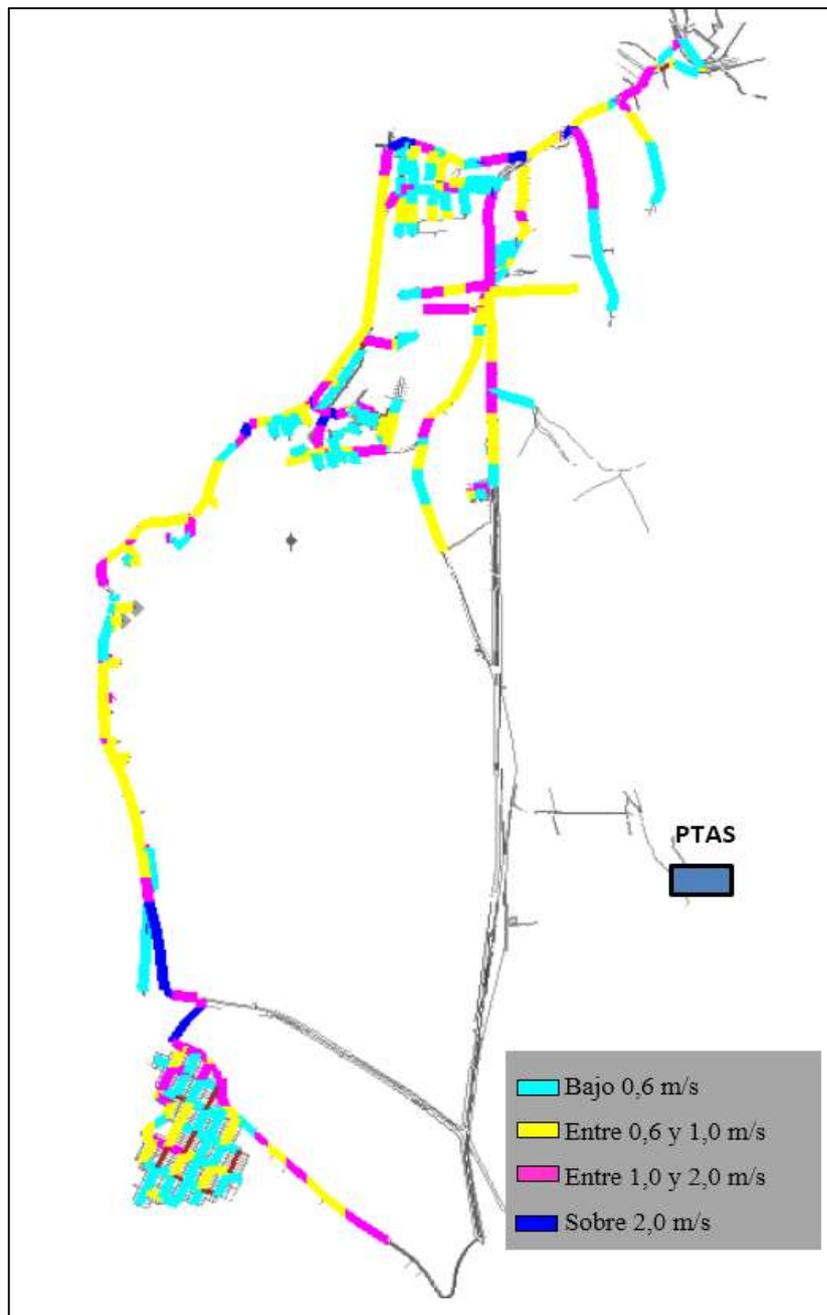


Figura D-3 Velocidad (m/s) año 2035

Como se puede apreciar en la Figura D-3, la velocidad obtenida por modelación es menor a la exigida por la normativa vigente, por lo que se estaría cumpliendo.

ANEXO E CAUDALES DISEÑO PLANTAS ELEVADORAS DE AGUAS SERVIDAS

Tabla E-1 Caudales de diseño Plantas elevadoras

PERIODO CONSIDERADO DE OPERACIÓN Y CAUDALES									
PEAS 1					PEAS 6				
Año		Periodo punta		Periodo NO punta		Periodo punta		Periodo NO punta	
		Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)
1	2019	0,59	0,17	0,35	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
5	2023	16,94	4,97	10,02	2,70	2,16	0,64	1,31	0,35
10	2028	32,13	9,46	19,02	5,14	2,70	0,83	1,66	0,45
17	2035	45,92	13,74	27,67	7,46	3,63	1,13	2,25	0,61
PEAS 2					PEAS 7				
Año		Periodo punta		Periodo NO punta		Periodo punta		Periodo NO punta	
		Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)
1	2019	1,17	0,35	0,71	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
5	2023	20,60	6,09	12,24	3,31	2,70	0,80	1,31	0,44
10	2028	36,98	10,98	21,98	5,96	3,37	1,03	1,66	0,56
17	2035	52,86	15,95	31,96	8,66	4,54	1,42	2,25	0,77
PEAS 3					PEAS 8				
Año		Periodo punta		Periodo NO punta		Periodo punta		Periodo NO punta	
		Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)
1	2019	0,36	0,11	0,22	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
5	2023	30,20	9,13	18,44	4,96	10,61	3,16	6,45	1,72
10	2028	44,59	13,89	27,54	7,54	13,27	4,07	8,16	2,21
17	2035	60,23	19,10	37,54	10,37	17,85	5,57	11,08	3,02
PEAS 5.1					PEAS 9				
Año		Periodo punta		Periodo NO punta		Periodo punta		Periodo NO punta	
		Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)
1	2019	4,51	1,34	2,72	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00
5	2023	69,40	20,92	41,95	11,36	1,45	0,44	0,89	0,24
10	2028	106,22	32,59	64,56	17,69	2,41	0,76	1,49	0,41
17	2035	148,31	46,27	91,29	25,12	3,24	1,04	2,03	0,56
PEAS 5.2					PEAS 10				
Año		Periodo punta		Periodo NO punta		Periodo punta		Periodo NO punta	
		Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)	Qmax (l/s)	Q medio (l/s)
1	2019	4,51	1,34	2,72	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00
5	2023	69,40	20,92	41,95	11,36	4,82	1,47	2,96	0,80
10	2028	106,22	32,59	64,56	17,69	8,03	2,52	4,98	1,37
17	2035	148,31	46,27	91,29	25,12	10,79	3,45	6,75	1,88

Los valores indicados en la Tabla E-1 se encuentran en las Bases de Licitación del proyecto “Ingeniería de Detalles Sistema AP y AS de Maitencillo, Comuna de Puchuncaví” (Esva S.A., 2016).

ANEXO F CALCULO DEL VOLUMEN DEL POZO DE ASPIRACIÓN

Para la dimensionar preliminarmente el pozo de succión, se ha utilizado las recomendaciones del Anexo O.

Tabla F-1 Planta elevadora de aguas servidas Peas 1

Elección cantidad de bombas	
Qmax	Opción 2
(l/s)	Nº
45,92	2
Qu (l/s)	23,0

Dimensiones Pozo de Succión						
A min (mm)	Bmin (mm)	Cmax (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	Observación
1600	700	330	210	1100	650	(1).
1210	557,5	438,75	210	600	500	Adoptado

(1) Medidas en hoja figuras según caudal unitario Qu
Dimensiones recomendadas literatura Q>=100 l/s

Area del pozo						
Espacios	Ancho (m)	Largo 1 (m)	Largo 2 (m)	Ltotal (m)	Area (m2)	Observación
2	2,1	1,6	1,0	2,6	5,5	(1).
2	2,1	1,21	1,3	2,5	5,3	Calculado
Espacios	Entre equipos, incluye el de reserva					
Ancho (m)						
Largo 1 (m)	(valor de A)					
Largo 2 (m)	(valor con piezas y equipo)					
Ltotal (m)	Largo 1 + Largo 2					
Area (m2)						

Estimación volumen requerido					
Equipos funcionando	q	Capacidad de una bomba			
	t	tiempo entre arranques sucesivos de la bomba			
	Vreq	Volumen requerido			
	q (l/s)	q (m3/min)	t (min)	Vreq (m3)	h req (m)
1	39,00	2,3	10	5,9	1,10
2	49,00	2,9	10	7,4	1,39

Alturas de funcionamiento			
Equipos funcionando	Calculada (m)	Chequeo (m)	Adoptada (m)
1	1,10	1,10	1,10
2	0,28	0,28	0,30

Tabla F-2 Planta elevadora de aguas servidas Peas 2

Elección cantidad de bombas	
Qmax (l/s)	Opción 2 N°
52,86	2
Qu (l/s)	26,4

PEAS 2

Dimensiones Pozo de Succión						
A min (mm)	Bmin (mm)	Cmax (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	Observación
1600	700	330	210	1100	650	(1).
1345	550	450	210	600	500	Adoptado

(1) Medidas en hoja figuras según caudal unitario Qu
Dimensiones recomendadas literatura Q>=100 l/s

Area del pozo						
Espacios	Ancho (m)	Largo 1 (m)	Largo 2 (m)	Ltotal (m)	Area (m2)	Observación
2	2,1	1,6	1,0	2,6	5,5	(1).
2	2,0	1,345	1,0	2,5	5,0	Calculado
Espacios	Entre equipos, incluye el de reserva					
Ancho (m)						
Largo 1 (m)	(valor de A)					
Largo 2 (m)	(valor con piezas y equipo)					
Ltotal (m)	Largo 1 + Largo 2					
Area (m2)						

Estimación volumen requerido					
Equipos funcionando	q	Capacidad de una bomba			
	t	tiempo entre arranques sucesivos de la bomba			
	Vreq	Volumen requerido			
	q (l/s)	q (m3/min)	t (min)	Vreq (m3)	h req (m)
1	42,00	2,5	10	6,3	1,26
2	53,00	3,2	10	8,0	1,59

Alturas de funcionamiento			
Equipos funcionando	Calculada (m)	Chequeo (m)	Adoptada (m)
1	1,26	1,26	1,30 Definir
2	0,33	0,33	0,35 Definir

Tabla F-3 Planta elevadora de aguas servidas Peas 3

Elección cantidad de bombas	
Qmax (l/s)	Opción 3 N°
60,23	3
Qu (l/s)	20,1

Dimensiones Pozo de Succión						
A min (mm)	Bmin (mm)	Cmax (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	Observación
1600	700	330	210	1100	650	(1).
1143	500	410	210	533	500	Adoptado

(1) Medidas en hoja figuras según caudal unitario Qu
Dimensiones recomendadas literatura Q>=100 l/s

Area del pozo						
Espacios	Ancho (m)	Largo 1 (m)	Largo 2 (m)	Ltotal (m)	Area (m2)	Observación
3	2,8	1,60	1,0	2,6	7,3	(1).
2	2,6	1,14	1,4	2,5	6,7	Calculado
Espacios	Entre equipos, incluye el de reserva					
Ancho (m)						
Largo 1 (m)	(valor de A)					
Largo 2 (m)	(valor con piezas y equipo)					
Ltotal (m)	Largo 1 + Largo 2					
Area (m2)						

Estimación volumen requerido					
Equipos funcionando	q	Capacidad de una bomba			
	t	tiempo entre arranques sucesivos de la bomba			
	Vreq	Volumen requerido			
	q (l/s)	q (m3/min)	t (min)	Vreq (m3)	h req (m)
1	26,00	1,6	10	3,9	0,58
2	47,00	2,8	10	7,1	1,05
3	62,00	3,7	10	9,3	1,39

Alturas de funcionamiento			
Equipos funcionando	Calculada (m)	Chequeo (m)	Adoptada (m)
h1	0,58	0,58	0,65 Definir
h2	0,47	0,47	0,50 Definir
h3	0,34	0,34	0,35 Definir

Tabla F-4 Planta elevadora de aguas servidas Peas 5.1

Elección cantidad de bombas	
Qmax (l/s)	Opción 4 N°
148,31	4
Qu (l/s)	37,1

Dimensiones Pozo de Succión						
A min (mm)	Bmin (mm)	Cmax (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	Observación
1600	700	330	210	1100	650	(1).
1760	792,5	596,25	210	800	500	Adoptado

(1) Medidas en hoja figuras según caudal unitario Qu
Dimensiones recomendadas literatura Q>=100 l/s

Area del pozo						
Espacios	Ancho (m)	Largo 1 (m)	Largo 2 (m)	Ltotal (m)	Area (m2)	Observación
4	3,5	1,60	1,0	2,6	9,1	(1).
4	5,20	1,76	0,8	2,90	15,1	Calculado
Espacios	Entre equipos, incluye el de reserva					
Ancho (m)						
Largo 1 (m)	(valor de A)					
Largo 2 (m)	(valor con piezas y equipo)					
Ltotal (m)	Largo 1 + Largo 2					
Area (m2)						

Estimación volumen requerido					
Equipos funcionando	q	Capacidad de una bomba			
	t	tiempo entre arranques sucesivos de la bomba			
	Vreq	Volumen requerido			
	q (l/s)	q (m3/min)	t (min)	Vreq (m3)	h req (m)
1	50,00	3,0	10	7,5	0,50
2	93,00	5,6	10	14,0	0,92
3	124,00	7,4	10	18,6	1,23
4	149,00	8,9	10	22,4	1,48

q: viene de Imp Opc 4
Elegir proveedor

Alturas de funcionamiento			
Equipos funcionando	Calculada (m)	Chequeo (m)	Adoptada (m)
h1	0,50	0,50	0,50 Definir
h2	0,43	0,43	0,45 Definir
h3	0,31	0,31	0,35 Definir
h4	0,25	0,25	0,25 Definir

Tabla F-5 Planta elevadora de aguas servidas Peas 5.2

Elección cantidad de bombas	
Qmax	Opción 4
(l/s)	N°
148,31	4
Qu (l/s)	37,1

Dimensiones Pozo de Succión						
A min	Bmin	Cmax	D	E	F	Observación
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
1600	700	330	210	1100	650	(1).
1760	792,5	596,25	210	800	500	Adoptado

(1) Medidas en hoja figuras según caudal unitario Qu
Dimensiones recomendadas literatura Q>=100 l/s

Area del pozo						
Espacios	Ancho (m)	Largo 1 (m)	Largo 2 (m)	Ltotal (m)	Area (m2)	Observación
4	3,5	1,60	1,0	2,6	9,1	(1).
4	5,20	1,76	0,8	3,50	18,2	Calculado
Espacios	Entre equipos, incluye el de reserva					
Ancho (m)						
Largo 1 (m)	(valor de A)					
Largo 2 (m)	(valor con piezas y equipo)					
Ltotal (m)	Largo 1 + Largo 2					
Area (m2)						

Estimación volumen requerido					
Equipos funcionando	q	Capacidad de una bomba			
	t	tiempo entre arranques sucesivos de la bomba			
	Vreq	Volumen requerido			
	q (l/s)	q (m3/min)	t (min)	Vreq (m3)	h req (m)
1	51,00	3,1	10	7,7	0,42
2	94,00	5,6	10	14,1	0,77
3	128,00	7,7	10	19,2	1,05
4	155,00	9,3	10	23,3	1,28

q: viene de Imp Opc 4
Elegir proveedor

Alturas de funcionamiento			
Equipos funcionando	Calculada (m)	Chequeo (m)	Adoptada (m)
h1	0,42	0,42	0,45 Definir
h2	0,35	0,35	0,35 Definir
h3	0,28	0,28	0,30 Definir
h4	0,22	0,25	0,30 Definir

Tabla F-6 Planta elevadora de aguas servidas Peas 6

Elección cantidad de bombas	
Qmax	Opción 1
(l/s)	N°
3,63	1
Qu (l/s)	3,6

Dimensiones Pozo de Succión						
A min (mm)	Bmin (mm)	Cmax (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	Observación
1600	700	330	210	1100	650	(1).
1045	460	405	210	300	500	Adoptado

(1) Medidas en hoja figuras según caudal unitario Qu
Dimensiones recomendadas literatura Q>=100 l/s

Area del pozo						
Espacios	Ancho (m)	Largo 1 (m)	Largo 2 (m)	Ltotal (m)	Area (m2)	Observación
1	1,4	1,6	1,0	2,6	3,7	(1).
1	1,3	1,045	0,8	1,8	2,4	Calculado
Espacios	Entre equipos, incluye el de reserva					
Ancho (m)						
Largo 1 (m)	(valor de A)					
Largo 2 (m)	(valor con piezas y equipo)					
Ltotal (m)	Largo 1 + Largo 2					
Area (m2)						

Estimación volumen requerido					
Equipos funcionando	q	Capacidad de una bomba			
	t	tiempo entre arranques sucesivos de la bomba			
	Vreq	Volumen requerido			
	q (l/s)	q (m3/min)	t (min)	Vreq (m3)	h req (m)
1	3,63	0,2	10	0,5	0,23

Alturas de funcionamiento			
Equipos funcionando	Calculada (m)	Chequeo (m)	Adoptada (m)
1	0,23	0,25	0,25

Definir

Tabla F-7 Planta elevadora de aguas servidas Peas 7

Elección cantidad de bombas	
Qmax	Opción 2
(l/s)	N°
4,54	2
Qu (l/s)	2,3

Dimensiones Pozo de Succión						
A min	Bmin	Cmax	D	E	F	Observación
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
1600	700	330	210	1100	650	(1).
1045	450	425	210	300	500	Adoptado

(1) Medidas en hoja figuras según caudal unitario Qu
Dimensiones recomendadas literatura Q>=100 l/s

Area del pozo						
Espacios	Ancho (m)	Largo 1 (m)	Largo 2 (m)	Ltotal (m)	Area (m2)	Observación
2	2,1	1,6	1,0	2,6	5,5	(1).
2	1,5	1,045	0,8	2,0	3,1	Calculado
Espacios	Entre equipos, incluye el de reserva					
Ancho (m)						
Largo 1 (m)	(valor de A)					
Largo 2 (m)	(valor con piezas y equipo)					
Ltotal (m)	Largo 1 + Largo 2					
Area (m2)						

Estimación volumen requerido					
Equipos funcionando	q	Capacidad de una bomba			
	t	tiempo entre arranques sucesivos de la bomba			
	Vreq	Volumen requerido			
	q (l/s)	q (m3/min)	t (min)	Vreq (m3)	h req (m)
1	3,63	0,2	10	0,5	0,18

Alturas de funcionamiento			
Equipos funcionando	Calculada (m)	Chequeo (m)	Adoptada (m)
1	0,18	0,25	0,25

Definir

Tabla F-8 Planta elevadora de aguas servidas Peas 8

Elección cantidad de bombas	
Qmax (l/s)	Opción 2
17,85	N°
Qu (l/s)	2
	8,9

Dimensiones Pozo de Succión						
A min (mm)	Bmin (mm)	Cmax (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	Observación
1600	700	330	210	1100	650	(1).
985	470	430	210	240	500	Adoptado

(1) Medidas en hoja figuras según caudal unitario Qu
Dimensiones recomendadas literatura Q>=100 l/s

Area del pozo						
Espacios	Ancho (m)	Largo 1 (m)	Largo 2 (m)	Ltotal (m)	Area (m2)	Observación
2	2,1	1,6	1,0	2,6	5,5	(1).
2	1,8	1,0	1,0	2,0	3,7	Calculado
Espacios	Entre equipos, incluye el de reserva					
Ancho (m)						
Largo 1 (m)	(valor de A)					
Largo 2 (m)	(valor con piezas y equipo)					
Ltotal (m)	Largo 1 + Largo 2					
Area (m2)						

Estimación volumen requerido					
Equipos funcionando	q	Capacidad de una bomba			
	t	tiempo entre arranques sucesivos de la bomba			
	Vreq	Volumen requerido			
	q (l/s)	q (m3/min)	t (min)	Vreq (m3)	h req (m)
1	1,80	0,1	10	0,3	0,07
2	3,63	0,2	10	0,5	0,15

Alturas de funcionamiento			
Equipos funcionando	Calculada (m)	Chequeo (m)	Adoptada (m)
1	0,07	0,25	0,25
2	0,07	0,25	0,25

Definir

Definir

Tabla F-9 Planta elevadora de aguas servidas Peas 9

Elección cantidad de bombas	
Qmax	Opción 1
(l/s)	N°
3,24	1
Qu (l/s)	3,2

Dimensiones Pozo de Succión						
A min (mm)	Bmin (mm)	Cmax (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	Observación
1600	700	330	210	1100	650	(1).
1050	250	275	210	500	500	Adoptado

(1) Medidas en hoja figuras según caudal unitario Qu
Dimensiones recomendadas literatura Q>=100 l/s

Area del pozo						
Espacios	Ancho (m)	Largo 1 (m)	Largo 2 (m)	Ltotal (m)	Area (m2)	Observación
1	1,4	1,6	1,0	2,6	3,7	(1).
2	1,5			2,0	3,0	Calculado
Espacios	Entre equipos, incluye el de reserva					
Ancho (m)						
Largo 1 (m)	(valor de A)					
Largo 2 (m)	(valor con piezas y equipo)					
Ltotal (m)	Largo 1 + Largo 2					
Area (m2)						

Estimación volumen requerido					
Equipos funcionando	q	Capacidad de una bomba			
	t	tiempo entre arranques sucesivos de la bomba			
	Vreq	Volumen requerido			
	q (l/s)	q (m3/min)	t (min)	Vreq (m3)	h req (m)
1	3,63	0,2	10	0,5	0,18

Alturas de funcionamiento			
Equipos funcionando	Calculada (m)	Chequeo (m)	Adoptada (m)
1	0,18	0,25	0,25

Definir

Tabla F-10 Planta elevadora de aguas servidas Peas 10

Elección cantidad de bombas	
Qmax	Opción 2
(l/s)	N°
10,79	2
Qu (l/s)	5,4

Dimensiones Pozo de Succión						
A min (mm)	Bmin (mm)	Cmax (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	Observación
1600	700	330	210	1100	650	(1).
950	290	345	210	500	500	Adoptado

(1) Medidas en hoja figuras según caudal unitario Qu
Dimensiones recomendadas literatura Q>=100 l/s

Area del pozo						
Espacios	Ancho (m)	Largo 1 (m)	Largo 2 (m)	Ltotal (m)	Area (m2)	Observación
2	2,1	1,6	1,0	2,6	5,5	(1).
2	1,7			1,9	3,3	Calculado
Espacios	Entre equipos, incluye el de reserva					
Ancho (m)						
Largo 1 (m)	(valor de A)					
Largo 2 (m)	(valor con piezas y equipo)					
Ltotal (m)	Largo 1 + Largo 2					
Area (m2)						

Estimación volumen requerido					
Equipos funcionando	q	Capacidad de una bomba			
	t	tiempo entre arranques sucesivos de la bomba			
	Vreq	Volumen requerido			
	q (l/s)	q (m3/min)	t (min)	Vreq (m3)	h req (m)
1	1,80	0,1	10	0,3	0,08
2	3,63	0,2	10	0,5	0,17

Alturas de funcionamiento			
Equipos funcionando	Calculada (m)	Chequeo (m)	Adoptada (m)
1	0,08	0,25	0,25
2	0,08	0,25	0,25

Definir

Definir

ANEXO G VENTOSAS

G.1 Bases de calculo

G.1.1 Problema de aire en tuberías

En el funcionamiento normal de una tubería la mayor parte del aire se genera por cambios de presión dentro del ducto y por cambios de temperatura.

Existe una fracción de aire (realmente es oxígeno ya que el nitrógeno es prácticamente insoluble) que viaja disuelto en el agua. El contenido de aire disuelto en el agua depende sobre todo de la presión y la temperatura. A mayor presión el contenido de aire disuelto en el agua es mayor. A mayor temperatura, el contenido de aire disuelto disminuye. En condiciones de alta temperatura y baja presión este oxígeno se libera en mayor proporción.

En los cambios de pendientes de las conducciones se producen alteraciones de la presión dentro de las mismas, lo que hace que pueda liberarse aire disuelto con la consiguiente formación de bolsas de aire. Esto es particularmente importante en impulsiones donde la presión va disminuyendo progresivamente a lo largo de la conducción.

Una vez que la instalación está en funcionamiento las bolsas de aire se desplazan por la tubería y se acumulan en las zonas más elevadas y a lo largo de accesorios y derivaciones.

Las bolsas de aire y el aire disuelto en el agua pueden ocasionar los siguientes problemas en las conducciones:

- Roturas de las tuberías debido a sobrepresiones o incluso a depresiones.
- Limitación parcial o total de la circulación del agua.
- Pérdidas de la eficiencia del sistema y aumento de costes.
- Cavitación en accesorios (válvulas, hidrantes y reguladores de presión).
- Inexactitud en las mediciones de caudal y desgaste de partes móviles de contadores.
- Las bolsas de aire reducen el caudal que circula por la tubería perdiendo eficiencia el sistema debido a las altas pérdidas de carga generadas.

La manera de solucionar los inconvenientes del aire en las conducciones es utilizando válvulas para la evacuación de aire o ventosas.

G.1.2 Tipos de ventosas

a) Ventosas de pequeño orificio de salida

Se denominan también purgadores, ventosas de alta presión o de efecto automático.

Tienen un orificio de salida de aire de pequeño diámetro (no más de 25 mm) y su función es evacuar las pequeñas burbujas que se liberan durante el normal funcionamiento de la instalación, por tanto, evacuan pequeñas cantidades de aire.

b) Ventosas de gran orificio de expulsión y de admisión de aire

Se denominan también de efecto cinético o de baja presión. Están especialmente diseñadas para evitar un cierre anticipado, realizando por tanto una eficaz expulsión del aire.

Las ventosas de efecto cinético tienen un orificio de grandes dimensiones, de 25 a 400 mm de diámetro, de manera que permite la salida de grandes cantidades de aire cuando la instalación se está llenando y, así mismo, la entrada de grandes cantidades de aire cuando la tubería se vacía ya sea voluntaria o accidentalmente como consecuencia de tareas de mantenimiento, reparación o roturas. Algunos modelos, están además especialmente indicados para controlar los transitorios o golpes de presión tanto positivos como negativos que puedan producirse.

c) Ventosas Trifuncionales

Llamadas también de doble propósito, de doble efecto o de doble orificio.

Son una combinación de las anteriores, de manera que combinan en un solo cuerpo o en dos, las funciones descritas para los tipos anteriores. Se denominan trifuncionales porque son capaces de realizar las tres funciones ya vistas, y que son:

1. Evacúan el aire de las tuberías en el momento del llenado.
2. Purgan pequeñas cantidades de aire cuando la red está bajo presión.
3. Permiten la entrada de aire en el momento del vaciado de la red.

G.1.3 Ubicación de ventosas

En la Figura G-1 se resumen los puntos singulares donde se deberían colocar ventosas.

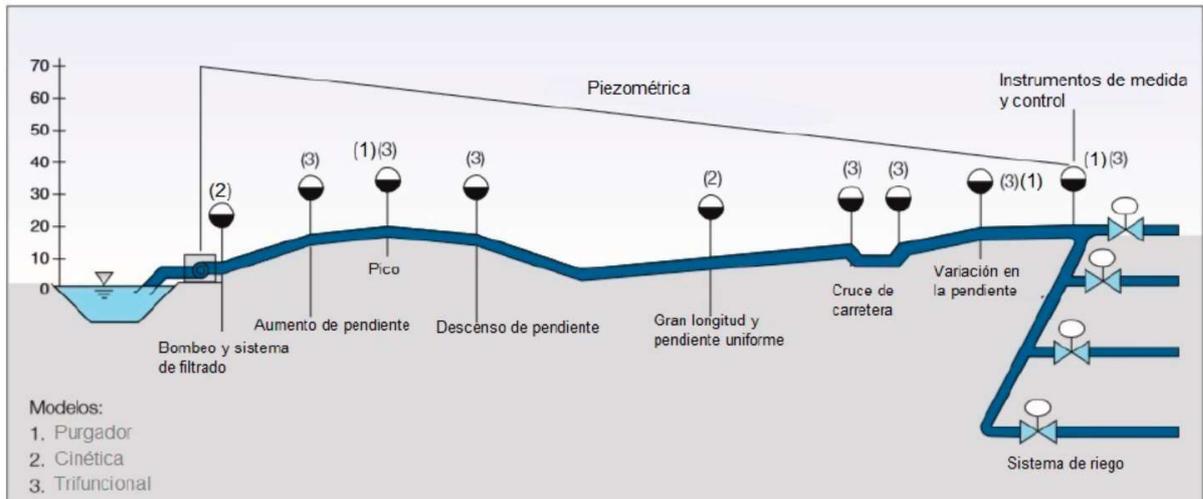


Figura G-1 Pendientes críticas para el movimiento de burbujas en ductos cerrados

G.1.4 Generación de aire en tuberías

Para dimensionar ventosas se deberá de tener en cuenta los cambios de presión y temperatura del agua en la conducción, ya que son los que ocasionan la liberación del aire.

La cantidad máxima de aire disuelto en el agua a presión atmosférica (m³ de aire en m³ de agua) es el denominado Coeficiente de Bunsen (CB), y los valores de cantidad disuelta de aire según la temperatura vienen dados en la Tabla G-1:

Tabla G-1 Coeficiente de Bunsen CB (m³ de aire / m³ de agua)

T (°C)	0	5	10	15	20	25	30
C _B	0,0286	0,0252	0,0224	0,0201	0,0183	0,0167	0,0154

La cantidad de aire (Q_{aire}) que se liberará en una conducción que transporta un caudal de agua Q_{agua} a una temperatura constante, con una variación de presión Δp es:

$$Q_{aire} = C_B * Q_{agua} * \Delta p$$

Los fabricantes informan de la capacidad de purga o evacuación de aire de purgadores de diferente tamaño mediante gráficas caudal-presión como se muestra en la siguiente Figura G-2, que corresponde a ventosas IRUA de pequeño orificio.

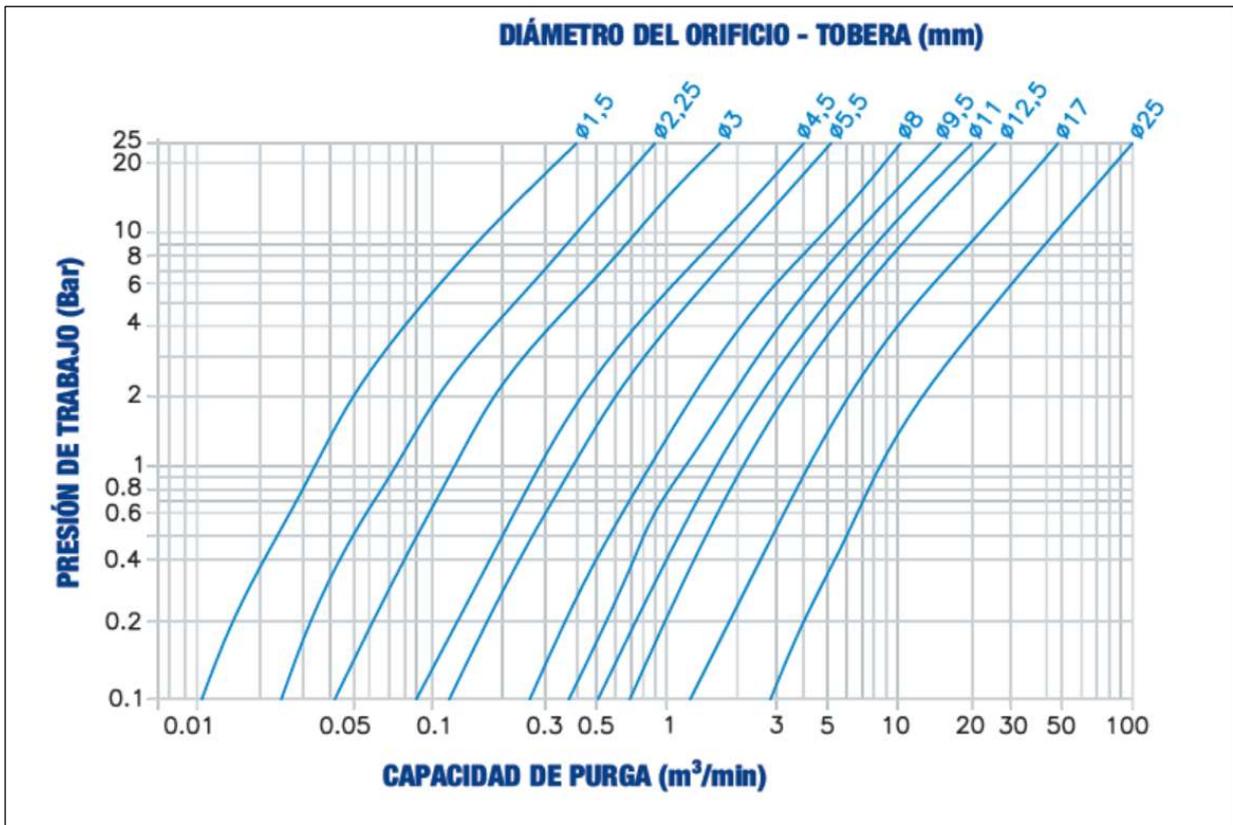


Figura G-2 Gráfico de capacidad de evacuación de aire de ventosas

G.1.5 Movimiento de aire dentro de las tuberías

Para determinar el movimiento del aire dentro de las tuberías se aplica lo indicado en el documento de referencia (Air Water Flow in Hydraulic Structures, 2000, p. 51), que muestra el gráfico adimensional con los pendientes límites para el movimiento de burbujas y bolsones de aire en ductos en presión.

En la Figura G-3 se entrega el referido gráfico.

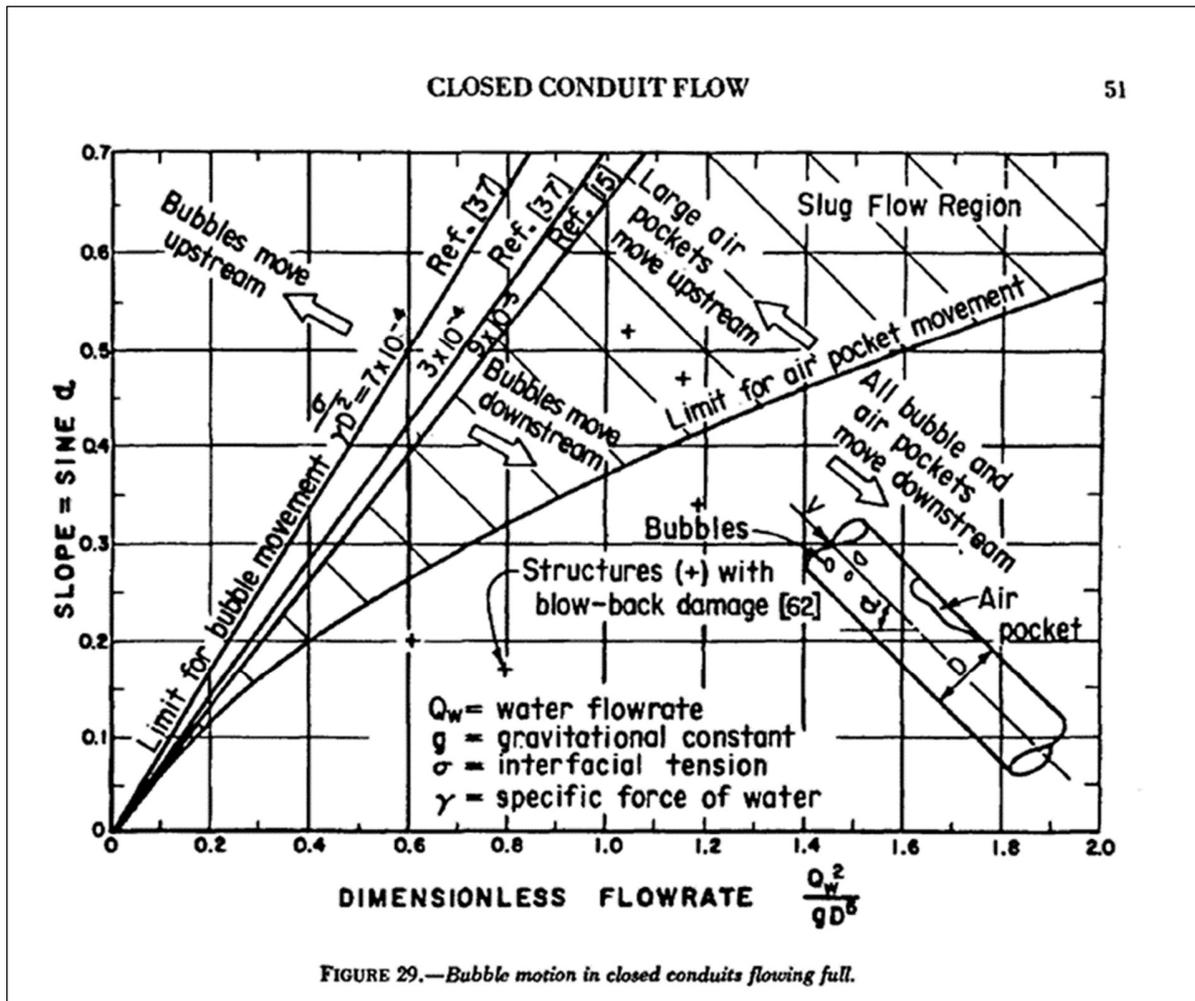


Figura G-3 Pendientes críticas para el movimiento de burbujas en ductos cerrados

G.1.6 Llenado de tuberías

Para el dimensionado de las ventosas se utilizarán los diagramas suministrados por el fabricante, entrando con el caudal de aire (Q_a) y la presión diferencial de diseño* (ΔP). Normalmente se toma una ΔP de 3-3,5 mca para que se produzca el cierre de la válvula.

Para el dimensionado de las ventosas se utilizarán los diagramas suministrados por el fabricante, entrando con el caudal de aire (Q_a) y la presión diferencial de diseño* (ΔP). Normalmente se toma una ΔP de 3-3,5 mca para que se produzca el cierre de la válvula.

En tuberías de impulsión, se opta por el caudal que impulsa la bomba, el cual se considera como caudal de salida del aire –recordemos que se trata de vaciar el aire de la conducción que es empujado por el agua-. Dicho caudal se lleva a las curvas de descarga de la válvula ventosa y se elige aquella que nos dé un valor próximo a 3 o 3,5 mca de presión diferencial de diseño, dependiendo del fabricante.

En tuberías por gravedad, el caudal de llenado viene determinado por la presión máxima por golpe de ariete que pueda soportar la instalación. Normalmente se toma como presión máxima un 0,75 de la presión nominal de la tubería o bien la presión nominal. El caudal de llenado, suponiendo que el agua se detenga de forma repentina al final de la conducción –como ocurre en muchas instalaciones de riego-, vendrá determinado por la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{\Delta H * g * S}{a}$$

Donde:

Q: es el caudal de llenado de la conducción, igual al caudal de la salida del aire (m³/s)
 ΔH : es la máxima presión positiva permitida (m.c.a.), que suele tomarse un 0,75 PN o PN
 g: es la aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)
 S: es la sección de la tubería, en m²
 a: es la celeridad de la onda

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + K_c * \frac{D_i}{e}}}$$

Donde:

Di: el diámetro interior de la tubería en mm
 e: el espesor de la tubería en mm
 Kc: es un parámetro adimensional, calculado a partir de la expresión:

$$K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

Donde: E es el módulo de elasticidad del material de la tubería en kg/m²

G.1.7 Vaciado de tuberías

Para el dimensionado se utilizarán las curvas suministradas por el fabricante para la admisión de aire por la ventosa. Se tomará generalmente una presión de diseño de 3 o 3,5 mca.

Cuando se abre la válvula de drenaje, la tubería se vacía por gravedad.

El caudal máximo de drenaje por gravedad se puede calcular según la fórmula:

$$Q = 1,2916 * 10^{-5} * C * S^{0,54} * D^{2,63}$$

Donde

Q: es el caudal debido a la gravedad (m³/h)

S: Pendiente de la tubería (m/m)

D: Diámetro interior de la tubería (mm)

C: Coeficiente de pérdida de carga (Hazen-Williams)

A efectos prácticos se puede seleccionar el tamaño de las válvulas de vaciado como una parte del caudal máximo de drenaje en relación con el diámetro de las tuberías de los tramos de la conducción a evacuar, de tal forma que cumpla con las indicaciones de la Tabla G-2, siendo Q el caudal máximo de drenaje. Asimismo, se dan unos valores medios del tamaño de la válvula de drenaje según el diámetro de la conducción.

Tabla G-2 Valores medios válvulas de drenaje

Diámetro de la conducción (mm)	$D < 200$	$200 \leq D \leq 350$	$350 \leq D < 700$	$350 \leq D < 1000$
Caudal que evacuar (q)	$q = Q$	$q = Q/2$	$q = Q/3$	$q = Q/4$
Tamaño desagüe (mm)	80	100	150	200

ANEXO H CÁLCULO DE ESPESOR CAÑERÍAS DE ACERO

De acuerdo con lo definido en el criterio de Diseño de cañerías, para el cálculo de los espesores de cañerías de las impulsiones se usa la metodología indicada en el código ASME B31.4-2016 “Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries”, Chapter II Design”.

$$tn \geq t + A$$

Con:

- A= Suma de las tolerancias para roscado, ranurado, corrosión y erosiones requeridas en los párrafos 403.2.2 a 403.2.4, del B31.4 y aumento del grosor de la pared si se usa como medida de protección en el párrafo 403.1 del B31.4.
- tn= espesor nominal de la pared que satisface los requisitos de presión y tolerancias
- t= espesor de la pared de diseño de presión, calculado en milímetros de acuerdo con las siguientes ecuaciones

$$t = \frac{P * D}{20 * S}$$

D= Diámetro exterior del tubo, mm.

P= Presión de diseño interior, bar.

S= Valor de tensión admisible aplicable, MPa, según lo determinado en la siguiente ecuación:

$$S = E * F * S_y$$

E= Factor de unión de soldadura como se especifica en la Tabla 403.2.1-1 de B31.4

F= Factor de diseño basado en el espesor nominal de la pared.

Sy= resistencia mínima especificada de la tubería, MPa.

De acuerdo con lo indicado en B31.4, al establecer el factor F, se ha prestado la debida atención y se ha tenido en cuenta la tolerancia al espesor plancha y la profundidad máxima permitida de las imperfecciones previstas en las especificaciones aprobadas por el código. El valor de F utilizado en este código no será superior a 0,72. Donde lo indique el servicio o la ubicación de la cañería, los usuarios de este código pueden optar por utilizar un factor de diseño, F, interior a 0,72.

Los parametros relevantes para el cálculo son:

A= 1,0 mm por pitting

Sy= 2.413 kg/cm² (acero ASTM A53 Grado B)

E=1 (factor de soldadura)

F= 0,50 para las presiones en operación normal y 0,72 para presiones con transientes hidráulicos.

ANEXO I CÁLCULO DE TIEMPO DESAGÜE

Para una válvula que desagua al aire se puede suponer un escurrimiento por orificio por lo que el caudal puede ser calculado con la siguiente ecuación:

$$Q = m * w * \sqrt{2 * g * h}$$

Con:

Q = Caudal inicial de desagüe (m³/s)

m = coeficiente orificio

w = sección del desagüe (m²)

h = carga disponible (m)

El coeficiente "m" se estima en función de las pérdidas de carga del desagüe.

$$H = \frac{K * v^2}{2 * g}$$

Por lo que:

$$v = \sqrt{\frac{1}{K} * \sqrt{2 * g * H}}$$

Con:

$$m = \sqrt{\frac{1}{K}}$$

Considerando un desagüe con una válvula de corte y una longitud de 10 m, el coeficiente K de las pérdidas de carga singulares equivalente es:

Pieza	K
Tee	0,9
Válvula parcial abierta	2,1
Salida	1,0

Para las pérdidas friccionales del desagüe, con C= 88, se estima un K equivalente de 0,2 por cada 1 m de longitud de la cañería de desagüe. Considerando la longitud de los desagües de 10 m se tiene un K_{eq} = 2.

El K total es igual a 6, por lo tanto, m= 0,41.

Finalmente, el tiempo de desagüe es:

$$t = \frac{2 * V}{Q}$$

con:

t = tiempo desagüe

V = volumen de desagüe en la conducción

Q = Caudal inicial de desagüe

Por otra parte, es conveniente limitar la velocidad en el desagüe a 5 m/s. Por lo tanto, para calcular el tiempo de desagüe, se considerará la velocidad resultante del cálculo sin limitación y con la limitación de los 5 m/s.

Para limitar la velocidad de desagüe se deben instalar dispositivos de disipación de energía como son las placas orificios en la descarga de la cañería del desagüe.

ANEXO J PLACAS ORIFICIO

J.1 Definición

La placa de orificio es un dispositivo que permite medir el caudal de un fluido que pasa por una tubería. Consta de un disco con un orificio en el centro de este que se coloca perpendicular a la tubería.

Es un elemento de medición primario, pero es muy utilizado debido a su facilidad de uso, bajo precio, poco mantenimiento y gran eficiencia.

J.2 Tipos de placa orificio

1. Placas de orificio concéntricas: En estas placas el orificio del disco se encuentra en el centro de este. De aplicación universal para fluidos limpios.
2. Placas de orificio concéntricas cónicas: En este caso el orificio al igual que las placas concéntricas se encuentra en el centro del disco, pero en este el diámetro del orificio se va reduciendo a medida que el fluido va atravesando el disco. Es utilizados para fluidos que tienen un alto número de Reynolds, es decir fluidos que tienden a comportarse de forma turbulenta.
3. Placas de orificio excéntricas: Son aquellas en las que el orificio no se encuentra en el centro del disco, sino que levemente hacia abajo. Se utiliza para tuberías de diámetro pequeño.
4. Placas de orificio concéntricas segmentadas: Aquí la diferencia con las otras placas concéntricas es que el orificio no es un círculo, sino que esta segmentado, formando un semicírculo. Es utilizado para medición de fluidos que contienen partículas



Figura J-1 Tipos de placa orificio

Las placas orificio serán dimensionadas de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$\text{Si } d_1/d_2 > 0,3: \quad Q = 0,01252 * C * d_1^2 * \sqrt{h} * \sqrt{\frac{1}{1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4}}$$

$$\text{Si } d_1/d_2 \leq 0,3: \quad Q = 0,01252 * C * d_1^2 * \sqrt{h}$$

Donde:

Q = Caudal a través de la placa orificio (m³/h)

C = Coeficiente de descarga de la placa orificio (0,61)

h = Pérdida de carga en la placa orificio (mca)

d₁ = diámetro del orificio (mm)

d₂ = Diámetro interior donde se instalará la placa orificio (mm)

De ser necesario se podrán instalar placas orificio en serie.

ANEXO K GOLPE DE ARIETE

El golpe de ariete es uno de los fenómenos físicos sobre los que más se habla en el mundo de las conducciones. Sin embargo, no siempre se tiene claro de qué se trata o se desconocen datos fundamentales de en qué consiste y, sobre todo, cómo evitarlo.

El golpe de ariete no es más que la sobrecarga de presión que sufre una tubería en su interior cuando una columna de líquido se mueve dentro de ella con cierta inercia y, de repente, ese flujo cesa de forma repentina.

Esa parada en el flujo del líquido puede estar motivada por muchas razones, como por ejemplo el cierre de una válvula. Por otra parte, cuanto más larga es la conducción y más alta la velocidad del líquido, mayor es también la sobrecarga de presión que padece el tubo.

La inercia natural que tiene el interior de un líquido en una tubería es siempre proporcional a su peso y a su velocidad. El fenómeno del golpe de ariete es común porque es relativamente habitual que se den paradas bruscas en el flujo.

Además de la apertura y el cierre rápidos de una válvula, que hemos mencionado anteriormente, también el arranque y la parada de una bomba puede generar este fenómeno.

En tercer lugar, pero no menos importante, está la acumulación y el movimiento de bolsas de aire en el interior de las propias tuberías. Cuando hay aire atrapado en un tubo, éste, al moverse con el agua, puede actuar como un resorte y forzar la flexibilidad de la tubería con muchas y aleatorias compresiones y expansiones.

Esos cambios bruscos pueden hacer que en algunos puntos concretos se llegue a multiplicar hasta por 10 la presión normal de servicio.

K.1 Consideraciones de cálculo

El cálculo de la protección de la impulsión contra el golpe de ariete consiste en determinar el volumen de los estanques hidroneumáticos necesarios para que no se produzca subpresión en ningún punto del trazado de la tubería.

Ec. 1. Celeridades de la onda de presión

La ecuación para determinar la celeridad de una onda de presión en una cañería es la siguiente:

$$a = \sqrt{\frac{1}{\frac{w}{g} \cdot \left(\frac{1}{K} + \frac{D \cdot c_2}{e \cdot E} \right)}}$$

donde:

- E = Módulo de elasticidad $\left[\frac{kg}{m^2} \right]$
- e = Espesor de la tubería [mm]
- D = Diámetro interno de la tubería [mm]
- K = Módulo de compresibilidad del agua $\left[\frac{kg}{m^2} \right]$
- w = Peso específico del agua $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$
- c₂ = Coeficiente que depende del tipo de anclaje de las tuberías

El coeficiente c₂ se determina con la siguiente ecuación, al tener anclaje en uno de los extremos:

$$c_2 = 1 - \mu^2$$

donde:

μ = Coeficiente de Poisson del material

En la Tabla K-1 siguiente se dan algunos valores característicos para las variables en el cálculo de celeridad.

Tabla K-1 Valores típicos para cálculo celeridad

Material	E (kg/m ²)	μ
PVC	14.276	0,46
HDPE	28.100	0,46
Asbesto cemento	240.000	
Hierro dúctil	1.000.000	0,25
Acero	2.100.000	0,27

Fuente: Varios catálogos

K.2 Tipos de sistemas de protección

Chimenea unidireccional (one-way)

Una Chimenea Unidireccional es un tanque de almacenamiento (conformado por una tubería colocada verticalmente, la mayoría de las veces) y que generalmente es instalada en los puntos altos de la línea, teniendo como finalidad la incorporación del agua almacenada en ella hacia la Aducción cuando la presión en el Punto de Conexión es inferior a su altura de agua. De esta forma se controlan las depresiones que podrían conducir a presiones de vaporización del agua (Cavitación) con la consiguiente separación de la columna líquida.

A la salida de la Chimenea Unidireccional, en el punto de conexión con la Aducción, se debe instalar una Válvula de Retención (o Válvula Check) de forma tal que sólo se verifique flujo desde ésta hacia la tubería. Una vez la Chimenea se vacía, una tubería de derivación con flotante permite reponer el líquido en ella, a la espera de un nuevo evento.

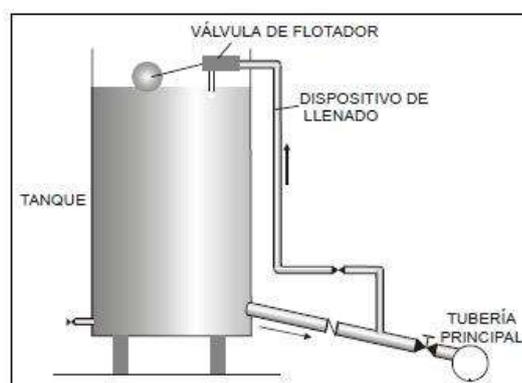


Figura K-1 Chimenea Unidireccional

Chimenea bidireccional (chimenea de equilibrio)

La Chimenea Bidireccional, de forma similar a la Unidireccional, es una tubería abierta a la atmósfera, con la particularidad de que permite el flujo desde ella hacia la Aducción y desde ésta hacia ella, restringiendo la transmisión de las ondas (sobrepresión y depresión) generadas por el Golpe de Ariete en Tuberías.

Dado que la Chimenea Bidireccional es abastecida directamente desde la Aducción, debe tomarse en cuenta que debe ser ubicada en puntos altos de ella, de forma tal de cubrir, con su altura, la posición de la piezométrica en régimen permanente del sistema.

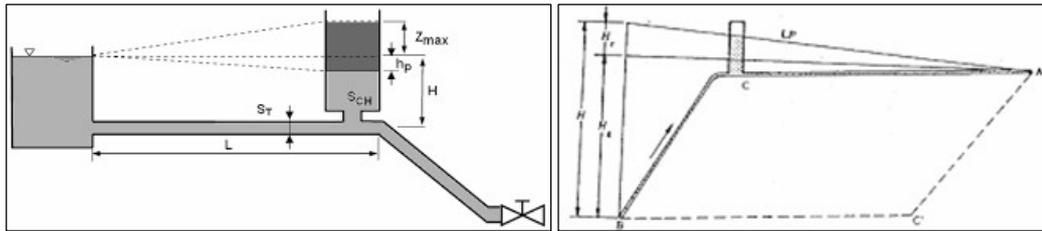


Figura K-2 Chimenea Bidireccional

Tanque de Aire Comprimido

Un Tanque de Aire Comprimido, o Tanque Hidroneumático, es generalmente la alternativa al uso de Chimeneas de Equilibrio en Aducciones, pues estos Tanques, utilizando la propiedad de compresibilidad del aire, evitan tener que recurrir a chimeneas muy altas que en cualquier caso serían sumamente costosas de construir (en el caso de que esto sea posible).

En esencia es un tanque hermético que contiene tanto aire como agua y el cual está conectado a la Aducción a través de un orificio diferencial el cual busca generar poca resistencia (bajas pérdidas) al paso del flujo desde el Tanque hacia el sistema, pero que, en el caso de flujo desde La Aducción hacia él, genere pérdidas apreciables con la consiguiente restricción del flujo. De esta forma se convierte en un dispositivo amortiguador de las ondas de sobrepresión.

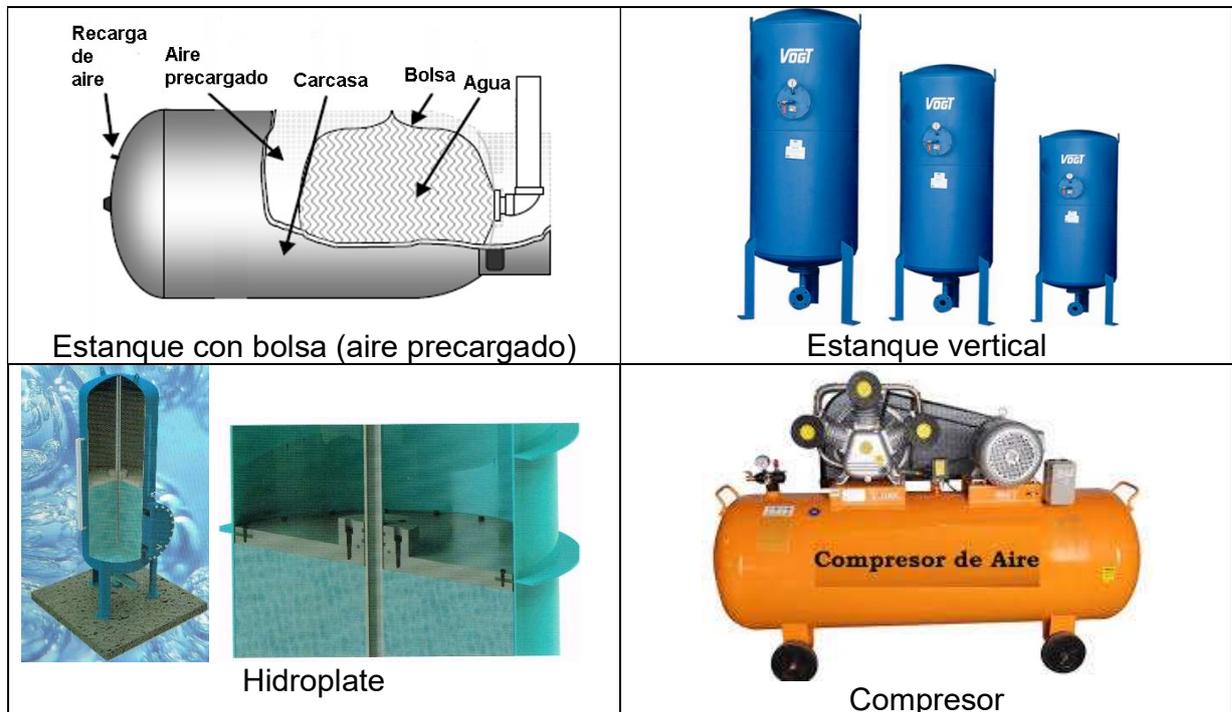


Figura K-3 Sistemas hidroneumáticos y compresor

K.3 Ubicación de los sistemas de protección

La ubicación de los sistemas de protección por un lado de la función que tiene, es decir: conducción, aducción o impulsión, y por otro al perfil geométrico y la línea piezométrica que le corresponde.

Impulsiones

Se debe tener especial cuidado con las bajas de presión ya que éstas dañan las conducciones en mayor medida que las sobrepresiones.

En general para el caso de las impulsiones se considera un sistema compuesto por hidroneumáticos ubicados junto al equipo de motobombas, funcionan instalando estanques unidireccionales o bidireccionales, dependiendo de los perfiles asociados a la impulsión. En algunos casos se debe combinar distintos sistemas de protección, los cuales definitivamente dependen del perfil de la conducción y la línea piezométrica.

K.3.1 Protección para agua potable

- a) Hidroneumático sin compresor (bolsa de caucho)
- b) Hidroneumático con compresor
- c) Hidroneumático con nitrógeno (para altas presiones)
- d) Estanque unidireccional (one-way)
- e) Estanque bidireccional (Chimenea de equilibrio)
- f) Hidroplate (para alta y bajas presiones)

K.3.2 Protección para aguas servidas

- a) Hidroneumático con compresor
- b) Estanque unidireccional (one-way)
- c) Chimenea de equilibrio (no recomendado dada la emanación de olores)

ANEXO L MACHONES PARA CONDUCCIONES

Para evitar el deslizamiento de las conducciones durante su operación, se utilizan machones en los nudos con curvas verticales y horizontales, así como en pendiente fuerte. La materialización de machones de anclaje o sostenimiento permite traspasar las resultantes de las fuerzas de presión generadas por los cambios de dirección de la tubería proyectada hacia el terreno.

L.1 Machones de anclaje verticales, horizontales y muertos

De acuerdo con la desangulación de la tubería se proyectan tres tipos de machones: machón horizontal, vertical y muerto.

- a) El machón horizontal se utiliza cuando la desangulación da origen a una fuerza que tiende a desplazar a la tubería en el plano horizontal. Para impedir el desplazamiento de la tubería.
- b) El machón vertical y el muerto se utilizan cuando la desangulación vertical da origen a una fuerza que tiende a levantar (curva vertical convexa) o enterrar (curva vertical cóncava) la cañería.

En el primer caso se emplea un muerto para aportar el peso necesario y así evitar que la cañería se levante.

En el segundo caso, cuando la cañería tiende a enterrarse producto de la fuerza, se utiliza un machón vertical para soportar la cañería y repartir de los esfuerzos que dicha fuerza transmite al suelo, manteniéndose por debajo de la capacidad de soporte del suelo.

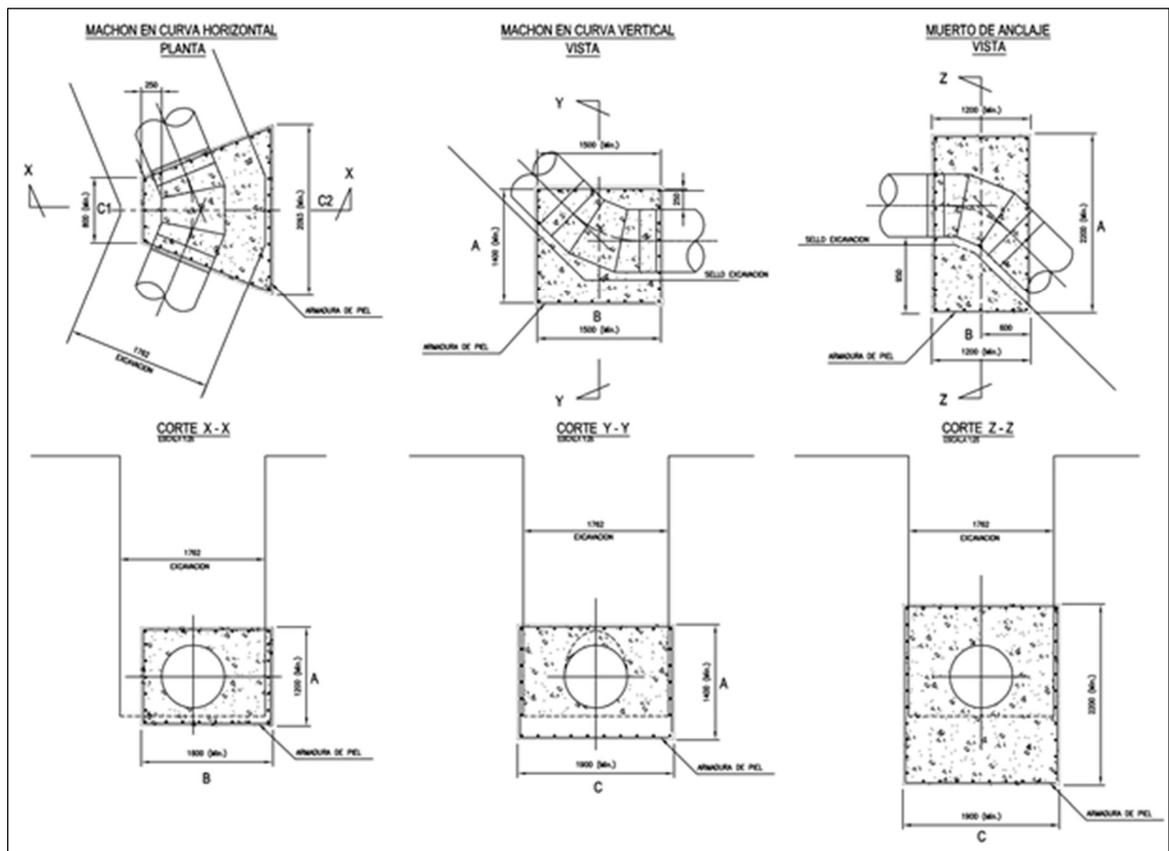


Figura L-1 Geometrías típicas de Machones

L.2 Machones de sostenimiento en pendientes altas del terreno

Cuando la tubería se proyecta en terreno con pendiente se deben instalar machones para sostenerla, en este sentido y dada las condiciones sísmicas de nuestro país el diseño debe considerar las siguientes condiciones de la Tabla L-1:

Tabla L-1 Factor de seguridad

Acción	Carga normal	Carga normal + sismo
Deslizamiento	1,5	1,3
Volcamiento	1,5	1,3

ANEXO M VARIADORES DE FRECUENCIA

M.1 Introducción

Los variadores de frecuencia esencialmente permiten el control de la velocidad de la bomba; y por tanto del caudal y la altura, actuando sobre la frecuencia que le llega al motor eléctrico. Por tanto, además de suavizar los arranques, los variadores de frecuencia nos permiten hacer regulaciones exactas del caudal que deseamos enviar en un momento dado.

En el caso de las estaciones de bombeo, permiten:

- Mantener constante el caudal de agua que se está bombeando (independiente de la cota de agua, pero dependiente de los límites físicos de la bomba).
- Mantener constante el nivel del pozo independiente del caudal que se tenga que bombear.

M.2 Leyes de afinidad

La velocidad de un motor asincrónico es proporcional a la frecuencia. El caudal variará de forma proporcional a la velocidad. La altura y el NPSH son proporcionales al cuadrado de la velocidad. Por último y como consecuencia de lo anterior, la potencia es proporcional al cubo de la velocidad. Pero el rendimiento hidráulico se mantiene pese a que se reduzca la velocidad.

De acuerdo con lo indicado el texto FLYGT (FLYGT, 2004, p.176), las ecuaciones siguientes muestran las Leyes de Afinidad:

$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)$	$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$	$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$
--	--	--

Todos los puntos sobre la curva Q-H (Caudal-Altura) se mueven a lo largo de una curva cuadrática con rendimiento constante hacia el origen. El punto de trabajo es siempre la intersección de la curva Q-H con la curva del sistema.

Se recomienda que cuando se elija una bomba para trabajar con variador, tenga el punto de trabajo a pleno régimen en el lado derecho del punto de máximo rendimiento en la curva Q-H. Así, podremos tener rendimientos aceptables cuando reduzcamos la frecuencia.

En la Figura M-1 encontrada en texto FLYGT (FLYGT, 2004, p.176), se muestra como varia el rendimiento hidráulico para diferentes velocidades.

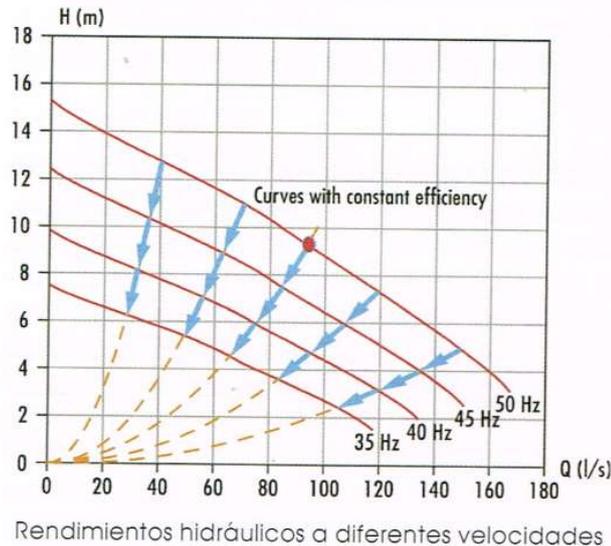


Figura M-1 Rendimientos hidráulicos a diferentes velocidades

M.3 NPSH de equipos de bombeo

En los sistemas de bombeo es necesario tener en cuenta la carga positiva de succión de las motobombas (NPSH).

Se llama carga neta de succión requerida NPSHr a la altura de la columna que se requiere para hacer escurrir el fluido hacia la motobomba sin producir inconvenientes de cavitación. Es un valor experimental y lo dan los fabricantes de cada tipo de motobomba.

La altura de presión atmosférica debe ser igual a la altura de aspiración más las pérdidas de carga, más la presión de vapor y más la carga neta de succión.

La ecuación es la siguiente:

$$NPSHd(bomba) \leq P_{Atm} - PV - PCA - HGA$$

Donde:

- NPSHd (bomba) : Carga neta de succión disponible de la bomba.
- P_{Atm} : Presión Atmosférica.
- P_{CA} : Pérdidas de carga de la aspiración.
- P_V : Presión de Vapor.
- H_{GA} : Altura de aspiración

Se debe cumplir que: $NPSH_d > NPSH_r$

En las Tablas M-1 y M-2 se indican valores referenciales para el cálculo del $NPSH_d$, en la bibliografía nacional está la totalidad de los valores.

Tabla M-1 Valores típicos presión de atmosférica

Altitud (m)	Presión (milibares)	Presión (atmosferas)	Altitud (m)	Presión (milibares)	Presión (atmosferas)
0	1.013	1,000	2.500	747	0,737
250	984	0,971	2.750	724	0,714
500	955	0,942	3.000	701	0,692
750	926	0,914	3.250	679	0,670
1.000	899	0,887	3.500	658	0,649
1.250	872	0,860	3.750	637	0,628
1.500	846	0,834	4.000	616	0,608
1.750	820	0,809	4.250	597	0,589
2.000	795	0,785	4.500	577	0,570
2.250	771	0,761	4.750	558	0,551

Fuente: Elaboración propia, base varias tablas

Tabla M-2 Valores típicos presión de vapor

Temperatura (°C)	Presión de Vapor Saturado (mmHg)	Temperatura (°C)	Presión de Vapor Saturado (mmHg)
-10	2,15	20	17,54
0	4,58	25	23,76
5	6,54	30	31,80
10	9,21	37	47,07
11	9,84	40	55,30
12	10,52	60	149,40
13	11,23	80	355,10
14	11,99	95	634,00
15	12,79	100	760,00

Fuente: Elaboración propia, base varias tablas

ANEXO N VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE CAÑERÍAS

El cálculo estructural de la cañería se efectuará verificando la deformación máxima que resulte de la aplicación de una condición de carga y será comparada con la deformación máxima admisible para las cañerías.

Para el cálculo de la deformación de las conducciones se utilizará la Teoría de Spangler, para cañerías flexibles. Se deberá considerar napa freática en las conducciones que se encuentran en zonas junto al mar y con existencia de napa.

N.1 Determinación de cargas muertas

Las cargas muertas que solicitarán a la cañería se calcularán mediante la siguiente expresión (Teoría de Marston) y corresponden a la sollicitación por peso del terreno sobre la cañería.

$$W_c = C_d * W_t * B_d * D$$

Donde:

W_c = Carga muerta (Kg/m de cañería)

C_d = Coeficiente de Marston

W_t = Densidad del material del relleno (Kg/m³)

B_d = Ancho de la zanja medida a la altura de la clave de la cañería (m)

D = Diámetro exterior de la cañería (m)

H = Altura sobre la clave (m)

N.2 Determinación de cargas vivas

Las cargas vivas corresponden a las sollicitaciones generadas por el efecto del paso de vehículos sobre la superficie bajo la cual se ubica la cañería.

$$W_e = F * C_v * p * \frac{\emptyset}{L}$$

Donde:

1. W_e = Carga viva (Kg/m de cañería)
2. F = Factor empírico calculado con la siguiente expresión: $F = 1,33 + 0,31 * D$
3. D = Diámetro exterior de la cañería (m)
4. C_v = Coeficiente para sobrecarga móvil
5. p = Sobrecarga máxima por rueda (Kg). Se considera un $p = 5.000$ kg de acuerdo con la recomendación de la Norma AWWA, para la cañería bajo calzada
6. \emptyset = Coeficiente de impacto, calculado mediante la siguiente expresión:
 - Para calles y carreteras $\emptyset = 1 + 0,3 / H$
 - Para vías férreas y aeropuertos $\emptyset = 1 + 0,6 / H$
7. H = Altura sobre la clave (m)

8. L = Longitud de la cañería afectada por la sobrecarga móvil (m), Se utiliza L = 1,0 m.

N.3 Cálculo de la deformación máxima

En las conducciones la deformación máxima se calcula mediante la siguiente expresión:

$$X_{max} = \frac{k * r^3 * (D_e / W_c + W_e)}{E * I + 0,061 * E' * r^3}$$

Donde:

1. X_{max} = Deformación máxima (%)
2. k = Constante de encamado, que depende del ángulo de contacto de la cañería con la cama de apoyo.
3. Para las condiciones establecidas en el proyecto $k=0,09$ (ángulo 120°)
4. r = Radio de la cañería $r = (D - e) / 2$
5. D = Diámetro exterior de la cañería (cm)
6. D_e = Coeficiente para la deformación a largo plazo, AWWA y Spangler recomiendan considerar una deformación en el largo plazo de un 50% mayor a la deformación inicial, así $D_e=1,5$
7. W_c = Cargas muertas (Kg/cm)
8. W_e = Cargas vivas (Kg/cm)
9. E = Módulo de Elasticidad del material de la cañería (Kg/cm²)
10. I = Momento de inercia de la sección transversal de la cañería, por metro de cañería. $I = e^3 / 12$
11. E' = Módulo de reacción del suelo (Kg/cm²), de acuerdo con el grado de compactación.

Tipo de compactación	E'
Muy buena compactación	49 Kg/cm ²
Mediana compactación	35 Kg/cm ²
Mala compactación	21 Kg/cm ²
Sin compactación	14 Kg/cm ²

En la Figura N-1 se muestra en detalle de los parámetros mencionados.

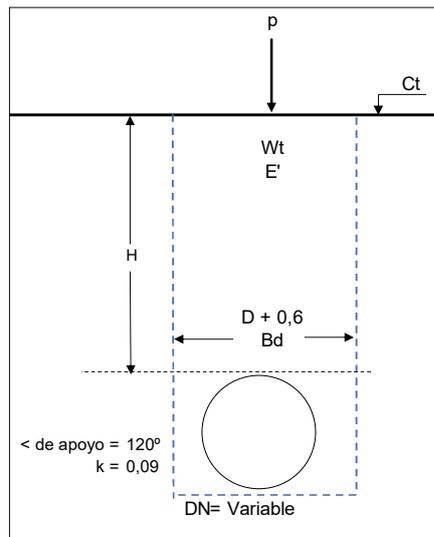


Figura N-1 Esquema instalación de tubería

ANEXO O RECOMENDACIONES DE LOS PROVEEDORES

Las instalaciones se diseñan utilizando las normas, sin embargo y sin contradecir las mismas los proveedores recomiendan dimensiones mínimas y ubicaciones para evitar problemas en sus equipos.

Se indican a continuación algunas recomendaciones asociadas a los equipos de elevación de las plantas elevadoras de aguas servidas, grupos electrógenos, medidores de caudal y válvulas de retención

O.1 Plantas elevadoras de aguas servidas

Las plantas elevadoras deben tener espacios adecuados para el desplazamiento del personal de operación y mantenimiento. Por otro lado, el corazón de una planta elevadora se encuentra en los equipos de elevación y si estos fallan la planta deja de operar.

Los problemas se presentan ya sea por no respetar espacios entre equipos de elevación, lo que produce vórtices, no dejar espacio suficiente de los equipos con los muros, dejar los equipos a una profundidad no adecuada lo cual produce un calentamiento de este, dejar el equipo a una altura desde el fondo que evite atascamientos, los equipos se deben colocar en la parte más profunda del pozo, entre otras consideraciones.

En tal sentido en el mercado de los equipos de elevación, algunos proveedores entregan información en textos, catálogos o manuales que permiten, desde el punto de vista operacional, generar correctas condiciones de instalación que evitan los problemas durante la operación. A continuación, se muestran los indicados por los proveedores FLYGT y KSB, que son algunos de los proveedores existentes en el país.

O.1.1 Proveedor equipos de elevación FLYGT

En las Figuras O-1 y O-2 se muestran los tipos de descarga del afluente, el que puede ser:

- Figura O-1: Entrada Elevada Frontal Figuras I (FLYGT, 2004, p.205)
- Figura O-2: Entrada Elevada Lateral Figuras II (FLYGT, 2004, p.205)

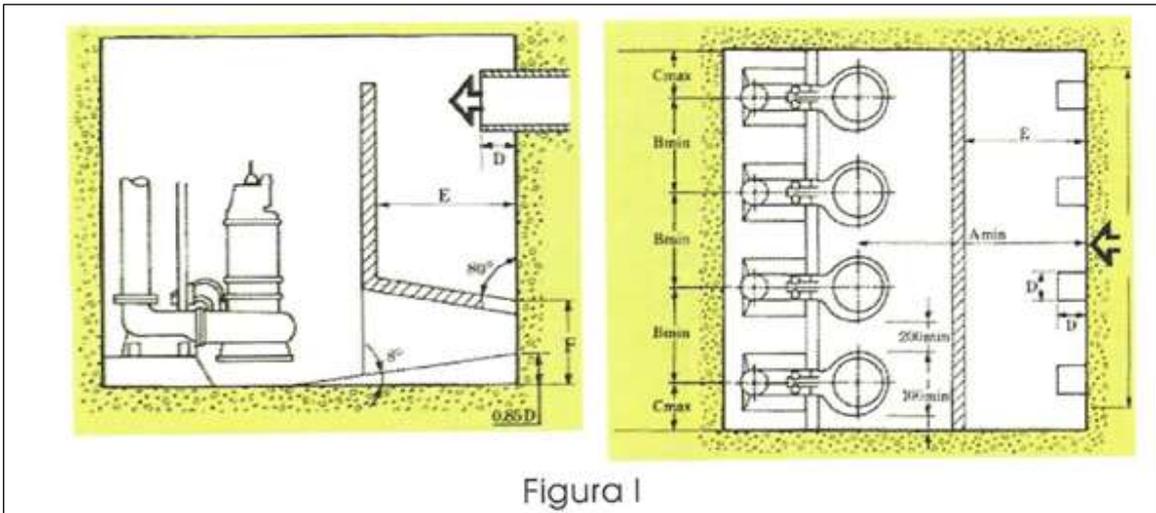


Figura I

Figura O-1 Dimensiones del pozo: Entrada elevada frontal

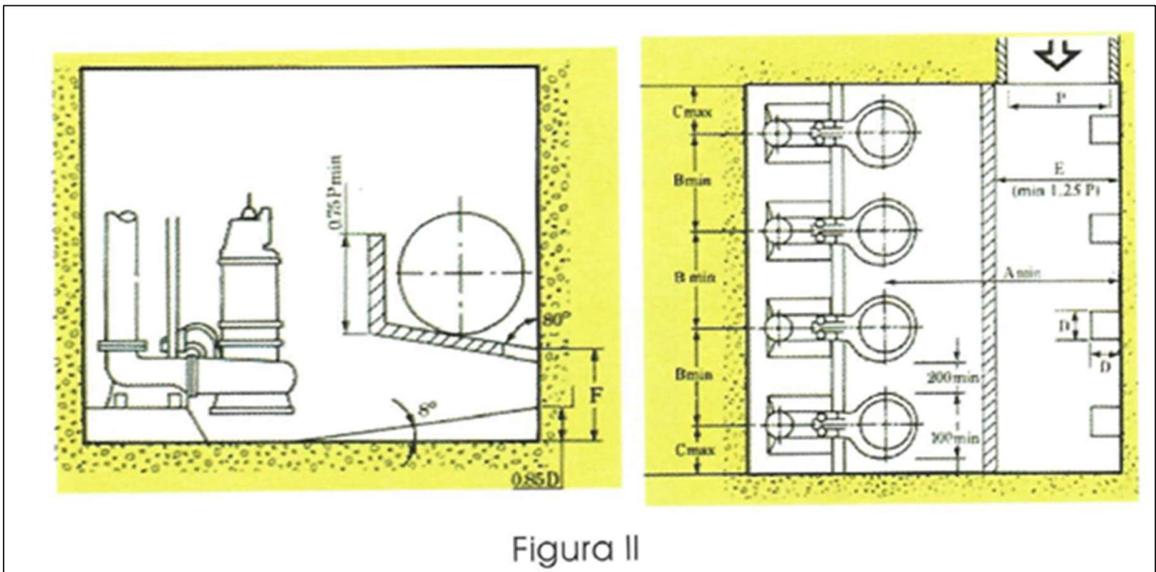


Figura II

Figura O-2 Dimensiones del pozo: Entrada elevada lateral

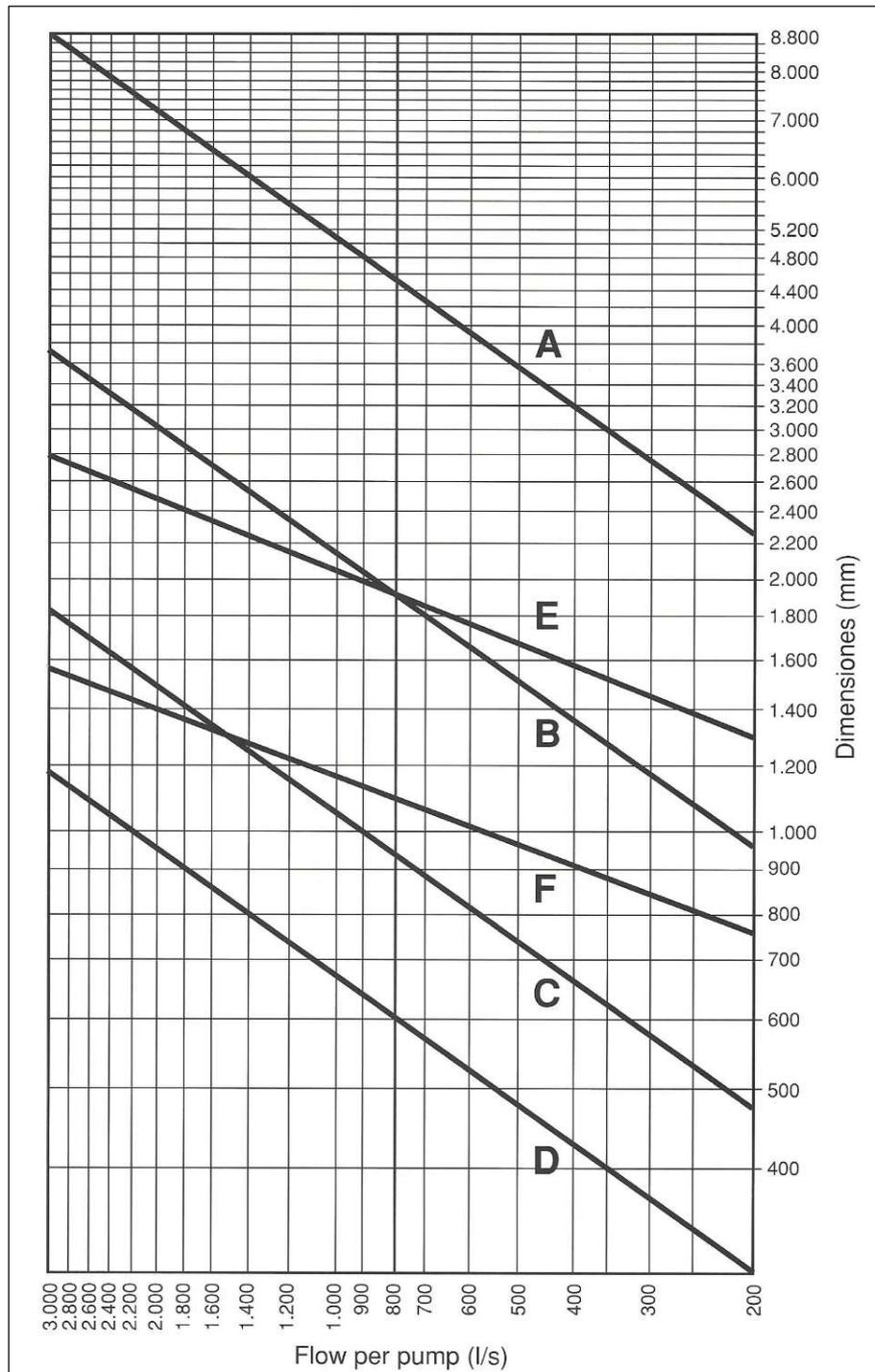


Figura O-3 Dimensionamiento del pozo

Se muestran a continuación las dimensiones básicas de un pozo de bombeo, en la Figura O-3 se indican las dimensiones con las letras A hasta la F, las cuales dependen del caudal por bomba en litros por segundo. La figura se ha obtenido del texto FLYGT (FLYGT, 2004, p.204).

O.1.2 Proveedor de equipos de elevación KSB

Las figuras O-4 a O-10 siguientes, se han obtenido del texto KSB Know-how, tomo 7, Indicaciones de Planificación KRT (KSB, 2012).

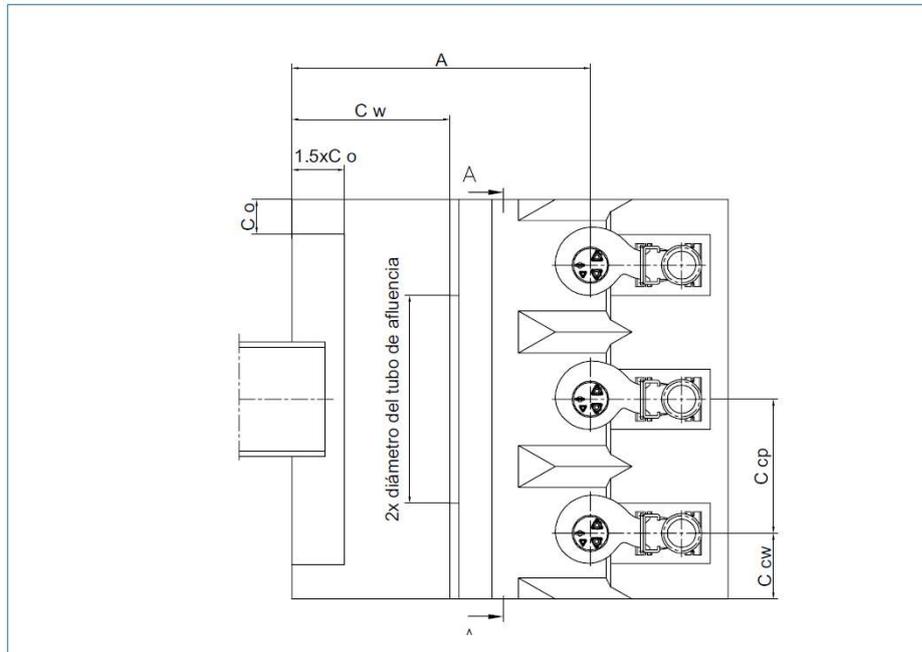


Figura O-4 Dimensionamiento del pozo llegada frontal (planta)

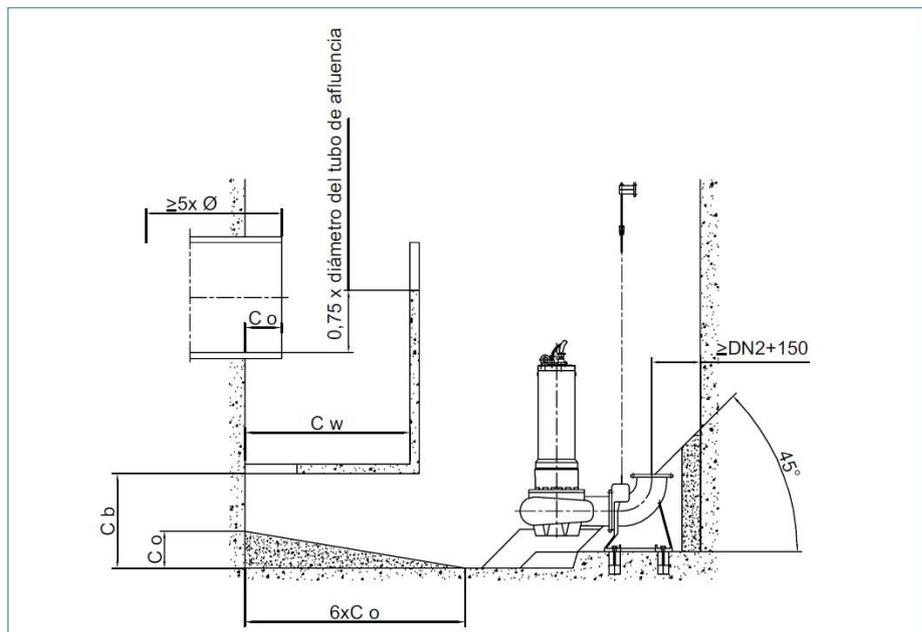


Figura O-5 Dimensionamiento del pozo llegada frontal (corte)

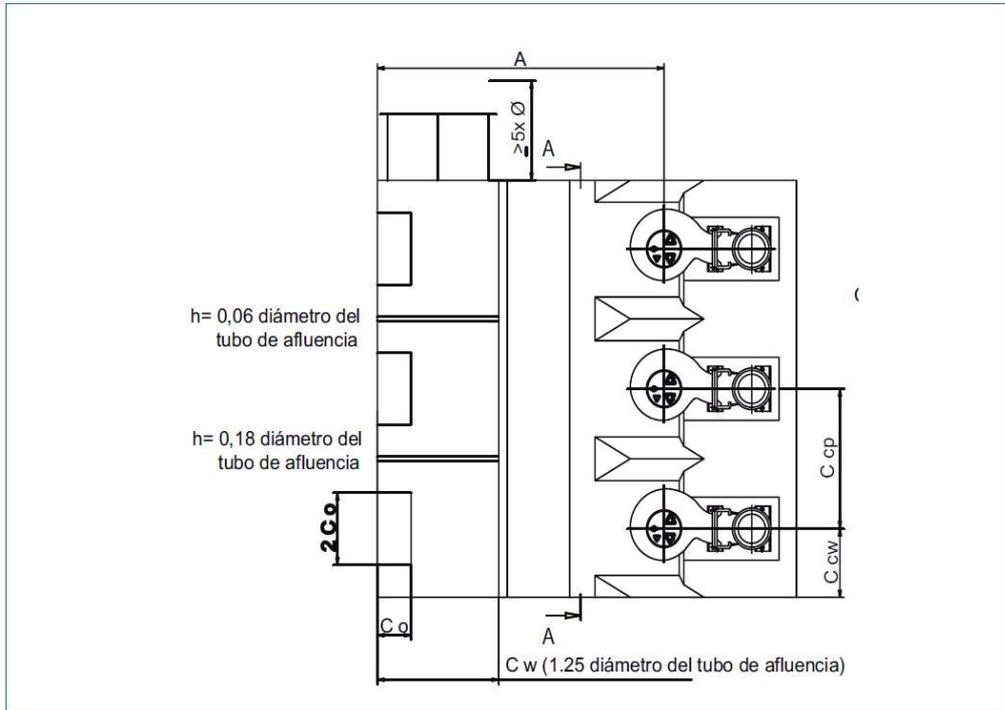


Figura O-6 Dimensionamiento del pozo llegada lateral (planta)

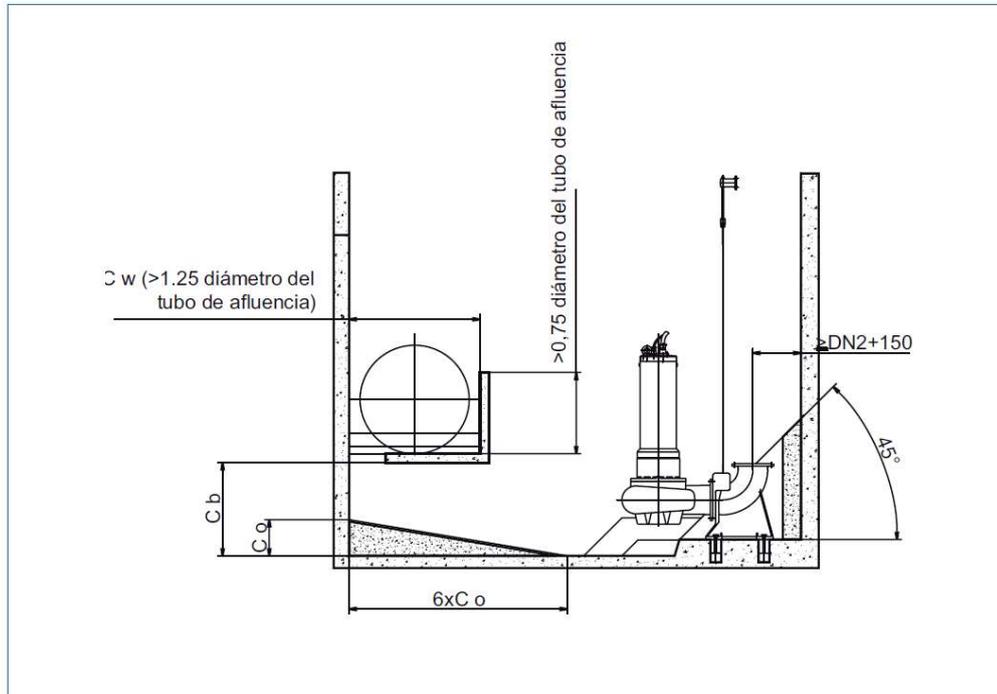


Figura O-7 Dimensionamiento del pozo llegada lateral (corte)

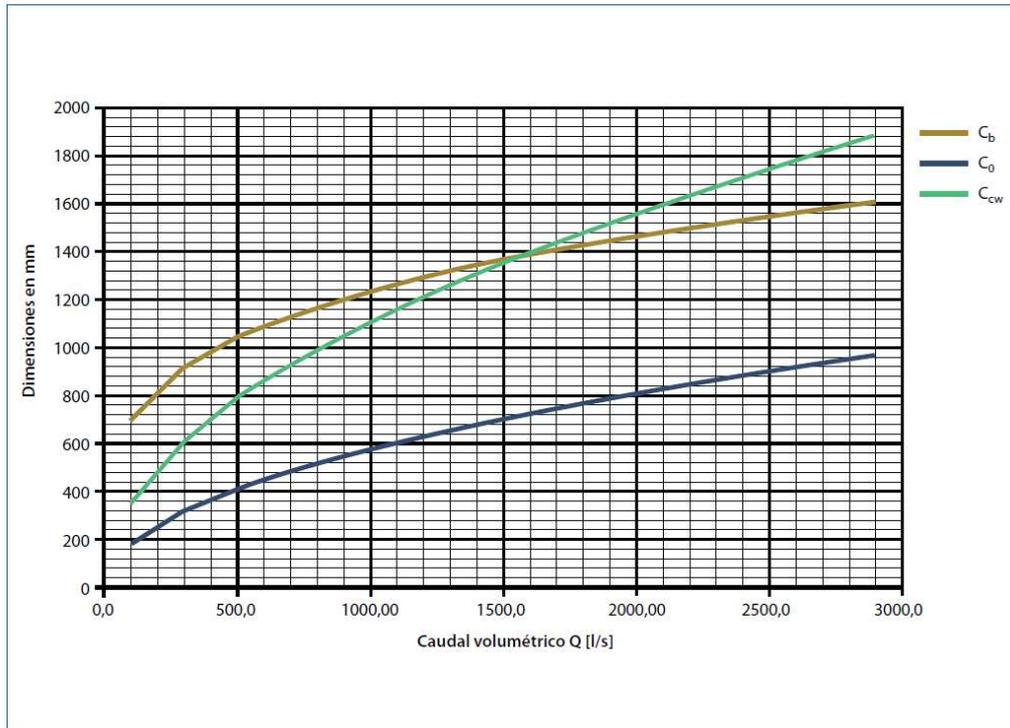


Figura O-8 Dimensiones mínimas del pozo de bombas (1)

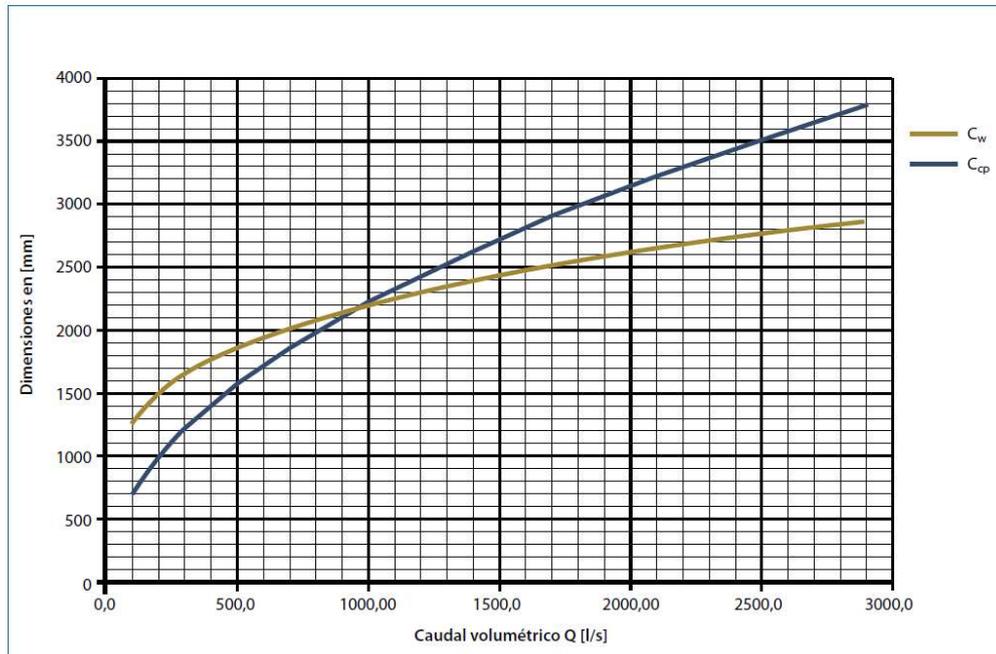


Figura O-9 Dimensiones mínimas del pozo de bombas (2)

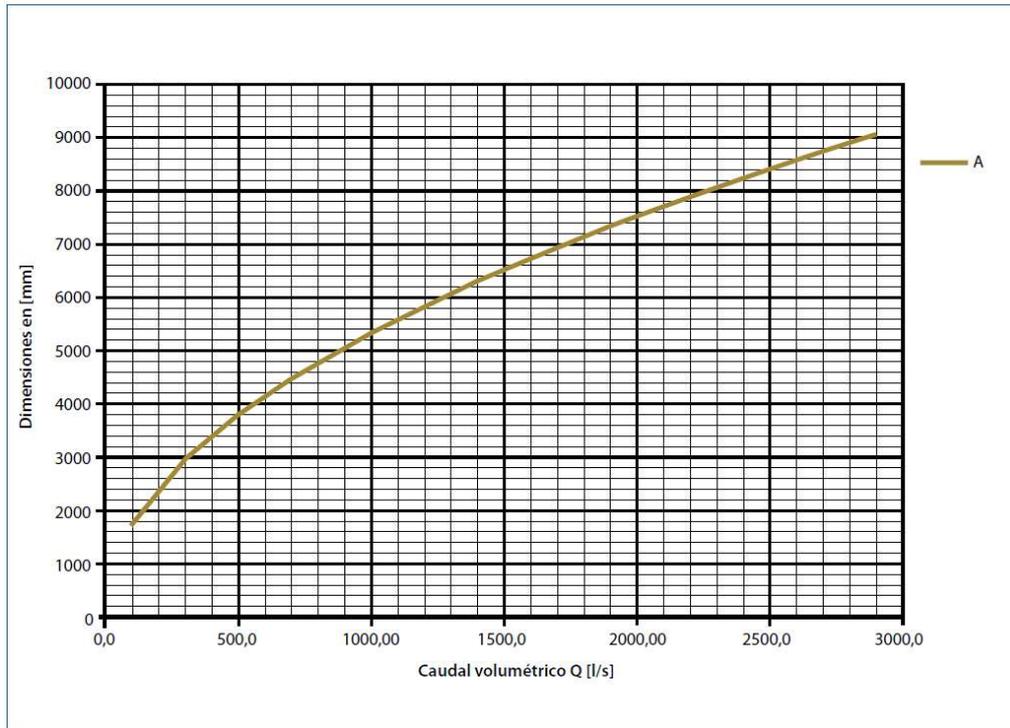


Figura O-10 Dimensiones mínimas del pozo de bombas (3)

O.2 Instalación grupos generadores

O.2.1 Introducción

Un grupo electrógeno es un equipo que genera electricidad para abastecer una demanda definida y lo hace por medio de un motor de combustión independiente que hace girar un generador de electricidad.

O.2.2 Clasificación de los grupos electrógenos

Tabla O-1 Clasificación de los grupos electrógenos

Tamaño	Movilidad	Finalidad	Combustible	Tipo de alimentación a la Red	Características acústicas
Pequeños: Hasta 20 kVA	Estacionarios	Sistema de emergencia	Diesel	Monofásico	Descubiertos
Intermedios: Desde 21 hasta 750 kVA	Moviles	Generación en punta	Gasolina	Trifásico	Con cabina de protección intemperie
Grandes: Sobre 750 kVA		Cogeneración	Gas		Con cabina de insonorización
		Generación desconectada de red eléctrica	Bifuel		

O.2.3 Requisitos y consideraciones para la selección del equipo

- Capacidad de generación, determinada por la demanda instalada y el factor de demanda.
- Finalidad del equipo.
- Aislación acústica.
- Aislación de vibraciones (que se transmiten a la estructura donde se encuentra montado el equipo).
- Instalación del tubo de escape, aislación con motor vibraciones, silenciador, aislar en zonas de probable contacto con personas, salida al exterior, longitud del tubo, altura de salida de gases.
- Ubicación del equipo, intemperie o recinto cerrado.
- En ambiente salino debe evitarse la condensación sobre el equipo.
- En la determinación del equipo se debe considerar la altura sobre el nivel del mar.
- Tipo de transferencia requerida por reglamentación o por contrato.
- El estanque de combustible debe estar dimensionado según la finalidad del equipo, su rendimiento y el número de horas de autonomía requerido.
- Servicio de posventa en el lugar de instalación o cercano a ella.

O.2.4 Características arquitectónicas y estructurales relacionadas con el montaje y traslado interno del equipo

- Ubicación, en el terreno o al interior de la edificación.
- Dimensión del recinto que permita la cabida del equipo, instalaciones anexas, espacio para mantención, espacio para abrir puertas del gabinete (en caso de que exista), zona de circulación por todo el contorno del equipo.
- Fundaciones donde se montará el equipo.
- Ventilación del recinto adecuada al uso y refrigeración del equipo.
- Ventilación del estanque de combustible debe ser hacia el exterior.
- Accesibilidad para el traslado del equipo desde el punto de descarga al punto de montaje.
- Para equipos pesados verificar resistencia de losas por donde se traslade.
- Estructura para montaje del equipo.
- Extintor en el recinto.

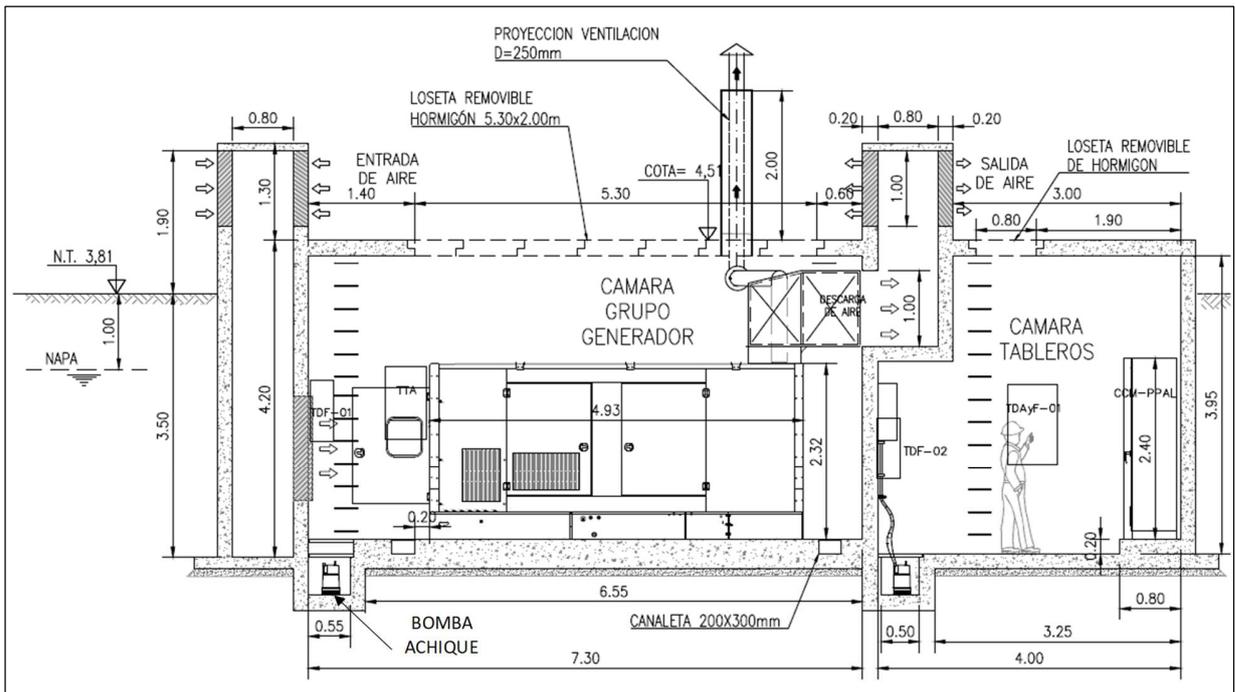


Figura O-11 Elementos mínimos de un sistema de generación

En la Figura O-11 se muestran los elementos mínimos a considerar en un sistema de generación, fuente Proyecto de Maitencillo.

Por otro lado, y dadas las normativas vigentes, así como los estándares existentes, se deben agregar los siguientes elementos.

- Cabina de insonorización
- Estanque de combustible
- Ventilación forzada
- Canaleta de recepción de combustible
- Pozo de recepción de combustible

Debe tenerse presente que en muchos proyectos los grupos electrógenos deben quedar enterrados o semienterrados, lo cual plantea una solución técnica para los accesos y las ventilaciones.

O.2.5 Normativas principales asociadas

- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones - Ministerio de Vivienda y Urbanismo [t]
- NCH Elec.4/2003 [m] Instalaciones de consumo en baja tensión - Superintendencia de Electricidad y Combustibles.
- Decreto Supremo N° 298 del Ministerio de Economía, de fecha 1 de febrero de 2006

- Decreto Supremo N° 38 [u] del Ministerio del Medio Ambiente, de fecha 12 de junio de 2012
- Decreto Supremo N° 32 del Ministerio de Salud, de fecha 19 de febrero de 1990 modificado por el Decreto Supremo N° 322 de fecha 20 de julio de 1991

O.3 Medidores de caudal

Los proveedores recomiendan como debe ser la instalación de los equipos de medición de caudal, en la Figura O-12 se muestran las principales recomendaciones de acuerdo con lo indicado en el catálogo Siemens electromagnetic flowmeters.

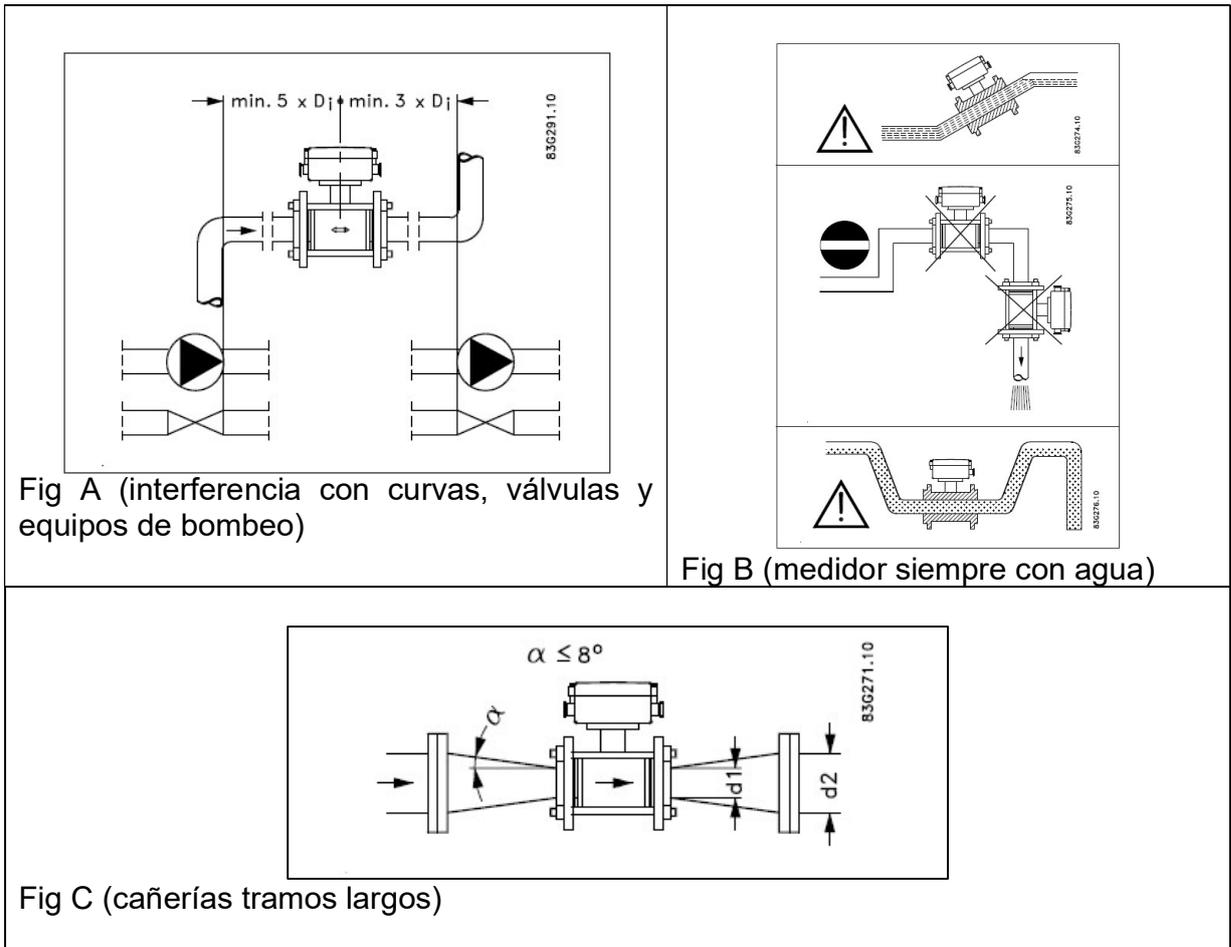


Figura O-12 Instalación de medidores de caudal

- ✓ Se deben mantener una distancia desde el medidor de $5xD$ aguas arriba y de $3xD$ aguas abajo, con D diámetro nominal del medidor (Fig A).
- ✓ Los medidores nunca deben quedar sin agua, por lo que se debe asegurar que esto no ocurra (Fig B).
- ✓ En el caso de tramos largos se debe considerar ángulos menores o iguales a 8° con el fin de evitar turbulencias, con $d1$ diámetro del medidor y $d2$ diámetro nominal de la conducción (Fig C).

✓ El medidor de caudal considera una velocidad de diseño de entre 1 y 3 m/s, los equipos permiten hasta una velocidad de 5 m/s.
En general y debido a tipo de líquido a medir en las plantas elevadoras se utilizan medidores de caudal del tipo electromagnético.

O.4 Válvulas de retención

Las válvulas de retención son también conocidas como válvulas check, válvulas de contraflujo, válvulas de no retorno, entre otros nombres. Son válvulas integrales que están destinadas a impedir la inversión del flujo en las tuberías.

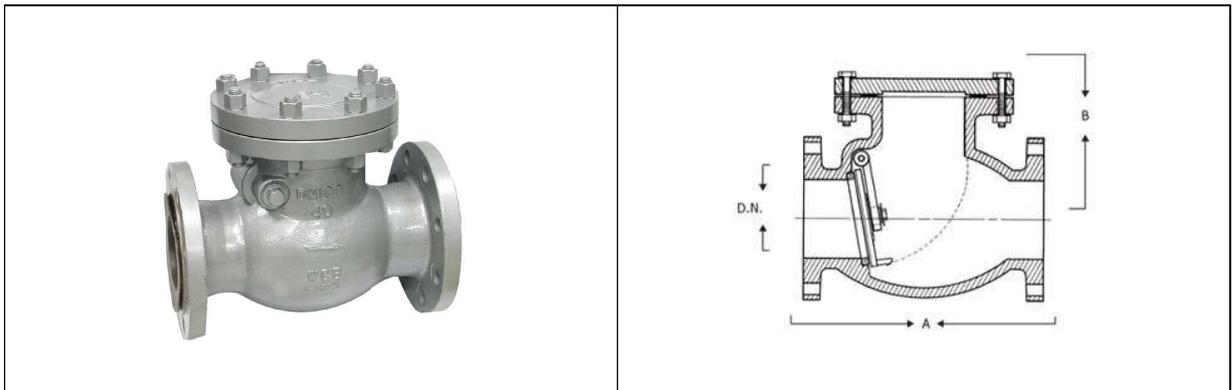
Las válvulas de retención tienen el propósito de permitir el flujo en un solo sentido y su aplicación principal es en la descarga de bombas. Su función es prevenir que el flujo bombeado regrese una vez que las bombas se detienen. También evitan que el flujo de retorno provoque un giro inverso de las bombas, lo cual puede en algunos casos, dañar los equipos de bombeo.

Existen diversos tipos de válvulas de retención las que se indican a continuación:

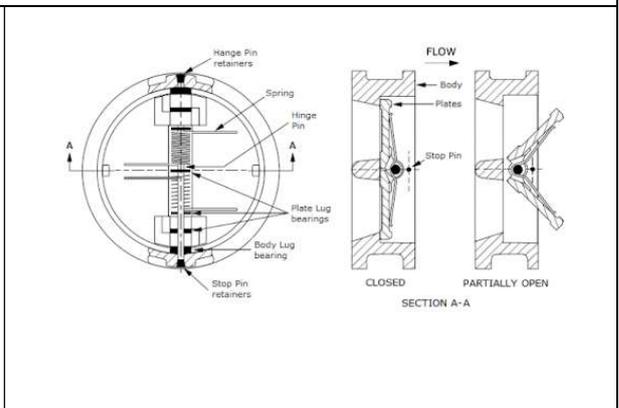
- Válvulas de Retención de tipo Clapeta o disco
- Válvulas de Retención de disco partido o doble plato
- Válvulas de Retención de bola
- Válvulas de Retención de disco con muelle
- Válvulas de Retención de tipo pistón

Básicamente, la utilización de un diseño u otro y dado que todas desarrollan la misma función, se basa en los criterios de selección del usuario: conexiones a tuberías, materiales constructivos, menores pérdidas de carga, naturaleza del fluido, mantenimiento, temperaturas y presiones.

En general se prefiere, para las aguas servidas, el uso de válvulas de bola y tipo clapeta, pues se debe considerar que las aguas servidas traen partículas de distintos tamaños que podrían evitar el correcto cierre de las válvulas.



Válvulas de retención a clapeta (disco)



Válvulas de retención disco partido o doble plato



Válvulas de retención de bola

Figura O-13 Tipos de válvulas de retención

En la Figura O-13 y Figura O-14 se muestran algunos tipos de válvulas de retención los cuales se han obtenido de catálogos de proveedores de estas piezas.

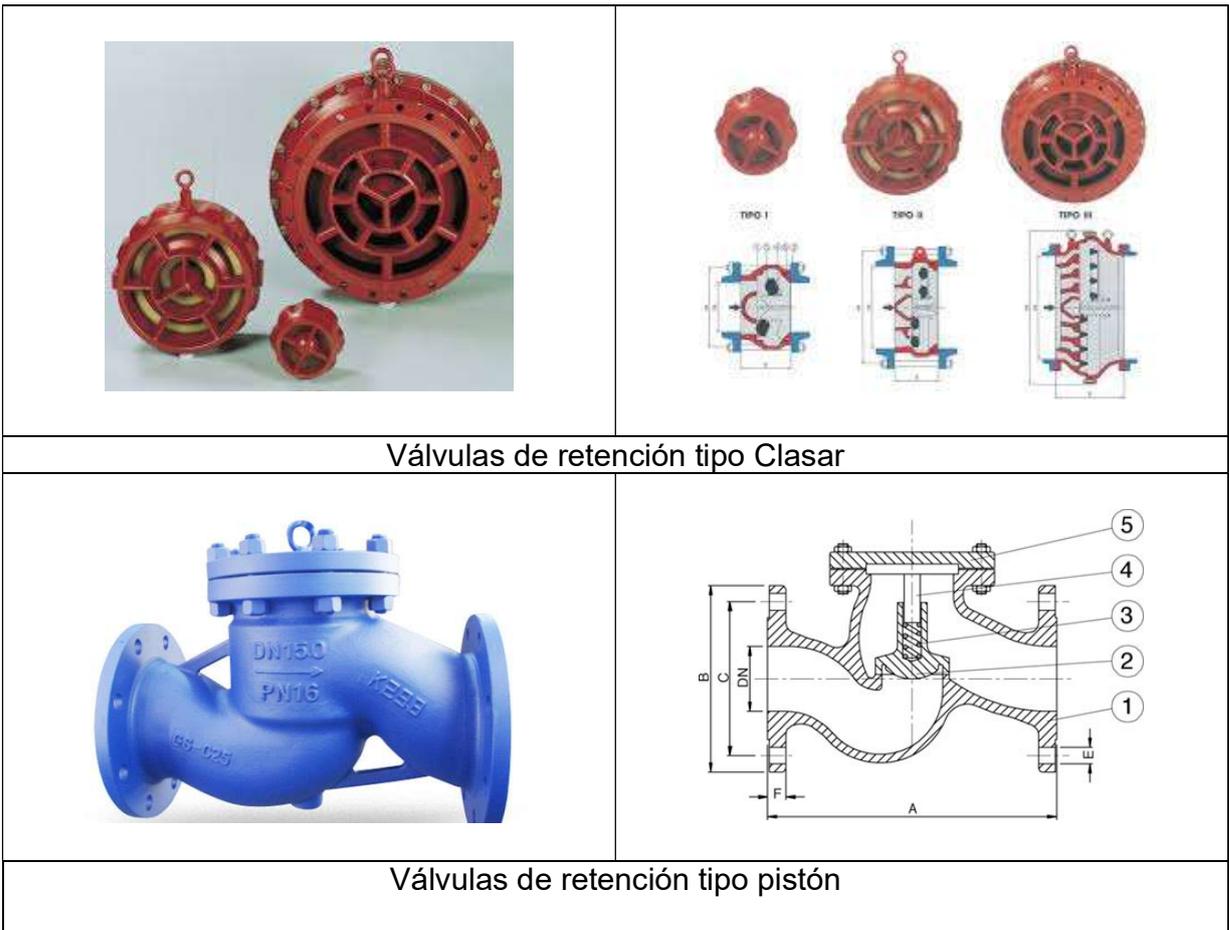


Figura O-14 Tipos de válvulas de retención (continuación)

ANEXO P ELEMENTOS DE UNA PLANTA ELEVADORA (FIGURAS)

En este punto se muestran algunas figuras extraídas de la ingeniería de detalles del proyecto, las que permiten clarificar las obras que se proyectaron.

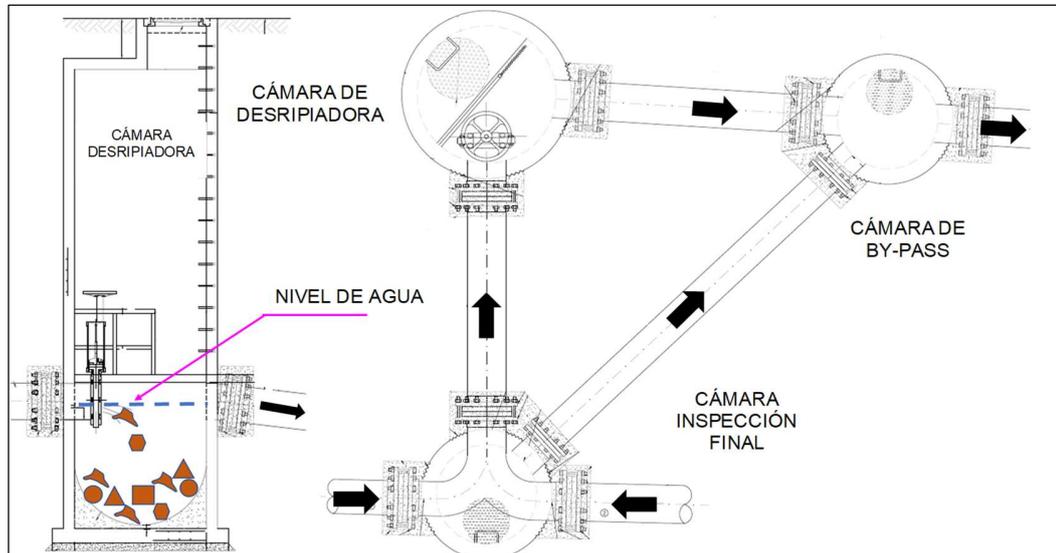


Figura P-1 Cámaras Inspección final, desripiadora y de by-pass

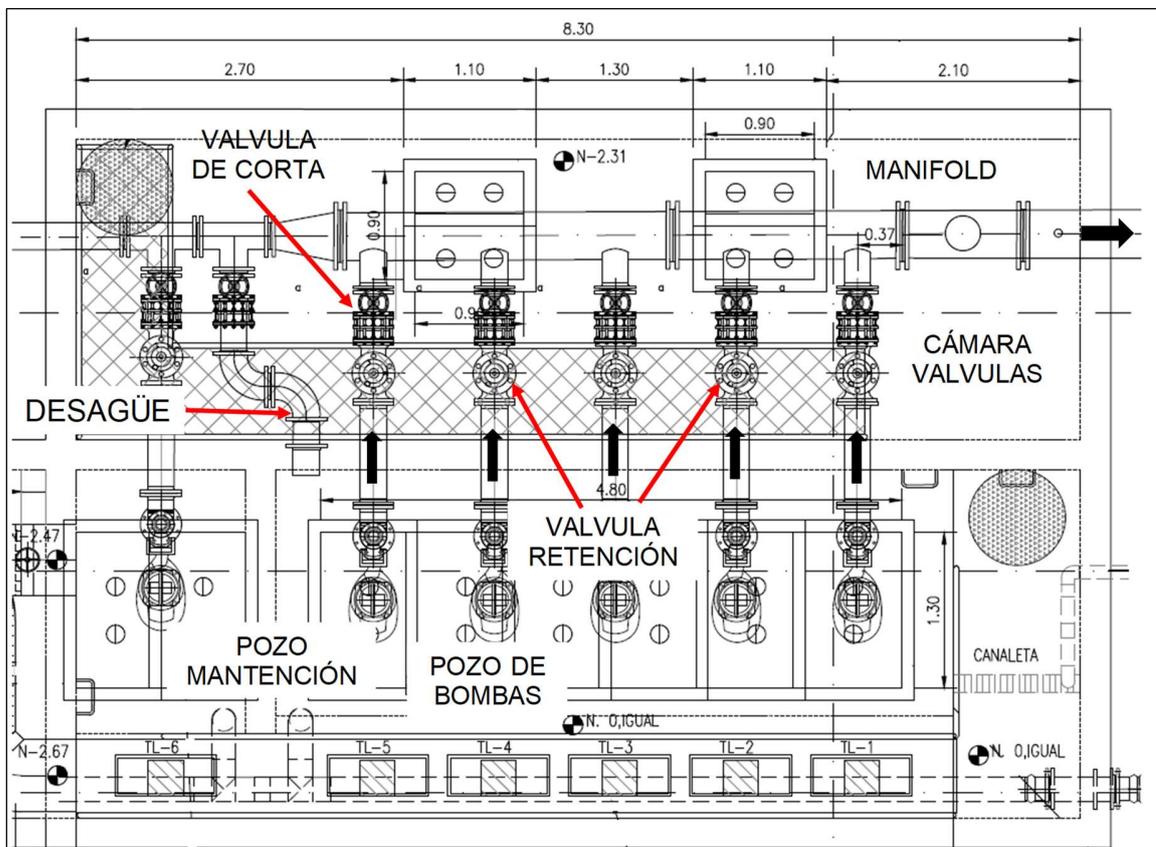


Figura P-2 Cámara de válvulas

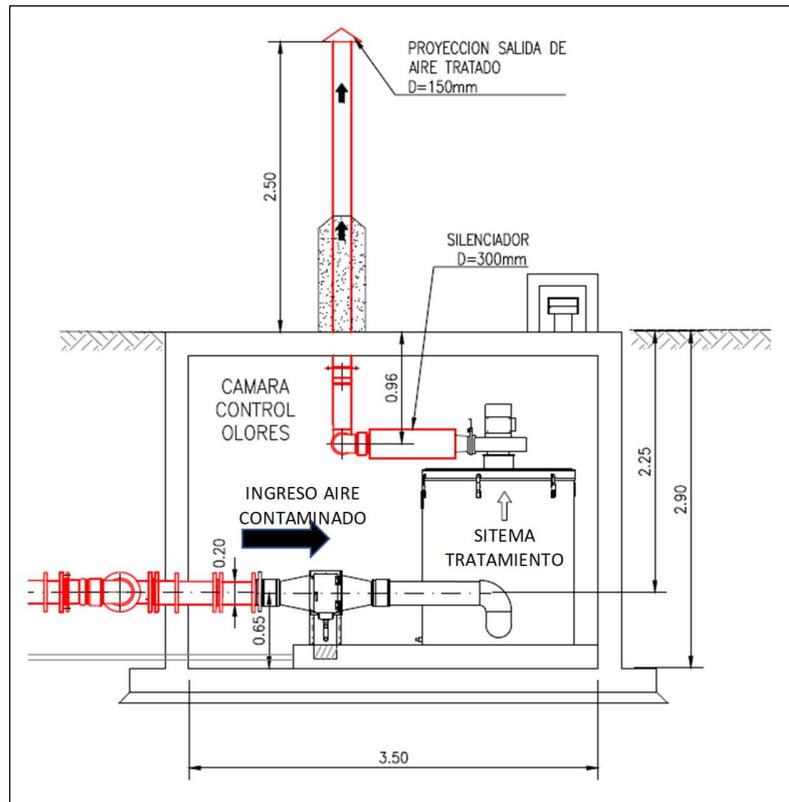


Figura P3 Cámara de tratamiento de olores

ANEXO Q SOLUCIONES ARQUITECTÓNICAS (FIGURAS)

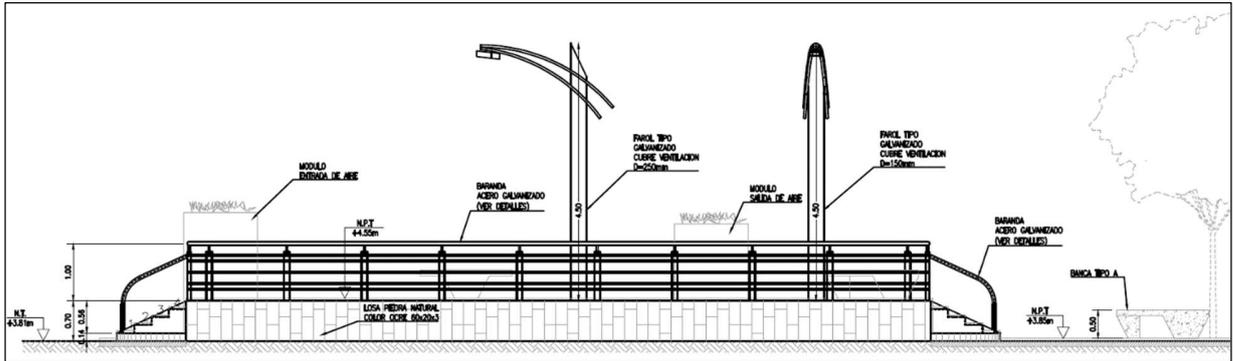


Figura Q-1 Cámara de grupo generador

El grupo generador instalado bajo el nivel de terreno se ha disimulado con una plataforma, con barandas y otras estructuras arquitectónicas mientras que las ventilaciones (indispensables para la correcta operación del equipo y los tableros) se presentan como luminarias.

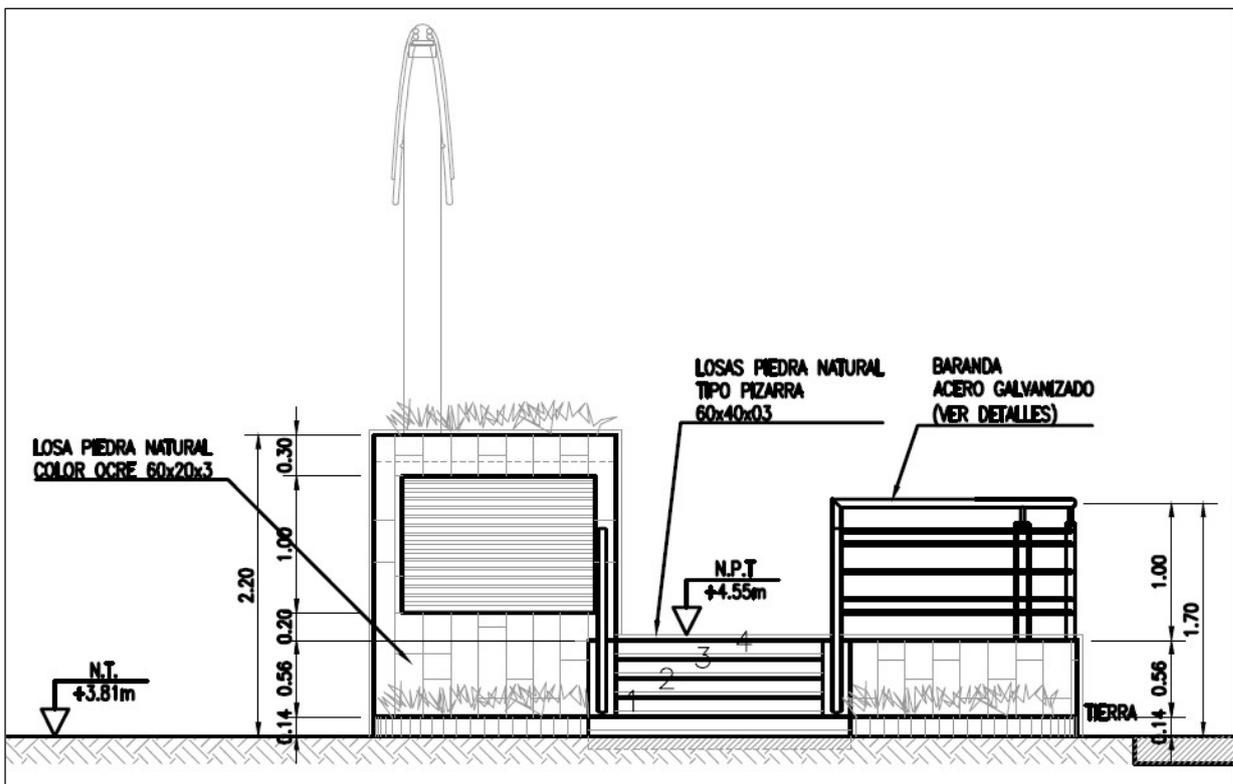


Figura Q-2 Admisión y expulsión de aire enfriamiento grupo generador

Las ventilaciones más importantes son las que tiene que ver con el enfriamiento del grupo generador, estas ocupan una gran superficie, en el caso de Maitencillo se ideó una solución tipo jardinera con espacios para instalar letreros.

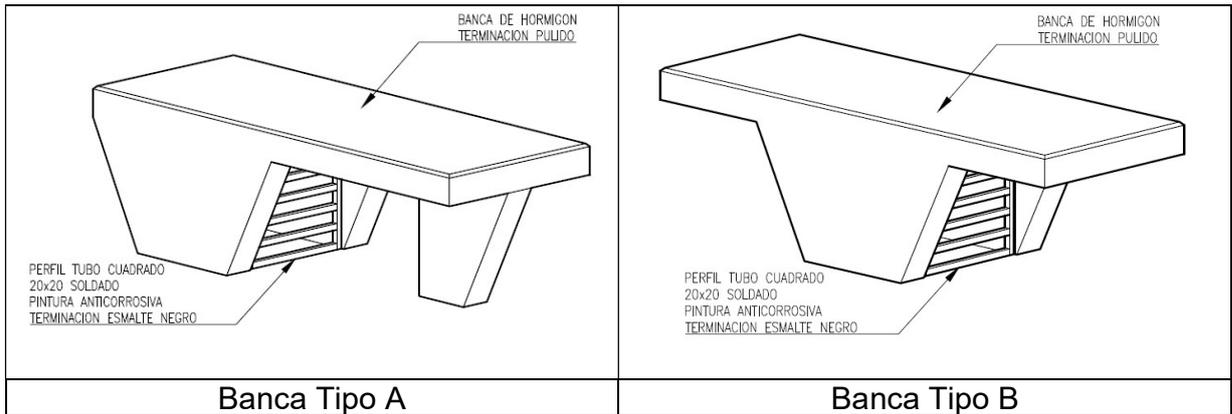


Figura Q-3 Ventilaciones no forzadas en cámaras

Las ventilaciones no forzadas ubicadas en espacios públicos se disimularon considerando una solución arquitectónica con bancas de hormigón armado las que armonizan con el entorno.

ANEXO R CÁMARAS Y OTROS EN REDES (FIGURAS)

Fuente estándar cámaras Esvál S.A. (Esvál S.A., 2015)

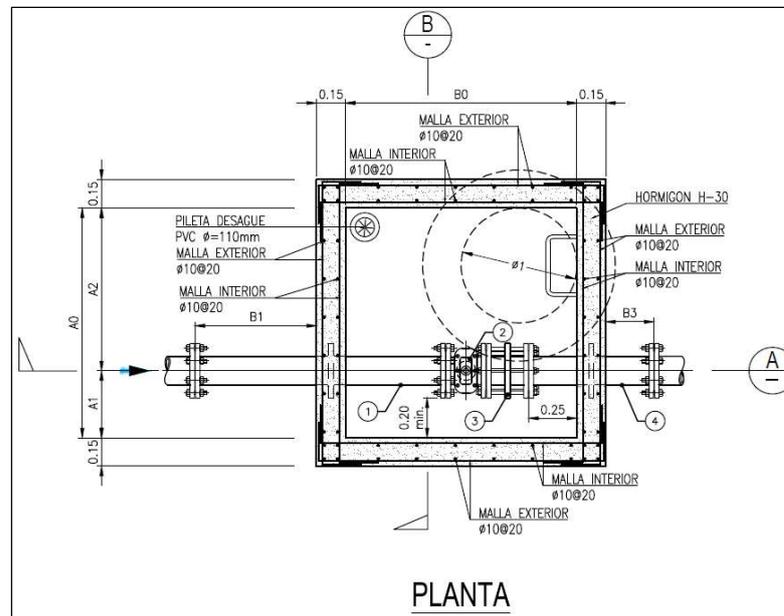


Figura R-1 Cámara de válvula de agua potable

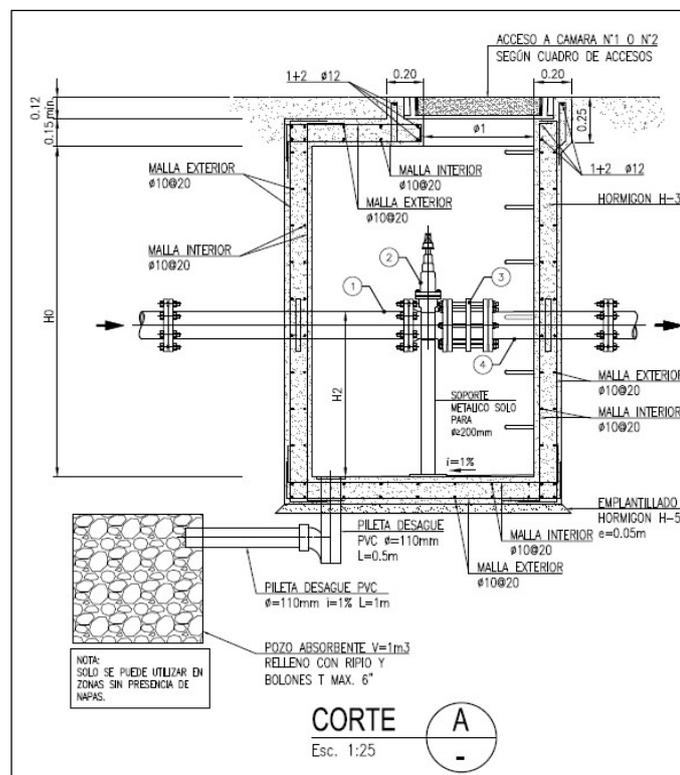


Figura R-2 Cámara de válvula de agua potable