

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
PROGRAMA ACADÉMICO DE  
INGENIERIA SANITARIA

TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO SANITARIO

EMILIO LEONARDO VILLEGAS CALDERON

LIMA - PERU

Año 1983

TRABAJO PROFESIONAL

PROYECTO DE SANEAMIENTO INTEGRAL  
DE TACNA

\*\*\*\*\*

## P R E S E N T A C I O N

El presente volumen corresponde a uno de los Trabajos Profesionales o Proyectos más importantes que el interesado ha ejecutado en el campo específico de la profesión, es decir, el "Proyecto de Saneamiento Integral de Tacna"; si bien es cierto que dicho Proyecto abarcó las etapas siguientes :

- Estudio de Factibilidad ( 1966 )
- Proyectos de los Sistemas de Agua Potable y Desague ( 1969 )
- Ampliación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable ( 1970 )

En el presente informe se desarrolla básicamente los aspectos técnicos relacionados con el Estudio de Factibilidad, obviando ex-profesamente los aspectos económicos y financieros y el programa de desarrollo; los primeros, en razón de las distorsiones que incorpora al análisis el fenómeno inflacionario y el segundo por tratarse de una evaluación ex-post. Es así como en la introducción se tomó los aspectos generales, tales como la autorización y alcance; a continuación las condicionantes, tales como características de la ciudad, sistemas existentes de agua potable, desague sanitario y disposición de basuras; luego se analizan los requerimientos de trabajos en base al desarrollo urbano previsto y crecimiento poblacionales proyectados, así como la descripción de los mismos.

Al someter a consideración de la Universidad este trabajo, lo hago en cumplimiento de las disposiciones vigentes sobre titulación profesional extraordinaria, esperando que en el proceso de la sustentación se dé la oportunidad para esbozar las apreciaciones al efecto, vinculadas con el proceso de implementación y funcionamiento.

# I N D I C E

	<u>Pág</u>
I. INTRODUCCION	1
A. Autorización y Alcance de los Estudios	1
B. Estudios Previos	2
1.- Agua Potable	2
2.- Desagues	5
II. CONDICIONES EXISTENTES A LA ELABORACION DEL ESTUDIO	7
A. Descripción de la Comunidad	7
1.- Geografía, Topografía y Clima	7
2.- Economía y Población	8
3.- Condiciones de Salud	15
B. Sistema de Agua	15
1.- Descripción	15
2.- Adecuabilidad del Sistema	19
3.- Producción y Consumo	24
C. Sistema de Desagues Sanitarios	31
1.- Descripción	31
2.- Adecuabilidad del sistema	36
D. Sistema de Disposición de Basuras	37
1.- Descripción	37
2.- Adecuabilidad del Sistema	38
III. REQUERIMIENTOS FUTUROS	39
A. Futuro Desarrollo Urbano	39
B. Crecimiento de la Población	39
C. Sistema de Agua Potable	40
1.- Demanda de Agua y Criterios de Diseño	40

	<u>Pág.</u>
2.- Fuentes de Abastecimiento de Agua	46
3.- Sistema de Distribución y Almacenamiento	50
4.- Conexiones Domiciliarias de Agua	52
D. Sistemas de Desagues Sanitarios	52
1.- Capacidad Requerida	52
2.- Criterios de Diseño	53
3.- Sistema Colector y Tratamiento de Desagues	55
4.- Conexiones Domiciliarias	56
E. Sistema de Disposición de Basuras	57
IV. DESCRIPCION DE LAS OBRAS PROPUESTAS	59
A. Plan Sanitario Integral	59
B. Topografía	59
C. Abastecimiento de Agua Potable	60
D. Sistema de Desagues Sanitarios	68
E. Recolección y Disposición de Basuras	70
F. Métodos de Construcción y Problemas Especiales	71
- FOTOGRAFIAS	
- DIAGRAMAS	
- PLANOS	

\*\*\*\*\*

I. INTRODUCCION

A. Autorización y Alcance de los Estudios

El Estudio es el resultado de un contrato firmado el 14 de Abril de 1965, entre la Corporación de Fomento y Desarrollo Económico, representando a la Ciudad de Tacna y Corporación Hidrotécnica S.A. de Lima, Perú y Hydrotechnic Corporation de la Ciudad de Nueva York, de los Estados Unidos de Norteamérica. Los términos de contrato incluían la revisión de los sistemas existentes de Agua Potable, Desague y Disposición de Basuras de la Ciudad de Tacna y la preparación de un Estudio de Factibilidad, basado en investigaciones sobre el terreno, planos preliminares y estimado de costos, para la ampliación de estos servicios.

El Informe presentado cubre los puntos mencionados arriba con recomendaciones técnicas y financieras detalladas para llevar a cabo las mejoras necesarias. Se incluye un análisis de las tarifas e ingresos requeridos para pagar los costos de construcción y poner el sistema de servicios sobre bases que le permitan sostenerse por sí mismo.

Los estudios efectuados para presentar el Reporte tuvieron como objetivo dar una solución integral a las necesidades de servicios públicos sanitarios de la ciudad y de las localidades cercanas a ella. Contemplándose principalmente el aspecto económico de las soluciones técnicas presentadas.

Los requerimientos futuros de la ciudad de Tacna fueron estimados en base al pronóstico de crecimiento de la población, para lo cual se hizo un estudio del crecimiento de la población en el pasado, del crecimiento vegetativo, la migración ocurrida y por último un censo de población y servicios, tomándose muy en cuenta los planes existentes de expansión industrial.

Los mejoramientos propuestos para los sistemas de Agua Potable y Desagues fueron coordinados con el Plan Regulador preliminar para la Ciudad de Tacna y el uso propuesto de la tierra, con los proyectos de urbanización próximos a llevarse a cabo y los planes para el Parque Industrial.

## B. Estudios Previos

### 1. Agua Potable

El sistema original de agua potable de la Ciudad de Tacna se construyó antes de la Guerra del Pacífico (1879). Posteriormente, y en varias épocas se efectuaron mejoras que dieran como resultado un sistema relativamente no integrado. Desde algún tiempo antes de la ocupación chilena y durante ella, hasta 1929, fue completándose una planta de tratamiento que captaba agua de los canales Caplina y Uchusuma hasta llegar a contar con las siguientes unidades: un tanque de sedimentación gruesa, un reservorio de agua cruda, una batería de filtros lentos y tres tanques de sedimentación.

En 1939, el Ingeniero Alfonso Pons Muzzo hizo un estudio del sistema de agua de Tacna y propuso mejoras en la red de distribución y en la planta de tratamiento para aumentar la capacidad del sistema a 75 l/s. Dentro de las mejoras se incluían en la red de distribución, tuberías troncales de fierro fundido hasta de 12" de diámetro y en la planta de tratamiento la construcción de tanques sedimentadores, un canal de mezcla de productos químicos, tanques de almacenamiento, mejoras en los reservorios existentes de agua cruda y la adaptación de los filtros existentes. Usando este estudio como base, la compañía de ingenieros Grande y Zavála comenzó la construcción de las obras en 1942.

En 1955, se construyó en la planta de tratamiento un tanque de almacenamiento con capacidad de 2,400 m<sup>3</sup>. La operación de la planta ha sido modificada con el abandono de los filtros lentos. En 1966, el proceso de purificación era el siguiente : sedimentación gruesa, aplicación de coagulantes, sedimentación fina, aplicación de cloro y almacenamiento de agua tratada.

En 1959, el Ingeniero Julio Garcia Chepote del Ministerio de Fomento y Obras Públicas propuso la construcción de una represa de tierra en Paucarani. Esto hubiera proporcionado a la Ciudad de Tacna un abastecimiento de agua adicional de 46 l/s. y para usos de irrigación 30 á 60 l/s, la conducción propuesta a utilizarse era el canal Uchusuma. El estudio tuvo como base los datos hidrológicos obtenidos entre los años 1932 á 1936 y de 1947 á 1957. El costo de las obras propuestas se estimó en S/. 5'489,394 en aquel año, no llegándose a ejecutar.

En 1961, el Ingeniero Abel Dall'Orto Pestana hizo un inventario de las piletas públicas existentes, sumando 8 en la Urbanización Francisco de Paula Vigil (4 no funcionaban), 11 en la Urbanización Leoncio Prado (4 no funcionaban) y una en la Urbanización Francisco Bolognesi.

En 1965, el Ingeniero Guillermo Pérez Verástegui del Instituto Nacional de Investigación y Fomento Minero presentó un reporte sobre estudios geomorfológicos efectuados en el valle del río Caplina. El trabajo de campo se realizó con la colaboración del Dr. Tricart y sus asistentes, los Ingenieros J.C. Griesbach y Anne Rose Hirsch, todos de la Universidad de Strasburgo, Francia. El reporte describe dos sistemas de napa de agua en el subsuelo, un sistema profundo alimentado por los ríos, quebradas y precipitaciones pluviales en la región montañosa y un sistema superficial ali



mentado por infiltraciones, localizado en la región baja y cercana al mar. Actualmente, se está explotando el sistema superficial mediante perforaciones efectuadas en las Pampas de Hospicio y La Yarada, no así el sistema profundo, para el cual el reporte recomienda se perforen pozos en las zonas con mayores posibilidades de captar mantos freáticos, tales como las siguientes : La zona situada entre Calana y la ciudad, aconsejando perforar hasta alcanzar los 150 m. de profundidad. La zona entre los cerros Molles y la irrigación Magollo en la cual las perforaciones deben llegar - hasta una profundidad de 100 m. La zona de las haciendas Los Palos y La Laguna, donde se debe llegar hasta los 300 m., y por último, la zona de la Pampa La Yarada donde se debe alcanzar de 150 á 200 m. de profundidad.

Además, el estudio recomienda se efectúen sondajes y perfiles eléctricos para determinar los estratos de mayor permeabilidad y - porosidad.

En Abril de 1965, el Ingeniero José E. Arce Helberg preparó un reporte para la COFDET, titulado "Reconocimiento Geofísico Preliminar por Agua Subterránea en el Valle del Caplina - Tacna y Estudio Detallado para Ubicación de Pozos en el Area de Calana". Las conclusiones finales fueron las siguientes :

1. Los depósitos aluviales no son uniformes.
2. No hay acuíferos artesianos de importancia al alcance de pozos normales.
3. Hay solamente un acuífero debajo del nivel freático con características de permeabilidad más o menos uniforme.
4. Los cauces abandonados y enterrados con materiales altamente permeables causados por el cambio de curso de los

ríos, son buenas posibilidades para abastecer de aguas subterráneas a los pozos. Estos cauces no son visibles en la superficie y tienen que ser localizados por medio de instrumentos y técnicas geofísicas adecuadas.

5. No hay suficiente información hidrogeológica e hidrológica para estimar el potencial recuperable de agua del subsuelo.

En Calana se efectuaron exploraciones detalladas mediante perfiles y sondajes eléctricos. Previamente se realizaron algunos - sondajes eléctricos exploratorios. Las recomendaciones dan para la ubicación de los pozos el siguiente orden de preferencia en las - perforaciones : Calana, Sobralla, Quebrada Viñañi, Magollo, Quebrada Hospicio y Quebrada Honda.

En Febrero de 1966, el Gobierno anunció que el Ministerio de Fomento y Obras Públicas comenzaría de inmediato los estudios definitivos para la canalización del río Caplina entre Calientes y Toquepala. El Gobierno dispuso S/. 11'500,000 para este trabajo, lo que haría posible la culminación de estudios y construcción de - aproximadamente 15 Km. de canales de concreto con una capacidad de 2 m<sup>3</sup>/s. Esta canalización empalmaría con el canal de concreto existente entre Calientes y la localidad de Para, atravesando la ciudad de noreste a suroeste.

## 2. Desagues

En 1912 la Dirección de Obras Públicas de Chile elaboró un proyecto para un sistema de alcantarillado por gravedad, con cajas de lavado para los colectores transversales de poca pendiente. Se dispuso que las aguas servidas se utilizarían en el riego de árboles. En 1925 se comenzó la construcción del sistema de desagues - basado en este proyecto al que se le hizo algunas modificaciones para simplificar el trazado de los colectores y disminuir el costo de las obras.

En 1939, el Ingeniero Pons Muzzo hizo un estudio del sistema existente en aquella época, él estimó que habían 8,000 m. de tubería de desagües instaladas, de las cuales 7,000 m. eran de 7" de diámetro y 55 buzones de inspección. Propuso el aumento del número de buzones la instalación de colectores en calles que carecían de ellos, 6 " de diámetro como mínimo para las tuberías y el uso de las aguas servidas en irrigación. En 1942, los Ingenieros Grande y Savála comenzaron la construcción del sistema de desagües en base al proyecto respectivo a este estudio.

En 1951, el Ingeniero Fernando Choza Nosiglia proyectó un emisor para conducir los desagües hacia una planta de tratamiento, pero ésta no llegó a construirse.

En 1952, el Ministerio de Fomento y Obras Públicas dió autorización a la Municipalidad para usar las aguas servidas en el regadío del bosque Municipal.

Posteriormente no se efectuaron mejoras de importancia en el sistema de desagües.

## II. CONDICIONES EXISTENTES A LA ELABORACION DEL ESTUDIO

### A. Descripción de la Comunidad

#### 1. Geografía, Topografía y Clima

La Ciudad de Tacna, está situada al sur de Lima, a 1,330 Km. siguiendo la Carretera Panamericana. Tiene las siguientes coordenadas geográficas, 18° de latitud Sur y 70° de longitud Oeste. Es la capital y el centro poblado más importante del Departamento de Tacna. Las ciudades de importancia más cercanas son Moquegua, 170 Km. al Norte y Arica, Chile, a 67 Km. al Sur. ambas comunicadas por la Carretera Panamericana.

La Ciudad de Tacna está localizada a 35 Km. del Océano Pacífico en línea recta, en el valle del río Caplina, el cual puede considerarse que está formado de tres zonas :

1. La zona quebrada del valle, que comienza en las estribaciones de la Cordillera del Barroso y termina en Calientes, la longitud aproximada es de 55 Km.
2. La zona del valle, donde se encuentra situada la Ciudad de Tacna es de aproximadamente 36 Km. de longitud, comienza en Calientes y termina en la irrigación de Magollo, tiene un ancho que varía entre 2.5 y 4 Km. La pendiente del valle es casi uniforme, con un promedio de 2.8%.
3. La zona de llanura o cono aluvial, cercana al Océano Pacífico comienza en la irrigación de Magollo y continúa por la llanura de inundación denominada Pampa de La Yarada hasta alcanzar el mar. La pendiente promedio de esta parte del valle es 1% hacia el Océano Pacífico.

El Departamento de Tacna es el más meridional del Perú y limita por el Norte con Moquegua y Puno, por el Este con la República de Bolivia, por el Sur con la República de Chile y por el Oeste con el Océano Pacífico. La zona de Costa es una franja plana angosta que al internarse tierra adentro va elevándose tornándose accidentada, eventualmente alcanza alturas comparables a los picos de la Cordillera de los Andes, cuyo alineamiento es paralelo al de la Costa. El clima es templado y con pocas lluvias en la zona costera, siendo la precipitación promedio anual 46 mm. La temperatura promedio anual es 16.5°C, registrándose en verano temperaturas de hasta 33°C y en las épocas frías hasta de 6°C, como mínimo.

El invierno se caracteriza por ser nublado en la Costa, en cambio la zona montañosa de mucha mayor altura está casi constantemente bajo la acción de los rayos solares.

## 2. Economía y Población

La agricultura es la base de la economía departamental y su principal esperanza para el futuro. Los principales cultivos incluyen: maíz, papas, cebada, trigo, uva, alfalfa, ají y diversas hortalizas. La ganadería es escasa.

Las actividades básicas del Departamento podrían desarrollarse por medio de nuevas y mejores obras de irrigación y generación de energía. Especialmente remunerativa, sería la expansión de los cultivos de frutas y hortalizas, para los cuales existen condiciones naturales y ventajosas. Estos productos no solamente vendrían a satisfacer la urgente demanda nacional y contribuir significativamente al mercado de exportación, sino que también tomarían parte importante en la expansión industrial planeada por las autoridades regionales, ya que serían la base para industrias, tales como: plantas envasadoras, secadoras, destilerías y otras procesadoras.

Debido a la falta de lluvias, la agricultura es posible solamente por medio de la irrigación y haciendo uso del agua que baja de las montañas a través de los ríos Caplina, Sama y Locumba y el canal del río Uchusuma. Existen también varias lagunas ubicadas - en las alturas, las cuales podrían ser utilizadas como reservorios naturales en proyectos de irrigación y generación de energía eléctrica. En la actualidad las tierras cultivadas se extienden en - franjas angostas a lo largo de los valles y sólo un pequeño porcentaje del área del Departamento está en producción.

Depósitos de plata, oro, plomo, cobre y zinc han sido encontrados en el Departamento de Tacna, pero el volumen de ellos no se ha determinado por no haberse efectuado mediante exploraciones sistemáticas; la única excepción en el área la constituyen las minas de Toquepala y Cuajone explotadas por la Southern Perú Copper Corporation desde 1960., ésta tiene comunicación con el puerto de Ilo mediante una línea férrea, por este puerto se realizan las exportaciones.

Existen otros recursos naturales no metálicos como arcilla, mármol, fosfatos, etc., pero su explotación por diferentes motivos no ha llegado a desarrollarse mayormente.

El carácter de la economía departamental se ilustra convenientemente con la siguiente estadística, tomada del Censo Nacional de 1961, que compara los ingresos relativos de las diferentes actividades de Tacna y la República, del año 1959.

	Departamento de Tacna	Departamento del Perú
Agricultura y Ganadería	32 %	28 %
<b>Minería</b>	13	10
Industria	4	15
Servicios	5	6
Comercio	18	18
Finanzas	1	4
Misceláneos	8	6
Gobierno	19	13
	100 %	100 %

Del Cuadro se puede apreciar la importancia de la agricultura y la minería para el Departamento. La gran actividad gubernamental se debe a la situación fronteriza de Tacna. La actividad industrial está poco desarrollada, situación que se trata de remediar con la instalación del Parque Industrial de la Ciudad de Tacna.

Un Cuadro similar para el año 1960, muestra una visión completamente diferente de la economía regional :

Agricultura	7 %
Minería	76 %
Industria	1 %
Servicios	2 %
Comercio	6 %
Finanzas	-
Misceláneos	2 %
Gobierno	6 %
	100 %

En las estadísticas oficiales a partir de este año, la minería no solamente opaca todas las demás actividades, sino que también ha causado que los ingresos nacionales asignados al Departamento hayan aumentado más de cinco veces en valor absoluto. Sin embargo, estos números conducen a una errónea interpretación debido a que los ingresos por la minería no contribuyen plenamente en el mejoramiento de las condiciones de vida en Tacna, como debía esperarse.

De este modo puede ser mostrado a través de las matemáticas abstractas que mientras que el Departamento de Tacna representaba sólo el 0.63% de la población total del Perú, su contribución a la economía nacional representaba un importante 2.7%. Sin embargo, si el porcentaje correspondiente a la minería es excluido, este valor baja a uno mucho más prosaico de 0.64%. Por consiguiente, los valores consignados para el año 1959 pueden ser considerados como los más indicativos de las condiciones existentes.

La disponibilidad de energía eléctrica era bastante limitada, sólo se contaba con 1,700 KW, que por cierto no permitían un efectivo crecimiento industrial. Con la ejecución del plan de electrificación del Departamento en pleno desarrollo, las perspectivas de progreso eran prometedoras.

El sistema regional de transporte dependía principalmente de la Carretera Panamericana que corre paralela a la Costa y atraviesa el Departamento; además, de servir al tráfico internacional, esta carretera sirve de conexión entre los diferentes centros regionales. Existía otra carretera pavimentada de importancia, tal es la que corre a lo largo del Valle del Caplina y une Tacna con la localidad de Calientes, situada a 21 Km. Todos los demás centros en el Departamento estaban también unidos mediante un sistema de vías no pavimentadas.



La Ciudad de Tacna, está también unida con el puerto de Arica, Chile, por un servicio ferroviario, el cual es especialmente importante, dado que la mayoría de las exportaciones que Tacna - efectúa por vía marítima las hace por dicho puerto. El puerto de Ilo en Moquegua, no tenía facilidades portuarias adecuadas, en cambio en este mismo puerto, la Southern Perú Copper Corporation posee en propiedad muelles apropiados que con previa autorización podrían utilizarse.

Existía ya un buen aeropuerto cerca a la Ciudad de Tacna, tres compañías nacionales hacen vuelos diarios desde la capital de la República, haciendo escala en diferentes puntos del país.

La posición de la Ciudad de Tacna como centro de comercio y servicios de la zona Sur del país es de incuestionable importancia. Al respecto, existen problemas que deben tomarse en consideración, tales como los siguientes : La región está limitada por fronteras internacionales, las cuales tienen un efecto restrictivo en el intercambio de productos; cuando este obstáculo es sobrepasado, los resultados son perjudiciales para Tacna, dado que gran parte del dinero del consumidor local es absorbido por el comercio del puerto de Arica, en donde los precios, por determinados artículos, son más bajos. La zona de Sierra del Departamento muestra poblados dispersos y en su mayoría de características pobres y por consiguiente incapaces de intervenir significativamente en el comercio regional. Los pobladores de la zona Norte del Departamento son a menudo atraídos por Arequipa que a pesar de encontrarse algo distante puede ofrecer en compensación, mayor variedad de artículos y servicios.

En resumen, la región puede ser descrita como la de una excelente ejemplo de zona esperando el desarrollo de sus recursos potenciales en la agricultura, minería, pesquería, industria y comercio.

La Ciudad de Tacna con su desarrollo general mantendrá y fortalecerá su rol de líder del departamento.

La población estimada para la ciudad, 33,000 habitantes, se obtuvo efectuando un censo, para lo cual la ciudad fue dividida en doce secciones representativas, para cada una de las cuales se obtuvo el área de la zona, su densidad de población y la población estimada, tal como se muestra en la Tabla II-1. Los Censos Nacionales de 1940 y 1961 dieron para la población de la ciudad los siguientes resultados: 11,025 y 27,499 habitantes respectivamente. Las actuales densidades de población se muestran en el Plano 2.

La Ciudad de Tacna ha experimentado, similarmente a muchos otros centros urbanos a lo largo de la costa peruana, un continuo y extremadamente alto promedio de crecimiento durante las décadas recientes. El aumento anual a partir del año 1940 hasta 1961 alcanzó un promedio de aproximadamente 4.3%, comparado con el promedio total de la nación que era de sólo 2.5%. El 4.3% está por encima de lo que representaría solamente un crecimiento vegetativo y ésto se debe a una fuerte inmigración desde otros departamentos y principalmente desde Puno, de inmigrantes que llegan en busca de mejores condiciones de vida. Este movimiento hacia la Costa es un rasgo que se ha considerado en las estimaciones de todo orden, para el futuro.

Tabla II-1

## SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

RESULTADO DEL CENSO EFECTUADO EN FEBRERO DE 1966

<u>Zona</u>	<u>Area de la Zona Hás.</u>	<u>Densidad Hab./Há.</u>	<u>Población Estimada Habitantes</u>
Central, Callao y Mercado Viejo	61	156	9,520
"200 Casas"	4	232	930
Alrededores Hospital y Colegio Santa Ana	67	30	2,010
Alrededores Mercado Modelo, Coliseo, G.U.E. de Varones	40	86	3,440
Alrededores Escuela Pre- Vocacional	19	105	2,000
Alrededores G.U.E. de Mujeres	36	38	1,370
Urbanizaciones Coronel Inclán y Caplina	19	179	3,400
Urbanización Francisco Bolognesi	19	163	3,100
Anexa a Bolognesi	13	58	750
Urbanización Leoncio Prado	27	137	3,700
Urbanización Francisco de P. Vigil	34	76	2,580
Barriadas Victoria y Sindicato de Choferes	9	44	400
<b>TOTALES:</b>	<b>348</b>		<b>33,200</b>

Nota: Las cifras de la población estimada han sido redondeadas a las decenas.

### 3. Condiciones de Salud

Las condiciones, desde el punto de vista de salubridad pública en la ciudad, no eran generalmente satisfactorias, especialmente en las urbanizaciones populares donde existían considerable incidencia de infecciones intestinales causadas por las malas condiciones sanitarias; tal incidencia estaba íntimamente relacionada a problemas de orden económico-social. Aunque ni se disponía de estadísticas completas para Tacna, el Boletín de Estadística. Perua publicado por el Instituto Nacional de Planificación para el año 1960 reporta 82 casos de tifoidea y paratifoidea y 77 casos de hepatitis para el Departamento de Tacna.

## B. Sistema de Agua

### 1. Descripción

El sistema de agua potable hasta 1929 consistía de una planta de tratamiento que captaba agua cruda de los ríos Caplina y Uchusuma. Se abastecía de agua potable al sistema de distribución completamente por gravedad. Esta planta de tratamiento se amplió en los años 1942 y 1955., pero por el posterior crecimiento explosivo de la población, el sistema resultó insuficiente para satisfacer las necesidades de la ciudad.

El sistema de agua potable existente se muestra en el Plano 3 y se estima que habían instaladas 28,400 metros de tuberías, cuyos diámetros variaban de 3" a 12", existiendo además tuberías de 1", que abastecían de agua a las piletas públicas. A continuación se dan las longitudes de tuberías para los diferentes diámetros:

Diámetro (pulg.)	Longitud de Tubería (metros)
3	950
4	19,400
6	5,970
8	550
10	820
12	700
TOTAL :	28,390
	=====

Las fuentes de abastecimiento de agua cruda eran los canales de los ríos Caplina y Uchusuma. Los hidrogramas mensuales para estos ríos se muestran en el Diagrama II-1. Estos hidrogramas han sido elaborados con aforos efectuados en Calientes para el río Caplina y en Piedra Blanca para el río Uchusuma. El gasto promedio del río Caplina, fuente principal de abastecimiento de la ciudad, medido en Calientes fue de 1.12 m<sup>3</sup>/s., para los años entre 1936 y 1964, tal como se muestra en la Tabla II-2. Estas aguas se reparten entre los agricultores y la ciudad. La distribución del agua disponible era supervisada por la Oficina Departamental de Administración de Aguas de Regadío del Ministerio de Agricultura. La ciudad tenía derechos de captación hasta un gasto promedio de 100 l/s en el río Caplina, el resto del agua se usa en su totalidad para regar tierras en las zonas alta y baja del valle. La planta se abastece con más de 100 l/s del río Caplina los días Domingo, Miércoles, Jueves, Viernes y Sábado, y con una cantidad menor a los 100 l/s los Lunes y Martes, como se puede ver en el Diagrama II-2. Los Martes de cada semana la planta recibía durante cerca de 8 horas, entre las 8 p.m. y 4 p.m. del Miércoles, un gasto aproximado de 150 l/s desde el canal del río Uchusuma. En el Diagrama II-3,

Tabla II-2

SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

DESCARGA MEDIA MENSUAL Y ANUAL DEL RIO CAPLINA EN METROS CUBICOS POR SEGUNDO

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
1936	1.14	1.15	0.87	0.78	0.85	0.83	0.82	0.80	0.85	0.85	1.03	0.86	0.90
1937	1.08	1.07	1.97	1.65	1.79	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.20	1.64
1938	1.12	3.49	5.28	1.47	1.05	1.05	1.02	1.00	0.99	0.93	0.79	0.76	1.58
1939	2.50	4.24	4.93	2.07	1.01	1.00	0.94	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	1.81
1940	1.07	1.05	0.90	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.98
1941	1.08	1.07	1.07	0.91	0.86	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.87	0.94	0.94
1942	2.36	1.62	1.19	1.11	0.96	0.97	0.99	1.03	0.98	0.92	0.87	1.02	1.17
1943	1.34	12.56	8.42	1.19	0.84	1.10	1.06	1.02	0.99	1.00	0.97	0.91	2.56
1944	0.98	17.26	2.00	0.88	0.80	0.81	0.77	0.75	0.75	0.69	0.67	0.68	2.19
1945	0.98	0.96	1.59	1.19	0.87	0.76	0.68	0.67	0.76	0.76	0.71	0.63	0.88
1946	1.12	4.66	0.82	0.83	0.80	0.83	0.38	s/d	s/d	0.53	0.67	1.17	s/d
1947	4.52	0.68	0.57	0.62	0.63	0.62	0.62	0.61	0.61	0.45	0.46	0.69	0.93
1948	0.67	1.02	1.89	0.73	0.66	0.59	0.57	0.57	0.57	0.52	0.48	0.59	0.74
1949	5.71	4.18	2.87	1.25	0.84	0.76	0.78	0.70	0.62	0.55	0.49	0.66	1.61
1950	0.79	0.83	1.08	0.79	0.83	0.95	0.78	0.72	0.50	0.54	0.62	0.66	0.76
1951	1.31	1.74	1.90	0.63	0.61	0.51	0.48	0.50	0.49	s/d	s/d	s/d	s/d
1952	3.06	1.70	0.90	0.80	0.82	0.77	0.73	0.72	0.94	0.71	0.74	0.72	1.05
1953	1.05	2.87	3.95	0.85	0.79	0.72	0.72	0.67	0.66	0.73	0.74	0.67	1.20
1954	0.80	4.76	2.05	1.12	1.04	0.92	0.84	0.83	0.77	0.70	0.82	0.85	1.27
1955	2.04	2.09	2.33	0.96	0.99	0.84	0.84	0.78	0.76	0.67	0.66	0.78	1.14
1956	0.78	0.95	0.79	0.67	0.72	0.65	0.64	0.64	0.61	0.61	0.61	0.66	0.69
1957	0.69	0.80	0.89	0.48	0.67	0.74	0.69	0.63	0.72	0.71	0.68	0.99	0.72
1958	1.31	0.92	1.36	0.61	0.64	0.64	0.62	0.60	0.61	0.61	0.66	0.62	0.76
1959	0.71	1.05	1.48	0.79	0.62	0.62	0.62	0.60	0.60	0.60	0.60	0.67	0.74
1960	1.59	1.11	0.73	0.72	0.67	0.60	0.60	0.60	0.61	0.60	0.61	0.68	0.76
1961	1.54	2.12	1.04	0.64	0.64	0.64	0.56	0.53	0.54	0.50	0.52	0.72	0.83
1962	1.02	1.29	0.80	0.76	0.53	0.50	0.51	0.50	0.55	0.52	0.56	0.58	0.68
1963	0.77	1.84	2.07	0.76	0.62	0.59	0.56	0.59	0.63	0.58	0.59	0.62	0.85
1964	0.72	0.84	1.05	0.96	0.80	0.79	0.83	0.73	0.65	0.66	0.65	0.65	0.78
Media	1.51	2.76	1.96	0.94	0.82	0.81	0.77	0.76	0.76	0.73	0.74	0.78	1.12

Páginas 1 y 2, se muestran los resultados de los aforos efectuados los días 15 y 16 de Febrero de 1966 en varios puntos de los canales de conducción a la planta de tratamiento.

El agua cruda captada de ambas fuentes fluía a la planta por un canal de concreto, donde se almacenaba en dos tanques de sedimentación gruesa, de  $1,300\text{ m}^3$  y  $800\text{ m}^3$  de capacidad, este último tanque estaba provisto de deflectores de concreto. Los días que llegaban a la planta caudales mayores que el promedio, el agua se almacenaba en un reservorio de agua cruda de  $4,100\text{ m}^3$  de capacidad para ser utilizada en los días en que el caudal que llegaba era menor que dicho promedio. El efluente de los tanques de sedimentación gruesa se trataba con cal para regular el pH (cuando se dispone de cal) la mezcla se efectuaba en el canal de concreto que conducía el agua a 3 tanques de sedimentación fina, los cuales tenían una capacidad total de  $13,540\text{ m}^3$  (dos tanques de  $3,620\text{ m}^3$  y otro de  $6,300\text{ m}^3$ ). El efluente de estos tanques se clorinaba y a continuación el agua tratada se almacenaba en un reservorio cubierto de  $5,000\text{ m}^3$  de capacidad, desde donde se abastecía por gravedad a la ciudad. Existía también un tanque de concreto de  $1,450\text{ m}^3$  de capacidad que hasta unos años antes era usado como filtro lento de arena y que fue dejado fuera de uso por estar la estructura en malas condiciones. Cuando la turbidez del agua cruda que llegaba a la planta pasaba de ciertos límites, ésta se trataba con sulfato de alumina, la cual se obtenía de una cantera cercana a Tacna, y se aplicaba en el mismo punto que la cal. Ocasionalmente, se utilizaba sulfato de cobre para el control de olores y sabores debido a las algas. Existía una pequeña edificación donde se encontraban la instalación de alimentación de cloro y un pequeño laboratorio donde se efectuaban diariamente análisis químicos de agua.

En los últimos años, se habían estado construyendo pequeños reservorios en urbanizaciones ubicadas en cotas semejantes a la

de la planta de tratamiento, para así poder contar con suficiente presión en las tuberías de agua. Así, en la Urbanización Caplina existía un reservorio de 75 m<sup>3</sup> de capacidad, al cual se abastecía de agua por bombeo, desde el reservorio de agua tratada de la planta de purificación y en la Urbanización Francisco Bolognesi, se estaba construyendo un reservorio elevado de 80 m<sup>3</sup> de capacidad, el que igualmente sería abastecido por bombeo desde el mismo reservorio de agua tratada.

Durante el período comprendido entre Enero de 1962 y Octubre de 1965, el número de conexiones domiciliarias aumentó de 2,694 á 3,280 ó sea en más de un 20%, ver Tabla II-3. De las 3,280 conexiones en servicio que se indican para el mes de Octubre de 1965, - 2,003 eran conexiones hechas directamente en la red pública, y de éstas 1,038 contaban con medidor. Un gran número de medidores estaban fuera de servicio, posiblemente hasta el 40%. En adición a las conexiones directas existían otras que se derivaban de ellas y que habían sido hechas, unas con conocimiento de la Administración de los Servicios y otras no, el número de este tipo de conexiones en Octubre de 1965 era de 1,277.

Se estimaba que de la población de Tacna, 33,000 habitantes, solamente 20,000, ó sea el 60% de la población, tenía servicio directo desde el sistema de agua potable por medio de conexiones domiciliarias. El resto de la población se abastecía de agua desde piletas públicas, desde camiones cisterna de propiedad municipal, los cuales ocasionalmente distribuían agua en algunas zonas de la ciudad y por último se abastecían directamente de los ríos Uchusuma y Caplina.

## 2. Adecuabilidad del Sistema

Aunque existía cantidad adecuada de agua para satisfacer las necesidades de la Ciudad de Tacna, había ciertos factores limitan



Tabla II-3

## SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

NUMERO DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE  
De 1962 a 1965

<u>Fecha</u>	<u>Total</u>	<u>En Servicio*</u>	<u>Con Medidores</u>	<u>Fecha</u>	<u>Total</u>	<u>En Servicio</u>	<u>Con Medidores</u>
1962 Ene.	1,879	2,694	1,108	1964 Ene.	1,915	2,792	1,086
Feb.	1,879	2,679	1,108	Feb.	1,915	2,792	1,098
Mar.	1,879	2,661	1,108	Mar.	1,923	2,719	1,107
Abr.	1,879	2,670	1,110	Abr.	1,928	2,710	1,127
May.	1,879	2,663	1,115	May.	1,932	2,746	1,145
Jun.	1,879	2,673	1,044	Jun.	1,936	2,806	1,139
Jul.	1,879	2,684	1,027	Jul.	1,941	2,945	1,153
Ago.	1,879	2,662	1,012	Ago.	1,945	2,930	1,179
Set.	1,879	2,639	1,005	Set.	1,951	2,970	1,173
Oct.	1,880	2,658	999	Oct.	1,954	3,018	1,182
Nov.	1,880	2,658	1,000	Nov.	1,960	3,005	1,189
Dic.	1,895	2,664	1,004	Dic.	1,964	3,012	1,210
1963 Ene.	1,897	2,660	1,008	1965 Ene.	1,968	3,077	1,232
Feb.	1,897	2,670	1,015	Feb.	1,972	3,062	1,236
Mar.	1,899	2,688	1,040	Mar.	1,974	3,065	1,235
Abr.	1,899	2,674	1,022	Abr.	1,976	3,142	1,255
May.	1,903	2,680	1,016	May.	1,981	3,196	1,262
Jun.	1,903	2,693	1,024	Jun.	1,982	3,212	1,262
Jul.	1,903	2,694	1,032	Jul.	1,984	3,217	1,267
Ago.	1,910	2,705	1,032	Ago.	1,991	3,290	1,265
Set.	1,910	2,797	1,077	Set.	1,996	3,285	1,264
Oct.	1,912	2,774	1,073	Oct.	2,003	3,280	1,038
Nov.	1,912	2,789	1,080				
Dic.	1,915	2,785	1,088				

\* Considerando conexiones múltiples.

tes en el sistema de agua que no permitían una buena distribución de ella, tales como : los pequeños diámetros de las tuberías, la falta de tuberías troncales y de relleno en algunas zonas de la ciudad que se habían desarrollado en los últimos años, las pérdidas y desperdicios que según estimación eran altos debido a la falta de medidores.

Las tuberías del sistema de distribución eran de asbesto-cemento y fierro fundido, algunas de las cuales tenían más de 60 años de antigüedad y aún se encontraban en aceptable estado para dar servicio. Las tuberías de relleno eran adecuadas para dar servicio localmente y se utilizarían cuando se efectuasen las ampliaciones del sistema.

El agua del río Caplina, que era el 95% del agua que se usaba en el abastecimiento, es generalmente ácida, tiene un pH que varía de 5 a 6. Las aguas del Uchusuma son también ácidas, pero generalmente tienen un pH algo más alto.

La planta de tratamiento existente no daba un tratamiento adecuado a las aguas provenientes de los ríos Caplina y Uchusuma, por lo que a la ciudad no se le proporcionaba agua potable de suficiente calidad. En el proceso de purificación se utilizaban las siguientes sustancias químicas: cal, sulfato de alumina y en raras ocasiones, sulfato de cobre, para la regulación del pH, la floculación y el control de crecimiento de algas, respectivamente. En la planta no siempre se tenía en existencia la cal, como se deduce de los registros de los análisis químicos de agua potable efectuados en la planta y que muestran pH tan bajos como 5.5. Las aguas provenientes de ambas fuentes son generalmente duras. En las Tablas II-4 y II-5 se muestran análisis químicos típicos de agua del Caplina y Uchusuma, respectivamente. La turbidez de las

Tabla II-4

SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE AGUA DEL RIO CAPLINA EFECTUADOS  
POR EL LABORATORIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TACNA

	p.p.m.	14 Julio 1964		2 Enero 1965		15 Enero 1965		16 Agosto 1965	
		Cruda	Potable	Cruda	Potable	Cruda	Potable	Cruda	Sediment. Potable
Dureza, Total		320	246	268	246	266	236	-	-
Alcalinidad, Total	"	15	15	17	15	18	17	5	6
CO <sub>2</sub>	"	51	4	13	4	16	6	-	-
Turbidez	"	140	5	90	5	80	5	70	5
Cloro	"	94	88	96	88	92	80	-	-
Cloro Residual	"	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.2	0.15
Consumo de Cloro, Kg.		-	1	0	1	-	-	-	-
Temperatura °C		10.8	22.2	18.0	22.2	20	23	15.2	16.8
pH		5.2	7.3	7	7.3	6.8	7.6	5.5	5.5
Gasto, m <sup>3</sup> /día		-	-	-	-	-	-	-	7,920

Tabla II-5

SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE AGUA DEL RIO UCHUSUMA EFECTUADOS  
POR EL LABORATORIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE TACNA

Determinación	p.p.m.	19 Setiembre 1962		15 Abril 1965		15 Julio 1965	
		Cruda		Cruda	Potable	Cruda	Sediment.. Potable
Dureza, Total		292		272	282	-	-
Alcalinidad, Total	"	159		9	9	8	6
CO <sub>2</sub>	"	0		7	7	-	-
Turbidez,	"	25		70	5	120	5
Cloro,	"	22		76	72	-	-
Cloro Residual	"	-		-	0.15	0.1	0.1
Consumo de Cloro, Kg.		-		-	21	-	-
Temperatura °C		20		17.3	21.0	12.5	16.3
pH		8.3		5.5	6	6	5.5
Gasto, m <sup>3</sup> /día		-		-	-	-	8,640

aguas de ambos ríos varía considerablemente durante el año, en la Tabla II-6 se muestra un registro típico de la variación de la turbidez de las aguas de los ríos Caplina y Uchusuma en el año 1965, durante el cual en el Caplina alcanzó un máximo de 4,250 ppm en Febrero y un mínimo de 70 ppm en Mayo y Junio, en el Uchusuma se registró 7,500 ppm máximo en Febrero y 70 ppm como mínimo en Abril, Mayo y Junio.

El volumen del reservorio de regulación, 5,000 m<sup>3</sup>, debería ser más que suficiente para el área y población que servía, pero las altas pérdidas del sistema agotaban rápidamente este volumen. La ubicación del reservorio de agua tratada permitía solamente el abastecimiento de las áreas situadas en cotas inferiores a las de éste. Para abastecer la zona alta, el agua debe ser bombeada a reservorios elevados para poder proporcionar a la red la presión requerida.

El laboratorio y la instalación de clorinación del edificio de control, estaban en buenas condiciones. En el laboratorio sólo existían equipos para efectuar análisis químicos de agua. Para el análisis bacteriológico de las muestras de agua, éstas tenían que ser llevadas al laboratorio del Hospital Regional y efectuados bajo la supervisión del Área de Salud de Tacna. Las Tablas II-7 y II-8 muestran los resultados de los análisis bacteriológicos de las muestras de agua tomadas en diferentes puntos de la ciudad por el Área de Salud y Corporación Hidrotécnica S.A., respectivamente.

### 3. Producción y Consumo

Debido a la falta de medidores de gasto en el ingreso y la salida de la planta de tratamiento y en las conexiones domiciliarias, la cantidad de agua que ingresaba, la producción de agua potable, el consumo y las pérdidas sólo podían estimarse.

Tabla II-6

## SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

VARIACION MENSUAL DE LA TURBIDEZ EN LOS RIOS  
CAPLINA Y UCHUSUMA DURANTE EL AÑO 1965

<u>Mes</u>	<u>Río Caplina</u>		<u>Río Uchusuma</u>	
	<u>Máx.</u> ppm	<u>Mín.</u> ppm	<u>Máx.</u> ppm	<u>Mín.</u> ppm
Enero	600	80	155	70
Febrero	4,250	100	7,500	140
Marzo	600	85	140	85
Abril	100	75	100	70
Mayo	100	70	100	70
Junio	150	70	150	70
Julio	340	80	120	80
Agosto	120	80	100	70
Setiembre	120	80	120	70
Octubre	-	-	-	-
Noviembre	510	90	450	120
Diciembre	850	200	650	180

Tabla II-7

## SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

RESULTADOS DE LOS ANALISIS BACTERIOLOGICOS DE MUESTRAS DE AGUA  
TOMADAS POR EL AREA DE SALUD DE TACNA

Ubicación	Recuento Placa Standard a 37°C	NMP por 100 c.c.	Fecha del Muestreo
Block C # 100 Agrup. 28 de Agosto	8	0	Enero 26, 1965
Block C # 102 Agrup. 28 de Agosto	4	0	Enero 26, 1965
Block D # 103 Agrup. 28 de Agosto	3	0	Enero 26, 1965
Block F # 102 Agrup. 28 de Agosto	12	0	Enero 26, 1965
Block G # 100 Agrup. 28 de Agosto	6	0	Enero 26, 1965
Block F # 100 Agrup. 28 de Agosto	6	0	Enero 26, 1965
Avenida Bolognesi, Mercado	4	0	Marzo 23, 1965
Avenida Bolognesi, Mercado	5	0	Marzo 23, 1965
Jr. General Suárez # 114, Restaurante	2	0	Marzo 23, 1965
Avenida Bolognesi # 843, Restaurante	3	0	Marzo 23, 1965
Avenida 2 de Mayo, Mercado Modelo	5	0	Marzo 23, 1965
Avenida 2 de Mayo, Mercado Modelo	8	0	Marzo 23, 1965
Avenida Lima # 2198, Panadería	6	0	Junio 30, 1965
Pago Arunta, Centro Agropecuario	Infinito	0	Junio 30, 1965
Barrio Jesús María, Pileta Pública	52	0	Junio 30, 1965
Barrio Jesús María, Tienda	7	0	Junio 30, 1965
Barrio Jesús María, Restaurante	9	0	Junio 30, 1965
Jr. General Suárez, Vivienda	8	0	Junio 30, 1965

SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

RESULTADOS DE LOS ANALISIS BACTERIOLOGICOS DE MUESTRAS DE AGUA  
 POTABLE TOMADAS POR CORPORACION HIDROTECNICA S.A.

Ubicación	Recuento Placa		Fecha del Muestreo
	Standard a 37° C	NMP por 1000 c.c.	
Grifo Lobitos, Prolong. H. Unánue	3	0	Julio 7, 1965
Fábrica de Bicicletas, Prol. Cornl. Albarracín	2	0	Julio 7, 1965
Mercado Seccional F, Rospigliosi	1	0	Julio 7, 1965
Corralón Municipal # 8, Aragüez	3	0	Julio 7, 1965
Corralón Municipal # 8, Aragüez	2	0	Julio 7, 1965
Panadería, Alto Lima	3	0	Julio 7, 1965
Pileta Pública, Pampa Morón	2	0	Julio 21, 1965
Tienda B, Jesús María	5	0	Julio 21, 1965
Pileta Pública # 3 B, Pampa Morón	9	0	Julio 21, 1965
Pileta Pública # 2 B, Pampa Morón	2	0	Julio 21, 1965
Panadería, Alto Lima # 2198	6	0	Julio 21, 1965



La capacidad de producción de la planta de tratamiento era de 100 l/s. Existían registros de gastos, pero éstos eran sólo estimados. Un ejemplo típico de variación de la producción de agua diaria es la del mes de Agosto de 1965 mostrada en la Tabla II-9. De acuerdo a estas cifras, el gasto promedio diario para dicho mes fue de  $8,110 \text{ m}^3/\text{día}$ , ó 94 l/s. La Tabla II-10 muestra la producción mensual de agua y el uso de sustancias químicas en la planta de tratamiento, desde Enero de 1963 a Agosto de 1965. Durante el período comprendido entre Enero de 1963 a Abril de 1965, la producción se mantuvo en  $156,060 \text{ m}^3$  mensuales, posteriormente a este último mes, la producción fue mayor de  $200,000 \text{ m}^3$  por mes. Para el mismo mes de Agosto de 1965, las Tablas II-9 y II-10 muestran cifras de producción diferentes, lo que demuestra la inexactitud de los registros de gastos.

Entre el Lunes 4 y el Martes 5 de Abril de 1966, se efectuaron mediciones, en el reservorio de agua tratada, para determinar el consumo de agua en la ciudad, para ello se registraron los descensos de niveles para el lapso de 10 minutos, cada 30 minutos, entre las 9.30 a.m. del día 04 y las 9.00 a.m. del 05 de Abril. Los resultados muestran en el Diagrama II-4. El consumo promedio diario que se obtuvo para este período de mediciones fue de 91 l/s.

Por otro lado, para determinar el volumen de desagues eliminados por la ciudad, se efectuaron aforos entre los días 19 y 20 de Febrero, durante 24 horas continuas en los tres emisores existentes : el emisor de 18" de la Avenida Grau, el canal de tierra de 0.55 m. por 0.25 m. que pasa cerca al cuartel y el emisor de 12", que descarga en el bosque municipal. Las curvas de variación de gastos en los tres emisores se muestran en el Diagrama II-5, y la curva única resultante de sumar las tres anteriores se muestra en el Diagrama II-6 y representa la variación horaria del caudal total de desagues de la ciudad, resultando un promedio diario de 71 l/s.

Tabla II-9

## SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

PRODUCCION DIARIA DE AGUA EN LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DURANTE AGOSTO DE 1965

<u>Día</u>	<u>m<sup>3</sup></u>	<u>Día</u>	<u>m<sup>3</sup></u>
1	8,640	17	7,200
2	7,920	18	7,200
3	7,200	19	8,640
4	7,200	20	8,640
5	8,640	21	8,640
6	8,640	22	8,640
7	8,640	23	7,920
8	8,640	24	7,200
9	7,920	25	7,200
10	7,200	26	8,640
11	7,200	27	8,640
12	8,640	28	8,640
13	8,640	29	8,640
14	8,640	30	7,920
15	8,640	31	<u>7,200</u>
16	7,920	Total:	251,280

Tabla II-10

## SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

PRODUCCION MENSUAL DE AGUA Y SUSTANCIAS QUIMICAS UTILIZADAS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE 1963 A 1965

	Cloro Líquido Kg	Hipo- clorito Kg	Sulfato de Alum. Kg	Sulfato de Cobre Kg	Cal Apagada Kg	Producción de Agua m <sup>3</sup>
1963 Enero	201.80	- -	526.3	- -	- -	156,060
Febrero	189.80	- -	5,047.6	- -	- -	156,060
Marzo	130.80	- -	3,326.6	- -	- -	156,060
Abril	158.10	- -	- -	- -	- -	156,060
Mayo	138.20	- -	- -	- -	- -	156,060
Junio	129.70	- -	- -	- -	- -	156,060
Julio	142.80	- -	- -	- -	- -	156,060
Agosto	142.80	- -	- -	875	- -	156,060
Setiembre	138.20	- -	- -	2,100	- -	156,060
Octubre	142.80	- -	- -	- -	- -	156,060
Noviembre	144.00	- -	- -	- -	- -	156,060
Diciembre	142.80	- -	- -	- -	- -	156,060
Totales:	1,801.80		8,900.5	2,975		1'872,720
1964 Enero	143.20	- -	4,350.0	- -	- -	156,060
Febrero	139.00	- -	5,350.0	- -	- -	156,060
Marzo	158.80	- -	4,350.0	- -	- -	156,060
Abril	144.00	- -	2,150.0	- -	- -	156,060
Mayo	134.00	- -	- -	- -	- -	156,060
Junio	144.00	- -	- -	- -	4,950	156,060
Julio	171.50	- -	- -	- -	7,725	156,060
Agosto	159.10	- -	- -	- -	9,750	156,060
Setiembre	156.80	- -	- -	- -	5,233	156,060
Octubre	125.00	- -	- -	- -	7,260	156,060
Noviembre	169.20	- -	- -	- -	9,820	156,060
Diciembre	180.70	- -	2,400.0	- -	10,820	156,060
Totales:	1,825.30		18,600.0		55,558	1'872,720
1965 Enero	92.46	50.0	- -	- -	4,940	156,060
Febrero	258.52	- -	4,250.0	- -	7,520	156,060
Marzo	195.96	- -	300.0	- -	10,420	156,060
Abril	223.10	- -	- -	- -	- -	156,060
Mayo	196.88	- -	- -	- -	3,775	267,840
Junio	203.32	- -	- -	- -	3,775	238,320
Julio	202.86	- -	200.0	- -	2,075	238,320
Agosto	212.52	- -	- -	- -	- -	238,320
Totales:	1,585.62	50.0	4,750.0		32,505	1'607,040

Las necesidades reales de la ciudad se estimaban en 53 l/s y representan el 58% del agua potable que salía de la planta. Las pérdidas de agua en la red de distribución, en este caso, alcanzaban al 42% con que se abastecía a la ciudad, considerándose altas comparadas con las pérdidas sufridas en sistemas con buen mantenimiento y con medidores en las conexiones domiciliarias, las cuales fluctuaban en el orden del 20%. Una comparación del caudal promedio diario de aguas servidas, 71 l/s, con el gasto determinado para el consumo promedio diario de agua de la ciudad, 91 l/s daba una diferencia de 20 l/s, que representan el 22% del agua distribuida por la red y que no llegaba al sistema de alcantarillado. Por otra parte, la diferencia entre las necesidades estimadas para la ciudad, 53 l/s, y el gasto de las aguas servidas aforado, 71 l/s representaban probablemente parte de los desperdicios que ocurrían en el sistema, debido a la falta del número suficiente de medidores en las conexiones domiciliarias.

Con propósitos de comparación entre el sistema de abastecimiento de agua de la Ciudad de Tacna con las de otras ciudades del Perú, se muestran las características principales de algunas de ellas en la Tabla II-11, incluyendo las poblaciones estimadas y la producción promedio diaria de agua potable.

## C. Sistema de Desagues Sanitarios

### 1. Descripción

El sistema original de recolección de desagues data del año 1925, época de la ocupación chilena. En el año 1942 se efectuó la primera ampliación de importancia. La pendiente del valle, en que se encuentra la ciudad, con un promedio de 2.8% de noreste a sursureste es excelente para propósitos de drenaje, por lo que, como entonces, en el futuro los desagues fluirían por gravedad.

Tabla II-11

## SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

## CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS SERVICIOS SANITARIOS EN ALGUNAS CIUDADES DEL PERU

Población Estimada 1965	Tipo de Abastecimiento (1)	Abastecimiento de Agua		Desagües		Finanzas			
		Producción Promedio m <sup>3</sup> /día	Conexiones Domiciliarias Instaladas En Servicio	Conexiones Domiciliarias Instaladas En Servicio	Conexiones Domiciliarias Instaladas En Servicio	Facturación Anual S/	Costos de Operación y Mantenimiento S/		
Abancay	M/GF	1,750	795	720	284	510	447	123,789	233,503
Ayacucho	R	3,800	2,477	2,033	1,183	1,585	930	448,254	495,893
Cajamarca	R	5,900	2,851	2,129	1,921	2,519	2,285	663,017	731,037
Cuzco	M	14,400	4,633	4,313	4,150	2,550	2,550	1'542,697	1'218,514
Chiclayo	R	25,000	5,000	5,000	2,037	4,178	4,178	-	-
Chimbote	P	3,650	2,715	2,485	517	1,681	1,681	809,791	858,094
Huancayo	R/GF/M	12,500	5,197	4,817	4,426	3,277	3,277	1'506,828	1'011,984
Iquitos	R	7,350	5,362	4,762	2,663	-	-	2'048,408	1'977,970
Puno	M	2,650	1,472	1,667	949	1,018	1,018	280,361	532,857
Sullana	R	6,850	2,374	2,279	734	2,035	1,945	1'417,599	1'941,903
Trujillo	P	17,300	8,356	7,553	0	8,300	7,500	2'118,531	2'253,062
Tumbes	R	3,024	1,038	858	616	791	617	615,444	802,173

Referencia: Ministerio de Fomento y Obras Públicas - 1965

(1)

R - Río

P - Pozo

GF - Galería Filtrante

M - Manantial

Los desagües de la ciudad eran conducidos a su disposición final por tres emisores, los cuales los descargaban en tres puntos diferentes: dos emisores de 18" y 12" de diámetro que descargaban en el Bosque Municipal y en la zona denominada La Agronómica, respectivamente, ambos con pendientes dirigidas hacia el Sur. El tercer emisor era un canal abierto de tierra de sección variable que pasaba cerca al cuartel y se alejaba de la ciudad con dirección Oeste. La totalidad de las aguas servidas se utilizaban en la irrigación de las zonas cercanas a las descargas.

Solamente el 60% de la población de la ciudad, 20,000 habitantes tenían servicio directo al alcantarillado público. En los años próximo pasados se habían instalado nuevos colectores y se planeaba la instalación de otros en las urbanizaciones que carecían de ellos. Eventualmente, serían conectados al sistema existente. Las áreas de la ciudad que carecían de alcantarillado, comprendían algunas zonas en los alrededores de la parte antigua de la ciudad, las urbanizaciones Leoncio Prado, Francisco de Paula Vigil, Francisco Bolognesi, Victoria, Sindicato de Choferes y la localidad Pampa de Morón, lugares donde las aguas servidas eran dispuestas en silos o sobre terreno abierto.

El sistema de desagüe se muestra en el Plano 5. Se estimaba que existían instalados cerca de 29,300 metros de tubería de concreto. A continuación se muestran las cantidades de tuberías para los diferentes diámetros.

<u>Diámetro</u> <u>(pulg.)</u>	<u>Longitud Total</u> <u>(metros)</u>
6	21,740
8	4,660
10	510
12	560
16	40
18	<u>1,770</u>
TOTAL :	<u>29,280</u> =====

El número de conexiones domiciliarias existentes hasta Octubre de 1965 fue de 1,570, como se puede ver en la Tabla II-12, - cantidad que es aproximadamente el 50% del total de las conexiones domiciliarias de agua potable existentes hasta ese mismo mes. La gran diferencia se debía al gran número de viviendas cuyos habitantes habían instalado derivaciones desde las conexiones que estaban directamente conectadas a la red pública de agua potable.

Como se describió anteriormente en la Sección B-3, en los días 19 y 20 de Febrero de 1966, se efectuaron mediciones del caudal de desagües por un período de 24 horas en los tres puntos de descarga del sistema. Los caudales promedios diarios resultantes fueron los siguientes : 22 l/s para la descarga ubicada cerca al cuartel, 34 l/s para el emisor de 18" y 15 l/s para el emisor de 12", lo que daba un gasto total promedio diario para la ciudad de 71 l/s.

Se tomaron muestras compuestas de desagües, en el canal emisor cercano al cuartel y en el emisor de 18" que descargaba en el Bosque Municipal, el 06 de Setiembre de 1965. Los análisis se efectuaron en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, para Corporación Hidrotécnica S.A. Los resultados fueron los siguientes :

<u>Ensayo</u>	<u>Muestra Nº 1 Canal Emisor Cerca al Cuartel 6 de Setiembre de 1965</u>	<u>Muestra Nº 2 Emisor de 18", Bosque Municipal 6 de Setiembre de 1965</u>
DBO 5 días	500.0 ppm	270.0 ppm
Sólidos Totales	2,060.0 ppm	1,562.0 ppm
Sólidos Volátiles	834.0 ppm	582.0 ppm
Sólidos Fijos	1,226.0 ppm	980.0 ppm
Sólidos Disueltos	1,366.0 ppm	1,184.0 ppm
Sólidos en Suspensión	694.0 ppm	378.0 ppm
Sólidos Sedimentables	8.0 ml/lt/hr	4.0 ml/lt/hr
pH	7.0	6.7
Oxígeno Disuelto	0.9 ppm	0.6 ppm

Tabla II-12

## SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

NUMERO DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE DESAGUEDe 1962 a 1965

<u>Fecha</u>	<u>Total</u>	<u>En Servicio</u>	<u>Fecha</u>	<u>Total</u>	<u>En Servicio</u>
1962 Enero	1,557	1,495	1964 Enero	1,576	1,530
Febrero	1,557	1,495	Febrero	1,576	1,530
Marzo	1,557	1,495	Marzo	1,581	1,535
Abril	1,557	1,495	Abril	1,585	1,539
Mayo	1,557	1,498	Mayo	1,587	1,541
Junio	1,557	1,498	Junio	1,590	1,544
Julio	1,557	1,498	Julio	1,592	1,546
Agosto	1,577	1,500	Agosto	1,595	1,550
Setiembre	1,577	1,500	Setiembre	1,596	1,551
Octubre	1,577	1,500	Octubre	1,597	1,552
Noviembre	1,577	1,500	Noviembre	1,599	1,554
Diciembre	1,569	1,512	Diciembre	1,600	1,555
1963 Enero	1,571	1,512	1965 Enero	1,600	1,556
Febrero	1,571	1,512	Febrero	1,602	1,558
Marzo	1,573	1,512	Marzo	1,602	1,558
Abril	1,573	1,520	Abril	1,602	1,558
Mayo	1,573	1,523	Mayo	1,604	1,560
Junio	1,573	1,523	Junio	1,604	1,564
Julio	1,573	1,523	Julio	1,604	1,564
Agosto	1,574	1,524	Agosto	1,606	1,566
Setiembre	1,573	1,524	Setiembre	1,608	1,568
Octubre	1,575	1,524	Octubre	1,610	1,570
Noviembre	1,575	1,528			
Diciembre	1,576	1,530			



Estos análisis indican que los desagues eran del tipo fuerte, especialmente los de las muestras tomadas en el cuartel.

Las aguas servidas no eran tratadas y así crudas eran utilizadas en irrigación.

## 2. Adecuabilidad del Sistema

El sistema era insuficiente, aún para el área servida para entonces, ya que los colectores recibían un mayor volumen de desagues que para el que fueron diseñados. Siendo la causa principal el aumento triplicado de la densidad de población desde 1942 y, que para prever el aumento de los caudales no se habían realizado las ampliaciones necesarias. Resultando que los colectores en su mayoría fluían a tubo lleno estando propenso el sistema a que hubiesen desbordamientos de aguas negras en cualesquiera de sus puntos a través de los buzones de inspección, tal como ocurría periódicamente cuando los caudales eran altos. El diámetro de 6" de la mayoría de los colectores de relleno, era inadecuado y menor que el mínimo que se establece para un buen alcantarillado. Un gran porcentaje del área de la ciudad carecía de colectores, efectuándose la disposición de los desagues en aquella zona, en silos o sobre suelo abierto.

La disposición final de los desagues en acequias de regadío y el uso de ellos en agricultura sin ninguna limitación, no era satisfactoria. El uso de aguas servidas para regadío de árboles no tenía objeción, pero el uso en el regadío de cultivos destinados al consumo humano sin estricto control no podía aceptarse, y bajo ninguna circunstancia debía utilizarse en el regadío de cultivos que se comían sin cocinar.

Para entonces, no se hacía un control de las descargas de los desechos industriales en la red pública. Las industrias con desagues fuertes, dañinos al sistema, no eran obligadas a dar ningún tratamiento previo a sus desagues.

D. Sistema de Disposición de Basuras

1. Descripción

La Inspección de Alumbrado Público y Baja Policía del Concejo Provincial de Tacna, tenía a su cargo la recolección y disposición final de las basuras de la ciudad y la administración del servicio.

En la mayoría de las zonas de la ciudad, las basuras eran recolectadas diariamente por camiones, según el siguiente horario 6.00 a.m. a 10.00 a.m. y de 1.00 p.m. a 5.00 p.m. Las urbanizaciones Jesús María, Natividad y Victoria no recibían servicio regular.

Toda la basura recolectada en la ciudad se disponía en un botadero cercano a la Carretera Panamericana, situado al noroeste de la ciudad y a unos 7 Km. del centro de Tacna, en donde se hacía el intento de incinerarla.

El equipo para el sistema de recolección consistía de camiones recolectores de las siguientes características: 3 del tipo cerrado, tolva hidráulica, cada uno con capacidad de 2.5 Ton., 2 de ellos de marca Chevrolet, modelo 1958 y el tercero, Ford 1960; un camión recolector compactador de tipo cerrado, tolva hidráulica de 10 Ton. de capacidad, chasis marca Ford, modelo 1965, adquirido recientemente; un camión abierto con carrocería de madera de 1/2 Ton. de capacidad, marca Chevrolet, modelo 1951. Todos los camiones eran operados de acuerdo a un horario establecido con excepción del camión abierto, Chevrolet 1951, que no tenía una función específica, utilizándose para un servicio general. Como complemento a los camiones, había carretillas utilizadas en la limpieza de las calles.

La Inspección de Baja Policía contaba para el Servicio con el siguiente personal : 17 obreros y 4 choferes.

Durante la noche, algunas personas que habitaban la zona baja de la ciudad arrojaban sus basuras al canal del río Caplina y a las acequias que se comunican con éste, ocasionando un grave - peligro para la salud pública.

## 2. Adecuabilidad del Sistema

La recolección y disposición de basuras de la Ciudad de Tacna era satisfactoria. La falta de suficiente número de camiones no permitía la recolección regular de las basuras en algunos sectores de la ciudad. La disposición de basuras en el canal del río Caplina y en las acequias de regadío que se comunican con éste, constituían un grave peligro para la salud pública, puesto que las personas de las áreas rurales, situadas en la zona baja de la ciudad, utilizaban dicho canal como fuente de abastecimiento de agua para el consumo doméstico. La disposición de basuras en el botadero situado al noroeste de la ciudad era una amenaza para la comunidad, ya que roedores e insectos se multiplicaban en este medio favorable para su reproducción, siendo causantes de la propagación de muchas enfermedades.

### III. REQUERIMIENTOS FUTUROS

#### A. Futuro Desarrollo Urbano

El desarrollo futuro de la ciudad fue considerado en el planeamiento general y en los diseños preliminares presentados para los servicios públicos sanitarios. Mediante un estudio de campo y entrevistas con los funcionarios y personal de las diversas entidades tanto de Tacna como de Lima, se obtuvo la información necesaria de las condiciones existentes y de los planes futuros para el desarrollo de la ciudad.

En base al anteproyecto del Plano Regulador elaborado por la Oficina Nacional de Planeamiento y Urbanismo, Oficina de Tacna, y cuyo autor fue el Arquitecto Oscar Vargas Méndez, se preparó un plano del Futuro Desarrollo Urbano, Plano 6, el cual se empezó como plano base para el planeamiento a largo alcance de los servicios sanitarios, ver Planos 8 y 12 que muestran las ampliaciones requeridas para los sistemas de agua y desagües.

En la mayoría de los casos, la ubicación de las líneas de agua y desagüe propuestas fue determinada por el trazado planeado para las futuras vías de comunicación.

La futura zona industrial, como estaba propuesta en el Plan de Industrialización para el Departamento de Tacna y que fue desarrollado conjuntamente por la COFDET, la ONPU y la Misión del Instituto de Investigaciones Stanford en el Perú, se consideró dentro de los planes para el agua potable y el desagüe.

#### B. Crecimiento de la Población

Se estimó que la población de la ciudad de Tacna a 1966 era aproximadamente de 33,000 habitantes y, el área ocupada por esta población fue estimada en 350 Há.

La zona más densamente poblada era la Zona Central, como se muestra en el Plano 2, y la densidad promedio de todas las áreas ocupadas era de 95 habitantes por Há.

Utilizando los resultados del censo efectuado por Corporación Hidrotécnica S.A., resumidos en la Tabla II-1, se preparó el Plano 2 para mostrar las densidades promedio en las diferentes zonas de la ciudad. Se hicieron estimados de la población futura para cada una de estas zonas y para diferentes años, los resultados se presentan resumidos en la Tabla III-1. En la Tabla III-2 se muestran los estimados de áreas, de densidades y de población para cada una de las zonas, correspondientes al año 2000.

La tasa de crecimiento fue determinada utilizando los resultados de los Censos Nacionales de 1940 y 1961, y tomando como base el estimado de la población a 1966. En los últimos años, el crecimiento vegetativo, dado por los nacimientos y fallecimientos de los individuos tenía variaciones, desde 2.58% anual en 1958 a 3.55% en 1960. Además había migración hacia Tacna desde las áreas rurales y de la Sierra. Aunque la tasa de nacimientos podía disminuir en el futuro, el movimiento de familias campesinas a Tacna probablemente aumentaría, tendiendo a mantenerse el porcentaje de crecimiento en un nivel más alto que lo usual. Tomando como base toda la información disponible, se asumió que el crecimiento anual proyectado al futuro, continuaría con una tasa del 4.1% hasta el año 2000, como se muestra gráficamente en el Diagrama III-1.

## C. Sistema de Agua Potable

### 1. Demanda de Agua y Criterios de Diseño

#### a. Demanda de Agua

La demanda de agua que había de considerarse, era aquella que previese el abastecimiento necesario a las necesidades -

SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

POBLACION FUTURA ESTIMADA

Zona N°	Descripción	A ñ o				
		1965	1970	1980	1985	2000
1	Central	8,500	9,000	10,000	10,500	12,000
2	Residencial tipo medio	15,200	19,000	30,000	38,000	74,000
3	Urbanizaciones Populares	9,200	11,000	18,500	21,500	39,000
4	Semi-rústica	100	1,000	1,500	2,000	5,000
	<b>POBLACION TOTAL:</b>	<b>33,000</b>	<b>40,000</b>	<b>60,000</b>	<b>72,000</b>	<b>130,000</b>
5	Población Equivalente por Industrias en la ciudad	990	1,640	3,900	5,330	13,000
	<b>POBLACION EQUIVALENTE TOTAL:</b>	<b>33,990</b>	<b>41,640</b>	<b>63,900</b>	<b>77,330</b>	<b>143,000</b>

SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

AREAS, DENSIDADES Y POBLACIONES ESTIMADAS POR ZONAS DE LA CIUDAD  
PARA EL AÑO 2000

<u>Zona N°</u>	<u>Descripción</u>	<u>Area</u> <u>Hás.</u>	<u>Densidad</u> <u>Hab/Há.</u>	<u>Población</u> <u>Habitantes</u>
1	Central	63	175	11, 000
2	Residencial Tipo Medio	427	145	62, 000
3	Urbanizaciones Populares	260	200	52, 000
4	Semi-rústica	133	37	5, 000
5	Industrial	151	- -	- -
		<u>1, 034</u>		<u>130, 000</u>

de la futura población de Tacna, estimada para el año 2000, incluyendo la población equivalente por usos industriales. Se esperaba que el consumo por persona aumentaría rápidamente debido a la disponibilidad de agua, desde el consumo promedio para entonces, estimado en 100 l/persona/día, hasta alrededor de 225 l/persona/día en 1985 y 300 en el año 2000. En base, a la demanda de la población equivalente total estimada, que incluía una asignación por industrias locales cuyas actividades se desarrollaban fuera del Parque Industrial, a la demanda del Parque Industrial y de otros grandes usuarios de agua, se determinó los consumos promedios diarios totales de agua hasta el año 2000, dichos consumos se muestran en la Tabla III-3 y gráficamente en el Diagrama III-2. Se asumió que el Parque Industrial se encontraría completamente desarrollado en el año 2000.

b. Criterios de Diseño

En los diseños preliminares presentados en los planos correspondientes al planeamiento de las futuras ampliaciones de los servicios, se han usado los siguientes criterios de diseño :

	Etapa I	Etapa II
	<u>Año</u>	
	<u>1985</u>	<u>2000</u>
<u>Población de Diseño</u>	77,330	143,000
<u>Consumo Promedio Diario por Persona y Por Día (l)</u>	225	300
<u>Consumo Promedio Diario Total (l/s)</u>	240	550
<u>Demanda Contra Incendios (m<sup>3</sup>/día)</u>	8,100	10,900



Tabla III-3

SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA

CONSUMOS DE AGUA FUTUROS

Descripción	Año					
	1966	1970	1975	1980	1985	2000
Población Estimada	33,000	40,000	49,000	60,000	72,000	107,000
Población Equivalente Estimada por Uso Industrial en la Ciudad						
% de Población	3.0	4.1	5.3	6.5	7.4	8.2
No. de Habitantes	990	1,640	2,600	3,900	5,330	9,740
Población Equivalente Total Estimada	33,990	41,640	51,600	63,900	77,330	116,740
Consumo Promedio Diario (Población Equivalente Total) - lps	40	73	105	149	202	372
Consumo Promedio Diario (Parque Industrial y otros Grandes Consumidores) - lps	13	20	26	32	38	46
Consumo Promedio Diario Total - lps	53	93	131	181	240	418
Consumo Promedio Diario Total - m <sup>3</sup> /día	4,580	8,040	11,320	15,640	20,740	36,120
Consumo Promedio Diario Total - m <sup>3</sup> /día	47,520	27,390	27,390	47,520	47,520	47,520

Nota: Demanda de agua contra incendios para 1985: 8,100 m<sup>3</sup>/día;  
 Demanda de agua contra incendios para 2000: 10,900 m<sup>3</sup>/día.

Variaciones del Consumo

Consumo Máximo Diario	150% del consumo promedio diario
Consumo Máximo Horario	225% del consumo promedio diario
Variación del Consumo Diario	Como se muestra en el Diagrama III-3.

Sistema de Distribución

Material

Más de 14" de diámetro	Tubería de fierro fundido
De 14" y menos	Tubería de asbesto-cemento

Presión Mínima 15 m. sobre el nivel de la calle

Coeficiente de Rugosidad de Hanzen y Williams. C = 100

Espaciamiento máximo de válvulas de interrupción. 300 m. y en cada lateral conectada a una troncal.

Espaciamiento máximo de grifos contra incendios. 200 m.

Tipos auxiliares de válvulas. Válvulas de purga, en puntos bajos  
Válvulas de aire, en puntos altos

Diámetro de Tuberías 4" mínimo para zonas de vivienda  
6" mínimo para zonas industriales

Regulación de la carga hidrostática. Control de las bombas de los pozos, mediante instalaciones transmisoras de presión. Válvulas reductoras de presión, para evitar exceso de presión en el sistema.

Reservorios

Volúmen de almacenamiento	45% del consumo promedio diario (Ver el Diagrama III-4).
Material	Concreto reforzado
Control de Niveles	Mediante válvulas de altitud

Planta de Tratamiento

Gasto de Diseño (Gasto promedio diario).	310 (l/s) (Etapa II)
Cámara de mezcla rápida	1 minuto
Tanques de floculación	30 minutos
Tanques de sedimentación	2 horas
Filtros rápidos de arena	0.7 l/s/m <sup>2</sup>
Cámara de contacto de cloro	15 minutos de detención

2. Fuentes de Abastecimiento de Agua

Las 3 fuentes de abastecimiento de agua consideradas eran :  
aguas del subsuelo, aguas del río Caplina y aguas provenientes de la futura explotación del río Maure.

Se realizaron extensas investigaciones para localizar las capas acuíferas que forman los depósitos subterráneos. Existían muchos pozos que habían dado buen resultado, algunos con rendimientos hasta de 100 l/s, estos pozos se utilizaban en la irrigación de tierras de Pampa de La Yarada, situada cerca al mar. Cuatro po

zos perforados en el área de la ciudad no habían dado buenos resultados y fueron abandonados. El nivel estático del acuífero, en los alrededores del aeropuerto y en zonas inmediatas, con dirección al mar, se localizó entre los 50 y 60 m. de profundidad, de acuerdo a las medidas tomadas en pozos existentes y a los análisis de los perfiles de resistividad eléctrica. Una investigación completa, por este método, fue realizada por el Ing. José E. Arce - Helberg para localizar agua subterránea para el abastecimiento de agua potable. En el reporte intitulado "Reconocimiento Geofísico Preliminar por Agua Subterránea en el Valle del Caplina" y que fue presentado a la COFDET en Abril de 1965, el Ing. Arce recomendó la zona de Calana, en orden preferente, para efectuar perforaciones. Siguiendo estas recomendaciones la COFDET contrató la perforación de un pozo de 150 m. con la firma José Luis Boggio Ingenieros, S.A. Al momento de la preparación de este informe, el pozo no ha sido terminado, encontrándose en los 85 m. de profundidad, no habiéndose hallado agua, todavía. Cuando el pozo sea terminado, desarrollado y probado apropiadamente, se podrá determinar su rendimiento y el potencial de las capas acuíferas.

La transmisibilidad del acuífero, la capacidad específica y la habilidad del pozo para operar continuamente por largos períodos, sin efectos adversos, pueden ser todos determinados con pruebas de bombeo. Los nuevos pozos que se habilitarían para la Primera Etapa, se explotarían de 14 a 16 Hás./día, permitiendo que los acuíferos se recarguen y que el equipo descansa. La construcción de las plantas de bombeo en los pozos propuestos dependía de los resultados de las pruebas de bombeo que se tendrían que hacer en el pozo que estaba en perforación en Calana y, posiblemente de nuevas investigaciones; desafortunadamente, la terminación del pozo había sido grandemente retardada, por lo que los resultados de estas pruebas no pudieron ser incluidos en el Estudio. De las extensas investigaciones realizadas anteriormente, se deduce que la presencia de recursos de aguas subterráneas, era muy probable, pero esto previamente debía ser confirmado con el éxito en la perforación de un pozo.

La fuente de abastecimiento de aguas superficiales para la Segunda Etapa dependía de la realización de las obras del Proyecto de Explotación del río Maure, elaborado con fines de irrigación y de generación de energía hidroeléctrica, como había sido propuesto por la Electric Power Development Corporation de Tokio, Japón, como parte del Plan de Desarrollo del Departamento de Tacna. El Proyecto incluye la construcción de un canal de irrigación que conducirá las aguas, atravesando la Ciudad de Tacna, hasta el área de La Yarada. Este Proyecto fue seriamente considerado para su aprobación de llevarse a cabo y se podrá captar agua del canal, en un punto a situarse más arriba de Pocollay, y sería tratada y utilizada para aumentar el abastecimiento de agua potable de la ciudad. Si no se ejecutaba este proyecto, se tendría que tomar agua del río Caplina, previamente sería necesario aumentar el caudal de este río, en el trayecto situado arriba de Calientes. Esto podía obtenerse evitando que se pierda agua por infiltración en el lecho natural del río, lo cual podía lograrse construyendo la longitud de canal de concreto que sea necesario, aguas arriba de Calientes.

El 31 de Marzo de 1966, se efectuaron aforos en cinco puntos diferentes a lo largo del río Caplina, previamente todas las tomas de regadío fueron cerradas temporalmente, para comprobar las pérdidas por infiltración a través del lecho natural del canal. El gasto en Pallagua, el punto aforado de cota más alta, fue de 810 l/s y en Calientes, 15 Km. aguas abajo de Pallagua, el gasto fue de 579 l/s, ocurriendo por lo tanto una pérdida de 231 l/s entre los dos puntos. Las pérdidas no fueron uniformes a lo largo de estos dos puntos, sino que variaron de acuerdo al tipo de suelo encontrado. Los resultados se muestran resumidos en el siguiente cuadro :

<u>Distancia Aproximada</u> <u>Aguas Abajo de</u> <u>Pallagua</u>	<u>Gasto</u>	<u>Diferencia</u> <u>en el</u> <u>Gasto</u>	<u>Diferencia</u> <u>en la</u> <u>Distancia</u>	<u>Pérdidas</u>
Km.	l/s	l/s	Km.	l/s/Km.
0 (en Pallagua)	810			
3	744	66	3	22.0
6	726	18	3	6.0
10	613	113	4	28.3
15	579	34	5	6.8

Para la distancia investigada de 15 Km., la pérdida promedio en el gasto resulta en 15.5 l/s/Km. Se requeriría de una canalización de 20 Km. para obtener el abastecimiento adicional de agua necesario para satisfacer las necesidades hasta el año 2000. Tal canal podía construirse en dos etapas de 10 Km. cada una. Se tendrían que efectuar estudios más detallados para determinar en qué tramos ocurren las mayores pérdidas por infiltración. De tal manera que, las canalizaciones adicionales se construirían en dichos tramos, dando como resultado una conducción de agua de más bajo costo por kilómetro.

Si la perforación de pozos y las eventuales pruebas de bombeo, además de otras investigaciones para localizar mantos acuíferos seguros, determinaban que no se podía llevar a cabo un abastecimiento por aguas subterráneas, se tendrá que considerar en la Primera Etapa la alternativa de utilizar las aguas del río Caplina, para lo cual sería necesario su canalización aguas arriba de Calientes; y construir una planta de tratamiento para la purificación de las aguas superficiales en esta etapa. El Ministerio de Fomento y Obras Públicas, recientemente había iniciado estudios

para construir 15 Km. de canal impermeable adicional en el cauce del canal de tierra del río Caplina, aguas arriba de Calientes. El canal tendría una capacidad de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Era probable que este proyecto estuviese terminado cuando se iniciasen los trabajos propuestos en este Estudio, para la Primera Etapa, de esta manera la obra correspondiente de canalización aseguraría la cantidad de agua suficiente, para el caso que, el agua subterránea como fuente de abastecimiento no resultase satisfactoria. Al agua utilizada en la ciudad, ya sea la proveniente del sub-suelo o de fuentes superficiales como el río Caplina, el canal del río Uchusuma o el canal del Proyecto del río Maure, que daba lugar a las aguas servidas, se proponía dársele un tratamiento completo, con el fin de que los efluentes, debidamente clorinados, pudiesen ser utilizados en el regadío de cualquier clase de cultivo, en las áreas situadas aguas abajo de los cursos de aguas calientes de la ciudad, sin ningún peligro para la salud pública.

### 3. Sistema de Distribución y Almacenamiento

A pesar de que la ciudad tenía a disposición la suficiente cantidad de agua para su abastecimiento hasta aproximadamente el año 1970, la Administración de Agua Potable tenía dificultades para abastecer de agua potable a todas las zonas de la ciudad, problema que estaba intimamente ligado a las grandes pérdidas y desperdicios que ocurrían en la red y, a las presiones altas que soportaban las zonas bajas de la ciudad. Otra deficiencia que se presentaba era la interrupción del servicio durante los días Lunes, Martes y Miércoles, entre las 10 p.m. y las 4 a.m. Todo lo cual, se debía a la falta de capacidad de distribución del sistema y, como se mencionó antes, a las grandes pérdidas y desperdicios de agua. Por otra parte, al crecer la ciudad hacia el noroeste, los nuevos agrupamientos de vivienda y la zona designada para el Parque Industrial ocupan áreas que tienen mayor cota que la planta de tratamiento. La tendencia entonces para dar abastecimiento a di-

chas áreas, era de construir pequeñas estaciones de bombeo que alimentasen a reservorios de regulación elevados de reducido volumen. El Estudio propone abastecer la zona alta de la ciudad, mediante reservorios apoyados en el terreno y ubicados en Pocollay por lo que para abastecer dicha área se recurrirá a los reservorios de la planta de tratamiento, que estaría situada en una cota superior adecuada, o bien, se construiría un reservorio en dicha cota si la solución para el abastecimiento fuese por aguas subterráneas. Como reservorios de regulación de la zona baja de la ciudad, se utilizarían los tanques existentes en la planta de tratamiento, los cuales serían acondicionados convenientemente. La ciudad también necesitaba un volumen adicional para casos de emergencia.

Se necesitaban anillos principales y alimentadores radiales que circundasen todos los sectores de la ciudad y los abastezcan de agua desde dos direcciones y con suficiente presión en cualquier punto, dentro y fuera de los anillos. La presión mínima necesaria era 15 m. sobre el nivel de la calle. Las líneas de distribución tenían que ser de diámetros adecuados para abastecer el consumo máximo horario (225% del consumo promedio diario).

Dentro de los anillos principales se requeriría de un adecuado sistema de tuberías para servir a las conexiones domiciliarias, piletas públicas y grifos contra incendios, evitando en lo posible extremos ciegos. Las zonas del sistema que estuviesen sujetas a altas presiones requerirían de estaciones reductoras de presión. Las ampliaciones requeridas por el sistema de agua potable se muestran en el Plano 8, y los detalles de las obras propuestas en dos etapas, se discuten en la Sección IV.



#### 4. Conexiones Domiciliarias de Agua

En base a los registros obtenidos en los archivos de la Administración, el número total de conexiones domiciliarias hasta Octubre de 1965, fue de 3,280, o sea un promedio de 10 personas por conexión. De estas conexiones, 2,003 eran empalmes directos a la red pública y las otras 1,277 eran derivaciones hechas desde estas conexiones domiciliarias regulares. Por otra parte, de las 2,003 conexiones regulares, solamente 1,038 tenían medidor. Puesto que en promedio cada familia estaba compuesta de 6 personas, se veía claramente que existía una gran necesidad de conexiones domiciliarias, adicionales.

Los estimados futuros del número requerido de conexiones domiciliarias con medidor y del número de habitantes por conexión, se muestran en el Diagrama III-5.

#### D. Sistemas de Desagues Sanitarios

##### 1. Capacidad Requerida

El sistema de desagues sanitarios debía tener capacidad suficiente para servir a la población futura, estimada para la ciudad, más una población equivalente a las descargas industriales. Para prever las máximas descargas de desagues se usaría un valor equivalente al 250% del consumo promedio diario, el cual toma en cuenta el consumo máximo horario de agua y la infiltración. Por lo tanto el sistema de desagues debería tener capacidad para conducir las descargas de la población de diseño, determinadas en base al gasto de 560 l/p/día, en la Primera Etapa y de 750 l/p/día, en la Segunda Etapa.

El emisor y los colectores principales que debían instalarse en la Primera Etapa deberían tener la capacidad necesaria para conducir los caudales esperados en el año 2000. Puesto que, las tuberías llevarían inicialmente un caudal mucho menor del que se usó para su diseño, las pendientes debían hacerse lo suficientemente fuertes como para prevenir septicidad; al respecto, en el diseño se usaron las normas del Ministerio de Fomento y Obras Públicas, en cuanto a pendientes mínimas en las tuberías y a la ubicación de buzones de inspección.

Los colectores de desagues para el proyectado Parque Industrial, el cual se muestra en el Plano del Futuro Desarrollo Urbano, Plano 6, requerirían también instalarse en dos etapas, que coincidirían con las Etapas, Primera y Segunda, propuestas en el Estudio. Los caudales del diseño usados fueron 2.6 y 1.4 l/s/Há. para las áreas de industria propiamente dicha y para las áreas a utilizarse como depósitos, respectivamente.

El emisor de los desagues de la ciudad, incluyendo los desagues industriales, requerían tener una capacidad de 0.91 m<sup>3</sup>/s en el año 1985 y de 1.84 m<sup>3</sup>/s. el año 2000. El emisor se muestra en el Plano 12.

## 2. Criterios de Diseño

Para los diseños preliminares que se presentan en los Planos 12 y 13 correspondientes al planeamiento de las obras futuras, se usaron los siguientes criterios de diseño para el sistema de desagues :

	<u>Año</u>	<u>Población Total</u> <u>Equivalente</u>
<u>Población de Diseño</u>	1985	77,330
	2000	143,000

Desagues Sanitarios

Gasto de diseño para el emisor y los colectores principales, secundarios y de relleno.	750 l/persona/día. (incluye con sumo máximo horario y gasto por infiltración) para el año 2000.
Material de las tuberías	Concreto
Coefficiente de Manning	n = 0.015
Velocidad mínima	0.4 m/seg.
Diámetro mínimo	8"
Pendientes mínimas	Normas del Ministerio de Fomento 8" - 5.2% 10" - 3.7% 12" - 2.8% 14" - 2.3% 16" - 1.8% 18" - 1.5% 21" - 1.2%
Intervalo máximo entre buzones	Normas del Ministerio de Fomento 8" - 60 m 10" - 80 m 12" a 27" - 100 m 30" y más - 150 m
Ubicación de buzones de inspección.	En todas las intercepciones y los cambios de pendiente, de diámetro y dirección de la tubería.

Cubierta mínima de tierra	1 m. sobre la parte superior de la tubería
Distancia a la tubería de agua mas cercana.	3 m.

### Planta de Tratamiento

Gasto de diseño (gasto promedio diario).	240 l/s (Etapa I) 550 l/s (Etapa II)
Tanques de contacto	2 horas de retención
Tanques de estabilización	4 horas de retención para 50% de retorno de lodos.
Tanques de sedimentación	32,000 l/día/m <sup>2</sup> de superficie de sedimentación. 2 horas de retención.
Digestores (no calentados)	85 litros de volumen por persona
Tanques de contacto de cloro	15 minutos de retención
Lechos de secado de lodos	460 cm <sup>2</sup> por persona

### 3. Sistema Colector y Tratamiento de Desagues

Los requerimientos principales de la Primera Etapa fueron: la extensión del sistema de recolección hacia las áreas edificadas (especialmente a las urbanizaciones populares), el reemplazo de colectores inadecuados existentes por tramos nuevos y con capacidad suficiente, la instalación de nuevos colectores principales, la construcción de un emisor único, una planta de tratamiento completo y las conexiones domiciliarias necesarias. Para la Segunda Etapa de construcción, se requerirían colectores adicionales, tanto principales como secundarios y de relleno, el aumento del número de conexiones domiciliarias y la ampliación de la planta de tratamiento. Las obras requeridas se muestran en los Planos 12 y 13.

#### 4. Conexiones Domiciliarias

En base a la información obtenida en los archivos de la Administración, se determinó que el número total de las conexiones domiciliarias en Octubre de 1965 era de 1,570. Este número es aproximadamente equivalente a la mitad del número de las conexiones de agua que existían en el mismo mes.

El número de conexiones domiciliarias de desagües debe llegar a ser en el futuro, igual al número de conexiones de agua, y seguir la tendencia que se muestra en el Diagrama III-5.

Debido a la escasez de agua para riego, se requería utilizar todo el volumen de aguas servidas de la ciudad, por lo que era necesario se les diera un tratamiento completo para que su posterior utilización no constituyera un grave peligro para la salud pública. Era de gran importancia para la operación de la planta, que los desechos industriales fueran estrictamente controlados por la Administración de los Servicios. Las industrias que eliminaban desechos que eran dañinos a la agricultura debían obligatoriamente tratar sus efluentes, antes de descargarlos al alcantarillado público. Si aún después del tratamiento previo, continuaban siendo dañinos para la agricultura, tales industrias debían disponer sus desagües individualmente por medio de tanques sépticos, combinado con un sistema adecuado de percolación en el sub-suelo. Una prueba de percolación, hecha en el área del Parque Industrial proyectado, utilizando hoyos con abertura de 30 cm x 30 cm., determinó una tasa de percolación de un minuto para el descenso de un centímetro o 2.54 minutos por pulgada, lo cual indicaba que este tipo de disposición se podía usar exitosamente. A pesar de que la zona parecía tener un suelo generalmente uniforme en toda su área, se hacía necesario que en cada caso particular se efectuasen test de percolación.

E. Sistema de Disposición de Basuras

En general la recolección y disposición de las basuras requerían de mejoras substanciales. El equipo de recolección de basuras necesitaba ser reforzado con nuevas unidades para poder dar servicio con mayor frecuencia a todas las zonas de la ciudad. Se requería colocar un mayor número de depósitos, a intervalos más cortos, a través de toda la ciudad para arrojar papeles y basuras.

En cuanto a la disposición final de las basuras, el procedimiento seguido, que es el de arrojar las basuras en el botadero abierto existente al noroeste de Tacna, donde se hacía un intento de incinerar los desperdicios, necesitaba modificarse, ya que dicha práctica a más de causar efectos estéticos adversos y deprecia los terrenos cercanos al botadero, contribuía a la diseminación de las enfermedades, pues es un medio propicio para la proliferación de moscas y roedores, que son los agentes transmisores de muchas de ellas. Casos de peste bubónica, generalmente transmitida por ratas y otros roedores, han ocurrido en el norte del Perú en años anteriores. Algunos casos son aún reportados frecuentemente.

Criterios de Diseño

En la disposición preliminar mostrada en el Plano 15 y en el planeamiento del sistema de disposición de basuras se usaron los siguientes criterios de diseño :

Cantidad de basura y año :	0.45 Kg/persona/día	-	1966
	0.60 Kg/persona/día	-	1985
	0.75 Kg/persona/día	-	2000

Frecuencia de la recolección  
de basuras :

Recolección diaria

Requerimientos para el relle-  
Sanitario :

.Compactación : 50% ó 446 Kg/m<sup>3</sup>.

.Profundidad de la basura compac-  
tada 2.5 m.

.Cobertura de tierra: 0.5 m.

#### IV. DESCRIPCION DE LAS OBRAS PROPUESTAS

##### A. Plan Sanitario Integral

Las mejoras de los servicios públicos sanitarios estarían basados en el Plan de Desarrollo Urbano Futuro, mostrado en el Plano 6, integrándose las instalaciones existentes con las propuestas, donde fuese practicable. En los diseños fueron tomados en consideración las nuevas urbanizaciones que se estaban construyendo y las que se planeaban en la ciudad, asimismo, el desarrollo del Parque Industrial. El aprovechamiento del río Maure, propuesto por la Electric Power Development Corporation de Tokio, Japón, se consideró como una posible fuente de agua potable. La construcción inmediata, planeada, de obras para el agua potable y los desagues del Parque Industrial, se coordinó con las obras propuestas para la Primera Etapa.

Los servicios de agua potable y desagues, propuestos, cubrieron idénticas áreas de la ciudad. Las líneas troncales de agua y desagues y otras estructuras conexas fueron proyectadas en base a las demandas estimadas de las futuras áreas construídas.

Se propuso la construcción y el acondicionamiento de reservorios de almacenamiento en ambas etapas, en la zona de Pocollay y en la planta de tratamiento existente, respectivamente.

Las aguas servidas tratadas podrían utilizarse en irrigación, ya sea en la zona baja, inmediata a la ciudad, o ser descargadas en el río Caplina que las conduciría a las áreas situadas aguas abajo.

##### B. Topografía

Los planos topográficos usados en este Estudio, fueron elaborados por el Instituto Geográfico Militar (IGM) en 1961, a escala 1 en



100,000. Estos planos, con curvas de nivel cada 25 metros, elaborados por el Servicio Aerofotográfico Nacional, en 1962.

Se efectuaron levantamientos topográficos adicionales para determinar las cotas de etapa y de fondo de los buzones de inspección de la red de desagües. Las cotas obtenidas se relacionaron con los B.M. utilizados en los planos del IGM. La topografía general del valle del río Caplina y de las zonas vecinas se muestra en el Plano 1

#### C. Abastecimiento de Agua Potable

Las mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable fueron propuestas en dos etapas: La Primera Etapa, consideró hacer mejoras en los años 1967, 1975 y 1980, las cuales serían adecuadas para satisfacer las necesidades de servicios hasta 1985. La Segunda Etapa de mejoras, daría servicios adecuados hasta el año 2000. Las mejoras propuestas para las dos etapas se muestran en los Planos 7, 8 y 9 y la Tabla IV-1.

##### Etapa I

A pesar de que los 100 l/s. del río Caplina, asignados a la ciudad de Tacna, eran suficientes para abastecerla de agua hasta el año 1970, la mala calidad del agua hacía necesario que se le purifique en una nueva planta de tratamiento, por lo que se presentaba la alternativa de buscar una nueva fuente de agua que, en este caso, sería el agua del subsuelo.

Se proponía que la ciudad continuase usando la actual fuente de abastecimiento hasta cuando el agua subterránea proveniente de pozos perforados en Calana fuera considerada una fuente segura, en este caso el agua del río Caplina serviría como un complemento de las aguas subterráneas, en casos de emergencia.

Tabla IV-1  
 SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA  
PROGRAMA DE OBRAS PARA LOS SISTEMAS DE AGUA Y DESAGUE

<u>Etapa</u>	<u>Gasto Pro- medio Diario de Diseño lps</u>	<u>M e j o r a s</u>	
		<u>Sistema de Agua</u>	<u>Sistema de Desagües</u>
I	240	(1) Pozo cerca a Calana Línea de Conduc- ción a Tacna. Reservorios en Pocollay. Acondicionamiento de Reservorios en la Planta de Tratamiento Existente. Ampliación del Sistema de Distribución. Automatización del Sis- tema. Aumento del Número de Conexiones Domiciliarias con Medidor.	Planta de Trata- miento de Desa- gües. Ampliación de la Red de Desagües.
		(1) Pozo cerca a Calana.	
		(1) Pozo cerca a Calana.	
II	550	(2) Planta de Tratamiento de Agua y Línea de Conduc- ción. Reservorios Adicionales en Pocollay y en Tacna. Ampliación del Sistema de Distribución. Aumento del Número de Conexiones Domiciliarias con Medidor.  Canalización Adicional en el Río Caplina.	Ampliación de la Planta de Trata- miento de Desa- gües. Ampliación de la Red de Desagües.

Si el abastecimiento por aguas subterráneas no puede ser desarrollado, la planta de tratamiento de agua y línea de conducción deben ser construídas en 1967 y ampliadas en 1985.

Si el proyecto del río Maure ha sido llevado a cabo, se captará agua desde el canal propuesto para la irrigación de La Yarada. Si el alumbramiento de aguas subterráneas ha dado buen resultado en la Etapa I, el aumento posible de un mayor número de pozos debería investigarse para la Etapa II.

En el abastecimiento de agua propuesto para la Primera Etapa, se consideraban las siguientes mejoras: la construcción de plantas de bombeo de pozos, por etapas, incluyendo la del pozo que se encontraba en perforación en Calana, pozos que se ubicarían a lo largo de una línea de conducción, que llegaría hasta Pocollay. Se reiteraba que el desarrollo de una fuente de agua subterránea dependía de los resultados del pozo de Calana. A pesar de que anteriores investigaciones detalladas como las del Ing. E. Arce Helberg, efectuadas en Abril de 1965, indicaban la probable presencia de capas acuíferas, debía verificarse con mucho cuidado la existencia de ellas, mediante la terminación de un pozo que tuviese resultados positivos. Las recomendaciones hechas por el Ing. Arce, en su reporte a la COFDET, para perforar un pozo en Calana fue llevada a cabo por la COFDET. Esta ubicación fue también recomendada en un reporte previo, por el Ing. Guillermo Pérez Verástegui. Desafortunadamente, la terminación de este pozo fue retrasada y los resultados no pudieron ser incluidos en este Estudio.

Si no era posible el abastecimiento por aguas subterráneas, esto se haría con aguas del río Caplina y cuyo tratamiento se propone para la Alternativa B. El Ministerio de Fomento y Obras Públicas había iniciado estudios para la canalización del río Caplina aguas arriba de Calientes en una longitud total de 15 Km. El canal tendría una capacidad de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . y posiblemente se terminaría antes de finalizar la Primera Etapa de construcción propuesta. Esto aumentaría el caudal del río Caplina lo suficiente como para que la ciudad pudiese abastecerse de agua en caso de que la fuente de aguas subterráneas no fuera considerada.

En el caso de abastecimiento con aguas del subsuelo éstas se conducirían desde los pozos hacia los reservorios de regulación, a -

situarse en Pocollay, mediante una línea de conducción de 18" y 26" de diámetro. Estos reservorios abastecerían la Zona Alta de la ciudad, incluyendo el Parque Industrial proyectado. Una línea de 28" llevará agua de estos reservorios al lugar de la planta de tratamiento existente. Para la regulación del consumo de la Zona Baja de la ciudad, se utilizarán dos de las unidades existentes en la planta de tratamiento, uno de ellos sería el reservorio cubierto de 5,000 m<sup>3</sup> de capacidad, el otro sería el tanque abierto de almacenamiento de agua cruda que tiene un volumen de 4,100 m<sup>3</sup>, el cual deberá acondicionarse y construirse una cubierta. Todos los reservorios serán provistos con válvulas de control. Los otros dos tanques de sedimentación gruesa, los equipos alimentadores de sustancias químicas, incluyendo el equipo clorinador y los tres tanques de sedimentación fina continuarían en uso, en igual forma que hasta entonces, como instalaciones de tratamiento, para el caso de que se necesitase una cantidad adicional de agua para emergencias. También en estos tanques se incluiría equipo de control para coordinar el trabajo de las bombas de los pozos. En el sistema de distribución las mejoras consistirían en la instalación de nuevos anillos principales de distribución, líneas secundarias, válvulas de interrupción, grifos contra incendio y estaciones reductoras de presión e instalaciones transmisoras de presión. Con respecto a las conexiones domiciliarias, se proponía la instalación de nuevas conexiones con medidor y que se dotasen de medidor a las conexiones existentes que no las tenían.

Debido a su topografía la ciudad fue dividida en zonas de presión limitada, las cuales estaban aproximadamente indicadas por la ubicación de las estaciones de válvulas reductoras de presión propuestas para las dos Etapas. Por otra parte, debido a la ubicación existente, y por lo tanto fija, de las unidades de la existente -

planta de tratamiento que servirían como reservorios de regulación, se consideraron dos Zonas de Abastecimiento, a denominarse, Zona Alta y Zona Baja; el límite de estas dos Zonas puede verse como - una línea punteada, mostrada en el Plano 8. La estación reductora de presión ubicada en este límite, sólo entraría en funcionamiento en casos eventuales, como cuando fuese necesario abastecer la Zona Baja por interrupción de la línea principal que conducía el agua desde los reservorios respectivos, o en cualquier otro caso de falta de agua o presión en la Zona Baja.

Las mejoras del sistema de distribución incluirían lo siguiente, instalación de anillos principales (ver Plano 8) con tuberías de fierro fundido de 16" á 18" de diámetro y de asbesto-cemento de 8" á 14" de diámetro. Estaciones reductoras de presión en los límites inferiores de cada zona de presión, para evitar presiones excesivas. Se instalarían nuevas tuberías, secundarias y de relleno de 4 y 6 pulgadas de diámetro para distribuir el agua dentro y fuera de los anillos. Todas las nuevas tuberías serán enpalmadas al sistema existente en puntos apropiados, con válvulas de interrupción colocadas cerca a las conexiones con las líneas troncales y convenientemente espaciadas en el sistema para poder aislar tramos de poca longitud con fines de reparación. Se instalarían grifos - contra incendio, a intervalos convenientes no mayores de 200 m. para mejorar el sistema de protección contra incendios, que son suficientes actualmente. (Ver en el Plano II el detalle de una instalación típica de un grifo contra incendios). Para el mejor funcionamiento de la línea de conducción y de las tuberías troncales de la red se instalarían válvulas de purga y de aire en los puntos bajos y altos, respectivamente.

Los dos tanques de concreto existentes en la planta de tratamiento, que serían acondicionados para que sirviesen de reservorios de regulación de la Zona Baja, tenían una capacidad total de 9,100 m<sup>3</sup>. Los reservorios de regulación, que abastecerán a la Zona Alta incluyendo el Parque Industrial, a ubicarse cerca de Pocollay tendrían sumados una capacidad de 4,000 m<sup>3</sup>, incluyendo el tanque de 1,000 m<sup>3</sup> que se iba a construir próximamente y antes de la Primera Etapa, para el Parque Industrial (Ver el Plano 10); estos tanques se ubicarían a una cota adecuada para que proporcionen las presiones necesarias. El reservorio existente en la planta de tratamiento de agua, proporcionaba presiones adecuadas a la mayor parte de la ciudad, correspondiente al área situada en cota inferior a la de la planta. Todos los reservorios estarían provistos con válvulas de altitud, de retención y de interrupción para permitir la regulación del consumo de agua y la entrada de agua a ellos desde las líneas de alimentación.

Una válvula de control en el reservorio bajo se abriría y cerraría con el nivel de los tanques para permitir que el agua de la zona alta llene los tanques.

Todas las bombas de los pozos serían operadas por motores eléctricos, controlados eléctricamente desde estaciones transmisoras de presión ubicadas en ambos reservorios. Además, también se instalarían unidades Diesel para servir como fuentes de energía en caso de emergencia, por falla del servicio de energía eléctrica. Un equipo especial de acoplamiento sería instalado sobre cada bomba para permitir su operación, ya sea con el motor eléctrico o con la unidad Diesel.

Cada pozo tendría equipo de clorinación, un medidor de caudales en la tubería de descarga y una línea de aire para medir el nivel de agua en el pozo. También se instalaría un medidor de caudales en las tomas de los ríos Caplina y Uchusuma.

Con la integración del sistema de agua potable, sería construído un edificio central de mantenimiento y control ubicado en la planta de tratamiento actual. Este edificio contaría con un taller de reparación de medidores y también sería el centro de control donde se registrarían todos los gastos, nivel de los reservorios y operación de las bombas, de tal manera que, cualquier dificultad del sistema fuese detectada inmediatamente.

Un aspecto importante de la Primera Etapa de construcción era la instalación de conexiones domiciliarias con medidor y medidores para las que no lo tienen, para abastecer de agua a la mayor cantidad posible de consumidores y también poner al sistema en un buen estado financiero. La instalación de conexiones domiciliarias con medidor se haría de acuerdo con los requerimientos futuros estimados que se muestran en el Diagrama III-5. El número de conexiones domiciliarias fue proyectado a 1967, cuando se estima que la Etapa I será llevada a cabo. Además, de la instalación de 2,200 medidores en las conexiones existentes, se instalarían 1,070 conexiones con medidor adicionales para elevar el número total a 4,630 o sea, que el promedio de personas por conexión sería bajado de 10 a 8 como se muestra en el Diagrama III-5. Además de la instalación de conexiones domiciliarias para las dos etapas de construcción, se instalarían posteriormente, conexiones de acuerdo a las necesidades y su costo sería cargado al costo anual de operación (Ver Sección V). En el Plano 11 se muestra una conexión domiciliaria con medidor, típica.

## Etapa II

El abastecimiento de agua potable sería ampliado en la Etapa II con el desarrollo de fuentes de aguas superficiales. Si el proyecto de la Electric Power Development Corporation de Tokio, Japón, para el desarrollo del río Maure se lleva a cabo, se puede cap-

tar agua del canal de irrigación a la zona de La Yarada y darle tratamiento antes de ser usada como abastecimiento de agua potable para Tacna. La planta de tratamiento sería construída cerca a Pocollay. Como una alternativa, en caso de que no se ejecute el Proyecto del río Maure, se puede seguir canalizando el río Caplina aguas arriba de Calientes para captar las aguas que en la actualidad se pierden por infiltración en el lecho del río. El agua adicional agregada de esta manera al caudal del río más los 110 l/s. que se toman en la actualidad, construirían los derechos de agua de la ciudad, esta agua recibiría tratamiento en la planta de filtros propuesta, cerca a Pocollay. Un estudio del río aguas arriba de Calientes para la continuación de la canalización, con la construcción de 15 Km. de canales de concreto, había sido comenzado por el Ministerio de Fomento y Obras Públicas. Los pozos que se habilitarían durante la Primera Etapa y el río Caplina como fuente de agua superficial, constituirían el abastecimiento de agua potable para Tacna y Pocollay hasta el año 2000.

También, podría ser posible que se puedan habilitar aún más pozos, para el abastecimiento de la Etapa II, pero esta posibilidad tendrá que ser investigada y tomarse las medidas del caso, basándose en la experiencia ganada en la perforación de pozos en la Primera Etapa.

Se ampliará la capacidad de almacenamiento, para servir a las Zonas Baja y Alta. También se harán ampliaciones en el sistema de distribución, para completar los anillos principales y tuberías secundarias de alimentación, con tuberías de 8 á 16 pulgadas de diámetro. Como en la Primera Etapa, se instalarán tuberías secundarias de relleno de 4 y 6 pulgadas con válvulas de interrupción y grifos contra incendio para las áreas locales. Se proponían también conexiones domiciliarias adicionales de acuerdo al Diagrama III-5.



### Futuro Abastecimiento de Agua Potable

El agua disponible se usaba en ese entonces para uso doméstico, industrial e irrigación. El consumo de agua por irrigación era alto, posteriormente se infiltraba en el suelo y eventualmente se perdía en el mar. Se debería aumentar la práctica del uso múltiple del agua. Las aguas de ambos ríos Caplina y Uchusuma que eran utilizadas mayormente en la irrigación de terrenos de cultivo deberán en el futuro, ser captadas para uso doméstico e industrial, para luego ser tratadas para su posterior uso en la irrigación de tierras situadas más abajo de Tacna. Una parte del agua se perdería y no llegaría al alcantarillado, pero la mayor parte de ella podría ser tratada y descargada a los cursos de agua existentes u otros nuevos, para ser usada nuevamente. Esto también se cumpliría con respecto al agua subterránea que se está usando en La Yarada. En el futuro se debería efectuar un estudio de factibilidad económica comparando el bombeo de aguas subterráneas desde las áreas situadas entre la ciudad y el océano contra el abastecimiento por aguas superficiales tratadas.

#### D. Sistema de Desagues Sanitarios

Las mejoras del sistema de desague también fueron propuestas en dos etapas: mejoras a ser hechas en 1967 diseñadas para 1985 y mejoras a efectuarse en 1985 adecuadas para el año 2000. Estas mejoras propuestas para las Etapas I y II se muestran conjuntamente en el Plano 12.

##### Etapa I

Las obras propuestas para esta etapa consistirían de : adiciones y mejoras al sistema de colección de aguas servidas, la construcción de una planta de tratamiento de desagues y nuevas conexiones domiciliarias.

Se proponía adiciones y mejoras en varios sectores del sistema de recolección instalando colectores donde no existen actualmente, para incrementar el gasto en las líneas secundarias y los colectores troncales. Estos serían de un diámetro que variaría de 8 a 34 pulgadas. Las últimas adiciones de agrupamientos de viviendas y el crecimiento general de la población, habían agregado cargas adicionales de aguas servidas al sistema, dando como resultado los desbordes de desagües en algunas áreas y en general características inadecuadas en el resto del sistema. La colección era totalmente por gravedad debido a la topografía favorable del área de la ciudad.

También se incluían desagües para las áreas industriales, que se muestran en el Plano de Desarrollo Urbano Futuro, como se indica en el Plano 12. Se estaban haciendo planes para la instalación inmediata de estas líneas de desagüe, por lo que fueron coordinadas con los trabajos de la Primera Etapa.

Las aguas servidas recibirán un tratamiento completo en una planta de tipo contacto-estabilización, el efluente sería clorinado y destinado al uso en irrigación (Ver Planos 13, Páginas 1 y 2). Esta planta estaría ubicada en la zona denominada Para en la parte suroeste de la ciudad como se muestra en el Plano 13, permitiendo que todos los desagües lleguen a ella enteramente por gravedad.

Todos los desechos industriales que serían dañinos a la agricultura deberían ser pre-tratados adecuadamente por cada industria antes de ser descargadas, si era posible, sino podían ser eliminadas localmente en silos o drenes de infiltración. La disposición final de cada descarga en particular debería ser decidida por el Servicio de Agua Potable y Desagüe, de acuerdo a cada caso.

Igualmente, como se proponía para la Etapa I del sistema de agua, se instalarían conexiones domiciliarias de desagües, junto con el número de conexiones de agua mostradas en el Diagrama III-5. Para elevar el número de conexiones de desagüe a 4,630 en 1967, aproximadamente 3,030 conexiones debían ser agregadas a las conexiones existentes y las conexiones que no estaban en uso debían repararse o reemplazarse si tuvieran fallas. A partir de ese año, las conexiones adicionales serían instaladas como parte del costo anual de operación.

#### Etapa II

El trabajo propuesto para esta etapa consistiría en el aumento de colectores principales, secundarios y de relleno, con diámetros de 8 a 16 pulgadas, para las zonas que se esperaba se desarrollen durante la Etapa II, la ampliación de la planta de tratamiento y la instalación de más conexiones domiciliarias. También se habían planeado para esta etapa colectores adicionales para el Parque Industrial.

#### E. Recolección y Disposición de Basuras

Se proponía que la Municipalidad comprase otro camión recolector con compactador de 10 toneladas de capacidad para dar servicio diario a las áreas que recibían poco o ningún servicio de recolección. Además, se proponía que la Municipalidad utilizase el botadero, - que se encontraba al norte de la ciudad a lo largo de la Carretera Panamericana, para una operación de relleno sanitario, como se muestra en el Plano 15. Esto requerirá la reservación de una área de 58 Hás., 20 Hás, para la Etapa I y 38 Hás., adicionales para la Etapa II.

Para ejecutar este proyecto, sería necesario la compra de una unidad de oruga que se usaría para excavación, desparrame y compactación de las basuras además de colocar la cubierta de tierra. Esta unidad podía ser un tractor de oruga con cuchilla, un tractor de oruga con cargador al frente, o los llamados "bull clams" que son muy versátiles y tienen algunas ventajas sobre los dos primeros tipos.

La operación de relleno sanitario tendría que efectuarse bajo estricta supervisión para alcanzar los fines para los que están diseñados, sin esto no sería más que un botadero abierto con el consiguiente peligro para la salud. El procedimiento del relleno sanitario se indica en el Plano 15. Es especialmente importante la compactación debida de las basuras y recubrirlas con tierra al final de cada día de operación.

Se tendría que construir un cobertizo en el lugar del relleno sanitario para almacenaje de combustible, herramientas, etc.

#### F. Métodos de Construcción y Problemas Especiales

En Tacna existe gran cantidad de mano de obra disponible, particularmente para las operaciones no especializadas como son, excavación de zanjas, colocación de tuberías, mezclado de concreto, etc. Muchos de los trabajos podían ser realizados económicamente a mano y por consiguiente daría un beneficio inmediato a la población local.

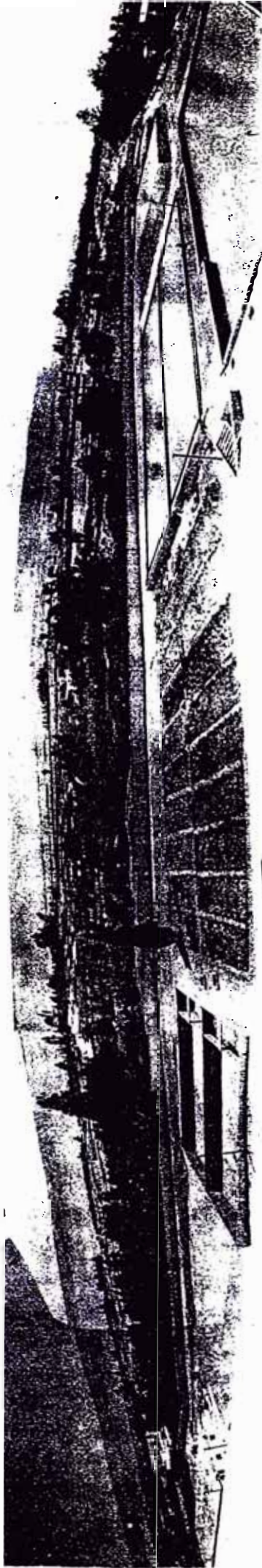
Mano de obra especializada y sub-contratistas locales estaban tanbién disponibles en Tacna y en las ciudades cercanas, los que operarían camiones, equipos de construcción para perforar y mejorar los pozos, colocar fierro de armaduras, construir los encofrados, acabado del concreto, etc. La instalación de la maquinaria para las plantas de tratamiento de agua y desague sería hecha eventualmente bajo la supervisión de los fabricantes del equipo.

Materiales locales deberían ser usados en lo posible, actualmente en el Perú se fabrica concreto, tuberías de concreto y de asbesto-cemento. La madera es cara en Tacna, pero el ladrillo es abundante y de buena calidad.

No se preveían problemas especiales de construcción. El clima es generalmente benigno o cálido con muy pocas lluvias, lo que permite construir todo el año. El nivel freático no es muy alto y no se esperaba ningún problema de drenaje de zanjas para tuberías y buzones. El suelo es generalmente material aluvial como arena y piedra.

El transporte a Tacna es muy bueno y muchos de los materiales llegarían vía la Carretera Panamericana desde los centros industriales al norte. Los materiales importados tendrían que ser transportados en camión desde el Puerto de Ilo, situado a 167 Km. al noroeste de Tacna, en caso de contar con facilidades dadas por la Southern para utilizar sus muelles, caso contrario se usaría el Puerto de Arica.

SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA



Vista panorámica de la planta de tratamiento de agua  
existente en servicio

Panoramic view of the water treatment plant in  
service at present

SANEAMIENTO INTEGRAL DE TACNA



Río Caplina aguas arriba de Calientes, zona cerro Mina

Caplina River upstream of Calientes, cerro Mina zone

Aforando el río Caplina a la altura de Pallagua

Gaging the Caplina River at Pallagua area



Aforando el canal del Uchusun en la zona de Piedra Blanca

Gaging the Uchusuma canal in the Piedra Blanca zone