

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACUL TAD DE INGENIERIA SANITARIA

ESTUDIO SOBRE LA PLANTA
DE
AGUA POTABLE DE TACNA

12 de Noviembre de 1962

ALFREDO VALVERDE PIEDRA

PROYECTO DE GRADO

ALFREDO VALVERDE PIEDRA

I. Introducción del Estudio a efectuar.

II. Generalidades

Características de la ciudad : Situación Geográfica - Población Actual
Comunicaciones - Topografía - Clima - Morfología - Hidrografía.

Aspecto Socio-Económico: Economía de la Población - Comercio - Nivel
medio de Vida - Vivienda - Zona de Influencia Económica - Planes o Pro-
gramas de Desarrollo.

Uso del Agua Potable.

III. Sistema Actual.

Origen del Servicio de Agua Potable.

Procesos e Instalaciones Originales.

Evolución de la Planta de Tratamiento - Mejoras y Ampliaciones - Razo-
nes.

Planta (actual) de Tratamiento (descripción detallada): Ubicación - Topo-
grafía del Sitio - Relación respecto a la Ciudad.

Fuente de Abastecimiento - Tipo - Características Generales del Agua Cru-
da - Dotación de la Planta - Régimen de Suministro - Capacidad de Dise-
ño de la Planta - Procesos de Tratamiento - Instalaciones - Características
Capacidad de Operación - Régimen de Operación - Crítica a las Instala-
ciones.

IV. Situación Actual.

Régimen del suministro de Agua a la Población - Alcance del Sistema de
Distribución Domiciliaria - Proporción de Población Servida - Suministro
Medio Anual Efectivo.

Condiciones de Funcionamiento de las Instalaciones - Almacenamiento -
Sedimentación Gruesa - Aplicación de Coagulante - Sedimentación Fina-
Cloración - Almacenamiento de Regulación.

Capacidad Futura de Servicio - Población estimada de Servicio - Probable
Demanda de Agua - Capacidad de Absorción - Situación de la Planta res-
pecto al Desarrollo Urbano Previsible.

Discusión - Crítica de las Condiciones Efectivas.

V. Calidad del Agua Producida.

Examen de las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua cruda y del agua entregada (producida) por la Planta, comparadas con las normas vigentes sobre la materia.

VI. Estado (situación) Económico.

Organización Administrativa - Fuentes de Ingreso - Sistema de Recaudación.

Clasificación de los Servicios Públicos de Agua Potable y de Desague en el País - Sistema de Tarifa - Sistema de Facturación.

Gastos de Administración, mantenimiento y conservación - Distribución.

Ingresos - Producción Facturada - Recaudación - Balance de Egresos e Ingresos.

Análisis - Número Clasificado de Servicios - Servicios con Medidor y sin Medidor - Servicios Especiales - Consumos - Producción de Agua y Facturación.

Discusión - Crítica.

VII. Conclusiones respecto a :

Funcionamiento actual (de la Planta y sus Instalaciones).

Calidad del Agua Producida.

Capacidad de la Planta con relación al abastecimiento necesario y suficiente para la población actual.

Capacidad Futura de Servicio - Alcance Futuro.

Situación Económica.

VIII. Recomendaciones :

De naturaleza inmediata.

De naturaleza mediata.

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

El objeto de la presente tesis, es hacer un estudio de la Planta de Agua Potable de la ciudad de Tacna, y como resultado de ello dejar establecido si la capacidad de las instalaciones son suficientes para atender a los requerimientos de la población. Así mismo, comprende a nuestro propósito, estudiar los procesos involucrados, pronunciarse sobre su eficiencia y precisar si mediante ellos se obtiene una agua elaborada concordante con los requisitos oficiales de potabilización.

Por último enfocaremos la cuestión económica, dentro de un plan estrictamente realista, a fin de que las reformas por implantar, como resultado del estudio que nos hemos impuesto, se encuentren dentro de un régimen en el cual la adecuada dotación y la calidad del líquido elemento no signifique una situación que perturbe el costo de la vida.

Para contar con elementos de juicio adecuados que permitan pronunciarnos con el mejor acierto, sobre las anteriores premisas haremos un estudio de las actuales instalaciones en trabajo y como resultado de él se tendrá un concepto real de la planta en funcionamiento. Como conclusión fluirán las recomendaciones con carácter inmediato y mediato, para que la ciudad de Tacna cuente con un servicio de agua potable eficiente.

Además del análisis de las instalaciones, se estudiará las características del agua elaborada así como las del agua cruda que ingresa a la planta, para la que nos serviremos de los " Informes mensuales sobre control y operación química de la Planta de Tratamiento", suministrado por el Servicio de Agua Potable de la ciudad de

Tacna a la Sub-Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Fomento y Obras Públicas. Estos resultados serán comparados con los "Requisitos Oficiales Físicos, Químicos y Bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida, por ser consideradas potables". Complementará este estudio los análisis de laboratorio que el suscrito ha llevado a cabo de las aguas crudas del río Caplina y Canal de Uchusuma, que sirven de abastecimiento a la planta, así como las del río Sama que se ha hecho con carácter subsidiario.

Aspecto de indudable valor en la cuestión que se trata, es el estudio de las cuencas hidrográficas de Tacna, el que nos permitirá conocer el volumen de agua con el que se podrá contar para cualquier proyecto de ampliación que se resuelva llevar a cabo.

Desde tiempo inmemorial es notoria la escasez del líquido elemento, para irrigar las vastas extensiones existentes fuera de cultivo, pero excepcionalmente apropiadas para la agricultura. El aumento de tierra cultivable, es un problema que ha permanecido latente en todas las épocas. Tacna es lugar esencialmente agrícola, por tal razón el habitante ha mirado en el agua, como el medio esencial de su subsistencia y riqueza. De allí la pugna constante no solo de los agricultores entre sí, sino también de éstos con el Servicio de Agua Potable, para no perder en lo más mínimo el derecho del agua. Por esta razón es deseable estudiar con la mayor documentación los recursos acuíferos con que se puede contar para la planificación de una nueva planta de agua potable en Tacna, la cual necesariamente tendrá que hacerse a base de un mayor volumen de agua del que actualmente se dispone.

En cuanto al estudio económico se hará a base de las tarifas existen

tes, teniendo muy en cuenta la necesidad de una debida recaudación, para lo que se tendrá muy presente las medidas que deben dictarse para que se realice un control eficiente.

El desarrollo del anterior trabajo será antecedido del estudio del medio físico de la ciudad de Tacna, dentro del cual se tratará de sus características generales y recursos naturales.

Como anexos al Informe del estudio de la planta, se hará una síntesis histórica de la ciudad de Tacna, una estimación sobre la población de Tacna y su crecimiento; un estudio de los recursos acuíferos en sus diferentes aspectos.

Todo esto nos permitirá con datos de indudable valor, sobre los distintos factores que servirán, tanto para las medidas referentes al mejoramiento del actual Servicio de Agua Potable, como también para la solución del problema de la futura - Planta de Agua Potable de Tacna.

C A P I T U L O II

GENERALIDADES

CARACTERISTICAS DE LA CIUDAD

SITUACION GEOGRAFICA.

Tacna es la Capital del Departamento del mismo nombre, el lugar - más meridional del territorio peruano, limitando por el Sur con el Puerto de Arica, tradicionalmente peruano pero ocupado por la República de Chile, como consecuencia de la guerra del año 1,879, y de una desleal aplicación del Tratado de Paz celebrado después del conflicto. Se encuentra a 40 Kms. del mar, el que se distingue desde su plaza principal. Su altura es de 569 metros sobre el nivel del mar, con las siguientes coordenadas geográficas :

70° 14' 23" Longitud Oeste de Greenwich.

17° 59' 39" Latitud Sur.

- POBLACION ACTUAL Y COMUNICACIONES.

La población total de la ciudad de Tacna, urbana y rural es de : 33,811 habitantes, según el censo realizado el año de 1961, la cual se encuentra - desdoblada en la siguiente forma :

POBLACION	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	PORCENTAJE
Urbana	12,813	13,399	26,212	77.5%
Rural	4,486	3,113	7,599	22.5%
TOTAL	17,299	16,512	33,811	100 %

La ciudad se halla unida con el resto del Perú por el Norte por la carretera Panamericana asfaltada hacia Moquegua y Arequipa y por el Sur continúa hacia Arica, pero más al Sur es deficiente. Hacia la Cordillera hay dos caminos : uno a Puno sin asfaltar, pero en buenas condiciones y otro hacia la región volcánica del Tacora, pasando por territorio ocupado por Chile. Además hay un camino asfaltado al centro minero de Toquepala, trabajado por la Southern Peru Copper Corporation. Caminos de importancia local, se dirigen a La Yarada, Pachia y Calientes.

TOPOGRAFIA.

El relieve y la altitud constituyen los factores fundamentales de diferenciación. El rasgo geográfico más característico de Tacna lo constituye su valle, en el cual sobre una explanada relativa se ubica la ciudad. Los rasgos geo-económicos más importantes son : el ubérrimo valle de las partes bajas parcialmente cultivado y hacia las alturas, la región volcánica de azufre del Tacora.

De las tres grandes regiones ecológicas reconocidas en el Perú: Costa, Sierra y Montaña, solamente las dos primeras encuentran representación, pues no existe la montaña.

La Costa incluye las lomas y los terrenos bajos por debajo de los 2,000. La pendiente es entre moderada y débil, inferior a 10% en las pampas; entre tanto que, en la región alta que se puede definir como una sub-región ecológica de la Costa, la pendiente es fuerte entre 10 a 60 %.

La Sierra comprende los terrenos de altura mayor a los 2,000 metros y en ella se hallan las cadenas, picos y volcanes muy elevados, con alturas que al

RESUMEN DE LAS INFORMACIONES METEOROLOGICAS PARA LA CIUDAD DE TACNA Y REGION PAUCARANI

ESTACION LAT. - LONG	ELEVACION (m)	REGION	SUB- REGION	PERIO- DO REGIS- TRO AÑOS	TEMPERATURA (°C)				PRECIPITACION (m.m.)						
					Media Anual	Absoluta		Media Mensual Más Fría	Media Mensual Más Cál- iente	Media Anual	Julio 1955	Julio 1955	Julio 1955	Media Mensual Más Hú- meda	Media Mensual Más Se- ca
						Máxi- ma	Míni- ma								
TACNA 18°00'5 - 70°50'0	7.80	Costa	Terrre- nos Bajos	27+	16.71	33.0	0.6	21.3	12.8	46.1	88.0	48.1	113.7	91	0.04
PAUCARANI 17°30'5 - 69°46'0	4.541	Sierra	Puna	12	19.6	18.8	15.2	4.0	0.9	363.7	226.0	196.7	288.7	91.5	0.2

canzan entre 4,000 a 5,000 metros.

- EL CLIMA.

El clima del valle de Tacna no es uniforme debido a que las dos terceras partes corresponden a la faja semi-árida de la Costa y una tercera parte se halla situada en las alturas de la Cordillera.

Los datos meteorológicos de que se disponen son solamente para Tacna, ciudad que se encuentra en los comienzos del delta y cono de deyección del río Caplina, que constituye el objeto principal de nuestro estudio. De las publicaciones y registros inéditos del Departamento Meteorológico del Ministerio de Agricultura son los siguientes :

Humedad relativa : 75 %

Temperatura : En el período de 23 años de observaciones, comprendidos entre 1931 a 1954 la temperatura promedio es de 16.54° C. Las temperaturas más frías corresponden a los meses de Julio y Agosto, entre tanto que las máximas temperaturas se alcanzan en los meses de Enero y Febrero, varían de 19°5 a 22° C.

El cuadro que sigue muestra las variaciones de la temperatura promedio en la ciudad de Tacna y en la región alta del Paucarani a 4,510 metros sobre el nivel del mar, donde se proyecta llevar a cabo un represamiento de las aguas sobrantes que se pierden en las épocas de avenidas. :

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

AÑOS	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Tacna 1931-1958	21.0	21.5	21.0	17.9	15.0	13.6	12.9	13.1	14.2	15.8	16.5	18.9
Paucarani 1947-1958	4.0	3.5	3.2	2.0	0.8	0	0	0	1.0	1.0	1.9	3.3

- NEBLINAS.

Los meses de invierno se caracterizan por la frecuencia de neblinas, que suelen cubrir uniformemente el delta y cono de deyección. No solo invaden los valles y la ciudad en los Meses de Junio a Setiembre, sino que también se extienden a las pampas elevadas del Campo del Alianza. Las neblinas en la ciudad de Tacna comienzan a disiparse por lo general de 10 a 11 a.m.

- LLUVIAS.

Las lluvias observadas en Tacna son muy escasas, varían grandemente de año en año. En el período comprendido entre los años 1931 a 1954 el promedio anual ha sido de 38.67 mm. al año, según los boletines del Departamento Meteorológico del Ministerio de Aeronáutica.

Las lluvias en la costa se realizan en los meses de Julio a Octubre y al igual que las neblinas contribuyen al desarrollo de la vegetación de las lomas.

En la región de la Sierra la estación lluviosa normal es diferente a la de la ciudad de Tacna, corresponde a los cuatro primeros meses del año, e incluye a veces el mes de Diciembre. La precipitación anual varía entre 125-250 y 500 mm. Los cuadros que se acompañan explican suficientemente el régimen lluvioso de la región.

MORFOLOGIA.

Los elementos morfológicos más notables que caracterizan la región de Tacna, son los siguientes :

ZONA DE CORDILLERA.

Esta comprende los siguientes accidentes topográficos :

1. La Cordillera del Barroso cuyos picos más altos se elevan hasta 5,741 metros sobre el nivel del mar. (Nevado Barroso).
2. La cadena de nevados aislados que termina en los nevados de Chupiquiña a 5,788, con azufreras en su cumbre y ladera Este. Por su costado Oeste y cerca de la cumbre, pasa la línea de frontera con Chile, trazada por la Comisión de Límites Peruano-Chilena.
3. El nevado Tacora, volcán extinguido con altura de 5,982 m.s.n.m. En sus laderas y faldas ubican las azufreras que quedaron en territorio Chileno por efecto de la delimitación de fronteras post-plebiscitaria.

ZONAS DE PLANILLANURAS ALTAS.

Comprende a las superficies sensiblemente horizontales, que constituyen los restos de la antigua penillanura andina; con alturas variables entre 3,000 a 3,500 metros sobre el nivel del mar.

ZONAS DE PLANILLANURAS BAJAS.

Esta zona está constituida por una superficie casi llana, con suave pendiente hacia el Oeste, situada entre el pie de los contrafuertes de los Andes y las cadenas costaneras. Comprende una faja de unos

Tiene un recorrido de 118 Kms. desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, en la Yarada..

Se pueden distinguir tres secciones

a) Tramo de las nacientes y de serranía en la zona de las lluvias normales.....	40 Kms.
b) Tramo Elihinta-Tacna.....	34 Kms.
c) Tramo del Delta y cono de deyección aguas abajo de la ciudad de Tacna.....	<u>44 Kms.</u>
TOTAL :	<u>118 Kms.</u>

El ancho del valle de Caplina en función de la altura, en las nacientes es una angosta quebrada, ampliándose a medida que desciende, conforme a la discriminación que sigue :

- A la altura de la zona de las nacientes.....	0.1 Kms.
- Calientes.....	0.5 "
- Pachra.....	1.5 "
- Tacna.....	3.0 "
- Magollo - Molle.....	4.0 "
- Mayor ancho del cono de deyección.....	30.0 "
- Delta, línea de playa.....	20.0 "

Como consecuencia de la reducida longitud del valle del río Caplina, su pendiente es muy pronunciada, la cual en promedio es de 46.4 % según la relación que sigue :

LUGARES	Altura:m.s.n.m.	Diferencia de nivel mar	Distancia en Kms.	Pendiente m. por mil
Nacientes	5,483	4,183	52	80.4
Calientes	1,300	932	22	42.3
T a c n a	568	568	44	12.9
Desembocadura La Yarada	0			

En Calientes existen fuentes de agua caliente mineralizada, clorurada y sulfatada con trazas de litio, cuya temperatura varía entre 30 y 37° C. Son utilizadas para baños termales.

En el caserío de Pocallay, existe un canal para desviar los excedentes de aguas en la época de avenida. Este canal protege a Tacna de inundaciones y descarga las aguas en la quebrada de Vilavilani, en la cual se pierden o algunas veces llegan al mar, en el caso de crecientes muy abundantes.

2. QUEBRADA VILAVILANI.

Se conoce con el nombre de Vilavilani, el sistema hidrográfico independiente del Caplina, del cual está separado en Pocallay por una larga lomada. El nombre se debe al único caserío de importancia en esta arteria fluvial.

El largo de los diferentes sectores es como sigue :

- | | |
|--|-----------------|
| a) Zona de las lluvias anuales normales..... | 22 Kms. |
| b) Tramo del curso medio..... | 29 Kms. |
| c) Tramo en el Delta y cono de deyección aguas abajo de Tacna..... | 53 Kms. |
| T O T A L: | <u>104 Kms.</u> |

Tanto la Quebrada de Vilavilani como sus afluentes, permanecen secos durante el año, a excepción de los pocos días de las lluvias.

3. CANAL UCHUSUMA.

La primera toma del canal de Uchusuma se encuentra en las inmediaciones del caserío de Paucarani, a una altura aproximada de 4,500 metros sobre el nivel del mar, y que capta los deshielos provenientes de la cordillera del Barroso y contrafuertes orientales, en el lado de la cuenca del Atlántico.

El río Uchusuma es afluente del río Maure, que a su vez es tributario del río Desaguadero, principal arteria fluvial del Altiplano interandino, del Sur del Perú y Bolivia. Las aguas del río Uchusuma en la cuenca del Atlántico pasan al canal Uchusuma en la cuenca del Pacífico, por medio de tuneles a través de la línea divisoria de las aguas.

Midiendo sobre la Carta Nacional del Servicio Geográfico del Ejército de escala 1:200,000 se encuentran los siguientes tramos, para las diversas secciones del canal Uchusuma :

Tramo interandino.....	40 Kms.	aproximadamente
Túnel en Huaylillas Sur.....	2 "	"
Tramo de cauce natural en quebrada de Vilavilani.....	30 "	"
Tramo de canal revestido, desde la boca-toma inferior hasta su terminal aguas abajo de Tacna.....	32 "	"
Tramo de Pampa de Magollo.....	10 "	"

T O T A L: 114 Kms.aproximadamente

El nuevo canal totalmente revestido de concreto, arranca con su bocato ma, en un punto a 4,320 metros de altura. De esta manera se aumenta a preciablemente la cuenca colectora.

El estudio hidrológico de las cuencas anteriormente citadas, se hará en capítulo posterior con particular detalle.

ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS

ECONOMIA DE LA POBLACION Y PRODUCCION.

El mercado de Tacna es sin duda restringido, sobre todo desde el punto de vista industrial, pues la mayoría de los productos que se obtienen por el cultivo de la tierra, son utilizados dentro de la zona local y no constituyen base de actividades fabriles. Solamente existen fábricas de aguas gaseosas e incipientes, instalaciones para la fabricación de vinos, licores, calzado, etc.

Solo una pequeña parte de su producción frutera es exportada al exterior a la República de Chile y al Departamento vecino de Arequipa.

Los principales productos mineros que se encuentran dentro del Departamento como el cobre, son objeto de los trabajos de gran embergadura que lleva a cabo la Southern Copper Corporation con grandes proyecciones para el futuro.

Por otra parte la extracción del azufre es otro de los productos tradicionales que gravita sobre la economía del lugar. Tuvo importancia especial durante la época de la pasada Segunda Guerra Mundial.

NIVEL MEDIO DE VIDA Y VIVIENDA.

El nivel medio de vida es relativamente elevado. La mayoría de la población es alfabeta, pues según el Plan del Sur, el 75% de los habitantes de la Provincia de Tacna, saben leer y escribir. Este porcentaje es desde luego mucho más elevado en la ciudad de Tacna, en el que el limitado analfabetismo se debe principalmente a la inmigración del habitante de Puno, como consecuencia de la sequía de ese lugar en los últimos años.

En cuanto al problema de la vivienda, está subordinado a los planes estatales de actualidad, que están dirigidos al suministro de agua potable y saneamiento de toda la región.

ZONA DE INFLUENCIA ECONOMICA.

La zona de influencia económica de Tacna, tradicionalmente ha sido el Puerto de Arica, el que carente de recursos agrícolas desde tiempo inmemorial, ha sido tributario de la producción agrícola y aún de la pequeña industria tacneña. Tacna significó algo así como un granero en Arica.

Hay con la clausura del puerto libre de Arica, esa influencia se ha restringido, pero en cambio disfruta del importante sector minero de Toquepala, del cual se ha convertido en un centro de recreo y de alojamiento.

PLANES DE DESARROLLO.

El futuro de la ciudad de Tacna adquiere singular importancia como consecuencia de las inversiones de grandes capitalistas japoneses para obras de electrificación e irrigación, dando así solución al problema secular del agua en Tacna y dotación de elementos básicos para convertirla en una de las ciudades más industrializadas.

zadas del país.

USOS DEL AGUA POTABLE.

El agua potable casi en su integridad se utiliza para atender necesidades domésticas, pues las actividades fabriles en la ciudad no tienen el desarrollo que le corresponde a su categoría.

De las industrias que se sirven del agua potable, la que merece mención dentro de la presente tesis, es la de la elaboración de bebidas gaseosas, las que están ampliamente extendidas como consecuencia de la falta de aceptación del agua potable local como medio de bebida.

Debe hacerse mención especial a la guarnición militar local, la cual por su número y actividades conexas a la institución es el principal consumidor, la cual cuenta con reservorios de almacenamiento.

C A P I T U L O I I I

SISTEMA A C T U A L

Para tener una adecuada información que sirva de base para resolver el problema del agua potable de la ciudad de Tacna, es necesario tener una información lo más completa posible de las actuales instalaciones en uso para este importante servicio. Por lo tanto es preciso partir de un estudio de sus instalaciones y de la fuente de abastecimiento que en la actualidad se aprovechan.

Así después de compulsar con un criterio técnico el análisis que se ha ya hecho, podremos contar con elementos de juicio suficientes para poder sugerir el camino que debe seguirse, esto es, si el actual servicio debe ser objeto de medidas que lo complementen, o si es necesario abocarse al problema de una reforma integral.

ORIGEN DEL SERVICIO PUBLICO DE AGUA POTABLE.

La ciudad de Tacna cuenta con servicios de agua potable que datan de fecha anterior a la guerra del Pacífico en 1879, habiendo recibido desde la época de su instalación sucesivas reformas y mejoramientos. La planta se estableció en el lugar llamado "Los Estanques" que se encuentra en la parte alta de la ciudad, cerca del barrio denominado el Alto de Lima, en el cual ubican las actuales instalaciones.

En el año de 1939 el Ingeniero Pons Musso llevó a cabo un estudio técnico de este importante problema, sugiriendo y llevando a cabo un plan de mejoramientos de acuerdo con los preceptos de Ingeniería Sanitaria que imperaban en esa

época.

Para el mejor ordenamiento de nuestra exposición se dividirá en tres partes:

- a) La planta original, instalada antes de la guerra del Pacífico y funcionando hasta el año 1939.
- b) La planta modificada de acuerdo con el proyecto del Ing. Pons Musso el año de 1940.
- c) La planta actual en el año de 1962.

PROCESOS E INSTALACIONES ORIGINALES.

Según el Informe del Ing. Pons Musso la planta de agua potable original estaba constituida por las siguientes estructuras :

- a) Un tanque de sedimentación.
- b) Un reservorio de almacenamiento.
- c) Una batería de dos filtros lentos.
- d) Tres depósitos reguladores que a la vez servían como tanques de sedimentación.

Además existían dos filtros pequeños con una área total de 157 m², que no estaban en uso por haber sido reemplazados por la batería citada anteriormente.

El conjunto funcionaba en el orden que se ha citado, recibiendo consecuentemente el agua los procesos de sedimentación gruesa, sedimentación fina y filtración. No se especificaba en dicho informe si a las aguas se les aplicaba cloro.

EVOLUCION DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE
DE TACNA.

ESTUDIO DEL ING. PONS MUSSO

Del examen de las estructuras que formaban la planta original y de su funcionamiento general, el Ing. Pons Musso llegó a las siguientes conclusiones :

1. Que debido al elevado porcentaje de sedimentos arrastrados y llevados en suspensión por el agua, ocurrían inconvenientes funcionales que entorpecían el normal funcionamiento de la planta, como consecuencia de las constantes labores de limpieza.
2. Que el agua por tratarse, estaba cargada de partículas sumamente finas que se mantienen en suspensión, requiriéndose un prolongado tiempo de reposo para su decantación. Era necesario perfeccionar el sistema de se dimentación, ya fuese aumentando el período de reposo en forma notable o con la ayuda de coagulantes, en el caso que no se pudiese obtener una eficaz sedimentación por simple reposo.
3. Que la capacidad de los filtros, solo era suficiente para abastecer a la población existente en el momento en que se realiza la inspección, por lo que en el caso de que no se usara coagulantes, con lo cual se pudiese aumentar la velocidad del filtrado, debería tenerse presente la construcción de nuevas unidades cuando el crecimiento de la población así lo exigiera.

4. Que no siendo permanente el flujo del agua en el canal de entrada, había la necesidad de disponer de tanques de almacenamiento, a los cuales se recurriría durante el tiempo que no entrara agua por la toma y que permitiese disponer de un volumen adicional en los casos especiales de incendio de interrupciones en el sistema de purificación o en la fuente de abastecimiento, independiente del volumen que se necesitará para hacer frente a las fluctuaciones en las horas de máximo consumo.
5. Que atendiendo al hecho de que la capacidad de los filtros era reducida, era conveniente tener almacenado un volumen suficiente de agua potable para suplir los momentos de máxima demanda, sin que por ello se tuviera que forzar el rendimiento de los filtros.
6. Que al mismo tiempo que se aumenta el consumo del agua almacenada para los efectos de la regulación, era indispensable evitar su contaminación, aislándola del medio ambiente e impedir la entrada de la luz solar que favorece el crecimiento de las algas, como se había observado que sucedía en los meses de verano.

PLANTA MODIFICADA

PROYECTO INGO.PONS MUSSO

Consecuente con sus conclusiones y en el propósito de contar con un sistema eficaz para el tratamiento y purificación del agua de la ciudad de Tacna, y también teniendo en cuenta que el costo fuera concordante con las posibilidades económicas, el Ingo. Pons Musso planteó y llevó a cabo la siguiente planta de agua potable, que es un mejoramiento de la original y que consta de las siguientes estructuras :

1. Tanque de sedimentación gruesa (nuevo).
2. Canal de mezcla (nuevo).
3. Tanque de sedimentación fina (nuevo).
4. Tanque de almacenamiento (mejorado).
5. Filtros (los existentes).
6. Tanque de regulación (mejorado).

A continuación se describe cada una de estas estructuras, que constituyen el Plan del Ing. Pons Musso.

TANQUE DE SEDIMENTACION GRUESA.

El antiguo tanque de sedimentación gruesa de forma ovoide, se abandona en razón de las dificultades que presenta su limpieza y la provisión de un sistema de desagües para la fácil eliminación de los sedimentos.

Este tanque de sedimentación fué reemplazado por otro tanque de sedimentación gruesa, colocado al lado del suprimido, Tiene una cota más alta y está

proyectada para un tiempo mínimo de sedimentación de dos horas.

Este tanque tiene por objeto eliminar las arenas y sedimentos pesados arrastrados por el agua. Es de tipo enterrado de 10.80 x 20.00 dividido en dos compartimientos de 180 m³. de capacidad cada uno, los cuales han sido diseñados para trabajar conjunta o separadamente, a fin de que pueda hacerse alternamente la limpieza. El nivel de agua llega a la cota 636.90 y el fondo de las cubas a la cota 635.70.

El canal de entrada tiene una capacidad de 6,500 m³. por día y está provisto de un vertedero de seguridad para eliminar el exceso de agua que pudiera ingresar en el canal.

CANAL DE MEZCLA Y FLOCULACION.

El canal consta de dos partes :

En la primera se producirá la mezcla íntima del coagulante con el agua, para lo cual se construirá cuatro canales con sus respectivos estrechamientos y en la segunda parte el agua circulará con una velocidad de un pie por segundo y tardará cinco minutos en su recorrido, tiempo que se estima suficiente para que se produzca la formación de pequeños grumos a la entrada del tanque de sedimentación fina.

TANQUE DE SEDIMENTACION FINA.

Es de tipo enterrado y consta de dos unidades de : rectangular, de 16 por 56.20 cada una y con una capacidad de 2,500 m³. cada una, con sus correspondientes dispositivos de regulación para la entrada y salida del agua, así como también para independizarla del resto del sistema. La entrada del agua será por

el fondo, por medio de una cortina de concreto armado con aberturas en su parte inferior y la salida será por rebose. El fondo tendrá inclinación a dos aguas para facilitar la limpieza, un canal y válvula de 10" para los canales de limpia.

ARREGLO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO EXISTENTE.

Las reformas introducidas en este tanque permiten utilizarlo con dos fines: Durante la época de estiaje, que es cuando las aguas arrastran la menor cantidad de sedimento, éste tanque sirve para el almacenamiento del agua sedimentada que abastecerá a la población en los momentos que no entra agua por la toma y durante el tiempo de avenidas, cuando el agua arrastra mayor sedimento y fluye continuamente por el canal de entrada, se utiliza como tanque de sedimentación final para mejorar la calidad del agua que alimenta a los filtros.

Los arreglos consistieron en mejorar el sistema de limpieza, dividiendo el piso en dos secciones a dos aguas, cada una con sus correspondientes canales de desagüe y válvulas de 10". Se construyeron reboses para la entrada y salida del agua y una tubería adicional de toma a la cota No. 630.90 con válvula de 10" para extraer el agua almacenada.

FILTROS EXISTENTES.

Los filtros son alimentados directamente desde el tanque de almacenamiento, con tubería de 12" que permite mejorar la alimentación de ellos. Una conexión adicional permite utilizar el agua directamente, sin pasar por los filtros, en los casos que por incendio o cualquier otra causa imprevista, sea necesario hacerlo.

Lo solida del agua filtrada, se hace por tubería de 12". Con el objeto de

evitar las presiones negativas que puedan producirse dentro del filtro al disminuir la permeabilidad de la capa filtrante, se le dotó de una conexión especial para que la salida sea por rebose.

TANQUE DE REGULACION.

Tiene forma rectangular con las siguientes dimensiones: 16.70 x 56.00 metros y 5.13 metros de alto, con una capacidad de 4,100 m³.

Este tanque es completamente cerrado, con el fin de aislarlo del medio ambiente y evitar la entrada de la luz solar que favorece el crecimiento de las algas, especialmente en los meses de verano.

Para la limpieza e inspección del tanque se tiene una entrada con su correspondiente tapa de fierro fundido y escalera de fierro. La tubería de entrada es de fierro fundido de 10" a la cota 626.90 y la tubería de salida de 12" tiene como cota 624.25. Para los casos en que sea necesario proceder a la limpieza del tanque se dispone de una conexión de 8" que permite la alimentación de la tubería matriz directamente desde los filtros. El tanque además de un rebose con su tela metálica de protección y dos tuberías de ventilación.

Esta planta modificada conforme el proyecto del Ing. Pons Musso fué planeada para una población futura de 20,000 habitantes, con una dotación de 500 lts/hab/día en las horas de máximo consumo, incluyendo en esta cantidad el agua necesaria para los servicios de incendio, lavado de calles, riego de parques y jardines , etc.

PLANTA ACTUAL DE TRATAMIENTO

UBICACION.

La planta ubica en el lugar llamado "Los Estanques" que se encuentra en la parte alta de la ciudad, cerca del barrio denominado el Alto de Lima.

En cuanto a su ubicación respecto a la ciudad, el desarrollo de la población la ha sobrepasado, encontrándose zonas urbanas que se encuentran por encima de la cota de la planta y que para su abastecimiento es necesario la aplicación del bombeo.

FUENTES DE ABASTECIMIENTO.

El abastecimiento de la planta se realiza principalmente a través del río Caplina, el cual fué canalizado desde el lugar denominado Calientes hasta la altura de la planta. El aforo de este canal se realiza en la bocatoma situada en Calientes, por personal del Ministerio de Agricultura.

La otra fuente de abastecimiento con que cuenta la planta, es el canal Uchusuma, pero éste solo la abastece una vez por semana durante ocho horas.

El agua es tomada por la planta a través de un canal de derivación del canal principal del río Caplina, entrando el agua del canal Uchusuma por dicha derivación también.

CARACTERISTICAS GENERALES DEL AGUA CRUDA.

El agua que ingresa a la planta presenta características físicas aceptables, pues no presentan olores ni sabores desagradables, y en cuanto a su turbidez

no es muy alta. La turbidez disminuye de las épocas de avenidas a las de estiaje en una proporción del orden de 30 : 1.

En cuanto a las características químicas, éstas son muy deficientes, pues se trata de aguas duras, de alto contenido de CO_2 baja alcalinidad, bajo PH, excesivo contenido de fierro, etc.

En el capítulo correspondiente a la calidad del agua, se tratará con todo detalle lo referente a sus particularidades.

DOTACION Y REGIMEN DE SUMINISTRO.

La dotación de agua para la planta es de 100 lts/seg. El aforo se realiza en un punto del canal rectangular de entrada, en el cual se ha fijado una marca correspondiente a los 100 lts/seg. volumen calibrado mediante la ayuda de un correntómetro.

El régimen de suministro de agua a la planta es continuo a excepción del día lunes de 5 a.m. a 12 m. período en el cual se corta totalmente el suministro de agua.

El río Caplina abastece con sus aguas a la planta todos los días de la semana, a excepción de 8 a 10 horas del día martes, en que la planta recibe aguas del canal Uchusuma.

CAPACIDAD DE DISEÑO DE LA PLANTA.

Teniendo en consideración la capacidad actual del tanque de sedimentación gruesa y el tiempo mínimo de retención fijado para dicho tanque por el dise-

ñador, se deduce que la capacidad de diseño de la planta es para un gasto de 85 lts/seg. equivalentes a 7,344 m³/día.

PROCESOS Y ESTRUCTURAS DE LA PLANTA.

PROCESOS.

Para la potabilización del agua cruda se siguen los siguientes procesos básicos :

- a) Sedimentación gruesa.
- b) Coagulación: aplicación de sulfato de alumina.
- c) Sedimentación fina.
- d) Cloración.

Además de éstos procesos de orden técnico existen los siguientes de orden funcional :

- a) Almacenamiento de agua por tratar.
- b) Regulación del agua tratada.

ESTRUCTURAS.

Para la ejecución de los procesos anteriormente citados se emplean las siguientes estructuras.

TANQUES DE SEDIMENTACION GRUESA.

Estos constituyen la primera etapa del tratamiento del agua tomada del río Caplina y Canal Uchusuma y son dos :

- a) Tanque ovoide No. 1. Este tanque tiene las siguientes dimensiones:

31.50 metros de largo; en su mayor ensanchamiento tiene 15.60 y en el opuesto menor 9 metros, su profundidad es variable, siendo en su estrechamiento menor de 1.40 metros y en el mayor de 2.20. Su capacidad es aproximadamente 1,000 m³. de acuerdo con su diseño.

Este tanque se le utiliza como un desarenador siendo su período de retención para 100 lts/seg. de 2.8 horas. Es de trabajo intermitente y se encuentra conectado al tanque de almacenamiento de agua cruda al cual abastece. En casos especiales se le utiliza como un sedimentador con dación de flujo inmediato.

- b) Tanque rectangular No. 2. Es de tipo enterrado con las siguientes dimensiones: 25.60 metros de largo por 10.60 de ancho y con una profundidad media de 2.20 metros. Se encuentra dividido en dos compartimientos de 300 m³. cada uno, siendo por consiguiente la capacidad del tanque de 600 m³.

El período de retención de estos tanques es de 1.7 horas para el gasto de 100 lts/seg.

La limpieza se realiza a través de 10 salidas construídas en el fondo de cada una de las dos cubas, formadas por inclinaciones del piso, a cuatro aguas con pendiente 2:1. Para la maniobra de los tapones con que está provista cada una de las salidas, así como para ayudar a la limpieza de las cubas, existen cinco pasadores de concreto armado en el sentido transversal del tanque.

Por lo general el tanque rectangular y el ovoide trabajan aisladamente, siendo el rectangular el que se utiliza con mayor frecuencia, empleándose ambos conjuntamente solo en casos especiales.

CANAL DE MEZCLA Y FLOCULACION.

El agua luego de haber pasado por el anterior proceso de sedimentación gruesa, sale a un canal en donde se le aplica sulfato de alumina, mediante un sistema inapropiado como puede más claramente apreciarse por la foto que se adjunta.

El canal tiene dos zonas claramente diferenciadas :

- a) La zona de mezcla íntima del coagulante con el agua, mediante cuatro caídas con sus correspondientes estrechamientos, siendo la sección en esta zona de 0.40 x 0.30 m. conforme se muestra en el plano del proyecto del Ing. Pons Musso, que se acompaña.
- b) Zona de floculación en la cual el agua debería circular con una velocidad de un pie/seg. y tardar en su recorrido cinco minutos, hasta el tanque de sedimentación fina, tiempo considerado por el diseñador, necesario para la formación del floc, lo que no se cumple, como lo demostraré en el capítulo respectivo.

La sección es de 0.60 x 0.55 como puede verse en el plano del proyecto del Ing. Pons Musso.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CRUDA No. 3.

Entre el tanque ovoide y el tanque de sedimentación fina, está instalado el tanque de almacenamiento de agua cruda y sedimentación, el cual tiene una do-

ble función: almacenar agua cruda y servir como tanque de sedimentación prolongada sin acción de coagulantes.

Las dimensiones de este tanque son: 41.65 metros de largo x 28.80 metros de ancho y con una profundidad promedio de 3 m., lo que no da una capacidad de 3,600 m³.

Este tanque está conectado al tanque ovoide del cual se abastece de los días Jueves a Domingo, en los cuales entran a la planta más de 100 lts/seg.

Tiene un funcionamiento intermitente y da agua a la planta en las horas del día lunes en que ésta es cortada.

TANQUE DE SEDIMENTACION FINA.

Es de tipo enterrado y consta de dos unidades de forma rectangular con las siguientes dimensiones: 32 m. de ancho x 52.70 de largo y con una profundidad media de 1.78 m. siendo su capacidad de 3,000 m³. en total.

Estos tanques consignados en el plano con los números 4 y 5 reciben el agua tratado con sulfato de alumina, así como también las provenientes del tanque de almacenamiento de agua cruda y sedimentación sin coagulantes.

La entrada del agua se hace por el fondo, por medio de una cortina de concreto armado, con aberturas de su parte inferior y la salida es por rebose. El fondo tiene inclinación a dos aguas para facilitar la limpieza, un canal central y válvula de 10" para los canales de limpia.

Las aguas después de recibir el tratamiento respectivo en los citados tan

ques de sedimentación fina 4 y 5 pueden seguir dos caminos: ir al tanque de almacenamiento y sedimentación final No. 6 ó ir directamente sin pasar por dicho tanque para su aplicación de cloro, para su desinfección en su etapa de pulimento.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y SEDIMENTACION FINAL No. 6.

A un costado de los tanques de sedimentación fina, ubica el tanque No. 6 del plano con una capacidad de 6,612 m³. aproximadamente. Su finalidad es almacenar el agua procedente de los tanques de sedimentación fina, la que tendrá una sedimentación adicional o final.

En casos de avenidas muy pronunciadas se le utiliza para sedimentación y dación de flujo inmediato. El ingreso y salida del agua del tanque se hace por rebose. Para facilitar el desagüe el fondo se encuentra dos aguas cada una, con sus correspondientes canales de desagües con sus válvulas respectivas.

RESERVORIO DE REGULACION.

Es un tanque rectangular completamente cerrado con las siguientes dimensiones: 16.70 x 56.00 metros y 5.60 m. de alto, su capacidad es de 5,300 m³. aproximadamente.

La tubería de entrada es de fierro fundido de 10" y la de salida de 12" Para su limpieza e inspección se tiene una entrada con su correspondiente tapa de fierro fundido y su escalera de fierro. En los casos en que sea necesario proceder a limpieza del tanque, se dispone de una conexión de 12", que permite la alimentación de la tubería matriz directamente, ya sea de los tanques de sedimentación fino o almacenamiento No. 6. El tanque está provisto de un rebose con tela metá-

lica de protección y dos tuberías de ventilación.

Este tanque tiene una capacidad de almacenamiento para suministrar 100 lts/seg. durante 14.75 horas. Su finalidad es almacenar el agua tratada con cloro, para regular la dotación de agua para la población.

PROCESO DE CLORACION.

El agua después de haber pasado por los anteriores procesos de sedimentación gruesa, coagulación, sedimentación, requiere su pulimiento final para que corresponda a una agua limpia y libre de bacterias patógenas. Para ello debe ser sometida a una desinfección o proceso final con el fin de obtener la destrucción de casi la totalidad de los gérmenes que no han podido ser eliminados.

El método que generalmente se aplica como proceso final es el llamado clorinación. Este proceso en la planta de Tacna se realiza a través de un dosificador de cloro marca Wallace & Tierman A-626 Solución con una capacidad de 400 lbs/día e instalado con una capacidad de 25 lbs/día.

El punto de aplicación de cloro tiene lugar directamente en la tubería de agua y antes de ingresar al reservorio de regulación. El dosaje de cloro promedio es de 1.50 p.p.m. trabajando el clorador solamente de 5 a.m. a 7 p.m. como consecuencia de la reducida capacidad de la planta generadora eléctrica de la ciudad.

COMENTARIO.

Por la descripción anterior, se aprecia que el mejoramiento llevado a cabo en la Planta de agua potable, en el año 1940 esto es hace 27 años, de acuerdo al Proyecto del Ingeniero Pons Musso, conserva en la actualidad los lineamientos generales de esa época, con las siguientes modificaciones :

1. El tanque ovoide existente en la planta original y que fué abandonado de acuerdo al Proyecto del Ingeniero Pons Musso, es rehabilitado y entra en funciones como desarenador.
2. Se instala un tanque de almacenamiento de agua cruda y sedimentación prolongada, el cual se encuentra conectado al tanque ovoide, del cual se abastece.
3. Dentro de la planta se instala un equipo de cloración Wallace & Tieman A-626 - Solución.
4. Se abandona definitivamente los filtros, debido a su escasa capacidad y cota inapropiada con respecto al tanque de regulación.

En la actualidad los filtros no están solamente en desuso, sino también completamente abandonados, como puede apreciarse en la fotografía que se adjunta.

C A P I T U L O I V

SITUACION ACTUAL

REGIMEN DE SUMINISTRO.

El régimen de suministro de agua a la población es continuo y está en relación con la demanda. Como no se cuenta con medidores de gasto a la salida del agua de la planta, la apreciación de dicho volumen es solamente aproximado. Si consideramos que por efecto de la manipulación, lavado de estructuras, etc., se pierde el 2% del agua que se recibe. La planta está en condiciones de entregar al suministro público 98 lts/seg. que equivalen a 8,467.2 m³/día.

PROPORCION DE LA POBLACION SERVIDA.

De acuerdo con informaciones oficiales, basadas en el censo de la población y el radio de acción de las tuberías de agua potable instaladas que nos dan una referencia de las zonas que utilizan el agua potable, se estima que 17,500 habitantes aprovechan el suministro de agua potable.

Esta población servida, representa el 66% de la población total urbana, señalada por el censo de Julio de 1961 en 26,212 habitantes.

SUMINISTRO MEDIO ANUAL EFECTIVO Y DOTACION POR HABITANTE Y DIA.

Para el almacenamiento existen dos tanques :

- a) El tanque de almacenamiento de agua cruda.
- b) El tanque de almacenamiento y sedimentación final.

El 1º tiene una capacidad de 3,600 m³., lo que representa un gasto de 100 lts/seg. durante 10 horas, regulándose así el suministro de agua de la planta, el cual se corta por 7 horas el día Lunes.

El 2º sea el tanque de almacenamiento y sedimentación final, tiene una capacidad de 6,612 m³, equivalentes a una dación de 100 lts/seg. durante 18.4 horas.

- SEDIMENTACION GRUESA.

Este tanque tiene un período de retención de 1.7 horas, el cual se aproxima al tiempo mínimo señalado por el diseñador y que es de dos horas.

- COAGULACION Y FLOCULACION.

El proceso de coagulación se realiza en condiciones deficientes, pues no existe un dosificador que permita la adición debidamente regulada del sulfato de alumina empleado como coagulante.

En cuanto a la floculación, igualmente carece de condiciones satisfactorias, pues la velocidad no corresponde a la señalada en el diseño, que es de : un pié/seg. Para el efecto ejecutamos el siguiente cálculo de la velocidad en la zona de floculación, que justifica la afirmación que hacemos:

Aplicando la fórmula de Manning, con un coeficiente de rugosidad $n = 0.015$ (agua con sulfato de alumina y paredes revestidas con concreto).

$$V = \frac{R^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

$$S = 0.001$$

$$n = 0.015$$

$$V = \frac{R (0.001)^{\frac{1}{2}}}{0.015} = \frac{0.032 \times R^{2/3}}{0.015} = 2.15 \cdot R^{2/3}$$

Se resuelve por tanteos :

a	A	P	$R \left(\frac{A}{P} \right)$	$R^{2/3}$	V m/seg.	Q m ³ /seg.
0.15	0.09	0.90	0.100	0.215	0.46	0.042
0.50	0.30	1.60	0.187	0.330	0.70	0.210
0.30	0.18	1.20	0.150	0.282	0.60	0.108

Este resultado comprueba la determinación experimental realizada en el campo, en la cual se midió un recorrido de 94 metros en 150 segundos, lo que da :

$$V = \frac{94}{150} = 0.62 \text{ m/seg.}$$

Esta velocidad es el doble de la proyectada de un pié/seg., igualmente el tiempo de floculación es la mitad de lo recomendado por el diseñador. Ello comprueba que en el canal no es factible la floculación, debido al cortísimo tiempo en que el agua permanece en él, como la velocidad inapropiada con que circula el agua.

- REDUCCION REGISTRADA EN LA TURBIDEZ Y EFICIENCIA DE REMOCION.

Para esta determinación vamos a considerar dos etapas :

- a) La época de avenidas de máxima turbidez, que corresponde a los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo, salvo que la estación se adelante o atrase.

Según los datos de laboratorio se hace el siguiente resumen :

- Turbidez promedio agua cruda..... 1,520 p.p.m.
- Turbidez promedio agua salida de tanque de sedimentación fina..... 79 p.p.m.
- Reducción de la turbidez..... 1,441 p.p.m.
- Eficiencia de remoción..... 95.5 %

b) El período de estiaje que comprende los meses de Julio, Agosto y Septiembre, con los siguientes resultados :

- Turbidez promedio agua cruda..... 74 p.p.m.
- Turbidez promedio de agua salida de tanque de sedimentación fina..... 10 p.p.m.
- Eficiencia de remoción..... 86.5%

Es de advertir que durante la época de avenidas, el agua es tratada con sulfato de alumina, dejándose de aplicar normalmente la alumina a partir del mes de Abril.

Como complemento a la información anterior, presentamos los datos que corresponden al año de 1961 y 6 meses del año 1962 :

AÑO 1,961 :

- Turbidez promedio agua cruda..... 1,700 p.p.m.
- Turbidez promedio agua salida de tanque de sedimentación fina..... 35 p.p.m.
- Eficiencia de remoción..... 98%

AÑO 1,962.

-	Turbidez promedio agua cruda.....	588 p.p.m.
-	Turbidez promedio agua salida de tanque de sedimentación fina.....	18 p.p.m.
-	Eficiencia de remoción.....	95.5%

SEDIMENTACION FINA.

El período de retención en el tanque de sedimentación fina es de 8 horas, lo cual sobrepasa el límite regular mínimo de 2 - 4 horas. Por lo tanto es satisfactorio.

CLORACION.

La cloración se realiza a través de un clorador Wallace & Tierman A-626 en solución, con una capacidad de 25 lbs/24 horas.

El dosaje promedio de cloro es de 1.5 p.p.m. mediante el cual se obtiene en los meses de estiaje, normalmente un cloro residual en la planta, del orden de 0.25 p.p.m. y en la ciudad del orden de 0.15 p.p.m. Entre tanto en los meses de avenidas, el cloro residual en muchos días es 0 (cero), resultado insuficiente respecto a las normas de potabilidad.

ALMACENAMIENTO DE REGULACION.

Este tanque tiene una capacidad de almacenamiento suficiente para suministrar 100 lts/seg. durante el período de 14.75 horas, que satisface a las necesidades de la población.

- CAPACIDAD FUTURA DE SERVICIO Y POBLACION.

La capacidad futura de la planta de acuerdo con las normas establecidas para éstos casos, deberá considerarse teniendo en cuenta la población que alcanzará la ciudad de Tacna dentro de un período próximo de 20 a 40 años.

A base del estudio de la población de Tacna y su Crecimiento, que constituye un capítulo de los anexos que forman parte del estudio, esta será de 111,139 habitantes para el año 2001, conforme a la curva obtenida por el método de Crecimiento Geométrico. En este capítulo se discute con detalle las razones por las que se adoptó este procedimiento como el más conveniente.

- PROBABLE DEMANDA DE AGUA.

Considerando una dotación de 250 lts/hab/día y la población de 111,139 habitantes, la demanda en el año 2,001 ó sea 40 años a partir de la fecha será de:

$$111,139 \quad \times \quad 250 \quad = \quad 27,785 \quad \text{m}^3/\text{día}.$$

que equivalen a 324 lts/seg.

- CAPACIDAD DE ABSORCION DE LA PLANTA ACTUAL.

Se entiende por capacidad de absorción el número de habitantes que puede atender una planta de acuerdo con su capacidad. Para este cálculo debemos tener en cuenta los siguientes factores :

- a) Dotación en lts/hab/día = 250
- b) Capacidad de la planta = 8,467.2 m³/día
- c) Población por atender = x

Cálculo :

$$\begin{aligned} B &= A \times C \\ \text{luego } C &= \frac{B}{A} = \frac{8,467.2}{250} = 33,500 \text{ hab.} \end{aligned}$$

Se ve que la capacidad de absorción de la planta es de 33,500 habitantes.

■ SITUACION DE LA PLANTA DE ACUERDO AL DESARROLLO URBANO PREVISIBLE.

La planta como se ha dicho anteriormente se encuentra en una posición que está invadida por el desarrollo urbano de la población. La foto que se acompaña es el mejor testimonio de ello.

Por lo tanto en cuanto a este aspecto, la planta ya cumplió su misión y cualquier solución integral del problema debe hacerse contemplando una ubicación de la planta, aguas arriba, en un lugar con cota apropiada y teniendo en cuenta al mismo tiempo la ubicación de los recursos acuíferos por aprovechar, conjuntamente con el aspecto económico.

C A P I T U L O V

CARACTERISTICA DEL AGUA ELABORADA

Elemento de juicio de indudable valor referente al estudio que se está efectuando sobre el funcionamiento de la Planta de Agua Potable de la ciudad de Tacna, es el relacionado a la calidad del agua. Esta cuestión la vamos a tratar, puntualizando las características del agua que como materia prima ingresa a la planta actualmente en servicio y las correspondientes al agua potable que se obtiene después de los distintos procesos a que está sometida, para entregarla al consumo público.

CONSIDERACIONES GENERALES.

El agua que sirve de abastecimiento proviene principalmente del río Caplina y complementariamente del canal Uchusuma.

Estas aguas se mezclan en los tanques de recepción. Las características contenidas en los informes de Laboratorio que vamos a estudiar, se refieren a dicha mezcla, las que están influenciadas grandemente por el mayor volumen de las aguas del río Caplina.

En el Capítulo IX de anexos al Informe del estudio de la planta de agua potable de la ciudad de Tacna, acompañamos los análisis efectuados en la Facultad de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería, de las aguas de los ríos Caplina, Sama y canal Uchusuma, con las respectivas comparaciones.

CARACTERISTICAS DEL AGUA CRUDA Y DEL AGUA ELABORADA.

Mensualmente el Laboratorio Químico de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Tacna, presenta un informe sobre "Control y Operación

Química" en el cual se consignan las características del agua cruda que entra a la Planta y la del agua potable que se entrega al consumidor. Vamos a hacer un análisis de los datos de la citada información para los años de 1960 y 1961, que corre a gregada como anexo del presente análisis.

Para el estudio de las características del agua cruda y de consumo, consideramos a los cuadros de los meses de Julio, Diciembre y Enero, por corresponder a estaciones de máxima variación de las condiciones meteorológicas, tan estrechamente ligadas al agente natural que estudiamos.

La discusión de los resultados de los análisis del agua potable de Tacna, obtenidos en el Laboratorio, se hará comparándolos con las normas establecidas por el "Reglamento de los Requisitos Oficiales que Deben Reunir las Aguas de Bebida Para ser Potables" dictados por el Ministerio de Salud Pública, el 17 de Diciembre de 1946 y las regulaciones de "The Public Health Service Drinking Water Standards of the U.S.A. of A.

TEMPERATURA.

La temperatura es un agente físico importante para todas las formas de vida. La temperatura máxima para la existencia es de 100°C ; es sabido que la mayor parte de las bacterias cesan de vivir con la ebullición. El mínimo para la existencia es el cero absoluto (-273°C). El mínimo para el desarrollo está cerca del punto de congelación. La temperatura de desarrollo es entre -1.5 a 93°C .

La temperatura óptima para el desarrollo de las bacterias mesofílicas ó sea las patógenas, cuyo estudio es el que nos interesa desde el punto de vista de a

gua potable, está comprendida entre 20 a 40° C.

Como regla, la temperatura de las aguas superficiales como los ríos, varía con la medida del lugar, estando también influenciada por la temperatura de las capas terrestres, de poca profundidad sobre las que discurren. Los datos de las temperaturas del informe concuerdan con éstas apreciaciones.

MESES	AGUA CRUDA Temperatura 0°C.			AGUA CONSUMO Temperatura 0° C.		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Promedio
Julio	11.20	8.40	9.85	15.40	13.00	14.00
Diciembre	19.40	13.80	16.50	22.50	18.80	20.90
Enero	26.00	17.20	19.15	24.80	21.50	22.90

La temperatura del agua, tiene concordancia con las de las rocas del lecho de los ríos, que es más baja que la del medio ambiente. A su vez el agua tratada tiene una temperatura influenciada por el ambiente externo y como consecuencia es mayor.

- TURBIDEZ.

La turbidez puede definirse, como la medida de la interferencia que presenta la materia en suspensión en el agua al pasaje de la luz. La turbidez en el agua es originada por la suspensión de arcilla, cieno, materia orgánica finamente dividida, organismos microscópicos y otras sustancias similares.

La turbidez se mide en el laboratorio por la visibilidad de un objeto sumergido dentro del agua que se está examinando, usándose soluciones valoradas de sílice o mediante el turbidímetro de Jackson, calibrado para esa escala, que proporcio

AÑOS	AGUA CRUDA Temperatura ° C.			AGUA CONSUMO Temperatura ° C.		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
1961						
ENERO	26.00	17.20	19.15	24.80	21.50	22.90
FEBRERO	21.00	16.80	18.80	24.80	21.00	22.38
MARZO	20.50	16.70	17.67	23.00	20.80	21.70
ABRIL	17.00	12.00	14.50	20.80	17.00	18.90
MAYO	15.00	11.40	13.20	18.00	15.50	16.95
JUNIO	14.50	8.40	10.62	15.80	10.80	14.58
JULIO	13.40	7.50	9.15	15.20	12.50	13.70
AGOSTO	No hubo análisis					
SETIEMBRE	15.20	10.50	13.15	18.80	14.80	16.80
OCTUBRE	17.00	12.60	14.83	19.80	18.20	19.00
NOVIEMBRE	16.70	15.20	15.80	20.60	19.00	20.00
DICIEMBRE	20.40	15.50	17.50	23.20	20.50	21.50
1962						
ENERO	18.20	15.70	16.90	22.80	20.80	21.70
FEBRERO	24.00	15.80	17.44	23.40	21.00	22.00
MARZO	17.00	14.90	16.10	21.60	19.80	20.85
ABRIL	18.00	13.30	15.90	21.70	17.50	19.95
MAYO	18.20	11.00	13.74	18.00	15.80	17.20
JUNIO	13.80	7.50	9.66	16.00	13.00	14.00
JULIO						

na la turbiedad directamente en p.p.m. La escala que sigue se usa para dar una notación de la turbidez.

TURBIDEZ	ESCALA Profundidad de visibilidad en mi- limetros.
7	1,095
10	794
15	551
20	426
25	358
30	296
35	257
40	228
45	205
50	187
60	158
70	138
80	122
90	110
100	100
125	83
150	72
175	64
200	57
300	43
500	31
1000	21
2000	15
3000	12

La turbidez no tiene importancia sanitaria. Su valor es desde el punto de vista del tratamiento de purificación de aguas. La turbidez gobierna la cantidad de coagulante en el proceso de coagulación.

Según los standards internacionales para agua de bebida de la organización mundial de la salud, los límites para la turbiedad son los siguientes

PERMISIBLE
5 p.p.m.

EXCESIVO
25. p.p.m.

TURBIDEZ DEL AGUA CRUDA Y DE CONSUMO

AÑOS	AGUA CRUDA Turbidez p.p.m.			AGUA CONSUMO Turbidez p.p.m.		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
1961						
ENERO	22000	60	6250.00	80	10	34.50
FEBRERO	30000	670	7350.00	100	55	78.50
MARZO	9500	90	1812.25	240	40	63.70
ABRIL	1750	60	268.00	90	30	58.50
MAYO	1500	70	454.00	90	25	58.00
JUNIO	750	50	162.00	100	10	21.00
JULIO	210	55	93.00	10	10	10.00
AGOSTO	No hubo análisis					
SETIEMBRE	70	40	51.90	15	10	10.75
OCTUBRE	200	50	127.00	15	10	14.80
NOVIEMBRE	1000	70	355.00	20	15	17.30
DICIEMBRE	12000	140	1820.00	35	20	22.50
1962						
ENERO	12000	50	2000.00	60	10	30.40
FEBRERO	6000	70	1052.00	40	15	27.50
MARZO	430	30	78.70	25	10	14.20
ABRIL	1500	30	298.20	25	5	14.20
MAYO	110	30	50.00	15	10	10.40
JUNIO	100	40	54.50	15	10	10.60
JULIO						

En el Perú se considera que la turbidez no debe exceder a 10 p.p.m.

- TURBIEDAD DEL AGUA CRUDA Y DE CONSUMO.

El agua cruda y de consumo o sea la que ingresa y sale de la planta de agua potable de la ciudad de Tacna, según los informes mensuales de control y operación química de tratamiento, arroja las siguientes variaciones :

MESES	AGUA CRUDA Turbidez p.p.m.			AGUA CONSUMO Turbidez p.p.m.		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
Julio	90	50	74	15	5	10.4
Diciembre	4000	90	674	20	10	14.4
Enero	22000	60	6250	80	10	34.2

Del análisis anterior se advierte que la planta no fué eficiente en los meses de Enero y Diciembre, pues los valores obtenidos para las aguas de consumo sobrepasan los límites permisibles.

- OLOR Y SABOR.

Es difícil separar el olor y sabor de las aguas. Las aguas naturales no tienen por lo general ningún olor, excepto del que pueda darle ocasionalmente el hierro o el azufre. Por lo general el olor y sabor de las aguas se debe bien a las algas que contenga o a consecuencia del tratamiento por el cloro, como agente de purificación. En la planta de agua potable de la ciudad de Tacna no se hace exámenes referentes al olor y sabor del agua.

DUREZA.

La propiedad que tienen las aguas de disolver deficientemente el jabón y dificultar la formación de espuma, se conoce con el nombre de dureza. Esto es, que las aguas duras requieren mucho jabón para formar espuma. Las aguas duras depositan sedimentos o incrustaciones en los depósitos que las contienen y en las marmitas y calderas cuando están bajo la acción del calor.

La dureza se debe a la existencia en el agua de metales alcalinos terrosos, al estado de bicarbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos, etc., especialmente los dos primeros bajo la forma de bicarbonato y sulfato de calcio y magnesio.

Las principales causas de la dureza son los iones de Calcio y Magnesio y en menor grado a las pequeñas concentraciones de hierro, manganeso, estroncio y aluminio que contienen.

MEDICION DE LA DUREZA.

Existen diferentes escalas para apreciar la dureza. La unidad en Francia antes muy generalizada, era el grado francés, equivalente a: una parte de carbonato de calcio en 100,000 partes de agua; o sea 10 mgr. por litro de CaCO_3 . En Alemania una parte de cal (CaO) en 100,000 partes de agua y en Inglaterra una parte de carbonato de calcio (CaCO_3) en 70,000 partes de agua.

En la actualidad la dureza se expresa en miligramos por litro de agua, como carbonato de calcio.

CLASES DE DUREZA.

Existen dos clases de dureza en el agua :

- a) Dureza carbonatada o sea aquella que es producida por los carbonatos. Se dice que es una dureza temporal, debido a que puede ser eliminada por simple calentamiento.
- b) Dureza no carbonatada, la cual es originada por los sulfatos, cloruros, nitratos, etc. pero especialmente por los sulfatos de calcio y magnesio (CaSO_4) y (MgSO_4). Es una dureza permanente debido a que no son descompuestos por calentamiento.

CLASIFICACION DE LAS AGUAS POR SU CONTENIDO DE CARBONATO DE CALCIO.

Las variaciones de la dureza, de acuerdo con las especificaciones normativas, son :

	Dureza $<$ 60 p.p.m.	agua considerada: BUENA
60 p.p.m. $<$	Dureza $<$ 120 p.p.m.	agua considerada: ACEPTABLE.
120 p.p.m. $<$	Dureza $<$ 180 p.p.m.	agua considerada: REGULAR
180 p.p.m. $<$	Dureza $<$ 300 p.p.m.	agua considerada: POBRE
	Dureza $>$ 300 p.p.m.	agua considerada: MALA

LIMITES DE DUREZA.

Los valores dentro de los cuales se recomienda que tenga una agua desde el punto de vista de dureza, son :

- a) Evitar que las aguas tengan una dureza inferior a 40 p.p.m. de carbonato de calcio, para evitar la acción corrosiva.
- b) Las aguas que contienen más de 300 p.p.m. tienen múltiples incon-

venientes para ciertos usos industriales y se recomienda su suavización.

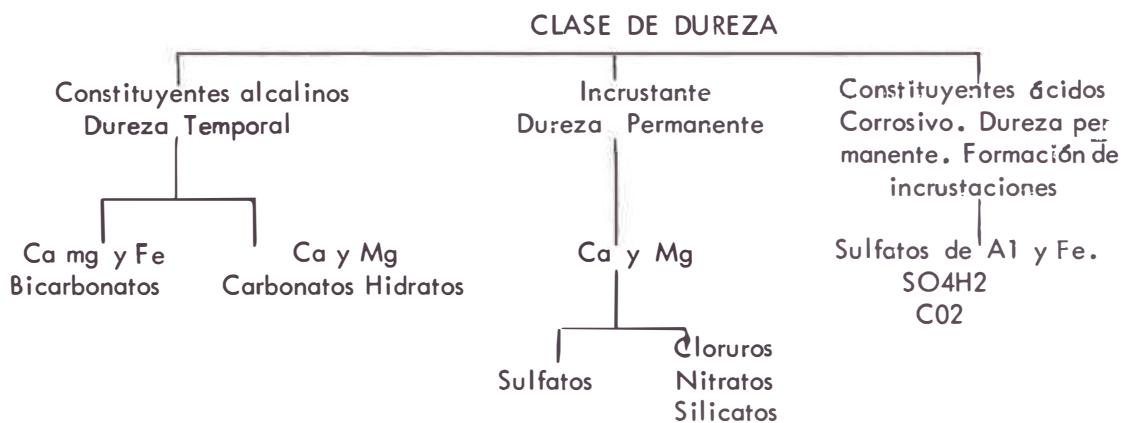
DUREZA DEL AGUA CRUDA Y DE CONSUMO.

El agua cruda y de consumo, ó sea la que ingresa y sale de la planta de agua potable de la ciudad de Tacna, según los informes dá los siguientes resultados :

MESES	AGUA CRUDA p.p.m. de CaCO ₃			AGUA CONSUMO p.p.m. de CaCO ₃		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
Julio	370	276	301	364	208	282
Diciembre	352	272	310	364	290	316
Enero	322	250	282	324	246	284

Los datos estadísticos que preceden, nos muestran que el promedio de dureza del agua que entra a la planta para ser tratada, así como el agua que sale después de tratada, para el consumo del público, pasa del orden de 300 p.p.m. de carbonato de calcio, ó está muy cerca de este valor. Por lo que se puede reputar que su característica es de agua MALA, desde el punto de vista de dureza.

Las diferentes clases de dureza y sus constituyentes, están específicamente discriminados en el gráfico que sigue :



DUREZA DEL AGUA CRUDA Y DE CONSUMO

AÑOS	AGUA CRUDA p.p.m. como CaCO ₃			AGUA CONSUMO p.p.m. como CaCO ₃		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
1961						
ENERO	322	250	282.00	324	246	284.00
FEBRERO	318	230	250.00	290	226	250.00
MARZO	286	230	258.50	274	210	252.00
ABRIL	306	262	276.50	294	254	272.50
MAYO	350	256	276.00	300	232	265.00
JUNIO	300	252	280.00	300	220	270.10
JULIO	294	110	252.00	288	118	245.00
AGOSTO	No hubo análisis					
SETIEMBRE	318	192	260.00	322	104	247.50
OCTUBRE	338	200	300.00	338	230	262.00
NOVIEMBRE	326	258	298.00	330	238	294.00
DICIEMBRE	324	258	298.00	348	274	302.00
1962						
ENERO	282	208	249.00	308	204	253.00
FEBRERO	358	210	273.00	400	190	280.00
MARZO	478	340	400.00	460	354	405.00
ABRIL	458	350	415.00	460	388	415.00
MAYO	536	404	470.00	550	402	462.00
JUNIO	536	416	478.80	522	410	470.00

CORRECCION DE LA DUREZA.

Para ablandar las aguas, entre otros, se emplean los dos siguientes procedimientos

- a) El de la cal.
- b) El de las zeolitas.

En el primer procedimiento, los compuestos de cal y magnesio solubles en el agua, cambian en compuestos insolubles, removiendo después los precipitados por sedimentación y filtración. Para el efecto se añade al agua por corregir: cal y carbonato de cal.

Por el segundo procedimiento o sea el de las zeolitas, éstos se usan bajo dos formas : naturales y sintéticos.

Entre las zeolitas naturales el más comúnmente empleado es la glauconita o "arena verde". Las zeolitas sintéticas son compuestos patentados, cuya composición química es de un silicato doble de albúmina y sódio. Tienen la propiedad química de sustituir el sódio que contienen por el calcio de la solución, reduciendo consecuentemente la dureza del agua.

ALCALINIDAD.

Como las sales alcalinas se presentan muy frecuentemente en los terrenos por donde discurren las aguas, éstas son más o menos alcalinas. La alcalinidad se debe a la presencia de hidratos (OH), carbonatos (CO₃) y bicarbonatos (HCO₃). La reacción alcalina la producen principalmente los bicarbonatos y carbonatos de sódio, potasio, calcio y magnesio. Los silicatos, boratos y fosfatos se encuentran en pequeñas proporciones.

ALCALINIDAD DEL AGUA CRUDA Y DEL AGUA TRATADA

AÑOS	AGUA CRUDA p.p.m. como CaCO ₃			AGUA CONSUMO p.p.m. como CaCO ₃		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
1961						
ENERO	69	12	39.00	70	8	26.50
FEBRERO	78	49	63.20	66	51	61.00
MARZO	70	31	50.00	66	30	49.80
ABRIL	61	20	36.80	59	24	40.50
MAYO	49	11	27.00	50	13	27.40
JUNIO	24	9	14.95	35	8	17.45
JULIO	23	9	12.60	23	9	12.20
AGOSTO	No hubo análisis					
SETIEMBRE	15	7	10.90	15	6	9.85
OCTUBRE	35	9	12.75	22	7	11.45
NOVIEMBRE	63	9	14.70	15	7	11.00
DICIEMBRE	34	10	20.30	47	8	16.50
1962						
ENERO	59	17	38.60	53	18	36.50
FEBRERO	97	27	50.35	70	25	45.20
MARZO	59	12	27.70	52	13	30.85
ABRIL	55	13	27.00	55	9	27.30
MAYO	39	12	18.50	40	11	17.90
JUNIO	25	13	16.45	24	13	17.80

La alcalinidad se expresa al igual que la dureza por el contenido de bicarbonatos y carbonatos, en partes por millón de carbonatos de cal (p.p.m. de CaCO_3) La determinación de la alcalinidad tiene gran importancia, porque la acción de los coagulantes empleados para clarificar el agua y prepararla para filtración, requiere una suficiente alcalinidad para asegurar una reacción apropiada. Inversamente una excesiva alcalinidad puede perturbar la reacción.

Una agua con alcalinidad inferior a 25 ó 30 partes por millón de CaCO_3 es en general inaparente para recibir filtración por filtros mecánicos, a menos que ésta alcalinidad sea aumentada por tratamiento.

- ALCALINIDAD DEL AGUA CRUDA Y DE CONSUMO .

El agua cruda y de consumo o sea aquella que ingresa y sale de la planta de Agua Potable de la ciudad de Tacna, según los informes mensuales de control y operación química de tratamiento, arroja las siguientes variaciones :

MESES	AGUA CRUDA p.p.m. CaCO_3			AGUA CONSUMO p.p.m. CaCO_3		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
Julio	9	6	7.35	22	5	8.15
Diciembre	20	9	18.50	15	8	10.30
Enero	69	12	39.00	70	8	26.50

Los promedios mensuales de la alcalinidad del agua cruda y de consumo nos prueban que tanto el agua cruda que entra a la planta, como la tratada que sale para el consumo público, son de baja alcalinidad con relación a las normas reglamentarias, puesto que acusan una alcalinidad menor de 30 p.p.m.

- pH.

El pH o coeficiente de concentración del ión hidrógeno, es la expresión de la intensidad del factor de acidez o alcalinidad de una agua determinada.

El pH tiene la siguiente expresión :

$$\text{pH} = \log \frac{1}{n_{\text{H}^+}}$$

CUADRO EXPLICATIVO DE LA VARIACION DEL pH

Valores	Gramos de iones hidrógeno (H ⁺)/ lt. de solución	Gramos equivalentes de iones Hidroxilo (OH ⁻)/lt. solución.
0,0	1,0	0,000.000.000.000.01
1,0	0,1	0,000.000.000.000.1
2,0	0,01	0,000.000.000.001
3,0	0,001	0,000.000.000.01
4,0	0,000.1	0,000.000.000.1
5,0	0,000.01	0,000.000.001
6,0	0,000.001	0,000.000.01
7,0	0,000.000.1	0,000.000.1
8,0	0,000.000.01	0,000.001
9,0	0,000.000.001	0,000.01
10,0	0,000.000.000.1	0,000.1
11,0	0,000.000.000.01	0,001
12,0	0,000.000.000.001	0,01
13,0	0,000.000.000.000.1	0,1
14,0	0,000.000.000.000.01	1,0

- MEDIDA DEL pH.

Dos métodos generales son utilizados para la determinación del valor de pH :

- a) El método colorimétrico que emplea indicadores ácidos-base, es decir sustancias que presentan colores que dependen del pH de sus soluciones.

b) El método electromético, en el que el potencial de un electrodo - standard, mediante un potenciómetro.

- LIMITE DEL pH.

De acuerdo al standard internacional para aguas de bebida de la organización mundial de la salud, los límites del pH son :

Permisible	Excesivo
7.0 - 8.5	$6.5 > \text{pH} > 9.2$

Las normas peruanas recomiendan que las aguas tratadas deben tener un pH que no sea mayor de 10.6 y que la alcalinidad debida a carbonatos no exceda 120 p.p.m.

El profesor Mendiola, en su obra de Ingeniería Sanitaria, manifiesta que el valor óptimo del pH parece estar entre 5.5 y 7.5 cuando se usa sulfato de alumina como coagulante.

- pH DEL AGUA CRUDA Y DE CONSUMO.

El agua cruda y de consumo o sea aquella que ingresa y sale de la planta de agua potable de la ciudad de Tacna, según los informes, arroja el informe de laboratorio, los siguientes resultados :

MESES	AGUA CRUDA pH			AGUA CONSUMO pH		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
Julio	5.20	4.20	4.55	6.10	4.20	4.70
Diciembre	6.20	3.40	3.96	4.40	3.30	3.70
Enero	7.90	3.70	5.55	7.30	3.30	4.90

pH
AGUA CRUDA - AGUA TRATADA

AÑOS	AGUA CRUDA pH			AGUA CONSUMO pH		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
1961						
ENERO	7.90	3.70	5.55	7.30	3.30	4.90
FEBRERO	7.90	7.50	7.64	7.40	7.00	7.24
MARZO	7.70	6.90	7.45	7.30	6.80	7.06
ABRIL	7.60	6.30	6.90	7.50	6.30	6.90
MAYO	7.00	4.70	6.10	6.80	4.30	6.04
JUNIO	7.00	4.00	4.89	6.60	3.90	5.15
JULIO	5.20	3.70	4.20	5.40	3.40	4.25
AGOSTO	No hubo análisis.					
SETIEMBRE	5.00	3.40	3.76	4.80	3.30	3.59
OCTUBRE	4.20	2.90	3.47	3.70	2.90	3.25
NOVIEMBRE	6.90	3.10	4.55	4.70	3.00	4.15
DICIEMBRE	8.20	4.30	5.35	7.60	4.20	4.80
1962						
ENERO	8.20	6.70	7.75	7.50	5.80	7.15
FEBRERO	8.20	7.70	7.90	7.70	6.90	7.35
MARZO	8.00	4.70	6.33	7.50	5.10	6.54
ABRIL	7.50	4.70	6.12	7.10	4.40	6.06
MAYO	6.10	4.20	4.70	6.20	4.10	4.66
JUNIO	5.20	4.00	4.34	4.90	3.90	4.17

Los resultados del promedio del pH el agua cruda y de consumo nos prueban que tienen definida acidez, resultado que es concordante con las características de alcalinidad que se ha analizado.

CLORUROS.

Los cloruros están ampliamente distribuidos en la naturaleza. Se hallan presentes en depósitos minerales en el mar, en aguas saladas y en las evaporaciones de las aguas de los océanos, llevadas como nube por los vientos hacia los continentes. Fuera de las anteriores causas no hay otra fuente de origen que los excrementos, orines, aguas de los albañales y los desagües industriales.

El contenido de los cloruros de un manantial, ya sea subterráneo o superficial, por la influencia de las aguas que atravieza, es por lo general constantemente uniforme. Por ello, cuando un pozo o un río acusa un mayor contenido de cloruros que el normal, será indicación de una probable contaminación con aguas residuales, derivadas de los orines del hombre o de los animales. En este caso el agua es sospechosa y deberá ser objeto de una investigación prolija, las fuentes vecinas de provisión.

LIMITE DE CLORUROS.

El límite tolerable de cloruros, según las normas del Ministerio de Salud Pública, es que las aguas de consumo no deben exceder de 250 p.p.m. Esto concuerda con las normas establecidas por la Organización Mundial de la Salud.

Los análisis de laboratorio de la planta de agua potable de la ciudad de Tacna, son como sigue :

CLOURUROS ¹/₂

AGUA CRUDA - AGUA TRATADA

AÑOS	AGUA CRUDA p.p.m. de Cl.			AGUA CONSUMO p.p.m. de Cl.		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
1961						
ENERO	88	44	64.00	94	52	71.00
FEBRERO	70	36	47.10	58	42	47.70
MARZO	76	44	63.10	60	30	47.00
ABRIL	78	56	69.45	78	48	68.90
MAYO	88	62	73.00	78	64	71.90
JUNIO	86	56	73.40	86	66	74.50
JULIO	124	58	77.50	86	66	76.00
AGOSTO	No hubo análisis					
SETIEMBRE	88	66	78.80	88	66	76.40
OCTUBRE	96	74	83.35	94	66	81.20
NOVIEMBRE	90	64	78.50	94	66	80.50
DICIEMBRE	98	64	78.50	90	66	79.00
1962						
ENERO	80	52	66.00	78	54	63.50
FEBRERO	76	44	59.70	72	50	61.50
MARZO	78	56	66.20	70	56	64.00
ABRIL	74	54	65.80	74	54	63.20
MAYO	90	62	76.00	86	66	74.50
JUNIO	94	66	80.40	88	70	80.00

MESES	AGUA CRUDA Cloruros (Cl) p.p.m.			AGUA CONSUMO Cloruros (Cl) p.p.m.		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
Julio	92	64	82.50	86	62	74.10
Diciembre	96	62	83.60	92	74	81.00
Enero	88	44	64.00	94	52	71.00

El cuadro que antecede, referente al contenido de cloruros en las aguas obtenidas por el tratamiento de la planta, se advierte que el promedio de cloruros es del orden de 80 p.p.m. característica que satisface las regulaciones oficiales.

- CO₂.

Frecuentemente el CO₂ disuelto es la única fuente de acidez en el agua. Por consiguiente la titulación para acidez es también una determinación del CO₂ presente y puede convencionalmente expresado como mgr/lit de CO₂. Alternativamente la proporción de CO₂ un mgr. como CO₂ (peso molecular 44.0) puede ser calculado a base del valor del pH y de la alcalinidad total por medio de la ecuación.

$$CO_2 = 44 \times 10^3 \frac{H^+ / K_1}{1 + K_1 / H^+ + 2 K_2 / H^+} \frac{A}{(50 \times 10^3) + H^+}$$

La concentración de CO₂ en el agua en equilibrio a una atmósfera normal a 32° F es aproximadamente 1 mgr/lit. Mayores cantidades pueden ser absorbidas del aire de la tierra que es enriquecido en CO₂ por la descomposición de materia orgánica. También puede ser formado por la oxidación de la materia orgánica del agua o aguas de albañales o pueden también ser el resultado de la disminución

CO₂

AGUA CRUDA-AGUA TRATADA

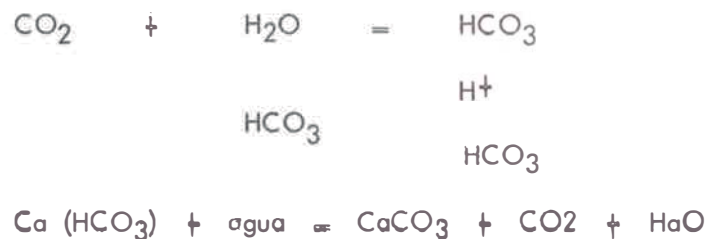
AÑOS	AGUA CRUDA p.p.m. de CO ₂			AGUA CONSUMO p.p.m. de CO ₂		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
1961						
ENERO	45	3	20.30	57	3	22.20
FEBRERO	4	1	2.04	4	1	2.54
MARZO	4	1	2.35	4	1	2.68
ABRIL	5	2	2.86	4	2	2.92
MAYO	12	3	5.84	9	3	4.91
JUNIO	59	4	20.20	71	4	17.10
JULIO	68	26	46.30	64	25	37.80
AGOSTO	No hubo análisis.					
SETIEMBRE	66	7	31.20	88	8	23.25
OCTUBRE	46	9	32.40	47	12	31.40
NOVIEMBRE	52	7	28.50	41	18	29.80
DICIEMBRE	51	3	28.40	48	4	27.00
1962						
ENERO	5	2	3.27	5	2	3.16
FEBRERO	5	2	3.25	5	2	3.75
MARZO	14	2	5.60	8	2	4.42
ABRIL	14	3	6.90	16	3	5.90
MAYO	42	5	21.85	24	6	15.00
JUNIO	50	7	32.50	37	13	25.80

del pH por alguna razón del contenido de reserva de alcalinidad en el agua.

Desde que la cantidad de CO₂ disuelto en equilibrio con la atmosfera es pequeña, gran cuidado debe tenerse en la toma y titulación de muestras con alto contenido de CO₂ con el fin de evitar la pérdida de éste al aire. Pérdidas de CO₂ conducen a determinaciones erróneas del pH. La determinación de la alcalinidad no es afectada.

Las aguas deben guardar un equilibrio entre el contenido de CO₂, pH y alcalinidad, el cual se encuentra por medio de abacos preparados para el efecto.

El CO₂ también proviene de la descomposición de bicarbonatos de acuerdo con la siguiente ecuación :



DESINFECCION DEL AGUA.

Los usuarios piden a las empresas de agua potable, algo más que agua limpia y libre de bacterias productoras de enfermedades. Desean que el agua sea dulce, carente de sabor y olor, que no decolore las instalaciones sanitarias ni corrosiva de los metales. Por su parte la industria reclama que el agua no perturbe sus procesos.

La desinfección se puede llevar a cabo de diferentes maneras. Los métodos más usados son tres :

- a) Métodos Químicos.
- b) Métodos Físicos.
- c) Métodos Eléctricos.

Para el efecto del análisis de los resultados del Laboratorio de la Planta, vamos a ocuparnos sólo de los primeros o sea de los Métodos Químicos.

- EL CLORO COMO DESINFECTANTE.

Desinfectar el agua es destruir las bacterias que puede contener. El cloro en sus varias formas se emplea casi universalmente para la desinfección del agua y liberarla de las pocas bacterias que no hayan desaparecido con la coagulación, la sedimentación y la filtración. Es barato, seguro y no ofrece grandes dificultades en su manejo.

- MODO DE ACTUAR DEL CLORO.

La reacción es la siguiente : el cloro con el agua forma ácido hipocloro (HOCl) y ácido clorhídrico (HCl) conforme a la siguiente reacción :



El ácido hipocloroso (H O Cl) muy inestable se descompone en ácido clorhídrico y oxígeno nascente. La oxidación exige 10 minutos.

- CANTIDAD DE CLORO - CLORO RESIDUAL.

La cantidad de cloro es difícil de precisar, depende de la naturaleza de las aguas. La presencia de sustancias reductoras como materia orgánica, sulfuro de

fierro no oxidado y manganeso, demandan absorción de mucho cloro.

Consecuentemente, una agua altamente polucionada conteniendo materia orgánica y otras impurezas, absorberá mayor cantidad de cloro que una agua compa_rativamente pura de pozo o manantial.

La más ligera cantidad de cloro aplicada en exceso de la requerida, se llama CLORO RESIDUAL y representa la diferencia entre la cantidad de cloro apli_cada y la absorbida por el agua. El cloro residual representa un factor de seguri_tad y es indicador de que todos los organismos han sido destruidos. Se mide colorimétricamente por una solución de ortotodolina. La ortotodolina y el cloro dan un color amarillo al agua.

La cantidad de cloro que usualmente se aplica, varia entre 0.24 a 0.60 partes por millón, ó sea de 2 a 5 libras de cloro por un millón de galones america_nos. El cloro residual debe variar entre 01 y 0.2 p.p.m. Hay casos en que se ha ex_cedido de estos límites, pero con perjuicio de dar notable sabor de cloro al agua. Los reglamentos americanos establecen una dosis de 0.25 a 0.5 p.p.m. de cloro pa_ra obtener un residuo de 0. a 0.2 p.p.m.

El cálculo del número de Kg. de cloro necesarios para tratar una canti_tad de agua, expresando la dosificación en p.p.m. puede hacerse de acuerdo con la siguiente fórmula americana :

$$\text{Kg. de cloro} = \frac{(\text{lt. de agua}) \cdot 2.2}{1.000.000} \text{ dosificación en mgr/lt.}$$

La dosificación fluctúa por lo general entre : 0.25 a 0.5 mgr./lt. de cloro.

CONSUMO CLORO

AÑOS	AGUA CONSUMO Consumo Cloro en lbs.		
	Máximo	Minimo	Promedio
1961			
ENERO	20	12	14.40
FEBRERO	20	11	15.50
MARZO	22	4	15.30
ABRIL	19	8	14.20
MAYO	17	10	13.65
JUNIO	15	6	12.20
JULIO	18	5	12.00
AGOSTO	No hubo análisis.		
SETIEMBRE	16	9	12.00
OCTUBRE	15	7	11.70
NOVIEMBRE	16	7	14.70
DICIEMBRE	21	6	12.10
1962			
ENERO	21	7	15.00
FEBRERO	20	10	17.50
MARZO	16	9	12.90
ABRIL	15	9	12.20
MAYO	15	7	11.40
JUNIO	16	7	11.90

COLORO RESIDUAL EN LA PLANTA

AÑOS	AGUA CONSUMO Cloro Residual (Planta)		
	Máximo mgr/lt.	Mínimo mgr/lt.	Promedio mgr/lt.
1961			
ENERO	0.35	0.00	0.180
FEBRERO	No hubo, como consecuencia del alto grado de turbiedad.		
MARZO	0.20	0.00	0.102
ABRIL	0.35	0.10	0.186
MAYO	0.35	0.00	0.245
JUNIO	0.35	0.00	0.300
JULIO	0.35	0.20	0.330
AGOSTO	No hubo análisis.		
SETIEMBRE	0.35	0.20	0.26
OCTUBRE	0.35	0.20	0.23
NOVIEMBRE	0.35	0.10	0.190
DICIEMBRE	0.35	0.00	0.100
1962			
ENERO	0.20	0.00	0.120
FEBRERO	0.20	0.00	0.140
MARZO	0.35	0.10	0.200
ABRIL	0.35	0.10	0.190
MAYO	0.20	0.20	0.200
JUNIO	0.35	0.10	0.206

COLORO RESIDUAL EN LA CIUDAD

AÑOS	AGUA DE CONSUMO Cloro Residual(ciudad)		
	Máximo	Mínimo	Promedio
1961			
ENERO	0.20	0.00	0.09
FEBRERO		S i n D a t o s	
MARZO		" "	
ABRIL		" "	
MAYO	0.20	0.00	0.12
JUNIO	0.20	0.00	0.15
JULIO	0.20	0.10	0.19
AGOSTO	0.20	0.10	0.19
SETIEMBRE	0.20	0.10	0.15
OCTUBRE	0.20	0.10	0.15
NOVIEMBRE	0.20	0.00	0.10
DICIEMBRE	0.20	0.00	0.10
1962			
ENERO	0.10	0.00	0.05
FEBRERO	0.10	0.00	0.04
MARZO	0.20	0.00	0.10
ABRIL	0.20	0.00	0.10
MAYO	0.10	0.10	0.10
JUNIO	0.20	0.00	0.10

CLORAMINAS.

El agua después de su tratamiento con cloro bajo la forma de gas, en los casos que ha sido necesario tener mayor cantidad de cloro residual, para obtener agua garantizada contra contaminación, el agua adquiere definido sabor a cloro.

Uno de los métodos más empleados para que el agua tenga buen sabor, es la aplicación de amoníaco bajo la forma de gas, por medio de aparatos semejantes a los clorinadores. El cloro y el amoníaco se aplican separadamente formándose un compuesto esterilizante llamado CLORAMINA.

Las cloraminas son relativamente inspidas y permiten una mayor cantidad de cloro residual, sin que el agua tenga gusto a cloro. Su efecto en la destrucción de bacterias es más lento que el cloro puro, razón por la cual se requiere un período más largo de contacto. La óptima relación entre las cantidades de cloro y amoníaco es de: 4 a 8 partes de cloro por una parte de amoníaco.

PRECLORINACION.

En algunos casos es conveniente aplicar el cloro previamente al agua cruda, antes de que sea sometida a los procesos de tratamiento, este procedimiento se conoce con el nombre de PRECLORINACION, cuyo objeto es evitar el crecimiento de las algas y disminuir la carga orgánica y bacterial de los filtros. La percolación mejora en algunos casos la coagulación y destruye los malos olores y mal gusto del agua.

ADICION DE CLORO.

El cloro se aplica a través de un clorador Wallace & Tierman, modelo A-626 en Solución. Este aparato tiene una capacidad máxima de 400 lbs/día y está

instalado para trabajar con una capacidad de 25 lbs/día.

OBSERVACION AL CLORO RESIDUAL.

Del examen de los informes mensuales de laboratorio, se advierte que en los meses de avenidas la cloración no ha sido eficiente, pues el cloro residual acusa el valor 0 (cero) lo cual no satisface a las regulaciones oficiales.

ANALISIS BACTERIOLOGICO.

El laboratorio de la planta de Agua Potable de Tacna, no realiza el análisis bacteriológico del agua cruda que ingresa a la planta, ni tampoco del agua elaborada para el consumo público. Dada la importancia que tiene en la potabilidad de las aguas, este análisis debe ponerse remedio inmediato a este vacío.

El objeto del análisis bacteriológico es descubrir la polución por materias extrañas, haciendo el análisis cualitativo y cuantitativo coordinado con el análisis químico para constatar en el agua la existencia de organismos patógenos, tan necesario para fines de estudios de epidemiología, evitando así la propagación de enfermedades o epidemias que pueden ser transmitidas por el agua.

La comparación de los análisis hechos entre el agua que ingresa a la planta y el agua elaborada, nos permite conocer la eficiencia de los procesos de tratamiento en la remoción de bacterias. Igualmente, se recomienda periódicamente realizar análisis en distintos puntos de la Red de Distribución con el fin de poder descubrir posibles poluciones del agua por materias extrañas, producidas por filtraciones ó malas juntas. Igualmente el análisis de las aguas de un río permitirá conocer la polución por descargas de éstas de aguas de albañal, cercanas al lugar donde se tomo

la muestra.

El análisis se expresa como Bacilos Coli por 10 cc. ó por bacilos Coli, por 100 cc.

El agua que se entrega al consumidor de una población, ya sea después de haber sido filtrada o no, la tendencia es que acuse 0 (cero) bacilo Coli contados a la temperatura de 22° C y la temperatura de 37° C. (que es la temperatura del cuerpo humano).

C A P I T U L O V I

SITUACION ECONOMICA

Terminado el estudio de las estructuras que constituyen la Planta de Agua Potable de la ciudad de Tacna y el referente a la calidad del agua, vamos a efectuar un análisis de su aspecto económico, constituido por dos factores que deben equilibrarse.

- a) Los gastos para su funcionamiento que constituyen lo que se llama el Presupuesto Administrativo, en el cual se encuentran todos los gastos que demanda su funcionamiento.
- b) Las entradas que tiene el servicio, las cuales se encuentran consignadas en la Facturación y Cobranza de Recibos por Pensiones de Agua.

A continuación vamos a realizar el análisis de los dos factores anteriormente citados.

ORGANIZACION ADMINISTRATIVA.

La administración de los Servicios de Agua Potable y desagüe de Tacna, es una dependencia de la Sub-Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Fomento y Obras Públicas, que es la máxima autoridad administrativa y técnica dentro de su función privativa.

FUENTES DE INGRESO Y SISTEMA DE RECAUDACION.

Las fuentes de ingreso están constituidas por las sumas que recibe el Servicio de Agua Potable del Estado, de acuerdo con las partidas consignadas en el Pre

supuesto General de la República, en el pliego respectivo del Ministerio de Fomento y Obras Públicas.

La fuente de egresos corresponde a las entregas que la Administración - del Servicio hace al Estado por intermedio de la Sub-Dirección de Obras Sanitarias, conforme al sistema de recaudación que aparecen en los partes de Facturación y Cobranza de Recibos por Pensiones de Agua.

Pueden haber tres casos :

- a) La Administración se auto-financia, cuando los egresos son iguales a los ingresos. Entonces se devuelve lo que se recibió.
- b) La Administración rinde utilidades cuando los egresos son mayores a los ingresos, o sea cuando se entrega al Fisco una mayor suma que la que recibió de éste.
- c) La Administración es deficitaria o está en pérdida, cuando los egresos son menores a los ingresos. En este caso no se ha podido devolver al Estado, la suma que entregó.

CLASIFICACION DE LOS SERVICIOS PUBLICOS DE AGUA POTABLE Y DESAGUES EN EL PAIS.

Los servicios de agua se clasifican a base de la capacidad de consumo, o sea por el número de bocas de descarga que el puede tener. Esta clasificación tiene por finalidad compensar hasta donde sea posible, la inexistencia de medidores, para el control del consumo de agua en una ciudad. De acuerdo con la reglamentación de tarifas, funcionan las siguientes categorías

SERVICIOS DOMESTICOS.

a) Primera Categoría:

Consistirón en un baño de tinc o ducha, W.C., lavatorio, lavadero, y botadero.

b) Segunda Categoría :

Consistirón de ducha, W.C., y botadero.

c) Tercera Categoría:

Consistirón de ducha y botadero.

d) Cuarta Categoría:

Consistirón de botadero, únicamente.

SERVICIOS INDUSTRIALES Y COMERCIALES.

Se reputan como servicios para el consumo industrial, los que la Administración del Servicio reconozca en cada caso, como tales. Las categorías respectivas se hacen en función del tipo de industria y su consumo probable, derivado de esta apreciación.

Teniendo en consideración el aspecto anteriormente citado, se establecen las siguientes categorías

a) Primera categoría: Hasta 100 m³.

b) Segunda categoría: " 60 m³.

c) Tercera categoría: " 30 m³.

SERVICIOS FUERA DE CATEGORIA.

Para esta clase de servicios, la Administración de Aguas establece una

pensión fija según el servicio.

TARIFAS DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y
DESAGUE DE TACNA

SERVICIOS DOMESTICOS.

a) Primera Categoría: Consumo mínimo 30 m³; S/o. 21.00

b) Segunda Categoría: Consumo mínimo 20 m³; " 6.00

El exceso de consumo a razón de S/o. 0.70 m³.

SERVICIOS INDUSTRIALES Y COMERCIALES.

a) Primera Categoría : Hasta 100 m³. S/o. 80.00

b) Segunda Categoría: " 60 m³. " 48.00

c) Tercera Categoría: " 30 m³. " 24.00

El exceso de consumo a razón de S/o. 0.80 m³.

SERVICIOS FUERA DE CATEGORIA.

Para los servicios de esta clasificación, se fijan tarifas especiales de acuerdo al servicio.

A las tarifas anteriormente citadas, se les recargará con S/o. 1.00 por concepto de conservación de desagües.

ADMINISTRACION DE TACNA

DETALLES DE LAS INVERSIONES PARA EL EJERCICIO DE

1962

Se ha consignado en las Partidas Nos. 34, 61 y 126 del Pliego de Fomento del Presupuesto General de la República en ejercicio, sumas específicas y global para atender los gastos de mantenimiento de la Administración de los Servicios de Tacna. A continuación la distribución y detalles de cada Partida indicada anteriormente :

A. HABERES.

Partida No. 34. Técnico Administrativo.

Ingo. Deptal. Jefe Coord. Ofc. 3°	3,505.00
Controlador..... Ofc. 7°	2,865.00
Operador de Planta..... Aux. 4°	2,214.00
Cajero - Contador..... Aux. 8°	1,881.00
Inspector de Servicios.... Ayd. 1°	1,715.00
Ayudante Técnico..... Ayd. 2°	1,629.00
Ayudante	Ayd. 2° 1,629.00
Ayudantes (2)..... Ayds. 5°	2,724.00
Auxiliar de Facturación... Ayd. 5°	<u>1,362.00</u>

Partida No. 61. Servicio y Obrero.

Almacenero.....	1,244.00	
Portapliegos.....	<u>1,031.00</u>	21,799.00

Partida No. 126. Jornales.

Para peones de mantenimiento..... 13,400.00

B. ASIGNACIONES.

Partida No. 126. Movilidad.

Para el Ingo. Departamental..... 500.00

Para el Ingo. Operador..... 300.00 800.00

Partida No. 126. Bonificación Frontera.

Ing. Deptal. Jefe Cord. 701.00

Controlador 429.75

Operador de Planta 332.10

Contador..... 282.15

Inspector de Servicios 171.50

Aux. de Oficina..... 162.90

Ayd. Técnico..... 162.90

Aux. de Oficina..... 136.20

Aux. de Facturación 136.20

Almacenero 124.40

Portapliegos 103.10

Ayudante..... 136.20 2,878.40

Partida No. 126. Especialización.

Para el Ingeniero Departamental..... 1,402.00

Para el Ingeniero Operador..... 306.00

Para el Cajero-Contador..... 332.00 2,130.00

Partida No. 126. Bonif. D.S. 25/7/59.

(2) Ayudantes a S/o. 50.00 c/u.....	100.00	
Aux. de Facturación.....	50.00	
Almacenero.....	50.00	
Portapliegos.....	50.00	
Para el personal obrero.....	<u>268.92</u>	5,518.92

Partida No. 126. Bonif. Ley 13455.

Ing. Departamental.....	225.00	
Controlador.....	225.00	
Operador de Planta	224.00	
Cajero - Contador	208.00	
Inspector de Servicios.....	200.00	
Ayd. Técnico.....	196.00	
Ayudante	196.00	
(2) Ayudantes 183.50 c/u.	367.00	
Aux. de Facturación.....	183.50	
Almacenero.....	178.00	
Portapliegos	162.40	
Para el personal obrero	<u>537.84</u>	2,902.74

Partida No. 126. Arrendamientos.

Para alquiler de locales.....		2,500.00
-------------------------------	--	----------

Partida No. 126. Conservación y Mantenimiento.

Utiles de Oficina.....	700.00	
Materiales de Tratamiento.....	8,000.00	
Mantenimiento Vehículos.....	2,000.00	
Conservación Canal.....	800.00	
Cuota Patronal.....	804.00	
Jubilación Obrera.....	268.00	
Gastos Generales e Imprevistos.....	<u>3,424.00</u>	<u>15,996.88</u>
TOTAL :		S/o. <u><u>62,925.94</u></u>

BALANCE DE EGRESOS E INGRESOS.

Haciendo un balance entre los gastos que demanda el funcionamiento de la Planta de Agua Potable de la ciudad de Tacna, de acuerdo con su presupuesto y que se encuentra incorporado en el Presupuesto General de la República, con el monto de las tarifas cobradas por el Servicio de Agua Potable, resulta que para el mes de Mayo no hay auto-financiamiento, como se deduce de las cifras que a continuación se consignan :

- Presupuesto mensual de la Planta, de acuerdo con las Partidas 34, 61 y 126 consignadas en el Presupuesto General de la República.....	S/o. 62,925.94
- Ingresos por concepto de tarifas oficiales para la ciudad de Tacna, durante el mes de Mayo - Junio.....	<u>S/o. 55,985.10</u>
Déficit que cubre el Estado.....	<u>S/o. 6,940.84</u>

El anterior déficit, está acondicionado al abono de 1,921 recibos pendientes de pago, con un monto total de S/o. 32,542.50.

Es de suponer que dado el carácter coactivo del pago del servicio del agua potable, reducida sea la suma que resulte incobrable. De no ser así, el déficit sería una cifra mayor de los S/o. 6,940.84 antes citados.

ANALISIS DE LA FACTURACION (MAYO DE 1962)

TIPO de SERVICIO	CON MEDIDOR		SIN MEDIDOR		TOTAL	
	Volúmenes M3	%	Volúmenes M3	%	Volúmenes M3	%
Doméstico	894	38.15	1,447	61.85	2,341	87.70
Indus-Comr.	147	45.40	175	54.00	322	12.03
Fuera de Catg.	3	30.00	7	70.00	10	0.27
T O T A L	1,044	39.00	1,629	61.00	2,673.	100.00

Por el anterior cuadro se advierte que el 61% de los servicios de agua trabajan sin medidor, con el posible consiguiente desperdicio. El 54% de los servicios industriales no tienen medidor y en cuanto a los servicios fuera de categoría el 70% carecen del mismo control.

VOLUMEN DE AGUA EN EXCESO Y PROMEDIO EN M3

TIPO de SERVICIO	Volúmenes Facturados			Promedio por Recibo		
	1a. Categ. M3	2a. Categ. M3	3a. Categ. M3	1a. Categ. M3	2a. Categ. M3	3a. Categ. M3
Doméstico	1,051	581		3	1	
Indus-Comer.	5,412	50	205	120	1.5	3
Fuera de Cat.		Ver detalle.				

La determinación del volumen en m3 del exceso consumido en cada una de las distintas categorías, está dado por la relación entre el monto en soles oro abonado por el volumen en exceso y el monto de cada metro cúbico.

$$\text{Volumen en exceso} = \frac{\text{Monto abonado en S/o. por exceso}}{\text{precio de m3 en exceso}}$$

El promedio en M3. por exceso de las distintas categorías, se ha encontrado por la relación entre el volumen por exceso consumido con el número respectivo de recibos que lo originaron.

$$\text{Consumo promedio por exceso} = \frac{\text{Volumen en exceso consumido en cm}^3}{\text{número de recibos}}$$

Por datos oficiales que se han transcrito anteriormente reproducidos del informe de facturación y cobranza de recibos por pensiones de agua, correspondientes al mes de Mayo de 1962, aparece que se han girado 2,637 recibos con un valor de S/o. 55,985.10 conforme al siguiente resumen :

-	Recibos cobrados de servicios con medidor: 432	S/o. 16,545.60
-	Recibos cobrados de servicios sin medidor: 420	" 6,897.00
-	Recibos pendientes de pago	<u>1821</u> " <u>32,542.50</u>
-	Total recibos facturados	<u>2673</u> S/o. <u>55,985.10</u>

Se observa que solamente el 42% de la suma girada ha sido cubierta y que está pendiente de pago el 58%.

VOLUMEN EN M3 FACTURADOS (MAYO DE 1962)

TIPO DE SERVICIO	CON MEDIDOR		SIN MEDIDOR		VOLUMENES Parciales M3
	Volúmenes M3	%	Volúmenes M3	%	
Doméstico	23,112	25.05	34,970	38.00	58,082
Ind-Comerc.	14,307	15.55	9,830	10.67	24,127
Fuera Categ.	8,335	9.00	1,592	1.73	9,927
TOTALES	45,754	49.60	49,392	50.40	92,146

VOLUMEN DE AGUA TRATADA Y VOLUMEN DE AGUA FACTURADA

Información de indudable importancia es conocer el volumen del agua que la planta elabora y el que factura al consumidor, para así por diferencia conocer dentro la aproximación relativa debida a los elementos con que se cuentan, cual es el volumen de agua que está libre de facturación, ya sea por su uso o desperdicio.

1. Respecto al volumen de agua que entra a la planta y es objeto de su potabilización en sus estructuras, se puede determinar con bastante aproximación a base de los elementos que se dispone.

En la entrada de la planta y como punto de partida del tratamiento, una compuerta divide las aguas del río Caplina o Uchusuma en dos partes : una que entra a la planta y cuyo volumen de 100 lts/seg. el cual está fijado por un rebosadero, la otra parte sigue el curso del río para servir a la agricultura.

Por el dato anterior se deduce que la planta trata diariamente 8,640 m³ diarios, equivalentes a 259,200 m³ al mes. El número de m³ que ingresan a una planta dentro de un régimen debidamente organizado, está controlado por contadores o medidores de gasto, los cuales reciben su comprobación con los canales tabulados.

2. En cuanto al agua potable entregada al consumidor, está controlada en una parte por los medidores instalados en los lugares de aprovechamiento; entre tanto que otra parte del agua utilizada es recibida sin el cita

do control de los medidores, y por lo mismo no puede ser conocida por el procedimiento directo. Solamente por deducciones, es posible tener datos aproximados de dicha utilización.

DEDUCCIONES AL VOLUMEN DE AGUA CRUDA RECIBIDA PARA TRATARSE.

Antes de hacer la comparación del volumen que recibe la planta para su potabilización, con el volumen de agua que puede facturarse al consumo, es necesario hacer algunas deducciones que son las siguientes :

a) Por pérdidas de lavado de tanques de sedimentación durante el tratamiento del agua de las instalaciones	
Se estima que ésta puede llegar al 2% del agua que ingresa:	
259,200 x 0.02.....	5,184 m3.
b) Por pérdidas de llaves, consumo público, jardines, fraudes, etc. (Ernest W. Steel) entre 10 a 20 %.	
259,200 x 0.20.....	<u>51,840.m3.</u>
TOTAL PERDIDAS MENSUALES.....	57,024 m3.

Las cifras anteriores, suficientemente conservadoras nos llevan a obtener por deducción un volumen de agua apta para la facturación, dentro de un plano de suficiente seguridad.

Agua que entra a la planta mensualmente.....	259,200 m3.
Pérdidas.....	<u>57,024 m3.</u>
Agua disponible para facturación.....	202,176 m3.

COMPARACION DEL AGUA APTA PARA FACTURARSE Y EL AGUA QUE
FACTURA EL SERVICIO.

Por cálculos hechos anteriormente a base de los recibos facturados por el Servicio, según el Cuadro No. 1, resulta que dicha facturación asciende a 92,146 m³ mensuales, estando incluidas en él todas las demandas que se atienden.

Si deducimos del volumen disponible para facturarse, que acabamos de encontrar el volumen correspondiente a los recibos facturados, resulta una diferencia de 110,030 m³, que podrían facturarse adicionalmente de acuerdo con un adecuado control.

Es decir que, de acuerdo con un adecuado control, podría hacerse una facturación doble a la que actualmente se hace.

C A P I T U L O V I I

C O N C L U S I O N E S

Como resultado del estudio que antecede, se llegan a las siguientes conclusiones

FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LA PLANTA Y SUS INSTALACIONES.

Primera conclusión.

Las estructuras de la planta actual, corresponden tan solo a un proceso parcial de potabilización de acuerdo con la técnica actual, pues las aguas no están sometidas al proceso de filtración. El uso de los filtros de arena es una de las partes necesarias de un tratamiento para abastecer de agua potable a una población.

Segunda conclusión.

La aplicación del sulfato de alumina como coagulante, con el carácter de preliminar a la sedimentación fina, para formar un precipitado floculento, no se lleva en debida forma, debido a la falta de un sodificador de alumina que permita la adición adecuada del coagulante y un canal de mezcla y floculación en el canal, el agua discurre con una velocidad tal que no permite la formación de floc.

Tercera conclusión.

Que los tanques de sedimentación, tanto gruesa como fina, cumplen satisfactoriamente su función, por cuanto los periodos de retención son apropiados para la clase de agua que ingresa a la planta.

Cuarta conclusión.

Que el proceso de cloración no es eficiente, en los meses de avenida, en los cuales el análisis de laboratorio acusa resultados que no alcanzan a las mínimas - condiciones señalados por los requisitos oficiales para el agua potable.

CALIDAD DEL AGUA

Primera conclusión.

Que el agua elaborada por la planta, según los informes mensuales sobre el Control y Operación Química de la Planta de Tratamiento, que se han estudiado cuidadosamente, no satisfacen a los Requisitos Oficiales Físico - Químicos establecidos por la Resolución Suprema de 17 de Diciembre de 1946, en cuanto a sus características de : turbidez, dureza, alcalinidad, ph, CO₂, cloro residual.

Segunda conclusión.

Que no se llevan análisis para el control bacteriológico de las aguas, - que permita conocer el índice de Coli, de las aguas tratadas.

CAPACIDAD DE LA PLANTA CON RESPECTO A LA POBLACION

ACTUAL Y ALCANCE FUTURO DE LA MISMA

Primera conclusión.

Que la capacidad de la planta respecto a la población actual urbana de 26,212 según el último censo de 1961, está en condiciones de poder satisfacer su demanda de consumo a base de una dotación de 250 lts/hab/día.

Segunda conclusión.

Que la citada capacidad podría atender una población futura de 33,500

habitantes, con la misma dotación anterior de 250 lts/hab/día. Esta población se alcanzaría en el año 1968, según la curva de crecimiento adoptada como la más probable en el estudio.

Tercera conclusión.

Que en cuanto a su ubicación, la actual planta se encuentra en un lugar cuya cota es inferior a ciertos sectores de la población, lo que cada vez serán mayores con el desarrollo urbano. En éstas circunstancias el agua solo podría suministrarse a dichos sectores a base de bombeo, con la consiguiente elevación del costo, tanto para el Servicio como para el Consumidor.

SITUACION ECONOMICA

Primera conclusión.

Que no hay relación entre el volumen de agua elaborada por la planta y el volumen correspondiente a los recibos facturados, pues según los cálculos realizados, es posible hacer una facturación casi doble de la actual.

Segunda conclusión.

Que la planta de agua potable de la ciudad de Tacna, tiene una situación económica deficitaria, por cuanto los ingresos por concepto de recibos facturados por las pensiones de agua potable, son menores que las sumas que demandan su funcionamiento y conservación.

Tercera conclusión.

Que la principal causa deficitaria, radica en el inadecuado control del agua elaborada que se entrega al consumidor.

CONCLUSION FINAL

Muchas de las dificultades o deficiencias de orden técnico que afectan la eficiencia total de la Planta de Agua Potable de la ciudad de Tacna, se deben a que el diseño se ha comprometido desde el comienzo, al uso de estructuras antiguas existentes.

El factor de orden económico constructivo, ha dado como resultado, mayores costos en el funcionamiento de la planta. De ello se deriva la falta de armonía y compactidad en su funcionamiento, lo cual queda puesto en evidencia en el caso de los filtros, cuya cota inadecuada para llenar el tanque de regulación y capacidad reducida, han determinado que se encuentren en desuso y completamente abandonadas.

Se trata de una planta que ya cumplió su misión, dentro de la cual no proceden remiendos. La solución es abocarse al problema del establecimiento de una nueva, dictándose entre tanto, algunas disposiciones para mejorar el servicio.

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones vamos a considerarlas en dos grupos generales :

- a) De Naturaleza inmediata o sea aquellas referentes a las medidas que deberfan tomarse para el mejoramiento de los servicios de la planta ac
tualmente en funcionamiento.
- b) De naturaleza mediata, en el cual se tratará sobre el procedimiento
para la solución integral del problema.

A. DE NATURALEZA INMEDIATA.

1. Instalación de un equipo adecuado para la dosificación del coagulan -
te.
2. Ejecución de una nueva instalación de mezcla y floculación adecuada
al volumen de agua tratada.
3. Estudio de la habilitación de los filtros con zonificación del sistema de
distribución.
4. Eventual corrección del CO₂.
5. Instalación de dispositivos e instrumentos de control de gastos en la
planta.
6. Generalización del uso de medidores de consumo - Alternativamente au

mento adecuado de tarifa a los sin (que rechazan) medidor.

7. Revisión de los medidores en servicio.
8. Revisión del estado de la red de distribución. Reparaciones.
9. Re-estructuración de tarifas a base de costos efectivos de operación ,
reclasificación de servicios y sistema de medidor.

B. DE NATURALEZA MEDIATA.

1. Estudio de una nueva planta de purificación con ubicación adecuada y capacidad suficiente para el desarrollo futuro, como consecuencia de la inversión de los cuantiosos capitales, que en la actualidad tratándose de poner en evidencia, los valiosos recursos potenciales acuíferos y mineros de la región.
2. Estudio del aumento de la dotación disponible de agua para la utilización de nuevos recursos acuíferos que puede disponerse, ya sea a base de almacenamientos de las aguas en la región de la Sierra, a 4,000 metros sobre el nivel del mar, o por desviación de las aguas del río Maure de la cuenca del Atlántico.

PROCESO GRAFICO
DE LA
PLANTA DE AGUA POTABLE DE TACNA



RIO CAPLINA ANTES TOMA EN CALIENTES

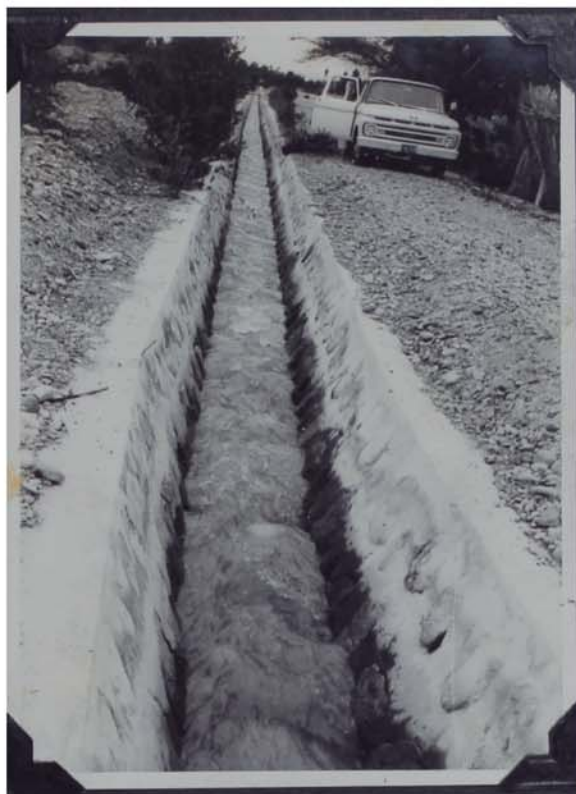


BOCA TOMA EN CALIENTES



CANAL CAPLINA REVESTIDO DESDE CALIENTES

CANAL CAPLINA REVESTIDO DESDE CALIENTES



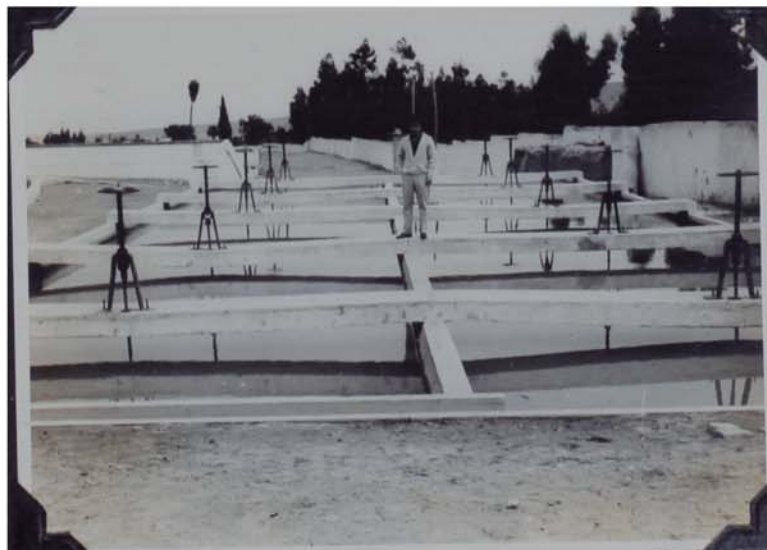
CANAL UCHUSUMA REVESTIDO DESDE SU NACIENTE

CANAL DE INGRESO DE AGUA A LA PLANTA



TANQUE OVOIDE Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CRUDA

CANAL DE INGRESO DE AGUA A LA PLANTA Y TANQUE
OVOIDE DE SEDIMENTACIÓN GRUESA Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AGUA CRUDA



TANQUE RECTANGULAR DE SEDIMENTACIÓN GRUESA

EQUIPO DE APLICACION DE COAGULANTE
Y CANAL DE MEZCLA Y FLOCULACION



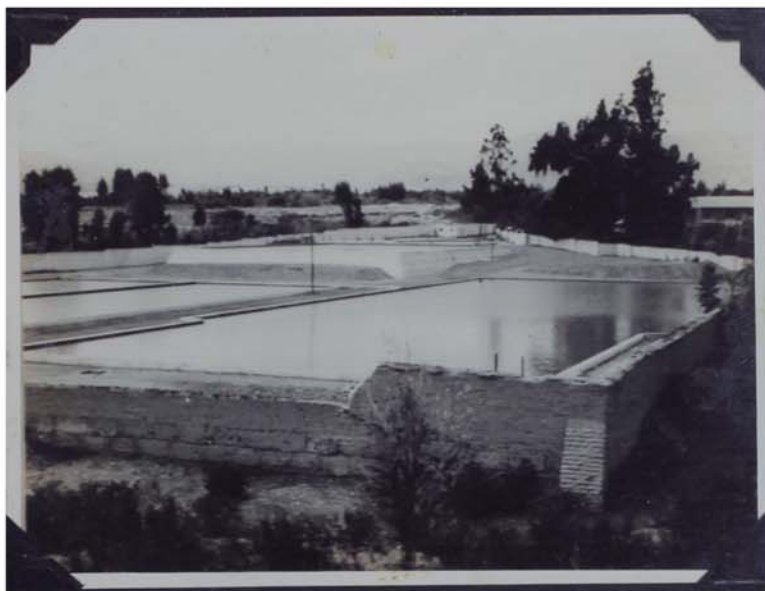
FILTROS LENTOS ABANDONADOS



EQUIPO DE CLORACION



TANQUE DE SEDIMENTACION FINA Y TANQUE
DE ALMACENAMIENTO Y SEDIMENTACION FINAL



TANQUE CERRADO DE REGULACION

UBICACION DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE
RESPECTO AL DESARROLLO URBANO



C O N C L U S I O N E S

La exposición anterior sobre el aumento del agua para la Planta de Agua Potable de la ciudad de Tacna, y consecuentemente para la agricultura del lugar, nos conduce a establecer dos clases de conclusiones :

- A) Aumento de agua a base de los recursos superficiales existentes, del río Caplina y del Canal Uchusuma.
- B) Aumento de la dotación a base de los recursos potenciales del subsuelo o sea de las aguas subterráneas.

CONCLUSIONES

AGUA A BASE DE LOS RECURSOS SUPERFICIALES.

Primera conclusión.

Que debe estudiarse el represamiento del río Caplina en el lugar denominado Calientes, donde la quebrada adquiere la forma de un cañón, aprovechando así las aguas que se pierden en la época de avenidas. Este represamiento podría ser el medio regulador del abastecimiento del agua potable y también para la agricultura.

Segunda conclusión.

Que la más importante obra por llevarse a efecto, es la desviación de las aguas del río Maure, que discurre dentro del territorio peruano y que sin beneficio alguno pierde gran cantidad de sus aguas vaciándolas en la cuenca del Atlántico.

Este proyecto tuvo su origen antes de la guerra con Chile. Luego durante la ocupación chilena después de la guerra del Pacífico se planeó la ejecución de este Proyecto. Con tal objeto se hicieron los estudios consiguientes y se construyó parte de él, siendo testigo de ello el Canal Azucarero, llamado así porque dentro de los fines de la obra, estaba la plantación de importantes cultivos de caña de azúcar en las extensas áridas pero fértiles pampas de Tacna.

El canal azucarero es prácticamente un segundo túnel del Uchusuma, puede llamarse una repetición del canal Uchusuma en parte más baja del antiguo canal peruano, construido antes de la guerra del Pacífico.

Las aguas del río Maure en el caso de ser aprovechadas, darían un caudal de 4 a 5 m³/seg. con el que se daría solución prácticamente a todos los pro

blemas de la provincia de Tacna. Esta obra demanda una inversión económica de gran envergadura, la cual puede ser una pronta realidad mediante el empleo de los capitales japoneses que ya está en marcha para el desarrollo económico de Tacna.

Tercera conclusión.

Que de ejecutarse el proyecto del Ing. Julio García Chepote sobre el represamiento en el bofedal Paucarani, se obtendrán 106 lts/seg. los cuales adicionados íntegramente a los 100 lts/seg. que constituyen el patrimonio acuífero del actual servicio, darían un total de 206 lts/seg. Este volumen de agua podría servir a una población de 70,000 habitantes que tendrá la ciudad de Tacna en el año 1990 o sea a proximadamente 30 años a partir de la fecha.

AGUA POR MEDIO DE LOS RECURSOS SUBTERRANEOS.

Los recursos potenciales de Tacna constituidos por las aguas subterráneas, pueden dividirse en dos partes

- a) Zona Alta.
- b) Zona baja.

Primera conclusión.

Que es conveniente resolver de una vez, si es posible contar con recursos acuíferos en la zona alta de la ciudad y para este caso utilizarla en el servicio de agua potable. Hasta la fecha los resultados han sido negativos. Se han llevado a cabo dos perforaciones sin encontrar agua y no hay probabilidades, salvo que estudios posteriores hagan variar los resultados hasta ahora obtenidos.

Segunda conclusión.

Que las perforaciones llevadas a cabo no se han verificado de acuerdo con estudios geológicos debidamente planificados. Por lo tanto no puede descartarse esta posibilidad y queda por lo mismo pendiente la obligación urgente de que se realice un estudio en debida forma y se verifique por medio de perforaciones técnicamente localizadas, la falta del líquido elemento en esta parte del subsuelo de la región. Solamente así, puede descartarse en forma justificada la falta de aguas subterráneas en este lugar.

Tercera conclusión.

Que en cuanto a la existencia de aguas subterráneas en la región baja de la ciudad de Tacna, la cuestión está resuelta en forma definitiva. Los numerosos pozos perforados que llegan a más de 40 debidamente catalogados, y que se siguen efectuando, son el mejor testimonio de la existencia de agua subterránea en el subsuelo de la región. Pero esta agua subterránea por su ubicación en la parte baja de Tacna y su distancia al centro de consumo, no puede tenerse en cuenta como solución.

Lo anteriormente expuesto, referente a los recursos acuíferos de la región de Tacna, atestiguan que no es problema cuestionable contar con agua suficiente: Para el Servicio de Agua Potable, para la agricultura y para las industrias. Se trata solo de ejecutar proyectos indiscutiblemente hacederos. En los presentes momentos están condicionados al desarrollo de los trabajos que proyectan llevar la Corporación de Fomento y Desarrollo Económico de Tacna, con la cooperación de importantes firmas japonesas y norteamericanas.

Lima, 12 de Noviembre de 1962

Alfredo Valverde Piedra

BIBLIOGRAFIA

- ALBERCA C.A..... Rocas Igneas en los Departamentos de Tacna y Moquegua.
Boletín I.P.F. N° 1 - 1954.
- BLUME ROBERTO..... Apuntes de Clase.
- BASADRE FEDERICO G. Comisión Peruana de Límites con Chile.
- COSCULLUELA J.A..... Ingeniería Sanitaria - 1946.
- FAIR & GEYER..... Water Supply and Waste Water Disposal-1954
- COCKLIN H..... Exploración Aguas Subterráneas en la Costa del Perú. Sociedad Nacional Agraria - 1935-
- CASTRO LEONIDAS..... Estudios hidrológicos del Departamento de Tacna.
- DIRECCION DE IRRIGACION..... Descargas del Río Caplina y Canal Uchusuma - Años 1936 a 1961.
- DIVISION DE INGENIERIA SANITARIA
MINISTERIO SALUD PUBLICA Y A.S. Reglamento de los requisitos Oficiales Físicos, Químicos y Bacteriológicos de las Aguas Potables - 1946-.
- GARCIA CHEPOTE JULIO..... Represamiento en el Bofedal Paucarani-Departamento Tacna - 1959 -.
- GARCIA CHEPOTE JULIO..... Informe ampliatorio del Represamiento del Bofedal Paucarani - 1960 -.
- MENDIOLA ALFREDO..... Ingeniería Sanitaria - 1944 -.
- MINISTERIO DE HACIENDA..... Censo de Población de 1961.
- PETERSEN GEORGE..... Condiciones del Agua del Sub-suelo en el Valle de Tacna - 1954 -.
- STEINMANN G..... Geología del Perú.
- STEEL W..... Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. - 1953 -.
- VALVERDE EMILIO..... El Proceso Plebiscitario de Tacna y Arica.
- CUNEO VIDAL ROMULO..... Las Insurrecciones de Tacna por la Independencia del Perú.
- SOGREAH..... Estudio del Desarrollo de los Departamentos de Tacna y Moquegua.

PONS MUSSO A..... Informe sobre la Planta de Agua Potable de Tacna.

PONS MUSSO A..... Apuntes de clase.