

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**FORMULACIÓN Y DISEÑO DEL PROYECTO DE
SANEAMIENTO UNIPAMPA- ZONA 1
DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO CON
TECNOLOGÍA CONDOMINIAL**

INFORME DE SUFICIENCIA

**Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO CIVIL**

NANCY ISABEL SALAZAR GONZALES

Lima- Perú

2007

Agradecimiento

Agradezco profundamente a mis padres Isabel y Alejandro, por todo el amor que me brindan, por su admirable abnegación, sabiduría y ejemplo.

A mis hermanos Sandra y Wilder, por su constante apoyo, agradezco también a mis amigos y mis maestros.

ÍNDICE

	Pág.
Resumen	03
Introducción	04
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO CONDOMINIAL	
1.1 Conceptos	08
1.2 Unidades constituyentes del sistema	11
1.3 Ventajas y desventajas	19
1.4 Innovaciones en el criterio de diseño	21
1.5 Metodología de implantación del proyecto	23
CAPITULO 2 SISTEMA DE RED DE ALCANTARILLADO Y EMISOR DE EVACUACIÓN	
2.1 Estudios preliminares	29
2.2 Parámetros de diseño	36
2.3 Trazado de redes	39
2.4 Cálculo hidráulico	42
2.5 Emisor de evacuación a la planta de tratamiento de aguas residuales	50
CAPITULO 3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
3.1 Mantenimiento de las redes condominiales	54
3.2 Mantenimiento de las redes públicas	57
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	68
A. Planos	
B. Presupuesto	
C. Especificaciones técnicas de alcantarillado	

RESUMEN:

UNIPAMPA es un área de 1 Km², completamente eriaza y descampada que no cuenta con ningún tipo de habilitación urbana. La actividad de la población que proyectaremos en esta área generará residuos sólidos y líquidos que serán colectados mediante una red de alcantarillado. Es por eso que se desarrolla un sistema de evacuación de aguas servidas del poblado UNIPAMPA, que consiste en una red de alcantarillado con la tecnología condominial, reduciendo así el costo de inversión del proyecto, de las tarifas de conexión a la red y de las tarifas por el servicio de evacuación de las aguas residuales, haciéndolo accesible al usuario final.

Las aguas residuales si no son tratadas adecuadamente produce la contaminación de las aguas naturales, así el tratamiento de aguas residuales se hace indispensable. En este caso la selección del sistema para la recolección y tratamiento respectivo deberá considerar, alternativas que incluyan el reuso del agua debido a que gran parte de la población en la zona de estudio esta dedicada a labores agrícolas. Para ello se desarrolló el siguiente plan de trabajo: describir las principales características que presentan las aguas residuales domesticas, conocer las tecnologías mas comunes para el tratamiento de aguas residuales domesticas y sus procesos en función de los contaminantes presentes, analizar los métodos mas económicos para el tratamiento de aguas residuales en América Latina y decidir cual de ellos es el mas adecuado para la población de UNIPAMPA, finalmente definir el dimensionamiento de la planta de tratamiento con el fin de obtener el costo de construcción y de operación de la misma.

Reutilización de las aguas tratadas y residuos, la cual está comprendida en un marco de conservación ambiental, busca aprovechar recursos potenciales.

Uno de estos recursos es el lodo que se genera en la planta. Entonces como primera medida de reutilización es aprovechar los residuos y sólidos que resultan en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales proyectada en UNIPAMPA, para el cual se debe tener conocimiento de las características físicas - químicas y microbiológicas de los lodos, con el propósito de reutilizarlas en la agricultura.

El principal parámetro que determina su reuso son los análisis de huevos de helmintos. Es por ello que se llega a un conocimiento de los diversos procesos de tratamiento de lodo, el cual es por mucho el constituyente de mayor volumen eliminado en la planta de tratamiento.

Luego de un proceso de evaluación en la zona en estudio, se ejecuta un plan de trabajo para su disposición final.

Otro recurso potencial es, el agua tratada, además de poder ser vertida al mar, es que sea apta para el riego, empleando así sistemas de riego tecnificado que mejoran la eficiencia de la aplicación del agua y maximizan el área cultivable para un caudal tan reducido como es el de UNIPAMPA.

Es así que el agua que dispone la planta de tratamiento deberá cumplir con los requerimientos de calidad medioambiental que figuran en el reglamento general de aguas que norma el uso de aguas residuales para riego. Este reglamento busca evitar la contaminación de los cultivos, suelos, y acuñeros por su posterior efecto en la salud humana y el ambiente.

Mediante el cálculo agronómico y teniendo en cuenta los factores de clima desértico, mínimas precipitaciones, grandes evaporaciones potenciales y las características del suelo, se hizo un cálculo para determinar el caudal en (l/s/ha) de los cultivos más importantes de la zona, este valor permitirá relacionar la cantidad de hectáreas factibles de ser regadas en función de la cantidad de agua que vierte sus aguas residuales a la planta de tratamiento.

El cálculo hidráulico de redes abiertas sumado al cálculo agronómico permite diseñar el sistema de riego que se adapte a las distintas necesidades del cultivo y a las características del terreno. Las ventajas y desventajas de su aplicación, los elementos de diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de riego tecnificado aptos para esta agua, son también materia de estudio.

Finalmente el estudio de impacto ambiental busca reducir las afectaciones producidas en el medio ambiente, de los actuales sistemas de tratamiento y disposición final de los efluentes.

Para luego realizar el diagnóstico ambiental del ámbito del área de influencia del proyecto.

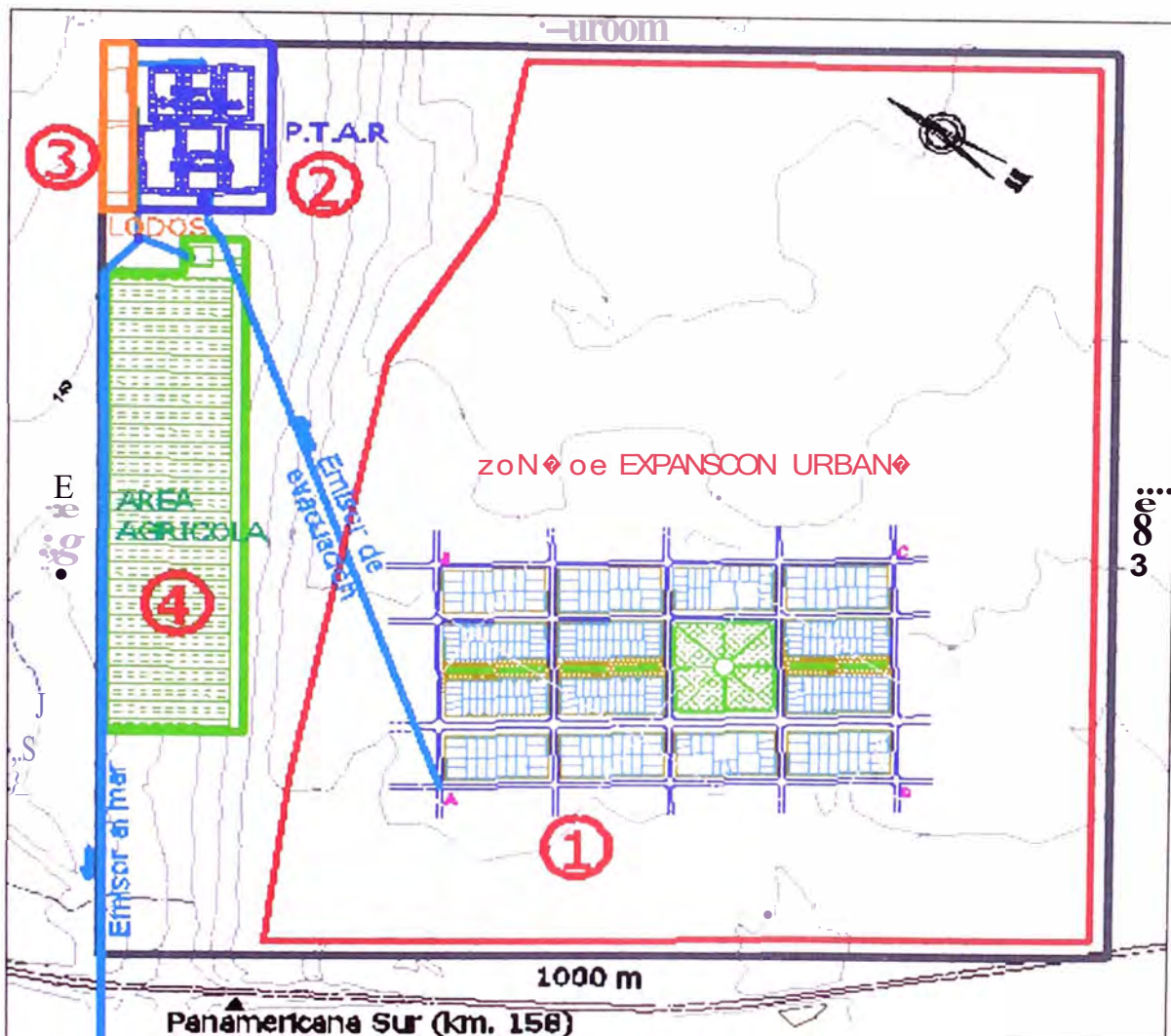
INTRODUCCIÓN:

La escasez de recursos hídricos en zonas áridas y semiáridas representa un problema importante para las personas que en ellas habitan. Cañete es un valle que gracias al caudal del río del mismo nombre, ha tenido un desarrollo urbano y económico que gira en torno a este recurso abundante en la zona. Muy contrastante y a 15 km. al sur de Cañete yendo por la Panamericana Sur, se encuentra **UNIPAMPA**, nuestro lugar de estudio, con una extensión de 1 km² es un área árida prácticamente deshabitada sin fuentes de agua cercanas superficial, subterránea o pluvial, que hace que prolifere muy escasamente vegetación silvestre o vida animal incluso no apreciables a golpe de vista.

El desarrollo de la sociedad con todos los beneficios a lo que este conlleva, ha traído consigo uno de los problemas más grandes que aquejan al mundo en la actualidad, como es la contaminación del medio ambiente a niveles alarmantes. Dentro de este contexto, las fuentes naturales de agua como ríos, lagos y acuíferos, entre otras, se ven afectadas por desechos vertidos sobre ellas, que resultan de prácticas inadecuadas o inexistentes.

La población proyectada es abastecida de agua del río Cañete, recolectada por un canal de conducción, y debidamente tratada en una planta de tratamiento de agua potable, lo antes expuesto es asumido como existente para el desarrollo de un sistema para la colección, tratamiento y reutilización de los residuos domésticos dentro de un marco de conservación ambiental. Simultáneamente se busca ampliar el horizonte agrícola del Valle Cañete mediante la apertura de nuevas áreas cultivables regadas con las aguas residuales y fertilizadas con lodos provenientes de la planta de tratamiento, evitando con su reutilización los costos del vertido al mar o al río Cañete.

ESQUEMA DE LOS PROYECTOS A REALIZARSE EN UNIPAMPA



1. Sistema de alcantarillado con tecnología condominial.
2. Planta de tratamiento de aguas residuales.
3. Planta de tratamiento de lodos.
4. Sistema de riego tecnificado.
5. Impacto ambiental.

Cada etapa del proyecto está asignada a cada miembro de grupo que conformamos. El presente tema, es el desarrollo de la primera etapa del proyecto "Diseño de Red de Alcantarillado con Tecnología Condominial"

CAPITULO 1:

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO CONDOMINIAL

1.1 Conceptos

Se denomina alcantarillado o red de alcantarillado (del árabe al - qantara, el acueducto) al sistema de estructuras y tuberías usados para el transporte de aguas servidas (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia, (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se disponen o tratan.

El sistema de alcantarillado condominial se origina en Brasil en la década de los años 80 como una alternativa de menor costo al sistema convencional.

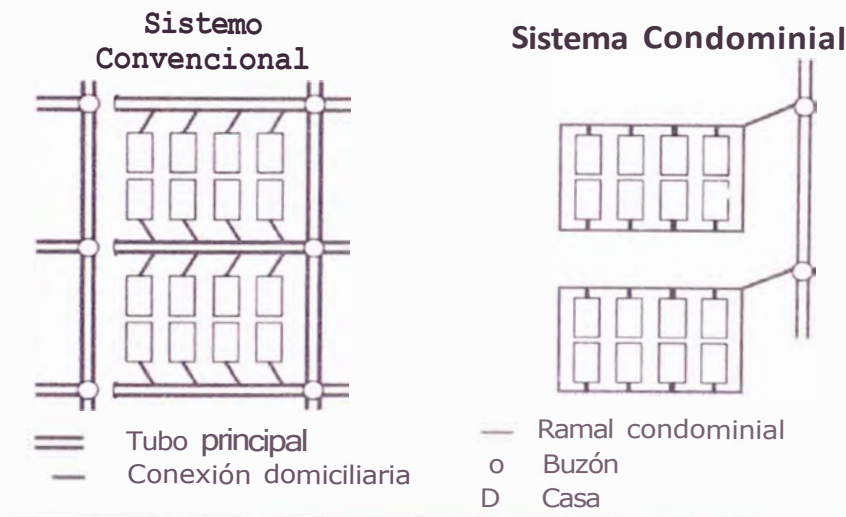


Figura 1.1: Esquema de la comparación del sistema convencional de alcantarillado y del sistema condominial

El alcantarillado condominial, tiene como característica principal la conexión domiciliaria condominial, bajo el principio de que cada manzana es considerada como si fuera la proyección horizontal de un edificio, es decir, el sistema divide la red de alcantarillado en dos componentes: el ramal condominial y las redes públicas o principales (ver Figura 1.1). El primero atiende a una manzana o condominio y consiste en una tubería de menor diámetro (usualmente 100 mm) asentada en zonas protegida alrededor de la manzana (veredas o jardines) o al interior de los lotes; por no recibir grandes esfuerzos externos (cargas vehiculares), puede asentarse a menor profundidad. La reducción del diámetro

de la tubería y de su profundidad permite ahorros considerables en el costo de ejecución de la obra. Los domicilios se conectan a los ramales por medio de cajas condominiales, que a la vez tienen la función de elemento de inspección para su mantenimiento. Por su parte, los ramales condominiales se conectan a la red pública en un solo punto, quedando definido de esa manera el condominio como una unidad de atención al usuario. La red pública conduce los desagües hasta el sistema de tratamiento de desagües, antes de su disposición final.

La realidad económica de falta de recursos, de empleos de nuestro país, nos lleva a usar sistemas innovadores de construcción en el cual obtengamos menos gastos de inversión. obteniendo un beneficio inmediato de la obra, este es el caso del sistema del sistema de alcantarillado tipo condominial.

El sistema condominial de alcantarillado sanitario se desarrolló como una propuesta para la superación de uno de los principales problemas del sector saneamiento, esto es, los bajos niveles de cobertura existentes, en particular en las zonas periurbanas.

Conceptualmente, el sistema condominial propone la implantación conjunta de las redes de alcantarillado y de los sistemas de tratamiento de desagües, evitando generar los problemas existentes en muchas ciudades de Latinoamérica, donde la inversión en tratamiento de desagües siempre se ha visto postergada. Esto siempre ha redundado en el requerimiento de recursos para su implantación incompatibles con la realidad socioeconómica local, terminando por generar la contaminación de los recursos hídricos y todos los problemas recurrentes.

La propuesta del sistema condominial para lograr el aumento de la cobertura es el trabajo conjunto en dos frentes principales: uno, referente al sector público, ya que representa una tecnología más sencilla y de menor costo, lo que permite optimizar los pocos recursos existentes; el otro, relativo a la comunidad, por facilitar su incorporación al sistema y la transmisión de los conocimientos necesarios para su buen uso.

Por otro lado, el componente social consiste en hacer a los futuros usuarios partícipes de todas las etapas del proyecto, desde la definición de la ubicación del ramal hasta el tipo de gestión por implementar.

Estas decisiones se toman tanto a nivel individual (ubicación de las instalaciones intradomiciliarias y su conexión al ramal condominial), como colectivo (la ubicación del ramal y el tipo de gestión a implementar). El resultado que se ha observado es el mejor funcionamiento y utilización de la infraestructura construida.

Beneficios adicionales verificados en sistemas implantados en zonas periurbanas son el mejoramiento de la vivienda, el aumento de la autoestima de los beneficiarios y el progreso general de las condiciones de vida del poblador. Como es de amplio conocimiento, la disposición sanitaria de la excretas y de las aguas servidas son actividades prioritarias para mejorar la salud ambiental y la calidad de vida.

Los sistemas condominiales, son el resultado de la participación comunitaria con tecnologías apropiadas, para producir soluciones que combinen economía y eficiencia, buscando crear condiciones para que más familias tengan acceso a los servicios de alcantarillado sanitario. La participación comunitaria esta presente en el proceso de diseño, construcción, operación y mantenimiento de la red de alcantarillado condominial.

1.2 Unidades constituyentes del sistema

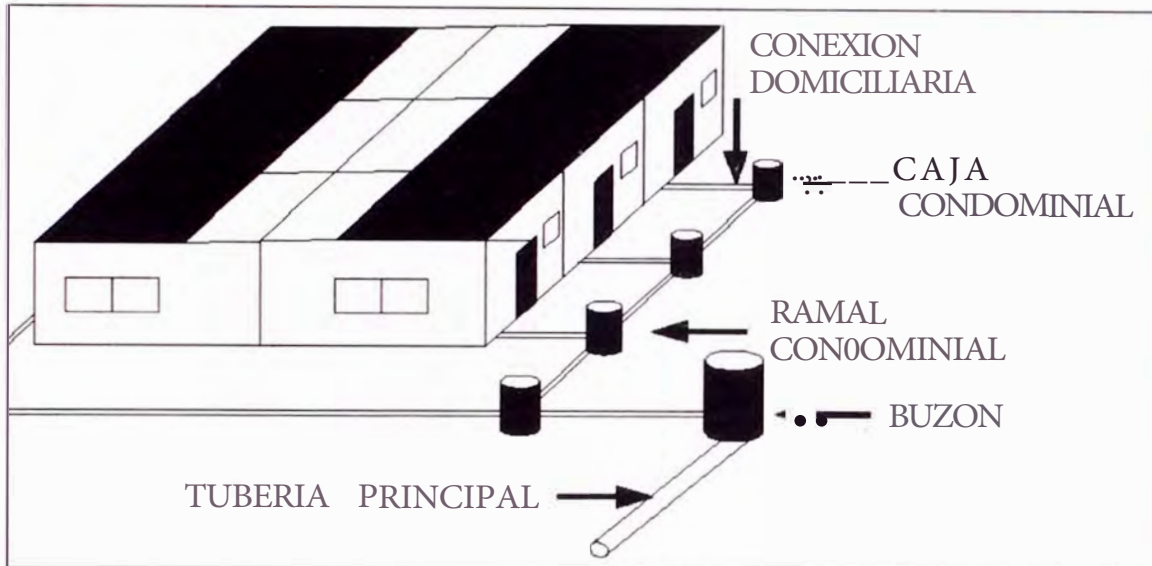


Figura 1.2: Esquema general del sistema de alcantarillado condominial y sus unidades constituyentes

El sistema de alcantarillado condominial está compuesto por:

Tuberías

Ramal condominial

El ramal condominial (ver Figura 1.3) recoge las aguas residuales de un conjunto de viviendas conectadas en un punto de la red principal (ver Figura 1.2). El grupo de viviendas o lotes que se conectan a la red de alcantarillado en un único punto de la red principal conforma un condominio.

Su dimensionamiento se efectúa sobre la base del cálculo hidráulico. El diámetro nominal mínimo es de 110 mm.

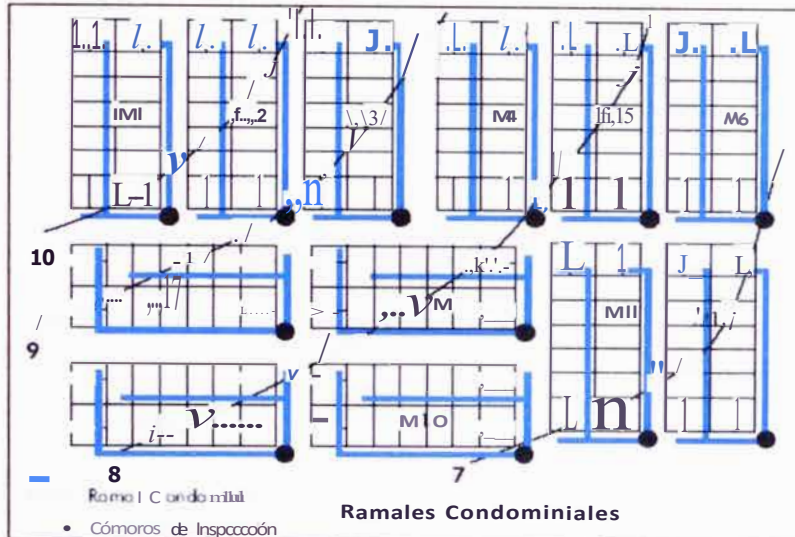


Figura 1.3: Esquema de trazado de ramales condominiales

- En el sistema condominial existen cuatro alternativas de trazado de los ramales. La elección de la alternativa, de acuerdo a la factibilidad técnica, corresponde a los usuarios, considerando que cada alternativa tiene un costo y el usuario asume la responsabilidad de pagarlo.



Figura 1.4: Tipos de trazos de redes condominiales según su ubicación

El recubrimiento mínimo medido a partir de la clave del tubo esta considerada según la norma vigente de edificaciones.

Cuando el tipo de suelo sea semiroca y/o natural, el recubrimiento mínimo será de 0.30m.

Tabla de ubicación y recubrimiento de tuberías de alcantarillado.¹

TUBERIA	UBICACIÓN	RECUBRIMIENTO MINIMO		DIÁMETRO
		CALLE CON ACCESO VEHICULAR	CALLE SIN ACCESO VEHICULAR	
PRINCIPAL	- Entre medio de calle y costado de calzada	1.00 m	0.30 m	- Función de cálculo hidráulico. - Mínimo nominal de 160mm.
RAMAL CONDOMINIAL	- Vereda - terreno rocoso	0.20 m	0.20 m	- Función de cálculo hidráulico. - Mínimo nominal de 110mm.
	- Vereda - terreno semiroca y natural	0.30 m	0.30 m	

Tubería principal de alcantarillado o red pública

La red principal (ver Figura 1.2) es el conjunto de tuberías que reciben las aguas residuales de ramales condominiales o conexiones domiciliarias y sólo se aproxima a la manzana para recibir el ramal condominial (ver Figura 1.4), en vez de rodearla, como en el sistema convencional (ver Figura 1.1)

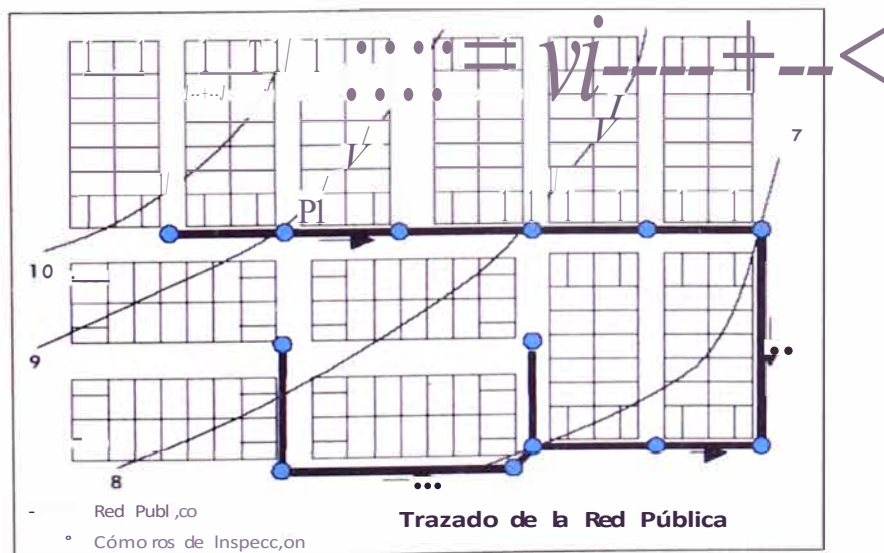


Figura 1.5: Esquema de trazado de red pública o principal

¹ Reglamento Nacional de Edificaciones, Junio 2006

El trazado de las redes públicas se realizará a partir de los puntos de cota más elevada (arranque) hacia el punto de cota más baja (descarga) y siguiendo el drenaje natural del terreno.

El dimensionamiento de la red principal está basado en los cálculos hidráulicos. El diámetro nominal mínimo es de **160 mm.**¹

Cámaras de Inspección

En el diseño de un sistema condominial, se considera una cámara de inspección (ver Figura 1.2) en cada una de las siguientes situaciones:

- En el inicio de todo colector.
- En la conexión de la instalación intradomiciliaria en el ramal condominial.
- En cualquier punto donde la tubería cambia de diámetro, dirección o pendiente.
- En cualquier punto donde haya empalme de colectores.
- Las cámaras de inspección serán de dos tipos.

En los sistemas de alcantarillado condominial se usan los siguientes elementos de inspección, de acuerdo con la profundidad de la tubería:

Cámara de inspección o buzones

Este es el elemento que permite el acceso a la tubería para su mantenimiento en caso de atoros. Desde el punto de vista operacional, las cámaras de inspección pueden servir para ingreso de elementos que provocan obstrucción en la red. Es recomendable que el número de cámaras de inspección sea el mínimo necesario.

Es necesario una cámara de inspección en los siguientes casos:

- En el inicio de todo colector.
- Cada 100m. de extensión de tubería.
- En cualquier punto que la tubería cambia de diámetro.
- En cualquier punto donde haya empalme de colectores.

¹Reglamento Nacional de Edificaciones, Junio 2006

- En la conexión de la instalación intradomiciliaria en el ramal condominial.

Tipos de elementos de inspección de acuerdo con la profundidad de la tubería.

Tuberías con una profundidad menor que 0.90 m. - Caja de Inspección Tipo CI40

Elemento de inspección tipo caja de inspección o buzoneta con un diámetro de 0.4m.

La separación máxima de estas cajas de inspección será 20 m. Se utilizarán en las conexiones entre la instalación intradomiciliaria y el ramal condominial

Tuberías con una profundidad entre 0.90 m. y 1.20 m. - Buzoneta Tipo CI60

Elemento de inspección tipo cajas de inspección o buzoneta con un diámetro de 0.6m.

La separación máxima entre buzonetos será de 60 m para tuberías de 150 mm y de 80 m para tuberías de 200 mm. El diámetro de esta caja de inspección será de 0.60m

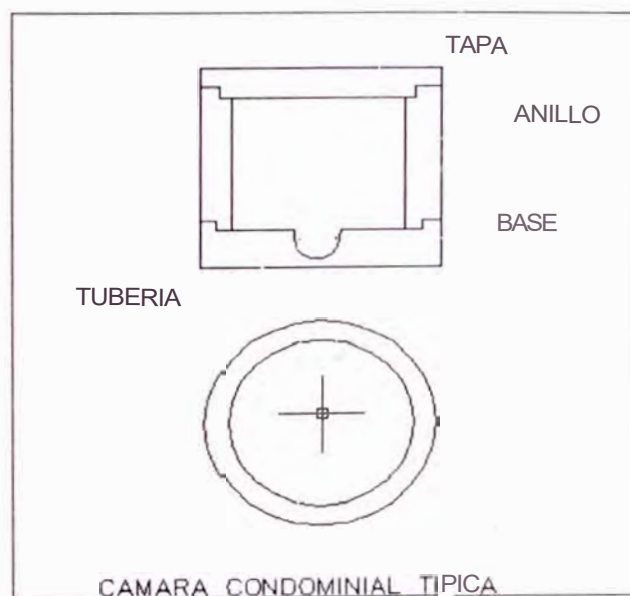


Figura 1.6: Caja de Inspección CI-40 y CI-60

Tubería con una profundidad mayor que 1.20 m. - Buzón

Elementos de inspección del tipo cámara de inspección o buzón con una cámara de inspección de diámetro de 1.20 m. y una chimenea de acceso de 0.60 m de diámetro.

La separación máxima será de acuerdo a lo especificado en el diseño del sistema de alcantarillado convencional

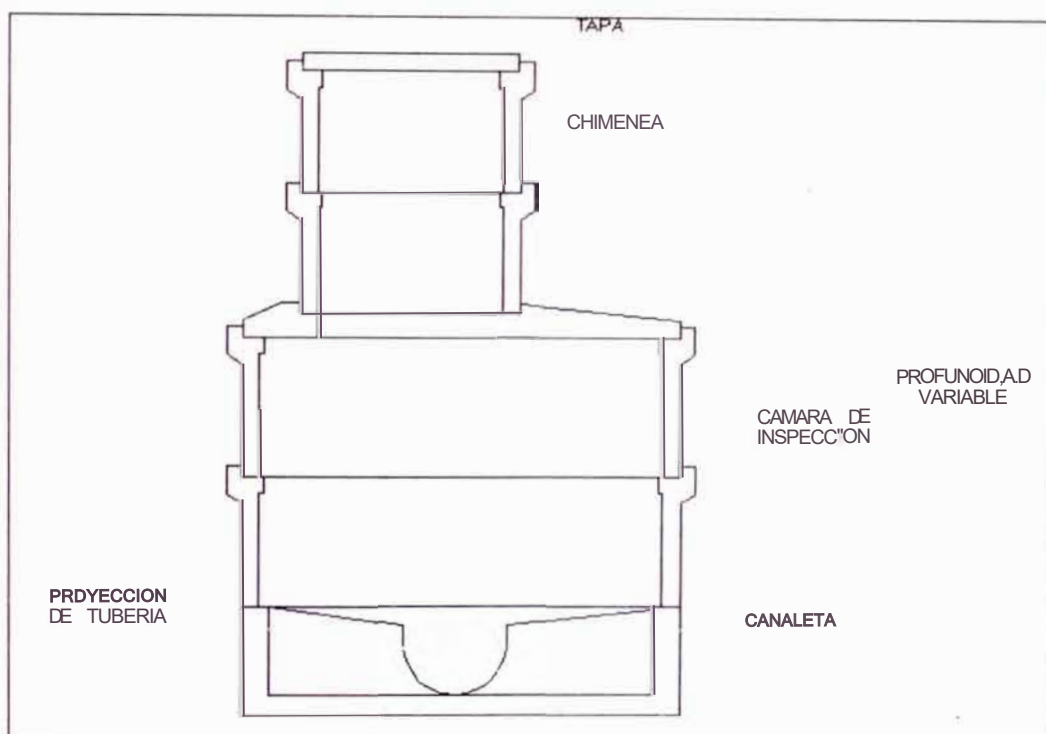


Figura 1.7: Cámara de inspección típica

Caja condominial

Esta caja condominial (ver Figura 1.2), es usada para la conexión de la red domiciliaria con el ramal condominial.

Las cajas condominiales deben ser instaladas en la red de alcantarillado, en los siguientes casos:

- Cada 60m. de extensión de tubería.
- En la conexión de cada instalación intradomiciliaria.

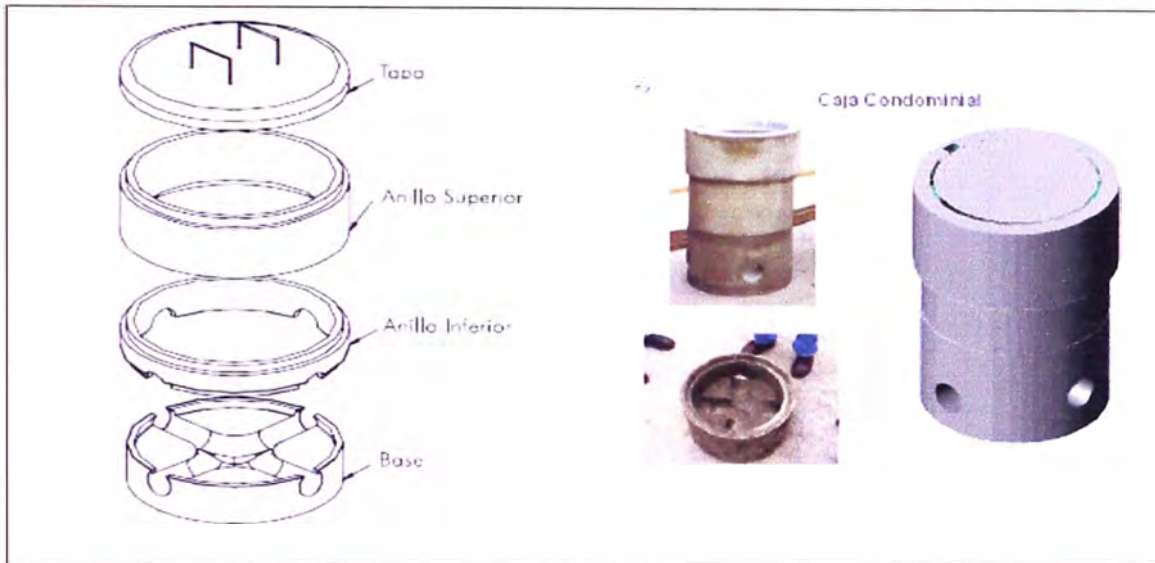


Figura 1.8 : Cámara de inspección domiciliaria prefabricada

Trampa de grasas - Caja desgrasadora

El sistema condominial introduce un nuevo elemento, la caja desgrasadora, que tiene por objeto recibir las aguas provenientes del lavaplatos, que contiene restos de alimentos, grasas y detergente, por ello la importancia de depurar estas aguas antes del ingreso a las tuberías de alcantarillado. La caja desgrasadora (ver figura 1.9) en la parte superior retiene grasas y en la parte inferior sedimenta los elementos pesados, dando paso solamente a las aguas previamente depuradas.

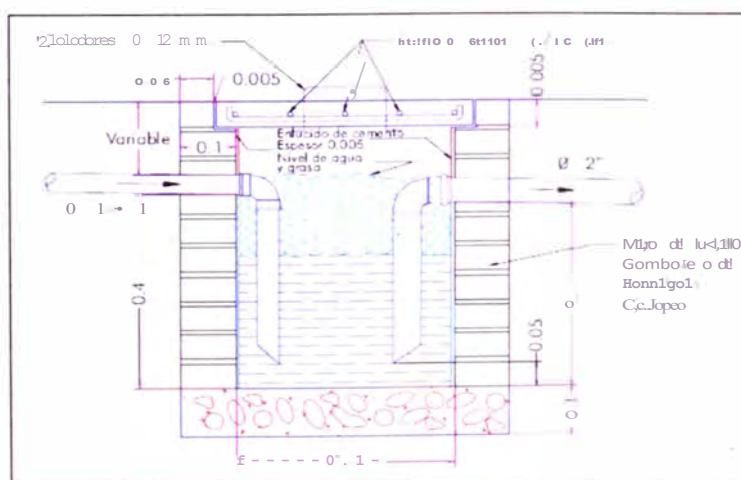


Figura 1.9: Caja desgrasadora

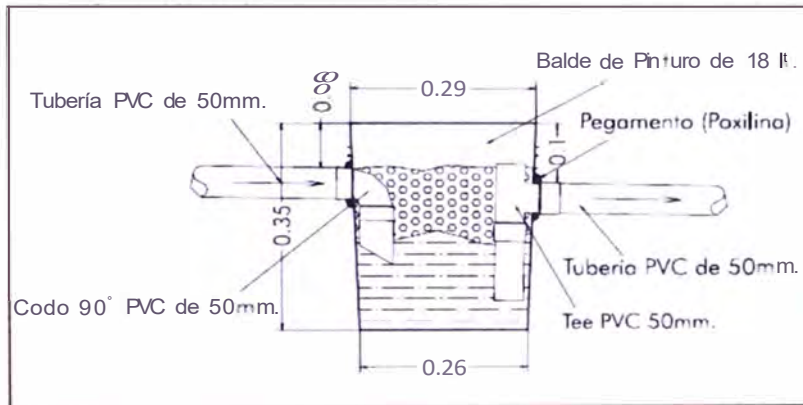


Figura 1.1 Q Caja desgrasadora artesanal elaborado con un balde de plástico.

1.3 Ventajas y Desventajas del Alcantarillado Condominial

Principales Ventajas

En la construcción:

- Costo menor de excavación, esto por las pequeñas profundidades de los ramales condominiales
- Menor costo en tuberías, pues la extensión es menor.
- Menor costo en las cámaras de inspección, por la pequeña cantidad de éstas.
- Mayor número de cajas de paso (caja condominial) en reemplazo a los buzones.
- Menor costo de conexión para las familias beneficiadas con la red.
- Facilidad de ejecución de las conexiones.
- Utilización de materiales regionales en la construcción del alcantarillado condominial y conexiones domiciliarias.
- Mayor empleo de mano de obra poco calificada.
- Facilidad para desatorar el alcantarillado condominial y conexiones domiciliarias a través de equipo sencillo y de fácil manipulación.

En la operación y mantenimiento:

- Independencia entre ramales y redes.
- Sistema sectorizado por condominios.
- Mayor facilidad para operación y mantenimiento.
- Utilización de equipos más sencillos para operación y mantenimiento.

En el aspecto social:

- La participación de los usuarios en la construcción, operación y mantenimiento, permite menores costos de implantación y promueve una mejor utilización del sistema de alcantarillado.
- La solución técnica es el resultado de un proceso de decisión participativa de los usuarios, lo cual contribuye a una mayor apropiación por parte de éstos y consecuentemente, a su sostenibilidad.
- Los usuarios son los principales beneficiarios del ahorro que representa la implantación del sistema condominial.

Principales Desventajas

- Exigencia de trabajos preliminares y permanentes, educación sanitaria y asistencia social para el involucramiento de la comunidad en el proceso constructivo, de operación y de mantenimiento de su alcantarillado condominial
- Posibilidad de surgimiento de algunas dificultades:
 - Derecho de paso.
 - Servidumbre.
 - Expropiación.
 - Ampliación de áreas construidas, etc.

1.4 Innovaciones en el criterio de diseño

Las principales modificaciones en el criterio de diseño, con respecto al sistema tradicional son:

La modificación del parámetro básico de dimensionamiento hidráulico, velocidad mínima, por la tensión tractiva o tensión de arrastre de sólidos mínima. El criterio de tensión tractiva permite la reducción de las excavaciones en colectores construidos en terrenos planos con pendientes y diámetros menores con una desventaja desde el punto de vista de mantenimiento, el cual deberá ser realizado con cuidados especiales o equipos totalmente manuales. La excavación es el factor que más contribuye en el costo de los alcantarillados. La dificultad está en la fijación del valor de la tensión tractiva mínima.

Tensión tractiva (r)

La tensión tractiva ó fuerza de arrastre, es la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por el flujo de aguas residuales sobre un colector y en consecuencia sobre el material depositado.

$$r = yRS$$

Donde:

T = Tensión tractiva (N/m², Pa)

R = Radio Hidráulico

S = Pendiente

Tensión tractiva mínima

La tensión tractiva mínima para los sistemas de alcantarillado deberá tener como valor mínimo:

$$T_{\min} = 1 \text{ Pa}$$

En los tramos iniciales de los colectores (arranque), en los cuales se presentan bajos caudales promedio tanto al inicio como al fin del periodo de diseño, se recomienda calcular la pendiente con una tensión tractiva de 1 Pa, y posteriormente, su verificación con caudales de aporte reales, no deberá ser menor a 0,6 Pa.

Pendiente mínima

El diseño usual del alcantarillado convencional considera que la pendiente mínima que tendrá una alcantarilla, viene dada por la inclinación de la tubería con la cual se lograra mantener la velocidad mínima de 0,6 m/s, transportando el caudal máximo con un nivel de agua del 75% (0,75 Ø) del diámetro.

De no conseguirse condiciones de flujo favorables debido al pequeño caudal evacuado, en los tramos iniciales de cada colector (primeros 300 m) se deberá mantener una pendiente mínima del 0,8%.

La pendiente mínima de las redes simplificadas y condominiales, deberá calcularse para una tensión tractiva media mínima de $I^{\min} = 1 \text{ Pa}$ y para un coeficiente de Manning de 0,013.

1.5 Metodología de implantación del proyecto

El sistema condominial considera la integración de aspectos técnicos y sociales en su implementación. Por este motivo, su desarrollo requiere de un equipo interdisciplinario de trabajo y la participación de la comunidad.

La propuesta de la tecnología condominial es lograr que la población conozca el sistema que se va a instalar antes de la ejecución de la obra y que apruebe los aspectos que inciden directamente en su quehacer diario. Durante el diseño de las redes de alcantarillado condominial, la población es informada de las opciones de ubicación de los ramales, de los costos asociados y de las alternativas para sus instalaciones intradomiciliarias. Debe entender claramente las ventajas y las desventajas de cada alternativa y tomar una decisión colectiva de la solución final. El resultado conducirá al buen uso del sistema y al mejoramiento de las condiciones ambientales generales de la comunidad.

De esa forma, la metodología de implantación del alcantarillado condominial obedece a varias etapas, que preceden a su construcción.

Selección del área para la implantación del sistema

El primer paso en la implantación de un sistema es la selección del área donde se realizará la intervención.

Normalmente los recursos (económicos y humanos) disponibles no alcanzan para atender a todas las zonas que carecen de cobertura de alcantarillado. Por otro lado, en la medida en que las condiciones de vida mejoran en un área, se atraen nuevos pobladores a la zona, sea por expansión planificada o por invasiones.

Siempre será recomendable empezar a utilizar la tecnología por medio de proyectos piloto, con áreas urbanas que no sean superiores a 300 ó 400 lotes.

Los factores que pueden conducir la preselección de las posibles áreas a intervenir son:

- La disponibilidad de agua potable: por tratarse de un sistema por arrastre hidráulico, es primordial que el área del proyecto cuente con abastecimiento

para así garantizar el buen funcionamiento del sistema y prevenir las incomodidades que ocasionan la falta de agua.

- El saneamiento físico y legal de los terrenos: con esta medida se busca privilegiar a los pobladores formales del municipio y desanimar las invasiones.
- El empalme a un sistema de tratamiento de desagües existente o a un área disponible para la implantación del sistema: la descarga de la red debe ser preferentemente conducida a una planta de tratamiento de desagües.
- Una organización comunal sólida y legalmente constituida: la presencia de una organización en la zona potencia el éxito del sistema.
- La antigüedad del asentamiento humano: algunas áreas han quedado olvidadas en los planes de expansión debido a la imposibilidad de implantar una solución convencional, mereciendo ser contempladas prioritariamente las organizaciones comunales que demanden el servicio.

Caracterización del área - Identificación de la realidad local

Esta etapa tiene como finalidad el reconocimiento de la realidad local, en sus aspectos físicos y sociales, para la definición de los elementos que serán utilizados en el proceso de la movilización de la comunidad.

En esta caracterización se buscarán datos básicos del área, tales como:

Aspectos físicos:

- Límites del área .
- Topografía del área .
- Identificación de las áreas de drenaje - cuencas naturales .
- Tipo de suelo .
- Ocupación del área .
- Identificación de las cuadras o manzanas .
- Drenaje pluvial.
- Servicios existentes
- Áreas de expansión urbana .

Aspectos sociales:

- Nivel de ingresos .
- Nivel cultural.
- Hábitos higiénicos .
- Consumo real del agua .
- Potencial participación ciudadana
- Disposición de excretas
- Voluntad de pago por el servicio .
- Población a ser atendida .
- Organizaciones existentes
- Usuarios no domésticos .

Participan en esta etapa los líderes locales e instituciones actuantes en el área, objetivando la divulgación del programa y articulación de acciones, identificación de materiales y servicios urbanos disponibles y conocimiento de la realidad socioeconómica local.

Reuniones con la comunidad - Presentación de las Ideas básicas

En el sistema condominial, la participación de la población en el proceso de toma de decisiones se efectúa en asambleas comunales y en reuniones de condominio. Normalmente la organización comunal está estructurada en dos niveles: uno central, reconocido por los pobladores y el municipio, con miembros elegidos vía un proceso transparente, que representa a todos los pobladores; y un nivel secundario, representando la manzana o condominio, donde se tratan aspectos específicos del proyecto en su respectiva área de atención.

En las etapas de promoción, diseño, ejecución, puesta en marcha del proyecto y monitoreo y evaluación, la participación de la organización comunal es decisiva para el éxito del proyecto.

Las reuniones con la comunidad tienen el objetivo de presentar las ideas básicas y reglas del programa del alcantarillado condominial, para definir las alternativas de solución del problema local e incorporar a la población al programa a través de la formación de condominios.

Los condominios son la unidad del sistema condominial y corresponden a las manzanas urbanas compuestas por lotes.

Las reuniones con la comunidad ocurren en cada manzana, los puntos comunes a conocer y debatir son:

- Presentación del programa condominial.
- Fundamentos y funcionamiento del sistema condominial.
- Participación de la comunidad en el mantenimiento del ramal condominial en especial de los ramales que pasan por el fondo de los lotes (en el caso de que existan).
- En el caso del ramal de las aceras, otorgar responsabilidad a la empresa prestadora de servicio o a la comunidad.
- Instruir de educación sanitaria a la comunidad beneficiaria.
- Dar a conocer las tarifas, pagos de conexión y formas de pago, para la conexión a la red.
- Elección del representante, responsable por la coordinación de la elección de la opción más adecuada para el trazado de la red condominial en la manzana.

Visitas casa por casa

Las visitas casa por casa se realizan para comprender el grado de asimilación de la propuesta por parte de la población acerca del proyecto y para definir los detalles de la conexión de la vivienda al sistema de alcantarillado por construir.

El sistema condominial considera la optimización de la construcción de las redes de alcantarillado.

Los ramales condominiales se asientan a menor profundidad, hasta un mínimo que permita ejecutar la conexión de cada vivienda, la que debe verificarse en los levantamientos de campo. Adicionalmente, teniendo en consideración que los terrenos donde se implantan los sistemas condominiales normalmente son áreas que han sufrido una expansión no planificada, urbanísticamente mal definidas, el detalle del encaminamiento de los ramales muchas veces tendrá que ser definido caso por caso en el campo.

Considerando que muchas viviendas no disponen de instalaciones intradomiciliarias, estas visitas sirven también para identificar, junto con la familia, el trazado de sus futuras instalaciones domiciliarias, definiendo la ubicación de los puntos de salida de cada lote y la conexión al ramal condominial.

Términos de adhesión

Los usuarios deberán firmar el 'Término de Adhesión', donde se definen los compromisos acordados entre el ejecutor y los pobladores, tales como la ubicación del ramal condominial, los compromisos de pago para la conexión domiciliar, la participación en la construcción y/o mantenimiento, y, si fuera el caso, los acuerdos para las instalaciones internas, entre otros.

Documento de aceptación en la conexión a la red de alcantarillado

Es la aceptación de una o varias manzanas o un conjunto habitacional a la participación del programa de red de alcantarillado, este se oficializa por medio de la entrega de un documento llamado "Término de Adhesión", donde, los habitantes definen el tipo de ramal de su preferencia y la forma como desean efectuar los pagos de la tasa de conexión.

Proyectos de ramales condominiales - Elaboración de bosquejo y notas de servicio

Los proyectos son compuestos de "bosquejo" y notas de servicio (apuntamientos topográficos para la ejecución de la obra), elaborados en base a levantamientos simplificados de campo y en detalles suficientes para la construcción de los ramales condominiales. Son elaborados en seguida a la entrega del "Término de Adhesión", lo cual define la opción del condominio.

En algunos casos puede ser necesaria la elaboración de un diseño al detalle (expediente técnico), que deberá ser aprobado por la institución responsable por los servicios de saneamiento en la localidad.

Luego de ser aprobado, se procede a la etapa de ejecución de la obra.

Debido a los cambios permanentes en las urbanizaciones, el diseño al detalle debe realizarse lo más cercanamente posible al inicio de las obras para evitar requerimientos de modificaciones en el diseño durante la etapa de ejecución.

CAPITULO 2:

SISTEMA DE RED DE ALCANTARILLADO Y EMISOR DE EVACUACIÓN

2.1 Estudios preliminares

Para la elaboración del diseño del sistema condominial del poblado proyectado en **UNIPAMPA**, es necesario caracterizar el área de estudio, tanto en los aspectos físicos como en los aspectos culturales (de las ciudades más cercanas).

Los siguientes puntos son considerados como reales o existentes para el caso del poblado:

- o Los terrenos están saneados
- o Tiene cobertura de agua potable
- o El pueblo requiere de soluciones de bajo costo para evacuación, tratamiento y disposición final de las aguas servidas, esto según lo observado en los pueblos de Imperial y San Vicente, en donde los ingresos de los pobladores son bajos.

Información del Poblado:

Ubicación geográfica

El poblado se ubica en Pampa Clarita, en el Departamento de Lima, Provincia de Cañete, Distrito de San Vicente de Cañete (ver Figura 2.2); se encuentra a una altura promedio entre los 163 msnm. Está ubicado en la zona UTM número 18 y sus coordenadas con el geoide WGS 84 son:

PUNTO	ESTE	NORTE
O (CENTRO) PLAZA DE ARMAS	353,714	8,541,776

Características físicas

La localidad materia de estudio es una zona desértica, el acceso a la zona es por la Carretera Panamericana Sur, se encuentra a la altura del km 158. La orilla del mar está formada por un acantilado que fluctúa entre los 160 y 200 m de altura y esta a aproximadamente a 680m de distancia del pueblo.

El clima es templado cálido. Los vientos son relativamente suaves. En lo que respecta a la humedad, ésta varía en la época de invierno de 60° a 90° de humedad relativa, disminuyendo ostensiblemente en el verano. La temperatura oscila en el invierno entre los 14° a 22°, llegando en el verano a temperaturas de hasta 29° y 30° centígrados.

La zona en estudio es vulnerable a sismos por su cercanía a las placas de Nazca.

Características socioeconómicas

La población actual es de 1968 habitantes, tomando 6 hab. por vivienda según el Reglamento Nacional de Construcciones, con un promedio de ingresos de S/.650.00 por vivienda (encuestas tomadas en la ciudad de San Vicente de Cañete y Nuevo Imperial)



Figura 2.1: Foto de la plaza de armas de la ciudad de San Vicente de Cañete

La mayor actividad económica del valle Cañete es la agricultura, este es el motivo por el cual sus principales actividades y festividades son relacionadas con la agricultura, (cosecha, siembra, etc.), y sus principales festividades son la del níspero y la uva. Mayoritariamente el pueblo es Católico

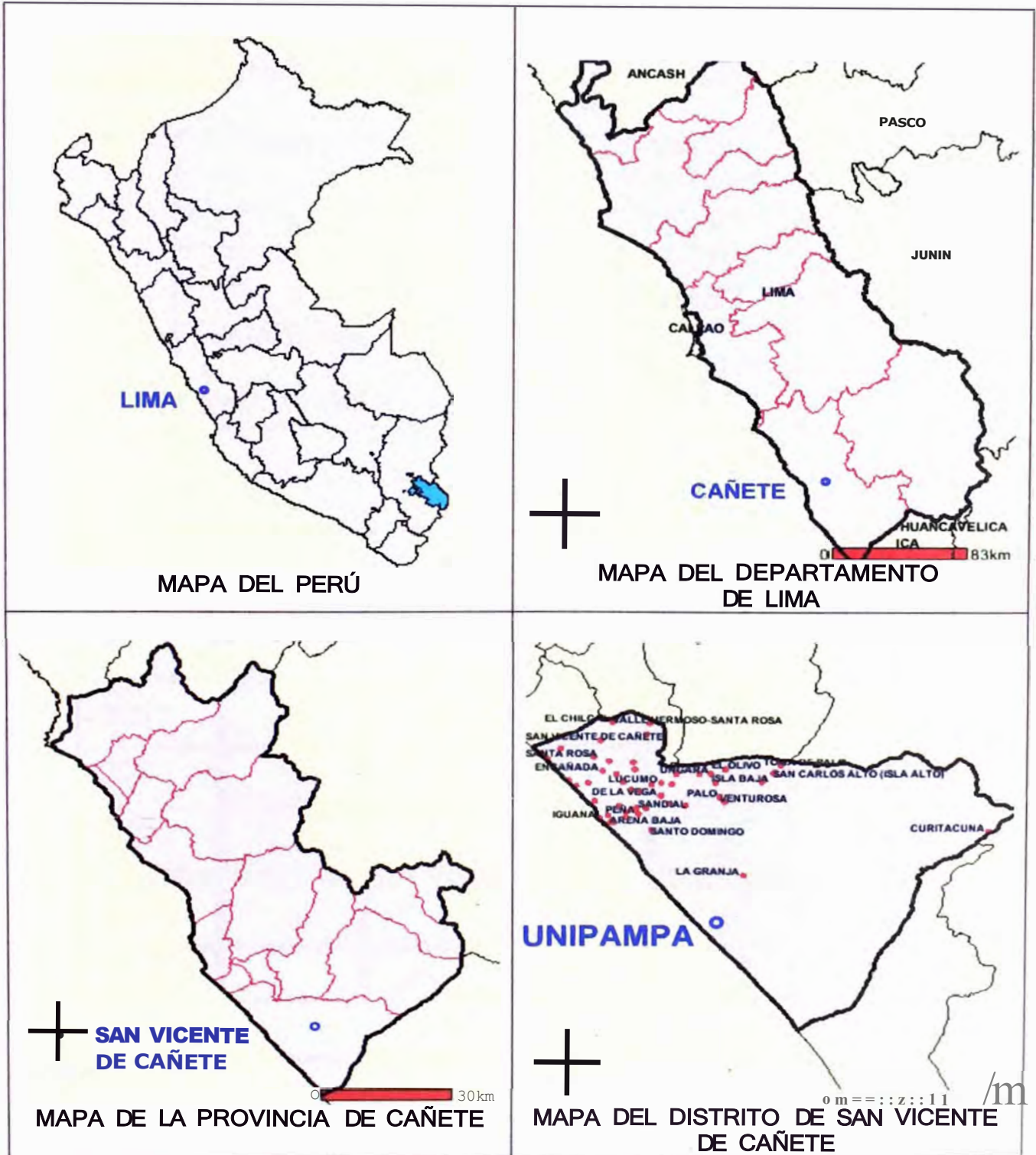


Figura 2.2: Mapas de ubicación del poblado UNIPAMPA

Estudio Topográfico

Es muy importante el estudio topográfico, pues este es el parámetro más importante para el diseño de redes de alcantarillado, este estudio define la rasante de las calles y el trazado de redes principales y condominiales.

Las coordenadas UTM según el geoida WGS84 que definen el pueblo son:

PUNTO	ESTE	NORTE
A	353,455	8,541,929
B	353,640	8,542,064
c	353,899	8,541,710
D	353,714	8,541,575
O (CENTRO) PLAZA DE ARMAS	353,714	8,541,776

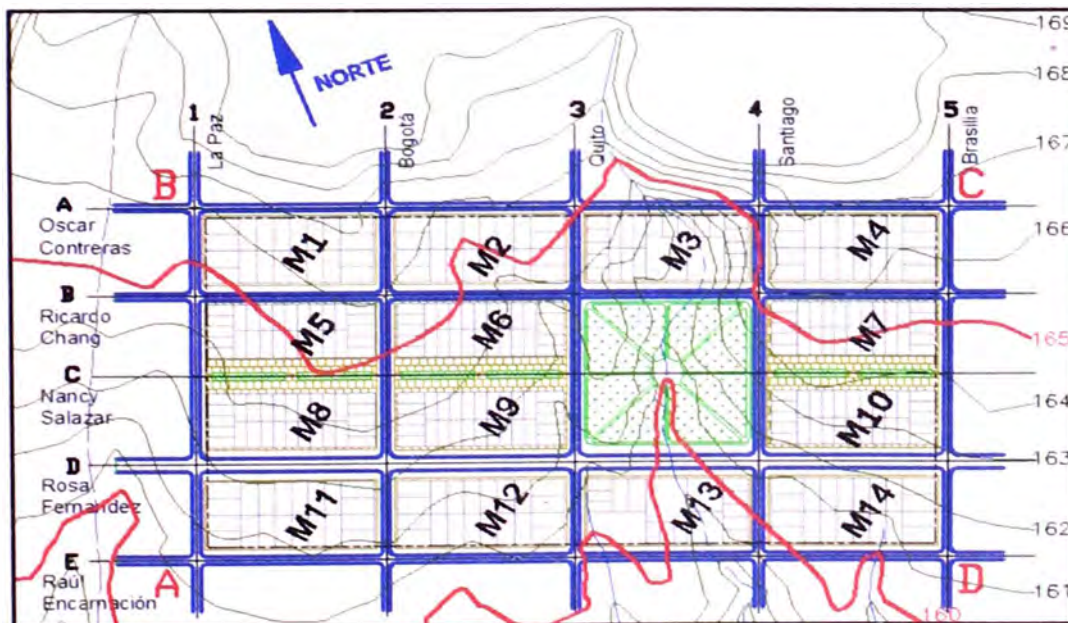


Figura 2.3: Esquema del pueblo proyectado en UNIPAMPA y sus calles

De la figura 2.3 podemos apreciar los desniveles de terreno, la cota más alta del pueblo es 167 msnm y la más baja de 158 msnm, la pendiente promedio es de 2%.

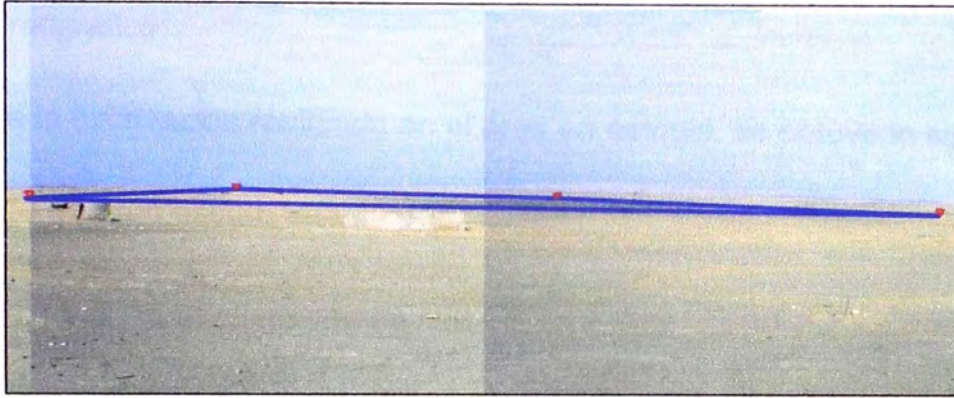


Figura 2.4: Foto actual de la zona donde se ubicará el poblado

Foto del área actual, donde está delimitado el poblado proyectado, se puede apreciar que el área es totalmente desértica, no existen viviendas cercanas, existe un acantilado aproximadamente a 680 m de la ciudad, este tiene una altura entre 160 y 200 m. de altura sobre el nivel del mar.

A continuación el corte de la Calle 2 - Bogotá y la rasante que define el nivel de terreno, esto es necesario para obtener las cotas del terreno para poder realizar el cálculo de las pendientes de las tuberías. Esta es la calle de mayor pendiente.

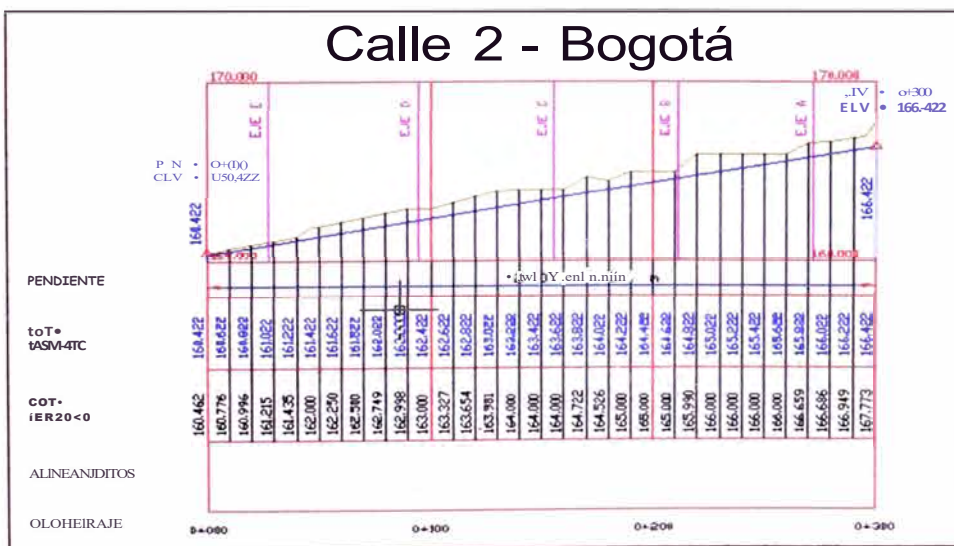


Figura 2.5: Perfil de la calle 2 - Bogota. Calle con mayor pendiente de la ciudad.

Estudio Geotécnico

La zona en estudio, presenta un suelo compresible y de baja capacidad de soporte.

Perfil Estratigráfico:

En base a la excavación realizada en el área en estudio, se obtuvo lo siguiente:

0-20 Pardo a pardo oscuro en húmedo.

Arena franca, grano simple, muy friable.

El pH es 8,1 y 0,7% el contenido de materia orgánica.

CE: 1,16 dS/m a 25°C, y PSI: 5,2%

20-180 Pardo amarillento oscuro en húmedo.

Arenoso, grano simple, suelto.

El pH es 8,0 y 0,3% el contenido de materia orgánica.

CE: 0,34 dS/m a 25°C, y PSI: 3,4%.

En resumen podemos concluir que predominan en el área del proyecto las arenas limosas. No se encontró el nivel freático hasta los 3m., por lo tanto se presume que ésta se encuentra a mayor profundidad, por consiguiente no afectará a las cimentaciones futuras.

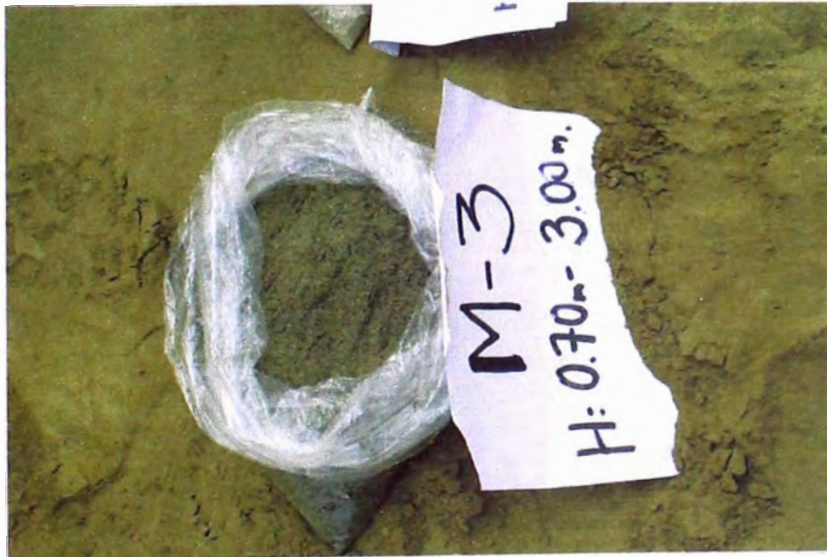


Figura 2.6: Foto de la muestra 3, se observa el material compuesto por arenas.



Figura 2.7: Foto de la calicata 1, se observa el material compuesto por arenas con limos.

2.2 Parámetros de diseño

A continuación se presentan los parámetros de diseño del proyecto de alcantarillado condominial:

a. Población:

a.1 Período de diseño

Para determinar la población del proyecto es necesario definir el período de diseño, que establece el tiempo en el que el sistema construido atenderá el crecimiento de la población del área.

El alcantarillado condominial usa períodos de diseño cortos, por lo tanto las inversiones iniciales serán menores, un proyecto con un período de diseño largo costará más en la fase de implantación, no demandando nuevas inversiones por un largo plazo, pero estará sobredimensionado y con alta capacidad ociosa al inicio de su funcionamiento. ¹

Por lo tanto, el período de diseño para este proyecto es de 15 años.

a.2 Densidad poblacional

El número de viviendas del pueblo es 328, y la densidad poblacional mínima es 6 habitantes por vivienda, según el Reglamento Nacional de Edificaciones para nuevas habilitaciones urbanas, como es este caso. Por lo tanto la población inicial es 1968 hab.

a.3 Población a ser atendida

Es calculada en base a la siguiente fórmula:

$$= (1 + r)^Y$$

¹ Klaus Dieter Nedery y Teresa Lampoglia, Guía de implantación de la Tecnología Condominial por una Empresa de Saneamiento

donde:

P_0 : Población al inicio del período = 1968 hab.

P_t : Población futura, resultado de la proyección

r : Tasa media anual de crecimiento. $r = 2.6\%$, según el INEI, este dato fue recogido de las poblaciones cercanas como son San Vicente de Cañete e Imperial.

t : Número de años que se va proyectar la población = 15 años

$$= 2893 \text{ hab.}$$

b. Consumo de agua (Dot)

El de volumen de desagües que se va a recolectar depende del consumo agua en el área del proyecto.

El consumo de agua es de 220 l/hab/d, para viviendas de más de 90 m² en climas cálidos, según el RNE.

c. Coeficiente de retorno (C)

Es la relación entre el agua consumida por los usuarios y la producción correspondiente de desagües. El valor del coeficiente de retorno es 0.8, según el RNE.

d. Caudal de infiltración (Qi)

En el sistema condominial, el valor a ser adoptado depende principalmente del tipo de material usado en las tuberías del sistema. La infiltración considerada para sistemas que utilizan tuberías de PVC puede ser considerada 0,05 l/s* Km.

e. Coeficiente de caudal máximo horario (K2)

Es la relación entre el caudal promedio y el máximo horario.

$$k_2 = 1.5$$

f. Caudal de Diseño**Caudal Medio Diario (Qm)**

$$Q_m = \frac{P_1 * Dot}{86,400}$$

$$Q_m = 7.37 \text{ l/s}$$

Caudal Máximo Horario (Qmh)

$$Q_{mh} = K_2 * Q_m$$

$$Q_{mh} = 11.06 \text{ l/s}$$

Caudal de Diseño (Qd)

$$Q_d = C * Q_{mh}$$

$$Q_d = 8.49 \text{ l/s}$$

Cuadro Resumen de los parámetros de diseño	
Periodo de diseño:	15 años
Población actual:	1968 hab
Población futura:	2893 hab
Tasa de crecimiento poblacional:	2.6%
Número de lotes:	328
Área total del pueblo:	11.2 ha
Densidad poblacional:	6 hab/viv.
Número de conexiones de agua:	328
Dotación de agua:	220 l/hab/d
Coeficiente de retorno (c):	80%
Caudal de infiltración:	0,05 l/s Km
Longitud de ramal condominial:	3.6 km
Longitud del ramal principal:	0.9 km
Material de la tubería:	PVC, espesor mínimo 3.5mm.
Coeficiente de rugosidad de la tubería:	0.013
Coeficiente de caudal máximo horario:	1.50
Caudal medio diario:	7.37 l/s
Caudal máximo horario:	11.06 l/s
Caudal de diseño:	8.49 l/s

23 Trazado de redes

En el sistema condominial, la red de alcantarillado se divide en dos partes, la pública o red principal, y las conexiones colectivas a la red pública, representadas por el Ramal Condominial.

a. Ramal condominial:

Esta red recolecta las aguas servidas de una manzana. En el siguiente esquema se presenta el ramal condominial para el pueblo en estudio.

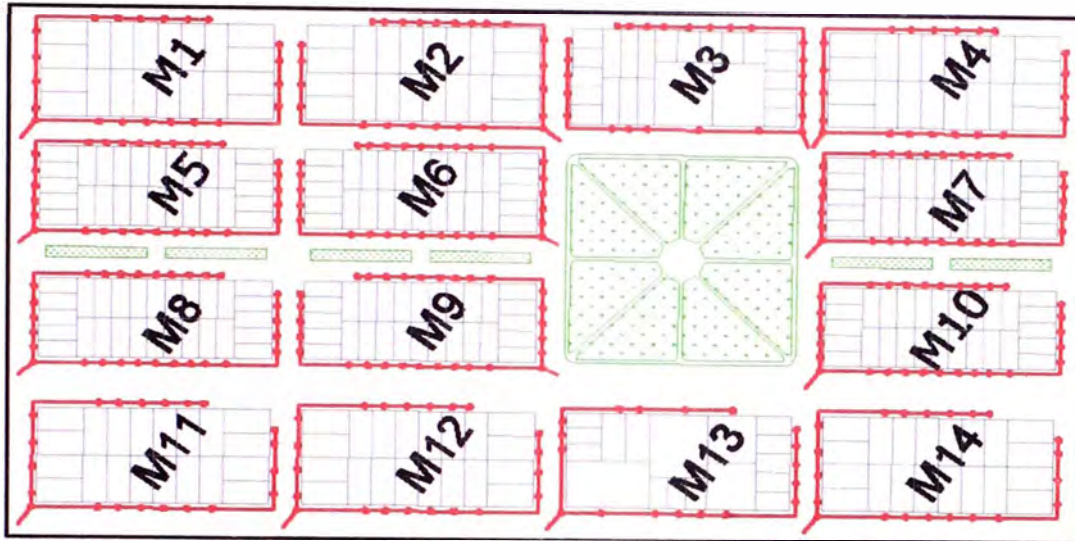


Figura 2.8: Distribución de los ramales condominiales.

Características de los ramales condominiales

lt.	Manzanas	Extensión del ramal condominial	Número de conexiones	Población de contribución estimada	Número de cajas condominiales
1	M1	259.61	20	176	20
2	M2	259.61	20	176	20
3	M3	265.62	23	203	23
4	M4	259.61	20	176	20
5	M5	254.22	28	247	28
6	M6	254.22	28	247	28
7	M7	254.22	28	247	28
8	M8	254.22	28	247	28
9	M9	254.22	28	247	28
10	M10	254.22	28	247	28
11	M11	259.61	20	176	20
12	M12	259.61	20	176	20
13	M13	249.69	17	152	17
14	M14	259.61	20	176	20
	TOTAL	3598.29	328	2893	328

b. Red principal:

Esta red recolecta las aguas servidas de los ramales condominiales. La mejor red principal es la que logre conectar todos los ramales condominiales previstos, siguiendo los mismos caminos naturales del drenaje del área, con la menor extensión posible.

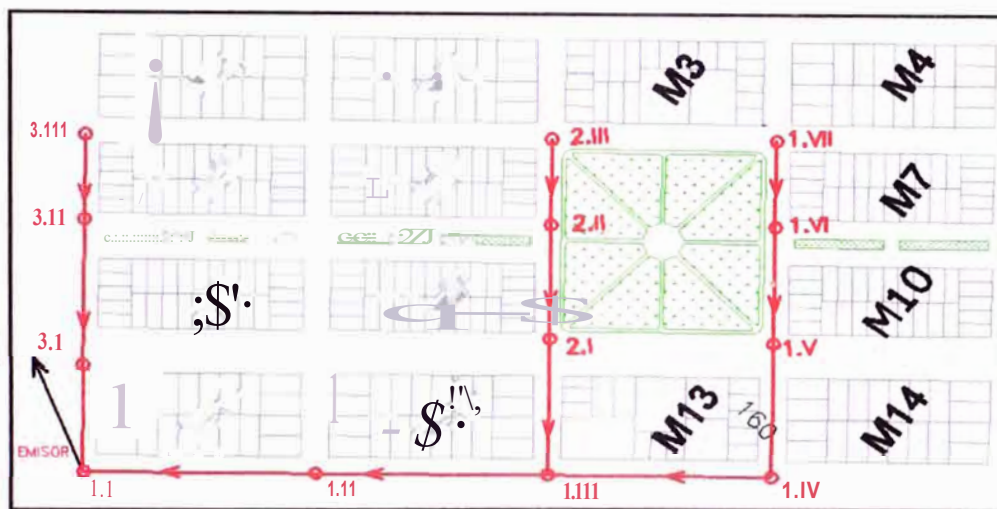


Figura 2.9: Distribución de los ramales principales

Características de la red principal

It.	Numero del tramo	Extensión del tramo	Ramales contribuyentes	Población	nivel del terreno aguas arriba	nivel del terreno aguas abajo
1	3111 - 311	48.71	M1	176	164.47	163.36
2	311 - 31	62.50	M5	247	163.36	162.14
3	3.1- 31	58.50	M8	247	162.14	160.8
4	2111 - 211	48.71	M2	176	164.64	163.54
5	211 - 21	62.50	M6	247	163.54	162.31
6	2.1- 2111	58.50	M9	247	162.31	160.97
7	1.VII -1.VI	51.25	M3yM4	379	164.98	163.87
8	1.VI - 1.V	62.50	M7	247	163.87	162.65
9	1.V-1.IV	69.39	M10	247	162.65	161.31
10	1.IV - 1.111	110.35	M14	176	161.31	161.14
11	1.111-1.11	114.03	M13	152	161.14	160.97
12	1.11-1.1	114.25	M12	176	160.97	160.8
		861.19				

2.4 Cálculo hidráulico

Trazada la red pública de alcantarillado sanitario y ubicadas las cámaras de inspección, se procederá con la cuantificación de caudales de aporte en función de la población, densidad y población por manzanas.

Para los ramales condominiales se usará, como regla general, la pendiente de 0,653%, solo se adopta diferente pendiente en el caso que la pendiente natural del terreno es mayor que la mínima y el diámetro de 100 mm para todas las situaciones del proyecto, suficiente para lograr la recolección de los desagües de más de 200 viviendas, hecho que es una realidad pues el número de viviendas por cuadra en promedio es 24, de esta manera, no es usual realizar cálculos hidráulicos para los ramales condominiales en áreas residenciales unifamiliares.

Se puede considerar una profundidad de arranque de los ramales de aproximadamente de 70cm. para los ramales de aceras. La profundidad de conexión de los ramales con el tramo correspondiente de la red pública será determinada por la pendiente natural del terreno. Si la pendiente es mayor a 0,653 %, la profundidad de conexión podrá ser la misma adoptada para el arranque. Si la pendiente natural del terreno fuera menor a 0,653 %, la profundidad de conexión será la profundidad de arranque del ramal adicionado a la resultante de la diferencia entre las pendientes multiplicada por la extensión del ramal. Debe adoptarse el procedimiento anterior para cada uno de los tramos de la red.

Las profundidades determinadas para el arranque de la red pública en la salida de cada ramal están presentadas en el cuadro a continuación:

Profundidad de arranque de la red pública 0.653%

lt.	Manzanas	Desnivel natural disponible	Long. aprox. del mayor ramal (m)	Desnivel necesario para el ramal	Prof. de salida del ramal	Cámara de inspección
1	M1	1.20	150	0.98	0.70	3111
2	M2	2.50	150	0.98	0.70	2111
3	M3	1.20	150	0.98	0.70	1.VII
4	M4	0.20	150	0.98	1.48	1.VII
5	M5	1.30	145	0.95	0.70	311
6	M6	2.10	145	0.95	0.70	211
7	M7	1.50	145	0.95	0.70	1.VI
8	M8	1.20	145	0.95	0.70	31
9	M9	2.00	145	0.95	0.70	21
10	M10	1.70	145	0.95	0.70	1.V
11	M11	1.00	150	0.98	0.70	11
12	M12	1.80	150	0.98	0.70	111
13	M13	0.60	150	0.98	1.08	1111
14	M14	2.00	150	0.98	0.70	1.IV

Luego de definida la profundidad de arranque de la red pública, se calcula la profundidad de cada tramo siguiente aguas abajo. Para esto se debe verificar la profundidad de conexión de los ramales condominiales que se conectan en el tramo considerado.

La pendiente es la mínima cuando la pendiente natural del terreno es menor que la pendiente mínima adoptada para la tubería, y es igual a la pendiente natural, cuando esta es más grande que la mínima establecida para la tubería. Después de decidir la pendiente para el tramo considerado estableciendo la profundidad aguas arriba y aguas abajo para el tramo, se efectúa el cálculo del diámetro del tramo. Normalmente el diámetro es una consecuencia del caudal y de la pendiente adoptada, pero, en algunos casos, la pendiente puede cambiarse para adecuarse a un diámetro deseado.

Caudal en la red principal

It.	Numero del tramo	Extensión del tramo	Ramales contribuyentes	Caudal de contribución al ramal	Caudal de infiltración	Caudal Total	Caudal en el tramo
1	3.111 - 3.11	48.71	M1	0.54	0.0024	0.5402	0.54
2	3.11 - 3.1	62.50	M5	0.75	0.0031	0.7578	1.30
3	3.1- 3.1	58.50	M8	0.75	0.0029	0.7576	2.06
4	2.111 - 2.11	48.71	M2	0.54	0.0024	0.5402	0.54
5	2.11-2.1	62.50	M6	0.75	0.0031	0.7578	1.30
6	2.1- 2.111	58.50	M9	0.75	0.0029	0.7576	2.06
7	1.VII-1 .VI	51.25	M3 y M4	1.16	0.0026	1.1606	1.16
8	1.VI - 1.V	62.50	M7	0.75	0.0031	0.7578	1.92
9	1.V-1.IV	69.39	M10	0.75	0.0035	0.7582	2.68
10	1.IV-1.111	110.35	M14	0.54	0.0055	0.5433	3.22
11	1.111-1.11	114.03	M13	0.46	0.0057	0.1701	5.75
12	1.11-1.1	114.25	M12	0.54	0.0057	0.5435	6.29

Parámetros geométricos de las alcantarillas:



$$r \cdot \cos \left(\frac{\theta}{2} \right) = r - e$$

$$0 = 2 \cdot r \cdot \cos \left(\frac{\theta}{2} \right) - D$$

$$P = \frac{r \cdot \theta \cdot e}{360}$$

$$A = \frac{r^2 \cdot \theta - D \cdot e}{4 \cdot 360} = \frac{D \cdot e \cdot \sin(\theta)}{8}$$

Formulas para el diseño:

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{4}}}{11} \quad \text{ecuación de Maning}$$

$$R = \frac{A \cdot n}{P \cdot n^r}$$

A_m = A. rea de la sección ::\l[ojacla(m.2)
 P_m = Perímetro de la sección Yloacla (m)

$$Q = V \times A$$

V = Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

1. Fórmulas para tuberías a sección llena:

Radio hidráulico: $R = \frac{D}{4}$

Velocidad: $V = \frac{0.312}{n} D^{2/3} S^{1/2}$, por lo tanto el caudal a sección llena será:

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{8/3} S^{1/2}$$

2. Fórmulas para tuberías con sección parcialmente llena:

Angulo central: $\theta^\circ = 2 \arccos(1 - \frac{D}{2R})$

Radio hidráulico: $R = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \sin \theta^\circ}{2\pi \theta^\circ} \right)$

Velocidad: $V = \frac{0.397}{n} \left(1 - \frac{360 \sin \theta^\circ}{2\pi \theta^\circ} \right)^{2/3} S^{1/2}$, por lo tanto el caudal a sección parcialmente llena será:

$$Q = \frac{D^8}{7257.15n} \left(2\pi \theta^\circ - 360 \sin \theta^\circ \right) S^{1/2}$$

Pendiente mínima

La fuerza tractiva mínima debe ser suficiente para transportar entre el 90% al 95% del material granular que se estima ingresar en el sistema de alcantarillado.

$$S = \frac{\tau}{\gamma R}$$

Donde:

S= Pendiente de la tubería (m/m)

r = Fuerza tractiva o tensión de arrastre (kg/m²)

γ= Peso específico del agua (kg/m³)

R= Radio hidráulico (m)

Pendiente para tuberías con sección parcialmente llena:

$$S = \frac{W_{\text{semp}}}{PL}$$

La pendiente mínima debe garantizar la auto-limpieza de la tubería desde el inicio del proyecto, a fin de evitar sedimentación y con ello elevados gastos de limpieza. Se debe considerar también que la pendiente mínima es de 100 mm. (4").

Se adopta el criterio que establece una relación de tirantes a sección parcialmente llena de 20% al 25%. Para estas condiciones se verifica que el valor promedio actual del caudal se aporte es de 10% a 15% de la capacidad del tubo.

$$\frac{Q_p}{Q} = 0.15 \quad \frac{L}{D} = 0.263$$

Q_p = Caudal promedio actual

Q_{II} = Caudal a sección llena

$$\theta^\circ = 2 \arccos \left\{ 1 - \frac{D}{2r} \right\} = 123.41^\circ$$

Pendiente mínima para colectores de alcantarillado sanitario

$$Q_P = 0.15; \frac{R}{D} = 0.1531; \rho_{\min} = 0.10 \text{ kg/m}^2; \gamma = 1000 \text{ kg/m}^3; n = 0.013$$

Diámetro	Pendiente mínima (Smin)	Ca acidad plena	
		Velocidad	Caudal
M	o/oo	<i>mis</i>	l/s
0.10	6.53	0.53	4.2
0.15	4.35	0.57	10.0
0.20	3.27	0.60	18.7
0.25	2.61	0.62	30.4
0.30	2.18	0.64	45.1
0.35	1.87	0.65	63.0
0.40	1.63	0.67	84.2
0.45	1.45	0.68	108.6
0.50	1.31	0.70	136.5
0.55	1.19	0.71	167.8
0.60	1.09	0.72	202.6
0.65	1.00	0.73	240.9
0.70	0.93	0.74	282.9
0.75	0.87	0.74	328.5
0.80	0.82	0.75	377.8
0.85	0.77	0.76	430.9
0.90	0.73	0.77	487.7
0.95	0.69	0.77	548.3
1.00	0.65	0.78	612.7

Fuerza tractiva

Para cumplir con la condición de auto-limpieza, los colectores de alcantarillado deben ser diseñados con una fuerza tractiva mínima.

$$r_{\min} = t(r_a - \gamma_w)d_{90-95\%}$$

Donde:

r = Resistencia del sedimento al movimiento

f = constante = 0.06

γ_a = Peso específico del material de fondo (kg/m³)

γ_w = Peso específico del agua (kg/m³)

$d_{90-95\%}$ = Diámetro del 90 al 95% de las partículas que deben ser transportadas. Este valor será obtenido de la frecuencia de distribución de un análisis granulométrico del material de fondo (arena) que ingresa al sistema de alcantarillado. En el colector quedarían retenidas partículas de un diámetro mayor al porcentaje indicado.

La fuerza tractiva mínima recomendada para los sistemas de alcantarillado sanitario es:

$$r_{\min} = 0.10 \text{ kg } / \text{ m}^2$$

Verificación de resultados

t	Numero del tramo	Profundidad de salida del ramal	Nivel del terreno aguas arriba	Nivel tubería aguas arriba Adoptado (m)	nivel del terreno aguas abajo	Extensión del tramo	cota aguas abajo determinada por la salida del ramal	Diferencia de cotas	Desnivel en el tramo	Pendiente (o/oo)	Díámetro (m)	Fuerza Tractiva
1	3111 - 311	070	164 47	163 77	163 36	48 71	162 66	1 11	1 11	22 79	0 11	0 38
2	311- 31	070	163 36	162 66	162 14	62 50	161 44	1 22	1 22	19 52	0 11	0 33
3	3, 11	070	162 14	161 44	160 8	58 50	157 80	3 64	3 14	53 68	0 11	0 90
4	2111 - 211	070	164 64	163 94	163 54	48 71	162 84	1 10	1 10	22 58	0 11	0 38
5	211- 21	070	163 54	162 84	162 31	62 50	161 61	1 23	1 23	19 68	0 11	0 33
6	21- 1111	070	162 31	161 61	160 97	58 50	159 84	1 77	1 77	30 26	0 11	0 51
7	1VII - 1 VI	148	164 98	163 50	163 87	51 25	163 07	0 43	0 43	8 39	0 11	0 14
8	1VI - 1 V	080	163 87	163 07	162 65	62 50	161 95	1 12	1 12	17 92	0 11	0 30
9	1V - 1 IV	070	162 65	161 95	161 31	69 39	160 61	1 34	1 34	19 31	0 11	0 33
10	1IV - 1111	070	161 31	160 61	161 14	110 35	159 84	0 77	0 77	6 98	0 11	0 12
11	1111-111	130	16114	159 84	160 97	114 03	159 07	0 77	0 77	6 75	0 11	0 11
12	111-11	190	160 97	159 07	160 8	114 25	157 80	1 27	0 77	6 74	0 11	0 11
13	11	2 50	160 80	158 30								

Como resultado de las verificaciones se puede decir que el sistema de drenaje de las tuberías de alcantarillado es adecuado, pero al mismo tiempo es necesario verificar los niveles de las tuberías, por lo tanto se recomienda realizar las verificaciones.

2.5 Emisor de evacuación a la planta de tratamiento de aguas residuales

La tubería que llevará todas las aguas servidas de la ciudad a la planta de tratamiento, presenta las siguientes características:

Material de la tubería:	PVC y ACERO
Longitud total:	664.41m
Número de tramos:	11
Número de buzones:	12
Diámetro:	160mm
Caudal transportado:	8.35 l/s
Cota de partida de tubería:	158.30 msnm
Cota de llegada de tubería:	147.84 msnm

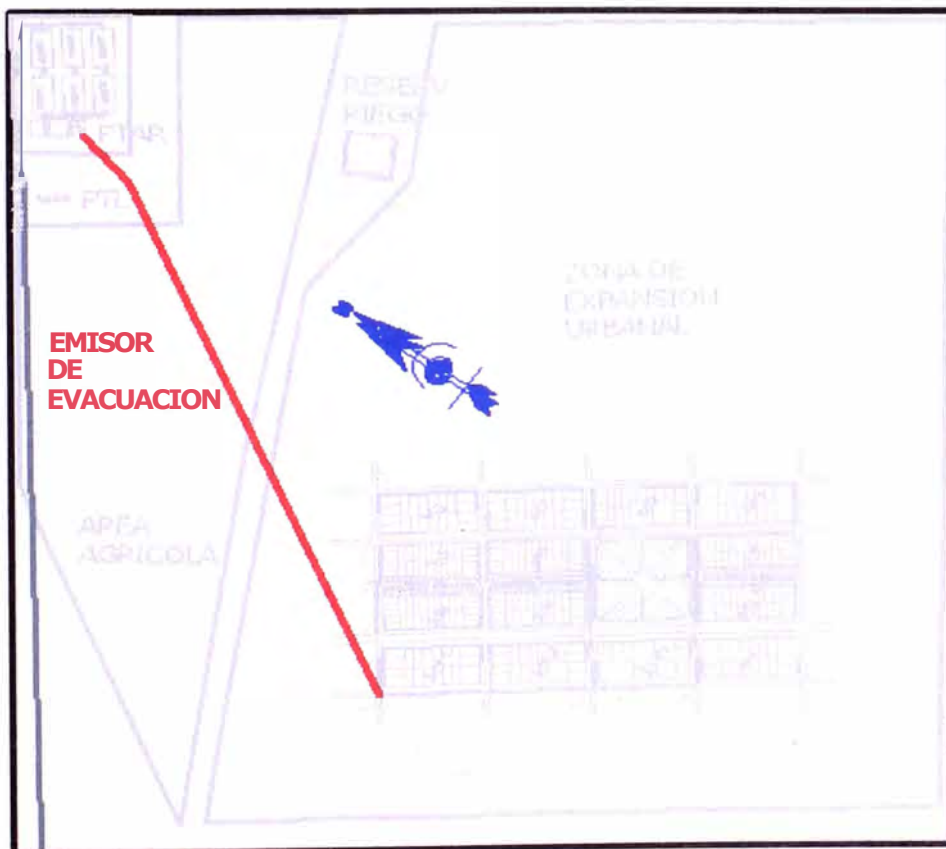


Figura 2.10 Esquema del emisor de evacuación

Sección de Mantenimiento del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado

Punto	Numero del tramo	Profundidad de salida del ramal	Nivel del terreno aguas arriba	Nivel tubería aguas arriba adoptado (m)	nivel del terreno aguas abajo	Extensión del tramo	cota aguas abajo determinada por la salida	Diferencia de cotas	Desnivel en el tramo	Pendiente (o/oo)	Díametro (m)	Fuerza Tractiva
1	1-2	2.5	160.80	158.30	163.36	80.00	157.90	0.40	0.40	5.00	0.16	0.12
2	2-3	2.5	160.40	157.90	162.14	80.00	157.50	0.40	0.40	5.00	0.16	0.12
3	3-4	2.5	160.00	157.50	160.8	80.00	157.10	0.40	0.40	5.00	0.16	0.12
4	4-5	2.5	159.60	157.10	163.54	60.00	156.80	0.30	0.30	5.00	0.16	0.12
5	5-6	2.5	159.30	156.80	162.31	60.00	156.44	0.36	0.36	6.00	0.16	0.15
6	6-7	1.3	157.74	156.44	160.97	80.00	153.20	3.24	3.24	40.50	0.16	0.99
7	7-8	0.8	154.00	153.20	163.87	80.00	149.96	3.24	3.24	40.50	0.16	0.99
8	8-9	0.8	150.76	149.96	162.65	40.00	148.39	1.57	1.57	39.25	0.16	0.96
9	9-10	0.8	149.19	148.39	161.31	60.00	148.09	0.30	0.30	5.00	0.16	0.12
10	10-11	0.8	148.89	148.09	161.14	44.41	147.84	0.25	0.25	5.63	0.16	0.14

El emisor de evacuación en los últimos 144.41m de longitud, existe un área muy amplia por rellenar, por lo que es más recomendable el uso de elementos de soporte para la tubería, evitando de esta manera rellenos hasta de 5m de altura. En este tramo se usará tubería de acero, debidamente recubierto con anticorrosivo y esmalte tipo naval.

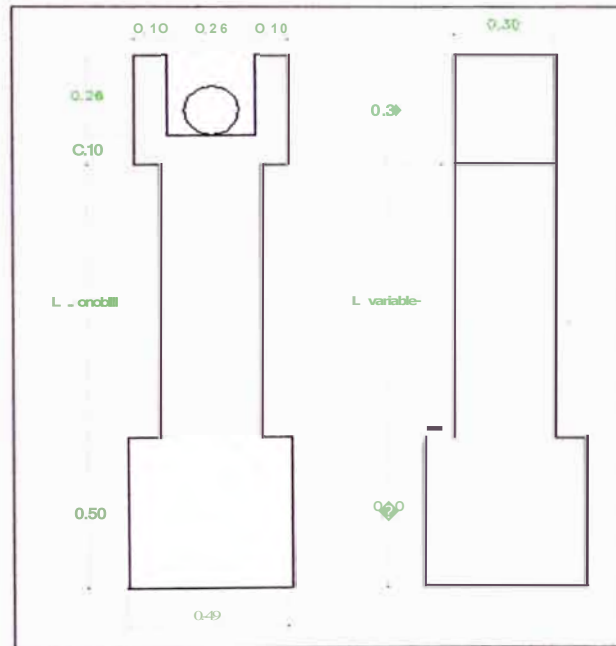


Figura 2.11: Detalle típico de soporte prefabricado

CAPITULO 3:

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La gestión de operación y mantenimiento de alcantarillado elaborado con tecnología condominial, deben definirse desde el inicio del proyecto, otorgándose responsabilidades, participaciones, etc., tanto de la comunidad como la empresa prestadora de servicios.

Una vez seleccionada la modalidad de gestión, antes de la puesta en marcha del sistema, el equipo de promoción social debe realizar talleres de capacitación para el mantenimiento de los ramales condominiales y principales, dando a conocer a los condominios o manzanas las técnicas y herramientas existentes para la ejecución de dicho trabajo.

Es importante realizar un seguimiento y monitoreo del sistema en estos trabajos, principalmente fortaleciendo el buen uso del sistema de parte del usuario, aclarando y verificando las condiciones existentes in situ (inspección de cámaras y tuberías).

Durante la etapa de seguimiento y monitoreo se evalúan y analizan los puntos indicados a continuación:

- Evaluar el funcionamiento del sistema condominial
- Análisis del alcance de la cobertura
- Cambio de hábitos
- Tiempo transcurrido entre la construcción de la red, la conexión domiciliaria y el uso del sistema.
- Formas de uso del sistema
- Cuantificación de módulos sanitarios

Las principales ventajas en cuanto a la operación y mantenimiento en sistemas condominiales son:

- Independencia entre ramales y redes. Facilita la limpieza ante posibles atoros.
- Sistema sectorizado por condominios.
- Mayor facilidad para operación y mantenimiento.
- Utilización de equipos más sencillos para operación y mantenimiento.
- En consecuencia, menores costos en operación y mantenimiento.

3.1 Mantenimiento de las redes condominiales

Para garantizar un mantenimiento adecuado, es necesario disponer de los materiales, equipos y herramientas necesarias, así mismo, el personal encargado de tales tareas deberá estar debidamente capacitado para el cumplimiento de las funciones específicas.

El proceso para asegurar la operación y el mantenimiento eficientes debe involucrar:

- Elaboración de normas, manuales y otros instrumentos normativos dirigidos a la operación de sistemas sanitarios.
- Implantación de un programa de capacitación del personal encargado de la operación del sistema.
- Implementación de un registro de control sobre las actividades de operación y mantenimiento del sistema.
- Evaluación periódica de la evolución del proceso y resultados obtenidos.

Se recomiendan dos tipos de mantenimiento para los ramales condominiales, cada uno de ellos ejecutado en circunstancias distintas.

a. Mantenimiento Preventivo

Los trabajos de mantenimiento preventivo son beneficiosos para ambas partes, EPS y usuarios. Se recomienda el mantenimiento preventivo de todo el sistema, tanto en redes como en ramales.



Figura 3.1: Talleres de educación sanitaria

Las actividades a cumplir para el mantenimiento preventivo se describen a continuación.

- o Inspecciones periódicas tanto en redes como en ramales condominiales.
- o Cumplimiento de los reglamentos internos de cada condominio.
- o Educación Sanitaria reforzando el tema de BUEN USO DEL SISTEMA.
- o Capacitación de los beneficiarios en las diferentes formas de inspección y control para mantenimiento del ramal condominial (tuberías y cámaras de inspección), utilizando:
 - o Prueba de espejos
 - o Prueba de escurrimiento

Prueba de espejos

La inspección de las tuberías se realiza por medio de dos espejos, cada uno de ellos instalados en la abertura de la tubería de las cámaras de inspección, una de ellas refleja la luz solar al interior de la tubería y la otra, con el aporte de esa luz, permite visualizar el interior de la tubería y detectar la existencia de elementos obstructores o deformaciones de la tubería longitudinal y transversal. Esa prueba se denomina prueba de espejos. De acuerdo al grado de obstrucción se realiza el mantenimiento preventivo o correctivo.

El uso de los espejos es una operación de mantenimiento preventivo, así mismo el haber detectado un elemento extraño al alcantarillado. Si el elemento es de poca importancia (por ejemplo plásticos vacíos) o si se observa el detenimiento de material sólido en las tuberías, se aplica la prueba de flujo, que consiste en la aplicación de abundante agua en tramos pequeños de cámara a cámara, lográndose limpiar la tubería que ha sido previamente verificada por la prueba de espejos.

Cuando los elementos encontrados en el interior de la tubería son difíciles de retirar por medio de la prueba de flujo, se realiza el mantenimiento correctivo, para lo cual se utiliza una tubería de polietileno, de diámetro $\frac{1}{2}$ o $\frac{3}{4}$ de pulgada, con una longitud aproximada de 25 metros, introduciéndola en un extremo del tramo obstruido y empujándola hasta lograr retirar el elemento obstructor, tales como piedras de tamaño considerable.

El mantenimiento preventivo en ramales condominiales es acción directa de los vecinos. Esta actividad debe ser reforzada a través de diversos talleres de capacitación, tales como:

- Taller de hábitos
- Taller de buen uso del sistema
- Taller de mantenimiento (preventivo)

b. Mantenimiento correctivo

Los trabajos de mantenimiento correctivo en ramales pueden ser de responsabilidad directa de los vecinos o de la EPS, según lo acordado en la etapa de implantación del sistema.

Algunos de los materiales y equipamientos requeridos para su ejecución se detallan a continuación:

- Politubo de $0 \frac{3}{4}$. L = 25 m
- Waype = 2 Kgr.
- Alambre de amarre = 1 Kgr.
- Dos espejos pequeños
- Escoba pequeña
- Baldes de agua

Detectada la obstrucción del ramal condominial, el procedimiento para su desobstrucción será:

- 1° En un extremo del politubo sujetar muy bien el huaype con la ayuda del alambre, con cuidado para evitar que esto se desprenda en el interior de la tubería.
- 2° Introducir este extremo en el tramo obstruido; ejecutar movimientos repetitivos de empuje hacia el elemento obstructor, hasta lograr que esta pase al otro extremo de la cámara del ramal.
- 3° Luego de extraído el elemento obstructor, circular abundante agua por la tubería, observando que no exista ningún punto de acumulación de líquido, de lo contrario regresar a # 2° .
- 4° Observar el interior de la tubería por medio de la prueba de espejos, asegurándose que la tubería está nuevamente habilitada para el funcionamiento.
- 5° Las cámaras de inspección deben ser bien cerradas para evitar el ingreso de elementos ajenos al alcantarillado.



Figura 3.2: Equipo para el mantenimiento correctivo

3.2 Mantenimiento de las redes públicas

Un sistema público de alcantarillado es diseñado y construido para recibir desagües domésticos de las redes condominiales, provenientes de las instalaciones intradomiciliarias de las viviendas. Este desagüe posee características bien definidas y el funcionamiento, durabilidad Y seguridad del sistema de alcantarillado, incluyendo la planta de tratamiento, depende de que los desagües mantengan estas características.



Figura 3.3: Mantenimiento de redes públicas

Una serie de productos no deben ser vertidos a las redes de alcantarillado (sean ellas condominiales o convencionales), destacándose los siguientes:

- o Aguas de lluvia.
- o Residuos sólidos (basuras)
- o Aceites y grasas.
- o Derivados de petróleo (Gasolina o diesel)
- o Cargas orgánicas excesivas.
- o Ácidos o álcalis fuertes.
- o Productos tóxicos, etc.

La primera actividad requerida, para garantizar el buen funcionamiento del sistema, es el control de los usuarios. Esta actividad tiene varios objetivos, y cada uno de ellos debe ser objeto de atención por parte del operador del servicio.

Control del usuario

A través del control de usuarios el operador del sistema debe acompañar y controlar la calidad y volumen de los desagües vertidos a la red. Esto incluye:

- o Catastro de los usuarios del sistema
- o Catastro especial de los usuarios no domésticos del sistema

- o Catastro de los usuarios del sistema
- o Catastro especial de los usuarios no domésticos del sistema
- o Promover y controlar contratos con los usuarios no domésticos
- o Fiscalizar las instalaciones intradomiciliarias de los usuarios domésticos y no domésticos. Fiscalizar la calidad y cantidad de las descargas de desagües no domésticos en la red.
- o Suministrar orientación a los usuarios sobre sus instalaciones.
- o Aplicar penalidades a usuarios irregulares, etc.

Todo este conjunto de actividades tiene el objetivo de garantizar que el desagüe que es descargado en la red no provoque daños y problemas a su funcionamiento.

El control de los usuarios domésticos se localiza principalmente en la conexión clandestina de aguas de lluvia, la existencia de la caja desgrasadora y en el estado general de conservación de las instalaciones.

El control de los usuarios no domésticos varía de acuerdo con el tipo de usuario.

- o En restaurantes se verifica principalmente la existencia y diseño adecuado de la caja desgrasadora,
- o En grifos se verifica la existencia y diseño adecuado de cámaras de retención de aceites y grasas,
- o En industrias de alimentos se verifica la carga orgánica lanzada;
- o En industrias metalúrgicas se verifica principalmente la presencia de metales pesados.

El control de desagües no domésticos también debe buscar la firma de contratos específicos para descarga de desagües con características distintas al desagüe doméstico, así mismo establecer un cobro especial por este servicio.

La función del área de Control de Usuarios incluye firmar y controlar los contratos, mantener actualizado el catastro de los usuarios, realizar el control de

calidad de los desagües producidos y promover la cobranza especial, de acuerdo con el contrato firmado. Esta área también centraliza los trabajos de soporte a las cuestiones técnicas levantadas por los usuarios, tanto domésticos como no domésticos. El área de actuación se extiende en este caso a las áreas no atendidas por el sistema de alcantarillado, presentando orientación para solucionar los problemas relacionados al saneamiento en estos locales.

Funcionamiento de las redes.

El principal objetivo de esta área es el conocimiento sobre el funcionamiento de las redes, incluyendo el volumen de desagües, el funcionamiento hidráulico de la red y la calidad de los desagües.

También es responsable por el monitoreo de la descarga de aguas de lluvia en el sistema, factor que causa muchos problemas, principalmente en las cámaras de bombeo y plantas de tratamiento. El trabajo se desarrolla principalmente en épocas de lluvia, cuando se realizan campañas de identificación de conexiones clandestinas de agua pluvial en la red de alcantarillado sanitario.

Para realizar estas tareas el área debe mantener un catastro actualizado de las redes construidas, que incluya los datos de diseño adoptados y la condición hidráulica de funcionamiento prevista.

Los equipos requeridos para la realización de sus actividades son:

- o Generador de humo, para investigar conexiones clandestinas de agua de lluvia en el sistema.
- o Microcámaras de televisión para uso interno en las redes, para verificar su estado de conservación y localizar conexiones clandestinas.
- o Medidores portátiles de caudal
- o Muestreadores automáticos portátiles, para evaluar las características del desagüe en cualquier punto de la red, en muestras simples y compuestas.

El equipo de mantenimiento de redes es el responsable por la solución efectiva de los problemas físicos que se verifican en las redes. El equipo de

mantenimiento debe tener la capacidad de realizar pequeñas obras y todos los servicios de mantenimiento de las redes.

El mantenimiento puede ser dividido en tres funciones principales:

Mantenimiento predictivo

Prevee donde pueden ocurrir los problemas. Realizado por el equipo de operación de redes. Por la observación del comportamiento hidráulico y del estado de conservación de las redes, es posible anticipar la ocurrencia de problemas y proponer acciones de mantenimiento preventivo.

Cuando esta área dispone de los equipos especializados, como medidores móviles de caudal y sistemas con micro-cámaras de televisión, tiene la posibilidad de observar no solamente la situación externa, pero también la situación interna de las tuberías y elementos de inspección.

Mantenimiento preventivo

Anticipa acciones de limpieza en el sistema para evitar problemas.

Las actividades de mantenimiento preventivo de las redes deben ser programadas según una rutina de largo plazo; por ejemplo, limpieza de todas las redes del sistema una vez cada dos años, la planificación y ejecución de los servicios indicados por el mantenimiento predictivo, etc. Los materiales y equipos para el mantenimiento preventivo son los requeridos para la limpieza de redes, remoción de taponamientos y ejecución de pequeñas obras.

Mantenimiento correctivo, que actúa sobre los problemas que ya ocurrieron.

El mantenimiento correctivo debe atender a las solicitudes de servicios correctivos. Es importante tener un buen mecanismo de control de las actividades de esta área, para poder atender adecuadamente a los usuarios dentro de los plazos comprometidos. Estas actividades requieren los equipos y herramientas adecuados al servicio, incluyendo equipos de limpieza en alta presión, para tuberías de gran y pequeño diámetro.

CONCLUSIONES

- El alcantarillado condominial usa períodos de diseño cortos, las inversiones iniciales serán menores, un proyecto con un período de diseño largo costará más en la fase de implantación, no demandando nuevas inversiones por un largo plazo, pero estará sobredimensionado y con alta capacidad ociosa al inicio de su funcionamiento.
- Este proyecto brindará el servicio alcantarillado a una población de 1968 personas desde el inicio del proyecto, contribuyendo así a la mejora de la calidad de vida y a las condiciones sanitarias de la población.
- Considerando para el poblado un periodo de diseño de 15 años se obtiene una población de 2893 hab. y una dotación de 220 hab/l/d, de estos dos últimos datos se obtiene un caudal de diseño de 8.49 l/s para la red de alcantarillado.
- Del cálculo hidráulico realizado se obtuvo que se debe usar para la red condominial una tubería PVC de 110mm de diámetro, siendo este el mínimo diámetro permitido por el Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo tanto, en toda la red condominial se usará tubería PVC de 110mm.
- Al igual que la red condominial, para la red pública o principal, también se obtuvo en los cálculos una tubería de PVC de 110mm, pero como el menor diámetro permitido por el Reglamento Nacional de Edificaciones es de 160mm, este último es el que será usado para las redes principales.
- En cuanto al emisor de evacuación de las aguas residuales hacia la planta de tratamiento, es necesario usar tubería de 160mm de diámetro como mínimo, pero lo más recomendable a usar, es una tubería de 200mm, esta tubería también será de uso en caso de crecimiento poblacional horizontal, pues se puede conectar la nueva red de alcantarillado al emisor de evacuación directamente.
- Se usará PVC para todas las tuberías del proyecto, excepto en el emisor de evacuación, en donde la tubería tiene exposición directa a la intemperie, por lo tanto se usará tubería de acero, debidamente recubierto con anticorrosivo y esmaltado.

-
- Para todo proyecto de alcantarillado que use la tecnología condominial, es muy importante la participación de la comunidad en todas las etapas del proyecto, tales como en el diseño, ejecución de obra, operación y mantenimiento. Es importante también resaltar la necesidad de crear conciencia en la comunidad beneficiaria, en el uso adecuado del alcantarillado, capacitando e impartiendo educación sanitaria a los pobladores.
 - La participación de los usuarios en la construcción, operación y mantenimiento, permite menores costos de implantación y promueve una mejor utilización del sistema de alcantarillado. Los usuarios son los principales beneficiarios del ahorro que representa la implantación del sistema condominial.
 - Los impactos ambientales negativos se presentan fundamentalmente en la etapa de construcción, mientras que en la etapa de operación los impactos ambientales son fundamentalmente positivos. Los impactos negativos, en la etapa de construcción, están relacionados principalmente con el movimiento de tierras y el ruido, impactos que serán controlados con las medidas identificadas. En la etapa de operación están relacionadas con el manejo de la desinfección del agua y el tratamiento de aguas servidas.

RECOMENDACIONES

- Definir las condiciones de gestión, operación y mantenimiento del alcantarillado con los pobladores, luego firmar un contrato de compromiso según los acuerdos tomados. Los pobladores beneficiarios de la red de alcantarillado, al asumir responsabilidades en el mantenimiento de la red, disminuyen sus tarifas de pago, pues este gasto es asumido por ellos directamente. La participación de la comunidad solo es recomendable para las redes condominiales.
- Tanto en la etapa de construcción del sistema como en el mantenimiento de ésta, se puede incluir la participación de los beneficiarios con el aporte de la mano de obra no calificada, previa firma de un contrato de compromiso. Cuando la obra es ejecutada por un contratista, es usual el empleo de mano de obra no calificada entre pobladores de bajos ingresos, con el fin de apoyarlos económicamente para que puedan cumplir con los pagos establecidos. Esta actividad requerirá la capacitación de los pobladores en actividades específicas de la ejecución de la obra, tales como la preparación del terreno, la excavación y llenado de zanjas, el acarreo y eliminación de materiales, etc. La capacitación debe ser permanente durante todo el proceso de construcción, asesorando los trabajos que realiza la población e informando de los avances y problemas surgidos durante la construcción. Luego de la construcción del sistema, la etapa de capacitación técnica se orienta hacia el uso adecuado de las instalaciones y su mantenimiento. El desarrollo de este componente se hace por medio de talleres cuyo objetivo es asociar el empleo correcto de las instalaciones de alcantarillado (tanto dentro como fuera del hogar) y su mantenimiento preventivo correctivo, con la higiene y la salud personal y colectiva.
- Es indispensable impartir educación sanitaria, enseñando a los pobladores a no verter por el alcantarillado las aguas de lluvia, plásticos, residuos tóxicos, residuos sólidos, aceites y grasas, derivados de petróleo, plantas, etc. También es importante dar a conocer a la población de las técnicas de identificación de atoros, como por ejemplo con el uso de dos espejos, luego de la verificación que procedan a desatorar con huaype amarrado con alambre en un politubo, una vez empujado el obstáculo hasta la caja de inspección, echar agua en abundancia para terminar de limpiarlo.

- Toda empresa prestadora de servicio debe contar con el equipo necesario para predecir, prevenir y corregir cualquier problema en el alcantarillado. Además debe contar con planes de contingencia y personal calificado para operar inmediatamente se conozca el desperfecto.
- Se recomienda también realizar un control del usuario, para que de esta manera se respeten las condiciones óptimas de uso de la red. Para un buen uso del sistema de alcantarillado es necesario un empadronamiento de usuarios, que según el tipo de residuos que evacúan éstos, se les exige usen una caja que filtre los residuos no deseados a la red.
- En las redes domiciliarias se recomienda el uso de una caja desgrasadora para las aguas que provienen del lavaplatos y el lavatorio de los baños, luego de pasar por esta caja, puede ir a la red de alcantarillado.

BIBLIOGRAFÍA

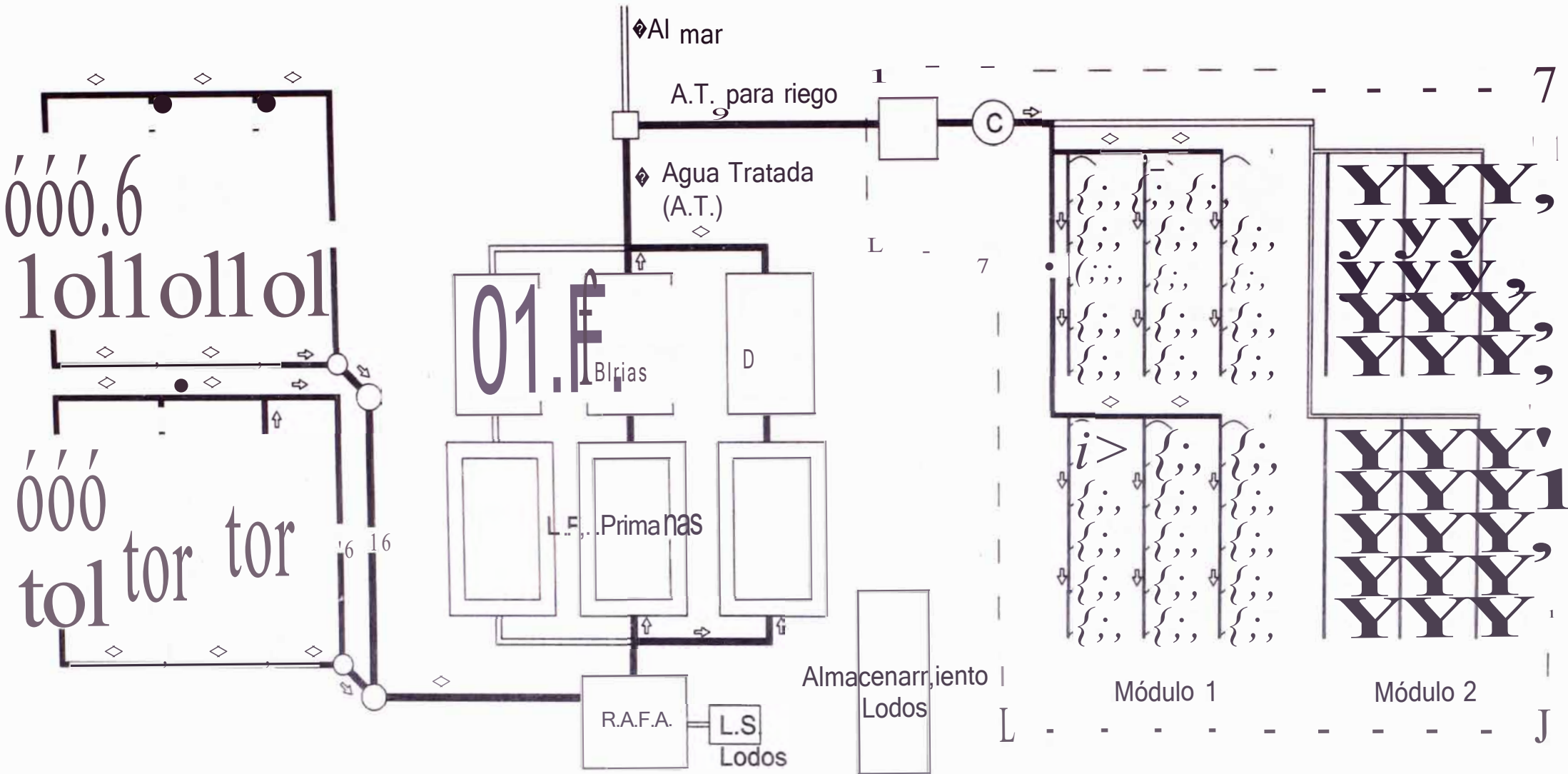
1. Aurelio Hernández Muñoz , Saneamiento y Alcantarillado
2. Banco Mundial, Programa de Agua y Saneamiento,
<http://www.wsp.org/publications/CondominESP.pdf>
3. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (España),
http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1996/1996_octubre_3358_03.pdf
4. Comisión para la Gestión Integral de Bolivia,
<http://www.aguabolivia.org/>
5. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid,
<http://habitat.aq.upm.es/cs/>
6. Frederick S. Merrit, Manual del Ingeniero Civil, USA 1991
7. Gazco Vera, Daniel Cecilio, Tesis FIC-UNI: Sistemas Condominiales de Alcantarillado, Perú
8. 11Congreso Nacional de Vivienda y Edificaciones, Viviendas y Edificaciones, Perú 2001
9. 111Congreso de las Américas de Municipios saludables y comunidades saludables, <http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/acueductos/default.htm#2>
10. Ingeniería Civil y Medio Ambiente (España).
<http://www.miliarium.com/Proyectos/Pliegos/AyuntamientoMadrid/Alcantarillado.asp>
11. Klaus Dieter Neder y Teresa Lampoglia, Guía de Implantación de la Tecnología Condominial por una Empresa de Saneamiento, Perú 2003

12. López Cuallo Ricardo , Diseño de Acueductos y Alcantarillado, México
13. Organización Panamericana de la Salud, <http://www.disaster-info.net/col-ops/saludambiente/Medellin99.htm#5>
14. Programa de Agua y Saneamiento, http://www.wsp.org/publications/normas_bolivianas.pdf
15. Reglamento Nacional de Edificaciones, Perú 2006
16. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), Infraestructura de Agua Potable y Alcantarillado Urbano en el Perú"
17. Universidad de las Américas de Puebla, http://caterina.udlap.mx/u_dia/tales/documentos/lic/hammeken_a_a_m/portada.html

ANEXOS

- A. PLANOS**
- B. PRESUPUESTO**
- C. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE ALCANTARILLADO**

ESQUEMA PROYECTO DE SANEAMIENTO UNIPAMPA - ZONA 1



Red de Alcantarillado
Condominial



Tratamiento de aguas
residuales y lodos



Reutilización de agua
tratada con riego tecnificado

PRESUPUESTO DE LA RED DE ALCANTARILLADO CONDOMINIAL DE UNIPAMPA

Partida	Descripcion	Unidad	Metrado	Precio Unitario	Valor
1. Obras Provisionales					
1.1.	Campamento provisional para la obra	Glob	1.00	250.00	250.00
1.2.	Cartel de identificación de la obra de 7,20 m x 3,60 m	Glob	1.00	195.00	195.00
1.3.	Movilización de camoamentos,maauinarias.	Glob	1.00	783.56	783.56
2. Ramal condominial					
2.1.	Trazo y replanteo	mi	3,598.29	0.79	2,842.65
2.2.	Excavación zanjas	m3	2,158.97	4.48	9,672.20
2.3.	Refine v nivel de zanja	mi	3,598.29	0.50	1,799.15
2.4.	Relleno comp.zanja(pulso)p/tub	m3	1,727.18	3.22	5,561.52
2.5.	Eliminación desmonte	m3	719.66	0.70	503.76
2.6.	Suministri e instalación de tubería de PVC 110mm	mi	3,499.89	0.80	2,799.91
2.7.	Suministro e instalación de caja condominial	und	328.00	32.00	10,496.00
2.8.	Carpeta de afirmado compactada con equipo de 20 cm espesor	m2	3,598.29	0.43	1,547.26
2.9.	Prueba hidráulica de tubería p/desaaue	mi	3,499.89	0.15	524.98
3. Ramal principal					
3.1.	Trazo y replanteo	mi	847.76	0.79	669.73
3.2.	Excavación zanas	m3	3,904.20	4.48	17,490.82
3.3.	Refine y nivel de zanja	mi	847.76	0.50	423.88
3.4.	Relleno comp.zania(pulso)p/tub	m3	3,123.36	3.22	10,057.22
3.5.	Eliminación desmonte	m3	780.84	0.80	624.67
3.6.	Suministri e instalación de tubería de PVC 160mm	mi	826.80	0.70	578.76
3.7.	Suministro e instalación de caja de cá_mara de inspección Tipo 1.2	und	12.00	95.00	1,140.00
3.8.	Suministro e instalación de caja de cámara de inspección Tipo 0.60	und	12.00	105.00	1,260.00
3.9.	Carpeta de afirmado compactada con equipo de 20 cm espesor	m2	508.66	0.43	218.72
3.10.	Prueba hidráulica de tubería p/desaaue	mi	826.80	1.15	950.82
COSTO DIRECTO					\$70,390.61
NUMERO DE CONEXIONES DOMICILIARIAS					328
COSTO POR CONEXIÓN DOMICILIARIA					\$214.61

Anexo J

Suministro e instalación de tuberías PVC para redes de alcantarillado

1. Introducción

Las presentes Especificaciones Técnicas corresponden al Suministro e Instalación y Puesta en Servicios de Tuberías y Accesorios de PVC para alcantarillado. De acuerdo a la Norma Nacional ISO 522, la misma que tomará en cuenta las siguientes normas internacionales:

- ISO 4435 (1991) "Unplasticized poly (vinyl chloride) (PVC-U) pipe and fittings for buried drainage and sewerage system-specifications".
- ISO 4065 (1978) "Thermoplastic Pipes- Universal wall thickness table".

Las tuberías se clasifican en series, las cuales están en función al factor de rigidez o relación dimensional estandarizada (SOR) equivalente al cociente del diámetro exterior y el espesor del tubo. Así, se han establecido tres series para un mismo diámetro, diferenciándose entre sí, por el espesor de las paredes del tubo.

Serie	25	20	16,7
Nomenclatura	S-25	S-20	S-16,7
SOR	51	41	5

Siendo:

$$SOR = 2S + 1$$

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana ISO 4435 la tubería de alcantarillado tiene un color manón anaranjado.

2. Transporte, manipuleo y almacenaje

a) Carga y transporte

Es conveniente efectuar el transporte en vehículos cuya plataforma sea del largo del tubo, evitando en lo posible el balanceo y golpes con barandas u otros, el cual al material trae como consecuencia problemas en la instalación y fallas en las pruebas, lo cual ocasiona pérdidas de tiempo y gastos adicionales.

Si se utilizará ataduras para evitar el desplazamiento de los tubos al transportarlos o almacenarlos, el material usado para las ataduras no deberá producir indentaciones, raspaduras o aplastamiento de los tubos.

Los tubos deberán ser colocados siempre horizontalmente, tratando de no dañar las campanas; pudiéndose para efectos de economía introducir los tubos uno dentro de otros cuando los diámetros lo permitan.

Es recomendable que el nivel de apilamiento de los tubos no exceda de 1,50 m como máximo los 2 m de altura de apilado con la finalidad de proteger contra el aplastamiento los tubos de las camas posteriores.

En caso sea necesario transportar tubería de PVC de distinta clase, deberán cargarse primero los tubos de paredes más gruesas.

b) Recepción en almacén de obra

Al recibir la tubería PVC, será conveniente seguir las siguientes recomendaciones:

- Inspeccionar cada embarque de tubería que se recepcione, asegurándose que el material llegó sin pérdidas ni daños.
- Si el acondicionamiento de la carga muestra roturas o evidencias de tratamientos rudos, inspeccionar cada tubo a fin de detectar cualquier daño.
- Verifique las cantidades totales de cada artículo contra la guía de despacho (tubos, anillos de caucho, accesorios, lubricante, pegamento, etc.).
- Cada artículo extraviado o dañado deberá ser anotado en las guías de despacho.
- Notifique al transportista inmediatamente y haga el reclamo de acuerdo a las instrucciones del caso.
- Separe cualquier material dañado. No lo use, el fabricante informará del procedimiento a seguir para la devolución y reposición si fuere el caso.
- Tome siempre en cuenta que el material que se recibe puede ser enviado como tubos sueltos, en paquete o acondicionados de otra manera.

c) Manipuleo y descarga

El bajo peso de los tubos PVC permitirá que la descarga se haga en forma manual, pero es necesario evitar:

- La descarga violenta y los choques o impactos con objetos duros y coliantes. Mientras se está descargando un tubo, los demás tubos en el camión deberán sujetarse de manera de impedir desplazamientos.
- Se deberá evitar en todo momento el contacto de los mismos para impedir posibles daños por abrasión.
- También debe prevenirse la posibilidad de que los tubos caigan o vayan a apoyarse en sus extremos o contra objetos duros, lo cual podría originar daños o deformaciones permanentes.

d) Almacenamiento

La tubería deberá ser almacenada lo más cerca posible del punto de utilización. El área destinada para el almacenamiento deberá ser plana y bien nivelado para evitar deformaciones permanentes en los tubos.

La tubería de PVC deberá almacenarse de tal manera que la longitud del tubo este soportada a un nivel con la campana de la unión totalmente libre. Si para la primera hilera de tubería no puede suministrarse una plancha total, pueden usarse bloques de madera de no menos de 100 mm de ancho y espaciados a un máximo de 1,50 m. De no contarse aún con los bloques de madera, se puede hacer uno de ancho mayor a 5 cm del largo de las campanas y de 3 cm de profundidad para evitar que éstas queden en contacto con el suelo.

Los tubos deberán ser almacenados siempre protegidos del sol, para lo cual se recomienda un almacén techado y no utilizar lonas, permitiendo una ventilación adecuada en la parte superior de la pila.

El almacenamiento de larga duración a un costado de la zanja no es aconsejable, los tubos deberán ser traídos desde el lugar de almacenamiento al sitio de utilización en forma progresiva a medida que se les necesite.

La altura de apilamiento no deberá exceder a 1,50 m.

Los pegamentos deberán ser almacenados bajo techo, de igual manera los accesorios o piezas especiales de PVC.

Los anillos de caucho no deberán almacenarse al aire libre, debiéndose proteger de los rayos solares.

Los tubos deben apilarse en forma horizontal, sobre maderas de 10 cm de ancho aproximadamente, distanciados como máximo 1,50 m de manera tal que las campanas de los mismos queden alternadas y sobresalientes, libres de toda presión exterior.

Cuando la situación lo merezca es factible preparar los tubos a transportar en "atados", esta situación permite aprovechar aún más la altura de las barandas de los vehículos, toda vez que el "atado" se comporta como un gran tubo con mayor resistencia al aplastamiento, sobretodo aquellos que se ubiquen en la parte inferior.

Cada atado se preparará con amanes de cáñamo, cordel u otro material resistente, rodeando los tubos previamente con algún elemento protector (papel, lona, etc.).

En todos los casos no deberá cargarse otro tipo de material sobre los tubos.

3. Instalación

a) Cama de apoyo y fondos de zanja

Las características de la cama de apoyo se indican en las Especificaciones Técnica:: para Rellenos incluidas en este volumen.

b) Instalación propiamente dicha

La tubería deberá ser instalada teniendo en cuenta el sentido del flujo del desagüe, debiendo ser siempre la campana opuesta al sentido de circulación del flujo.

Después de cada jornada de trabajo de entubado, de acuerdo al clima es necesario proteger la tubería de los rayos del sol y golpes o desmoronamiento de taludes de la zanja, debiendo cuidar esto con una sobrecama de arena gruesa o llacial seleccionado, dejando libres sólo las uniones de la tubería.

Para instalación de tuberías de PVC unión rígida deberá tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones.

Antes de iniciar el entubamiento se debe trabajar cuidadosamente la espiga y campanas de los tubos a empalmar formando un chaflán externo a la espiga y un chaflán interno a la campana.

Limpiar cuidadosamente y desengrasar ambas superficies de contacto.

Limar en sentido circular cuidadosamente las superficies de contacto la espiga como el interior de la campana donde se ensamblará.

Aplicar el adhesivo tanto en la espiga como en el interior de la campana, con la ayuda de una brocha, sin exceso y en el sentido longitudinal.

Efectuar el empalme introduciendo la espiga en la campana sin movimiento de torsión.

Una vez ejecutado el pegado, eliminar el adhesivo sobrante.

Inmovilizar la tubería por dos horas.

Durante la instalación tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:

- No haga la unión si la espiga o la campana están húmedas, evite trabajar bajo lluvia.
- El recipiente de pegamento debe mantenerse cerrado mientras no se le está empleando.
- Al terminar la operación de pegado, limpie la brocha con acetona.

Para tubos de unión flexible, se deberá de tener en cuenta los siguientes pasos durante la instalación de los mismos.

- Limpie cuidadosamente el interior de la campana y el anillo e introdúzcalo en forma tal que el albeo grueso quede en el interior de la campana.

- A continuación el instalador presenta el tubo cuidando que el chaflán quede insertado en el anillo, mientras que otro operario procede a empujar el tubo hasta el fondo, retirándolo luego 1 cm.
- Esta operación puede efectuarse con ayuda de una bafTeta y un taco de madera para facilitar la instalación.

Deberá de tenerse en cuenta que el lubricante a ser utilizado en la instalación de la tubería debe ser el recomendado por el fabricante de los tubos.

e) Deflexión de tuberías

Cuando un tubo se encuentra instalado bajo tierra, quedará sometido a un régimen de cargas que afectan su comportamiento mecánico de acuerdo a las propiedades físicas del mismo, las dimensiones de la zanja, el tipo de suelo o el método de instalación de la tubería.

El comportamiento de la tubería bajo dichas cargas será diferente dependiendo si es rígida o flexible. En caso de ser rígida, las cargas aplicadas son absorbidas completamente por el tubo, mientras que en las tuberías flexibles parte de la carga es absorbida por el tubo al tiempo que éste se deforma transmitiendo así la carga restante al terreno que se encuentra a su alrededor.

Las tuberías flexibles fallan por deflexión más que por ruptura en la pared del tubo como es el caso de las tuberías rígidas.

Se denominan tuberías flexibles a aquellas que permiten deformaciones transversales de más de 3% sin que se fisure o rompa, por lo que las tuberías de PVC se encuentran catalogados dentro de este grupo.

Al estar una tubería PVC enterrada a cierta profundidad y por tanto encontrarse sometida a una acción de cargas externas, ésta tenderá a deformarse dependiendo del tipo de material de relleno y su grado de compactación y la rigidez de la tubería.

La deformación ocasiona una disminución del diámetro venial y la sección transversal decrece. En el punto de falla inminente, la parte superior de la tubería llega a ser prácticamente horizontal y un diferencial adicional de carga puede originar una inversión de la curvatura con lo que la tubería colapsa.

Las deflexiones en tubos PVC deberán ser controlados y se deberá tener un estimativo de su magnitud de acuerdo a las condiciones de zanja y materiales (el relleno, ya que ella puede ocasionar restricciones en el área de flujo. La tubería deberá ser diseñada para soportar las condiciones de carga extremas de cada proyecto específico.

En la tabla siguiente se muestra la reducción del área de flujo en función de la deformación vertical diametral para tuberías PVC.

Deformación Vertical Diametral (%)	Del Area de un Circulo Perfecto (%)	Deformación Vertical Diametral (%)	Del Area de un Circulo Perfecto (%)
0,5	99,9975	18	96,79
1,0	99,99	19	96,39
1,5	99,9775	20	96,00
2,0	99,96	21	95,59
2,5	99,9375	22	95,16
3,0	99,91	23	94,71
3,5	99,8775	24	94,24
4,0	99,84	25	93,75
4,5	99,7975	26	93,24
5,0	99,75	27	92,71
5,5	99,6975	28	92,16
6,0	99,64	29	91,59
6,5	99,5775	30	91,00
7,0	99,51	35	87,75
7,5	99,4375	40	84,00
8,0	99,36	45	79,75
8,5	99,2775	50	75,00
9,0	99,19	55	69,75
9,5	99,0975	60	64,00
10,0	99,00	65	57,75
11,0	98,79	70	51,00
12,0	98,56	75	43,75
13,0	98,31	80	36,00
14,0	98,04	85	27,75
15,0	97,75	90	19,00
16,0	97,44	95	9,75
17,0	97,11	100	—

La Norma ISO recomienda valores de deflexión no mayores al 5% del diámetro del tubo, con lo cual se ha probado que las tuberías trabajan en forma apropiada. La experiencia ha demostrado que cuando el sistema de instalación va de acuerdo con las normas, las deflexiones no sobrepasan los límites establecidos.

En la siguiente tabla se indica las máximas profundidades por encima de la clave del tubo de acuerdo con las diferentes clases de suelos y sus grados de compactación.

Material de Relleno	Grado de Compactación % de Máxima Densidad	Máxima Profundidad por Encima de la Clave del Tubo (m)
Clase I	---	9,00
Clase II	90%	9,00
	80%	6,60
Clase III	80%	9,90
	85%	9,00
	75%	4,20
	65%	3,60
Clase IV	85%	9,00
	75%	4,20
	65%	3,60
Clase V	No Recomendado	

4. Pruebas hidráulicas y de nivelación alineamiento de las líneas de desagüe

La finalidad de las pruebas en obra, es la de verificar que todas las partes de línea de desagüe, hayan quedado correctamente instalados, listas para prestar servicios.

Tanto el proceso de prueba como sus resultados, serán dirigidos y verificados por la empresa con asistencia del Constructor, debiendo este último proporcionar el personal, material aparatos de prueba, de medición y cualquier otro elemento que se requiera en esta prueba.

Las pruebas de la línea de desagüe a efectuarse tramo por tramo, intercalado entre buzones, son las siguientes:

- a. Prueba de nivelación y alineamiento:
 - Para redes
- b. Prueba hidráulica a zanja abierta:
 - Para redes.
 - Para conexiones domiciliarias.
- c. Prueba hidráulica con relleno compactado:
 - Para redes conexiones domiciliarias.
 - Prueba de escorrentía.

De acuerdo a las condiciones que pudieran presentar en obra, podría realizarse en una sola prueba a zanja abierta, las redes con sus correspondientes conexiones domiciliarias.

a) Pruebas de nivelación y alineamiento

Las pruebas se efectuarán empleando instrumentos topográficos de preferencia nivel.

Se considerará prueba no satisfactorias de nivelación de un tramo cuando:

- ./ Para pendiente superior a 100/00, el error máximo permisible no será mayor que la suma algebraica ± 10 mm medido entre 2 (dos) o más puntos (véase croquis 1).
- ./ Para pendiente menor a 100/00, el error máximo permisible no será mayor que la suma algebraica de \pm la pendiente, medida entre 2 (dos) o más puntos.

b) Pruebas hidráulicas

No se autorizará realizar la prueba hidráulica con relleno compactado, mientras que el tramo de desagüe no haya cumplido satisfactoriamente la prueba a zanja abierta.

Estas pruebas serán de dos tipos: la filtración cuando la tubería haya sido instalada en terrenos secos sin presencia de agua freática y, la de infiltración para terrenos con agua freática.

./ Prueba de filtración

Se procederá llenando de agua limpia el tramo por el buzón aguas arriba a una altura mínima de 0,30 m bajo el nivel del terreno y convenientemente taponado en el buzón aguas abajo. El tramo permanecerá con agua, 12 horas como mínimo para poder realizar la prueba.

Para las pruebas a zanja abierta, el tramo deberá estar libre sin ningún relleno, con sus uniones totalmente descubiertas asimismo no deben ejecutarse los anclajes de los buzones y/o de las conexiones domiciliarias hasta después de realizada la prueba.

En las pruebas con relleno compactado, también se incluirá las pruebas de las cajas de registro domiciliarias.

La prueba tendrá una duración mínima de 10 minutos, y la cantidad de pérdida de agua, no sobrepasará lo establecido en la Tabla 1.

También podrá efectuarse la prueba de filtración en forma práctica, midiendo la altura que baja el agua en el buzón en un tiempo determinado; la cual no debe sobrepasar lo indicado.

./ Prueba de infiltración

La prueba será efectuada midiendo el flujo del agua infiltrada por medio de un vertedero de medida, colocado sobre la parte inferior de la tubería, o cualquier otro instrumento, que permita obtener la cantidad infiltrada de agua en un tiempo mínimo de 10 minutos. Esta cantidad no debe sobrepasar los límites establecidos en la tabla 1.

Para las pruebas a zanja abierta, ésta se hará tanto como sea posible cuando el nivel de agua subterránea alcance su posición normal, debiendo tenerse bastante cuidado de que previamente sea rellenada la zanja hasta ese nivel, con el fin de evitar el flotamiento de los tubos.

Para estas pruebas a zanja abierta, se permitirá ejecutar previamente los anclajes de los buzones y/o de las conexiones domiciliarias.

5. Prueba de humo

Estas pruebas reemplazan a las hidráulicas, sólo en los casos de líneas de desagüe de gran diámetro y en donde no exista agua en la zona circundante.

El humo será introducido dentro de la tubería a una presión no menor de 1 lib/pulg. 2, por un soplador que tenga una capacidad de por lo menos 500 litros por segundo. La presión será mantenida por un tiempo no menor de 15 minutos, como para demostrar que la línea esté libre de fugas o que todas las fugas han sido localizadas.

El humo será blanco o gris, no dejará residuo y no será tóxico.

6. Reparación de fugas

Cuando se presente fugas por rajadura y/o humedecimiento total en el cuerpo del tubo de desagüe, serán de inmediato cambiados por el Constructor, no permitiéndose bajo ningún motivo, resanes o colocación de dados de concreto; efectuándose la prueba hidráulica hasta obtener resultados satisfactorios, y la obra sea recepcionada por la empresa.

Tabla J: Pérdida admisible de agua en las pruebas de filtración e infiltración

D		F
Diámetro del Tubo		Filtración o Infiltración Admisible en cm ³ /min/ml
mm	Pulgada	
200	8	25
250	10	32
300	12	38
350	14	44
400	16	50
450	18	57
500	20	67
600	24	76

./ Referencias

- Bakalian A et al. Simplified sewerage: design guidelines. Washington, DC, The World Bank, 1994 (Water and Sanitation Report No. 7).
- Guimaraes ASP. Redes de esgotos simplificadas. Brasília, Programa das Naciones Unidas para o Desenvolvimento/Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 1986.
- Azevedo Netto JM. Innovative and low cost technologies utilized in sewerage. Washington, DC, Panamerican Health Organization, 1992 (Environmental Health Program Technical Series No. 29).
- Otis RJ, Mara DO. The design of small bore sewer systems. Washington, DC, The World Bank, 1985 (TAG Technical Note No.14).
- Programa de Agua y Saneamiento (2001). Sistemas Condominiales de Alcantarillado. Manual de Diseño y Construcción. Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Proyecto Piloto El Alto-Bolivia).
- Programa de Agua Potable y Alcantarillado (2002). Guía de Implantación de la Tecnología Condominial por una Empresa de Saneamiento. Sistema Alternativo de Bajo Costo de Alcantarillado Sanitario. PROAGUA/GTZ.