

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Tesis de Grado



de

Ingenieria Sanitaria

OSCAR BASTANTE CABRERA

1961

PROYECTO

DE

INGENIERIA SANITARIA

AÑO DE 1961

PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE LA

CIUDAD DE CARAZ.-

Generalidades.- La ciudad de Caraz, capital de la Provincia de Huaylas del Departamento de Ancash, se encuentra en la margen derecha del río Santa a una altura promedio de 2,295 metros sobre el nivel del mar. Su ubicación está a los 9°20'00" de latitud Sur y 77°49'04" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. Su área urbana neta es de 31.8 hectareas, descontando las áreas libres. Las calles están orientadas de Este a Oeste y de Sur a Norte. La dirección de las pendientes del terreno están en el mismo sentido. La población está contorneada en su parte Norte por el río Llullan, por el Sur con las Pampas de San Miguel, por el Este con los cerros de San Juan y con las Pampas de Yanococha.

Población presente y futura.- Siempre cuando se tenga que tratar sobre el problema de abastecimiento de agua para una ciudad, en primer término, debemos determinar que cantidades de agua es la que vamos a proveer si conocemos la población actual por abastecer y cuánto necesitaremos para después de cierto número de años. Luego debemos saber el periodo de años para el cual ha de calcularse el abastecimiento y el número de habitantes que ha de tener la población al final de este periodo. El plazo para el cual debe calcularse un sistema de abastecimiento de agua varía entre 25 y 50 años, en el presente caso de acuerdo a las especificaciones del proyecto tomaré el límite menor o sea de 30 años. Teniendo ya este dato pasaré al cálculo futuro de la población al término de los 30 años, para poder determinar la máxima cantidad de agua que ha de ser necesaria para esta población.

La predicción de la población de una ciudad debe ser siempre precedida de un cuidadoso análisis de todos los factores que afectan directamente o indirectamente el crecimiento demográfico de una comunidad, así como también los datos estadísticos de largos periodos de tiempo, tanto en la ciudad, como de ciudades similares tomadas como base de comparación o de cálculo. De no ser considerados todos estos factores, el cálculo futuro de la población, estará fuera de la verdad. Cabe hacer la aclaración que siendo muchos los factores que intervienen en la determinación de una población, la exactitud de la predicción depende en gran parte de la habilidad y experiencia del observador. Existen varios métodos para el cálculo de la población futura de una ciudad empleándose aquellos que según el criterio de uno sean los que más se acerquen a la realidad del crecimiento de la ciudad en estudio. Para la selección de los métodos por aplicar hay que estudiar, las características de la ciudad, viendo los

factores que afectan su crecimiento tanto actuales como futuro. Curva de Crecimiento.- La curva de crecimiento de la población se encuentra trazando graficamente todas las curvas encontradas por los métodos empleados, escogiendo la mas apropiada o trazando una curva promedio de acuerdo al criterio personal de quien efectúa el estudio.

Todos los métodos empleados para calcular el crecimiento de una población estan basados en el anterior crecimiento de esa o en el crecimiento de ciudades de características similares que cuentan con mas habitantes.

En el Perú el estudio sobre el crecimiento de una población, es bastante difícil, por la falta de datos estadísticos, así tenemos que no obstante de haberse realizado cinco censos generales anteriores al año de 1940, sólo hay datos de dos de ellos (el de 1862 y 1876) siendo el primero malo por la forma deficiente como se llevó a cabo. El problema se agrava aun mas tratándose de ciudades de la Sierra, puesto que se encontraba abandonada esta región y solamente hay datos exactos de la ciudad de Caraz en el Censo del año de 1940, a partir del cual se tienen los siguientes datos:

1940.....	3,355 habitantes
1945.....	3,700 habitantes
1950.....	4,088 habitantes
1952.....	4,256 habitantes
1955.....	4,511 habitantes
1958.....	4,787 habitantes
1960.....	4,989 habitantes

Como ilustración, creo necesario hacer una rápida exposición de los métodos utilizados para el cálculo de una población, explicando a la vez, el método mas aplicable al caso presente.

Método gráfico.- Es un sistema coordinado, se lleva en las abscisas los años, desde el periodo en que hay datos estadísticos al tiempo por el cual ha de servir el estudio y en las ordenadas las poblaciones en determinados años anteriores, la curva que se obtenga de unir los puntos correspondientes se le prolonga siguiendo una forma regular y empleando el criterio personal. La prolongación de esta curva, representa el futuro crecimiento. Este método por ser personal, no es exacto.

Método aritmético.- Este método considera que el crecimiento de una población es constante, en un periodo determinado de años que puede ser de 5, 10, etc. Este incremento se multiplica por el número de periodos que hayan desde la fecha del último dato de población del año que se desee, sumándose el producto a la última población. Este método es aplicable para poblaciones que sólo tie-

nen crecimiento vegetativo, pues dá aumentos pqueños de pobla-
ción . La fórmula empleada para el cálculo de la población por
este método es el siguiente:

$$P = p(1 + rt)$$

Esta fórmula es similar a la empleada para el cálculo del monto
sometido a Interés Simple.

El presente ejemplo aclara la explicación del método. En el ca-
so de Caraz tenemos los siguientes datos obtenidos de la Direc-
ción Nacional de Estadística:

Población en 1940 3,355 habitantes
Población en 1950 4,088 habitantes

De donde tenemos:

P = población futura en el año de 1990

p = población base para el cálculo 3,355 habitantes

t = número de periodos de 10 años = 5

$$r = \text{incremento por uno de un periodo} = \frac{4088 - 3355}{3355} = \frac{733}{3355}$$

luego:

$$P = 3355 \left(1 + \frac{733 \times 5}{3355} \right) = 7745 \text{ habitantes}$$

Esta cifra es la mas probable.

Método del Incremento Geométrico.- Consiste en considerar el cre-
cimiento de las poblaciones, semejante al de un capital colocado
a interés compuesto. Para ello se determina el porcentaje de in-
cremento de la población en la última década o el promedio de va-
rias décadas, tomándose a esto como incremento. Este método se a-
plica a poblaciones juvenes cuyo crecimiento es rápido. Los resul-
tados que se obtienen son elevados. Este método por su caracter
constante, no representa totalmente las multiples variaciones y
alternativas que suceden a la realidad en el movimiento de las ma-
sas humanas. La fórmula empleada es la siguiente:

$$P = p (1 + r) ^ t$$

Para el caso de Caraz se tiene:

$$P = 3355 \left(1 + \frac{4088 - 3355}{3355} \right)^5 = 182,300 \text{ habits.}$$

Esta cifra es demasiado elevada por lo cual no será tomada en cuen-
ta.

Método del Incremento Variable.- Consisten en sacar 1) El promedio
de los incrementos de cada década; 2) Se promedia los aumentos o
disminuciones entre cada incremento sucesivo; 3) Ambos se conside-
ran como constantes para el cálculo futuro. Para la aplicación de
este método se requieren por lo menos tres datos sobre población,
siendo sus resultados los mas recomendables. Para el caso de Caraz
se puede aplicar pues se conocen datos de población del año de 1940
1945-1950-1952-1955-1960.

Ejemplo:

1940	-----	3355	-----	245	-----	43
1945	-----	3700	-----	288	-----	613
1950	-----	4088	-----	901	-----	
1960	-----	4989				
				1434		656

$$P_{60} = 4088 + \frac{1434}{3} + \frac{656 \times 1}{2} = 4,894 \text{ habitantes}$$

$$P_{70} = 4894 + \frac{1434}{3} + \frac{656 \times 2}{2} = 6,027 \text{ habitantes}$$

$$P_{80} = 6027 + \frac{1434}{3} + \frac{656 \times 3}{2} = 7,484 \text{ habitantes}$$

$$P_{90} = 7484 + \frac{1434}{3} + \frac{656 \times 4}{2} = 9,274 \text{ habitantes}$$

Por ser esta cifra la mas aproximada, tomaremos como poblacion para el año de 1990, 10,000 habitantes.

Método comparativo.- Se basa en el crecimiento de ciudades mas desarrolladas que la que se está estudiando, pero que tienen características geográficas y comerciales similares. Consiste en trazar en un sistema coordinado las curvas de crecimiento que las ciudades tomadas en comparación, de tal manera que todas ellas pasen por la población presente de la ciudad en estudio. Las curvas asi obtenidas sirven de guia para trazar la curva de crecimiento de la población. Este método no puede aplicarse para el caso de Caraz por haber solamente una población (Huaraz) mayor que ésta y que carece tambien de datos estadísticos anteriores que permitan el trazo de la curva.

Otros métodos.- La Dirección Nacional de Estadística, emplea ecuaciones de 2° y 3° grado para determinar el crecimiento de una población, según cuente con tres o cuatro datos anteriores sobre el número de habitantes. Las ecuaciones empleadas son las siguientes:

$$\text{Ecuación de Segundo Grado: } Y = A + Bx + Cx^2$$

Siendo:

Y = población para un número dado de años

x = número de años

A, B y C son constantes que se determinan, conociendo la población de diferentes años.

$$\text{Ecuación de Tercer Grado: } Y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3$$

El uso de las curvas de 2° y 3° grado como representativas del crecimiento de una población, son pura especulación matemática ya que si se cuenta con mas datos, como cinco o seis se podría usar ecuaciones de 5° y 6° grado. Lo que se puede afirmar cier-

tamente, es que estas curvas no representan el verdadero crecimiento de una población por estar éste subordinado a muchos factores que no pueden cerrarse en una ecuación.

Podría muy bien aceptarse el crecimiento de la ciudad de Caraz, para el año de 1990 de 10,000 habitantes, sino la afectaran factores importantes, que han de determinar un mayor crecimiento. Como podrá apreciarse por lo expuesto, las cifras de población dadas por algunos métodos son muy superiores a las que se consigna en el proyecto, sopesando los factores enunciados, sin salir mucho de las especificaciones voy a considerar para Caraz una población de 10,000 habitantes para el año de 1990, cifra que servirá para los cálculos posteriores. Es decir que considerando un índice progresivo de 2% que es el observado en toda la zona del Callejón de Huaylas y tomando como base el Censo de 1940, se tendrá para el año de 1990, una población de 10,000 habitantes, que es el que he considerado en este proyecto.

Area actual y futura de la ciudad.- La ciudad de Caraz abarca un área urbana neta de 31.8 hectareas, descontando las áreas libres, por lo que su densidad promedio sea de 157 habitantes por hectarea. Siendo esta densidad promedio consecuencia de dividir el número de habitantes entre el número de hectareas que ocupa la población. El número de 157 habitantes por hectarea de población según el Manual de Forester, se considera una población medianamente poblada.

A medida que una población aumenta la densidad sube, aun cuando cuente con una área donde extenderse. Las razones que motivan la mayor densidad son varias, siendo una de ellas, la necesidad de tener las cosas o productos cercanos, pues a mayores distancias se presenta el problema del transporte, estas consideraciones me inducen a fijar el crecimiento del área de Caraz a no mas del 40% del área que abarca en la actualidad, llegando así para el año de 1990 a ocupar 44.5 hectareas. En este caso la densidad será de:

$$10,000 / 44.5 = 225 \text{ hab./Ha.}$$

Este valor corresponde a una población que según Forester se aproxima a una población densamente poblada.

En el plano se considera la zona de expansión, habiéndose distribuido las 12.7 hectareas en la zona que se considera de probable crecimiento.

Topografía y característica de la zona.- La ciudad de Caraz, pertenece al Departamento de Ancash, es la capital de la provincia de Huaylas, se halla situada en la región de la Sierra y a una altura promedio de 2,295 metros sobre el nivel del mar. Su extensión está enmarcada en su parte Norte, con el río Llullan. por el Sur con las Pampas de San Miguel, por el Este con los cerros de San Juan y por el Oeste con las Pampas de Yanacocha.

Siendo la dirección de las Pampas de San Miguel y Yanacocha las que oblidamente tomaría para el futuro crecimiento. La población se ha desarrollado en un plano que se puede considerar con fuerte pendiente, entre la Planta de Tratamiento y la Plaza de Armas. La constitución del terreno superficial es pedregoso en su mayor parte, con un 30% de arcilla. Las calles no tienen pavimento a excepción de la rodea la Plaza de Armas que posee adoquinado. Dispone de veredas en un 80%, hecho con mortero de cemento y arena. Todas las casas llevan techo inclinado y su construcción en su mayoría es de abobe, aunque actualmente se está haciendo mucha construcción de ladrillo y concreto.

Reseña histórica de Caraz.-

Origen de la palabra Caraz.- No sabemos a ciencia cierta el origen de la palabra Caraz, pero existen muchas opiniones acerca de ella. El ilustre tradicionista caracino don Celso V. Torres nos dice que la etimología del nombre de Caraz, se desprende de la palabra quechua Kallash, que significa esteril y sin vegetación, refiriéndose a los cerros del poniente de este sector. Se cree también que se deriva de Kgara-Pumcu (puerta de cuero) por que en tiempos preteritos las puertas eran de cuero. Otras versiones acerca de la etimología de Caraz es la que se refiere a Kgarash que significa regalar, prodigar y es que sus habitantes son generosos. Finalmente se supone que Caraz tomó su nombre de Karas, en la posibilidad de que los habitantes de la civilización ecuatoriana correspondiente a los Karas, se establecieron en estos lugares, cumpliendo el sistema incaico de los mitimaes y a quienes se les llamó Karascuna.

Epoca incaica.- Una de las manifestaciones predominantes de esta época, fué el espíritu de conquista y dominación de los incas de allí el ensanchamiento progresivo de su territorio.

El Inca Pachacutec al hacerse cargo del Imperio, tuvo como objetivo principal someter a las tribus o señoríos que existían mas allá de sus dominios. Así gracias al apoyo de su hermano el valiente Jefe Capac Yupanqui, logró que los huayllas se sometieran a su mandato.

El Inca Garcilaso de la Vega en sus "Comentarios Reales de los Incas" Tomo II nos dice "El Inca Capac Yupanqui pasó a mano derecha del Camino Real, con la misma industria y maña redujo dos provincias muy grandes y de mucha gente, la una llamada Ancara y la otra Guayllas; dejó en ella como en las demas los ministros de gobierno y de hacienda, y la guarnición necesaria....."

En la época del Virreynato en tiempos de la Segunda Visita Pastoral de Santo Toribio se contaba con 260 indios tributarios y 57 reservados con 1094 almas. Los indios de Caraz eran mitimaes de Conchucos, puestos allí " por sus antiguos señores los ingas".

Era párroco Fray Pedro Alvarez, dominico. La Iglesia poseia 10 canchas de ovejas y una el Hospital.

Durante la Emancipación, la Historia Militar del General Carlos Dellepiane nos dá a conocer:

"Los batallones colombianos se encontraban escalonados a lo largo del Callejón de Huayllas, desde Cajatambo hasta Huayllas ocupando los siguientes lugares:

En Huayllas y Caraz los batallones "Vencedor y Rifles" respectivamente.

En Caraz y Yungay respectivamente los "Husares de Colombia y Granaderos de Colombia"

En Caraz acantonaban también los "Granaderos de los Andes", juntamente con la caballería colombiana.

Finalmente el "Batallón Caracas" desembarcado en Santa a fines de Junio, se encaminó por Huayllas, Chavin, para unirse al ejercito patriota.

Las huestes libertarias tenian tan magnifica presentación que inspiró al General Miller a escribir desde Caraz a un amigo en Londres " Yo le aseguro que los libertadores, tanto la infantería como la caballería, pueden presentar una revista militar en el campo de Saint James y llamar la atención".

En la campaña de Restauración, la provincia de Huayllas, como parte integrante del entonces departamento de su nombre, alzó su bandera a favor de la Restauración el 17 de Setiembre de 1838 y poco después proclamó Jefe Supremo al General Francisco Vidal.

Durante la coalición, allá por los años de 1894 al 95 el Perú era presa de la dictadura militar. Para entonces gobernaba el General Andrés Avelino Cáceres, que acosado por su impopularidad se sostenía en el gobierno a costa de prisiones y persecuciones.

El 25 de Octubre de 1894, el Jefe Demócrata don Nicolas de Piérola desembarcó cerca de Pisco, hecho que causó entusiasmo entre los caracinos, con la consiguiente iniciación de la guerra civil en el Perú.

En Enero de 1895, llegó a la ciudad de Caraz, una columna de los "Montoneros de Casma" a órdenes de Juan Leclere, con quienes los caracinos intentaron atacar la Prefectura en Huaraz.

Los acontecimientos políticos culminan en Sihuas con la batalla de Pachashimu el 18 de Marzo de 1895, donde toman parte muchos caracinos, le sonríe la victoria a las fuerzas de don Nicolas de Piérola.

La ciudad de Caraz, fué creada por la administración de Bolivar en 1825 y reconocida por ley de 2 de Enero de 1857, fué hecho Villa en la época del Virreynato y se le conocía con el nombre de Atun-Huayllas, llegando a ser ciudad, por ley de 28 de Noviembre de 1899.

Actividades de los pobladores.- Las actividades de sus pobladores son diversas, puesto que Caraz tiene todas las condiciones favora-

bles para la agricultura y la ganadería; clima propicio para el cultivo de todas las plantas, agua en abundancia, tierras fértiles y además su suelo encierra minerales, completando la riqueza del Distrito.

La agricultura está constituida por plantas alimenticias cultivadas en esa zona y que son las siguientes:

Cereales: maiz, trigo, cebada, quinua, ajonjolí, avena, etc.

Legumbres: Arbejas, habas, frijoles, pallares, lentejas, garbanzos, maní, etc.

Tuberculos: Papas oca, olluco, yucas, camotes, etc.

Hortalizas: Zanahoria, beterraga, lechuga, col, berro, yuyo, tomate, rocoto, aji, culantro, huacatay, etc.

Plantas medicinales: Manzanilla, yerba luisa, culen, menta, romero, amapolas, etc.

Plantas forrajeras: El llano, el grass ordinario o champa y el ichu o paja gramínea de nuestras punas.

Plantas industriales: El carrizo y los mimbres, el sauce maduro, el aliso, el perejil y el quinal, el eucalipto, el maguey, la higuierilla, la caña de azúcar y actualmente se está cultivando en gran escala el lino.

Entre los minerales tenemos: el carbón de piedra, cal, yeso, arcilla, arena y aguas minero-medicinales.

La minería se desarrolla en regular escala, se explota carbón de piedra que se encuentra en grandes cantidades, existen canteras de cal y yeso en Ananca y Shoesha que también se explota en gran cantidad y de muy buena calidad.

La arcilla o tierra de alfarero, se encuentra en abundancia, dando lugar a la fabricación de tejas, ladrillos, ollas y cantaros.

Existen otras industrias privadas como son: Fabrica de Aguas Gaseosas "El Aguila", que abastece a todos los pueblos del Callejón de Huaylas y otros lugares, elaborando mas de 100,000 docenas de botellas por año.

Existen varios molinos para granos, los cuales atienden a todos los pueblos vecinos.

También existen muchos talleres de zapatería, sastrería, aserraderos y bordaduras.

Factores que influyen en el consumo del agua.- Muchos son los factores importantes que influyen en el consumo promedio del agua por habitante en un día, en las ciudades de nuestro país y ellos son: Tamaño de la ciudad, clima, habito de los pobladores, industrias, calidad del agua, presión, costo, medidores y eficiencia de las obras. De todos estos factores el mas importante es el clima, por ser Caraz una ciudad de clima templado, lo cual aumenta el consumo comparado con el de las ciudades de clima

frigido. También el hecho de tener la mayoría casas huertas y jardines interiores requieren mayor consumo para el riego. Como en esta ciudad difícilmente se implante nuevas industrias, no se ha de necesitar mayor demanda de agua.

- - - - -

C A P I T U L O I I

INTRODUCCION AL SANEAMIENTO

La grandeza griega en la antigüedad se debió al afán por hacer realidad este bello aforismo "Mente sana en cuerpo sano" y sólo se tiene un cuerpo sano, cuando se tiene salud. ¿Qué es salud?. Hay varias definiciones sobre lo que es salud, de las cuales, dos son las mas completas y ellas son: 1) La salud es sentirse bien y estar libre de todo mal corporal y la 2) que es mas amplia dice: Entiéndese por salud, el estado de equilibrio humano, entre los medios geográficos, cosmico y social. Es imperativo por tanto tratar de asegurar la vida humana, la cual se consigue por medio de la Higiene, que es la disciplina que trata de la población con relación a sus tres ambientes, para estudiar las leyes de adaptación, perduración y perfección. En consecuencia el objeto de la higiene es la conservación de la salud precaviendo las enfermedades, mediante el empleo de los servicios sanitarios que pueden ser de Asistencia, Saneamiento y Profilaxia.

Servicio de Saneamiento.- Son todos aquellos avances que se realizan a los ambientes que rodean una población para su perfecto desarrollo y que constituyen el campo de la Ingeniería Sanitaria, estos avances comprenden: a) Agua Potable; b) Desague; c) Aseo colectivo (disposición de basuras); d) Viviendas; e) Control de roedores; f) Lucha contra vectores transmisibles de enfermedades; g) Lugares públicos; h) Pavimentos; i) Planeamiento o zonificación y otros servicios mas que se aplican tanto en el medio urbano, como en el rural.

Ocupa un lugar preferencial en el Saneamiento, el Agua Potable, razón suficientemente grande, para justificar el establecimiento de este servicio en una ciudad.

Estado actual del Servicio.- La población de Caraz, se abastece actualmente de las aguas provenientes del río Llullan, las cuales son captadas mediante una toma rústica y conducidas a la población por una acequia descubierta, con una longitud de 1/2 kilometro, hasta un pozo desarenador, de donde arranca una tubería de fierro galvanizado de 3", que distribuye el agua por pilletas. El agua así utilizada, no es potable ya que se encuentra contaminada, no sólo en el recorrido de la toma a la población

sino aguas arriba, donde la gente campesina usa el agua sin precaución sanitaria alguna. Además en tiempo de avenidas el agua es turbia cargada de gran cantidad de material de arrastre lo que obliga a la población la utilización de pequeños filtros domesticos.

Necesidad y urgencia de ejecutar estas obras.- Ninguna obra pública beneficia tanto a los pobladores de una ciudad como un buen Servicio de Agua Potable y Desague. Estos Servicios además de mejorar las condiciones sanitarias de la población, son indice de porvenir cultural. La no existencia de Agua Potable en Caraz, ha ocasionado muchas enfermedades en diferentes épocas, muchas de ellas de origen hidrico, pues la gente recurre a los cursos libres de agua pra abastecerse, estando éstas siempre contaminadas.

C A P I T U L O I I I

CONSUMO DE AGUA Y POBLACION SERVIDA.

Habiendo calculado la población de Caraz, para el Año de 1990 en 10,000 habitantes, voy a considerar esta cifra como a la población que se va a servir de agua en este año, es decir que voy a considerar como consumidora al 100% de la población. En realidad el porcentaje es menos por que en el cálculo de los habitantes no se ha tomado en cuenta la población flotante de la ciudad, que en el caso de Caraz fluctua alrededor de 1,000 habitantes, teniendo sus variantes que llega a su maximo en la época de calor.

Según el Censo de 1940, el porcentaje de población servida, en las ciudades con Servicio de Agua Potable, es de 52% como promedio, cifra que ha de aumentar el nivel cultural sanitario en el Perú, al reformar su legislación sanitaria que obligue a las instalaciones sanitarias domiciliarias en las ciudades donde exista un buen servicio de Agua Potable. Vemos pues que se ha considerado un alto porcentaje para Caraz en la población servida como precaución para el futuro, en que por cualquiera de las razones anotadas se llega a conseguir porcentaje elevado en las instalaciones.

Para el diseño de una Planta de Agua Potable es indispensable el conocimiento de la cantidad de agua requerida para el consumo de la población total y el consumo promedio anual de agua por habitante y por día.

El consumo de agua de una población se estima en litros por habitante y por día; él depende de las actividades de los pobladores, del clima y del modo como se suministra el agua. Así una ciudad industrial tendrá un mayor consumo por habitante que una ciudad residencial. Una región calurosa en tiempo seco, consume mas agua que una situada en región templada o frígida. La ausencia de medidores en un servicio de agua es un factor que aumenta grandemente el consumo, pues el desperdicio de agua alcanza cifras elevadas. Hay otros factores que tienden aumentar el consumo de agua, como son por ejemplo, la buena calidad del agua, las tarifas reducidas, servicio cómodo y alta presión.

El consumo de una población comprende las siguientes partes:

1).- Consumo privado.- Es el total de agua gastada en usos domésticos, como bebida, cocina, aseo personal, lavado de pisos, ropa y aparatos sanitarios, etc.

2).- Consumo público.- Es la cantidad de agua que se gasta en el riego de los jardines públicos, lavado de calles, lavado de servicios higiénicos públicos, fuentes, monumentos, servicios de incendios, edificios públicos, etc.

3).- Consumo Industrial.- Es la cantidad de agua que se necesita para las diferentes industrias establecidas en la ciudad, como fabricas, hoteles, talleres, ferrocarriles, garages, etc.

4).- Pérdidas inevitables.- Son las pérdidas de agua que se producen por la rotura de una tubería, una mala unión de la tubería, un descuido al cerrar un caño, un servicio malogrado, etc.

Según las características de la ciudad, cada consumo tiene su asignación promedio, así en las ciudades de E.E.U.U. del tipo industrial, la asignación para este consumo es grande, cosa diferente ocurre en el Perú, donde el tipo de ciudades es otro.

El promedio del consumo total por habitante por día en nuestras ciudades, varía de 200 a 250 litros por habitante por día. Esta cifra es menor al promedio que se asigna a las ciudades americanas, pero superior al asignado para ciudades europeas.

De acuerdo a los consumos de las ciudades peruanas, voy a tomar para Caraz un promedio de 200 lts/hab/día, teniendo en cuenta su condición de población de serranía y regularmente calurosa durante el día, siendo la asignación promedio para cada clase de consumo mas o menos como sigue:

Para el consumo público de 30 lts/hab/día considerando que Caraz, carece de pavimentación, cuenta con una sólo plaza pública, pero tendrá servicios contra incendios.

Para el consumo privado que es el mas importante en nuestro caso podemos asignarle 120 lts/hab/día por estar en una zona a pesar de ser serranía es calurosa, durante el día.

Para el consumo industrial, tomando en consideración que puedan implantarse nuevas industrias en el porvenir, en esta ciudad del Callejón de Huaylas le asigno 35 lts/hab/día.

Y por pérdidas inevitables un total de 15 lts/hab/día. Sumadas todas estas cifras asignadas, dá un total de 200 lts/hab/día que es la que servirá para el cálculo.

Variaciones del Consumo.- Es de suma importancia conocer como varía el consumo de una población, para poder calcular la capacidad de las cañerías de aprovisionamiento.

El consumo varía de año en año, de mes en mes, de día en día y de hora en hora, siendo mas importantes las que ocurren entre los distintos meses del año, las diurnas y las horarias.

Consumo Maximo Diario.- Las variaciones mensuales en el consumo se deben a las estaciones del año, siendo el consumo mayor en los meses de verano en que se usa mayor cantidad de agua, tanto en el servicio privado como en el público. En algunas ciudades en las estaciones de invierno se consume mas agua por que se deja abierto los caños, para que el agua corra y no se congele en las tuberías. Estas variaciones por lo general no exceden del 12% del promedio anual. Es necesario haber presente que en el Perú, no se presenta este último caso citado, por encontrarse en zona templada.

Las variaciones diurnas, si son grandes comparadas con el promedio anual, ellas alcanzan su maximo en los meses de mayor consumo , llegando alrededor de 150% del promedio anual.

En donde se presentan grandes calores o grandes frios con marcada diferencia entre las estaciones del año, las variaciones diurnas son grandes llegando a pasar el 200% del promedio anual. Considero para Caraz una variación diurna de 150% del promedio por ser una población de región calurosa, aunque sus estaciones no presentan marcada diferencia. En consecuencia el consumo diario maximo para el día maximo en Caraz será:

$$1.5 \times 200 = 300 \text{ lts/hab/día}$$

Consumo Maximo Horario.- Las variaciones horarias en nuestras poblaciones son grandes, esto se debe generalmente por tratarse de poblaciones pequeñas, en las cuales los hábitos de sus habitantes son casi los mismos, cosa que no sucede en las poblaciones grandes donde hay actividades diferentes que hacen variar las costumbres de sus habitantes, habiendo poca variación en el gasto horario por que se compensan unos con otros. De todas maneras, cualquiera sea la clase de población, el maximo consumo horario es el medio día y el mínimo la noche, llegando casi a cero en nuestras poblaciones a partir de las 12 de la noche a las 5 de la mañana.

Algunos consideran el maximo horario en 170% del promedio anual, los autores americanos, aconsejan que se considere el 170% del

maximo consumo diario del año.

En E.E.U.U. se considera la variación horaria para poblaciones menores de 10,000 habitantes en 315% del promedio diario anual, para poblaciones mayores de 10,000 habitantes el 270% y para poblaciones grandes el 200%.

En el Perú se considera para la maxima variación horaria alrededor de 200% del promedio anual.

En Caraz por ser regulares dimensiones, voy a considerar el 150% del máximo diario, es decir el 225% del promedio diario anual. Resumiendo lo anteriormente expuesto tendré para Caraz lo siguiente:

Consumo promedio diario:

$$\frac{200 \times 10,000}{86400} = 23.1 \text{ lts/seg.}$$

Consumo maximo diario:

$$\frac{200 \times 1.5 \times 10,000}{86400} = 35 \text{ lts/seg.}$$

Consumo maximo horario :

$$\frac{200 \times 2.25 \times 10,000}{86400} = 52 \text{ lts/seg.}$$

Demanda de agua para incendio.- Esta demanda varía de acuerdo a los materiales de construcción de que constan las casas en cada ciudad, así ella será mayor en las ciudades donde predominan las casas de madera u otros que sean fácilmente presas de fuego, en cambio será menor en aquellos donde la vivienda sean resistentes al fuego, este es el caso en que los materiales de construcción de las casas fuera de ladrillo, concreto, etc.

La presión del agua requerida para incendios debe ser de 40 libras adicionales para poder vencer la resistencia que oponen las mangueras y poder llegar a las partes mas altas de los edificios. Se requiere pues una presión mínima de 70 a 100 lbs/pulg², que viene a ser la presión máxima permisible para la tubería de distribución. Por esta razón se acostumbra muy poco tener en la tubería la presión suficiente para combatir incendios. En la mayoría de las poblaciones se usa para estos casos motobombas que elevan a la presión requerida, usando la presión corriente de una red que varía generalmente de 21 á 35 lbs/pulg². Para Caraz vamos a considerar este caso.

La demanda de agua para incendios dentro del consumo anual representa un pequeño porcentaje, pero si afecta grandemente el consumo diario y horario, esta influencia es mayor en poblaciones pequeñas.

Algunos autores americanos recomiendan tener almacenada una cantidad de agua para incendios, tal que pueda mantener el

gasto de 4 grifos como mínimo y con un gasto no menor de 175 galones por minuto (11 lts/seg.) con presión de 20 lbs/pulg² (1.4 Kg/cm²) y durante 6 horas para ciudades con menos de 2,500 habitantes y 10 horas con ciudades de mayor población.

La Junta Nacional de Aseguradores contra incendio tiene una tabla que fija la demanda para extinguir incendios, según el número de habitantes (tabla N° 2 de la pag. N° 12 del libro de Vanderberg "Water Supply and Purification"). Estas dotaciones son bastante altas estando fuera de nuestras posibilidades económicas. Para el caso de Caraz según la tabla de J.N.A.A.I. se requiere una dotación de 8,000 galones por minuto. Los valores de esta tabla se determinan por medio de la siguiente formula:

$$Q = C \sqrt{P}$$

siendp:

P = población en miles

C = constante

Q = dotación requerida

Esta formula se basa en la posibilidad de producirse un incendio de mayor o menor magnitud, está en relación con la raíz cuadrada de la población. En el Perú se considera una reserva para incendio igual a dos horas de consumo de la población, que sumadas con las cuatro horas que se considera como reserva para las horas de mayor consumo de la población. Para ciudades grandes con industrias como Lima, Arequipa, Trujillo, etc. y ciudades de la montaña debe calcularse la dotación para incendios utilizando la siguiente formula:

$$Q = 10 \sqrt{P}$$

P = población en miles

10 = Constante

Q = Dotación en litros por segundo.

Si se considera un tiempo de 6 horas necesitaremos para Caraz una dotación de:

$$Q = 10 \sqrt{P} = 10 \sqrt{10} = 31.5 \text{ lts/seg.}$$

con un almacenamiento de

$$31.5 \times 3,600 \times 5 = 569,000 \text{ litros}$$

A parte de las 4 horas que se considera como reserva para las horas de maximo consumo, que para Caraz sería:

$$R = \frac{10,000}{6} \times 200 = 333,333.33 \text{ lts.}$$

Si se toma en consideración el criterio de 4 grifos como mínimo para cualquier punto que estalle el incendio se tiene:

$$Q = 260 \times 4 \times 60 \times 4 \times 3.785 = 946,000 \text{ litros}$$

He considerado un gasto de 260 galones por minuto que es el caso de boquillas de 1 3/4" con una presión de 45 lbs/pulg² y con un tiempo de duración de 4 horas, que es el tiempo de duración de un incendio para casos presentados en ciudades nuestras.

Según la J.N.A.A.I. será una reserva necesaria de:

$$Q = 8,000 \times 60 \times 12 \times 3.785 = 21'801,600 \text{ lts.}$$

Se ha tomado una duración de 12 horas por tratarse de una población de 10,000 habitantes. Como se podrá ver esta cifra es completamente elevada por lo cual la desecho por antieconómica a pesar de estar consignada entre las especificaciones del proyecto. Aun en el caso de tomar una duración de 4 horas nos dará 7'267,000 litros.

En consecuencia vistos todos estos criterios voy a tomar la dotación que se considera para el caso de ciudades peruanas, la de un almacenamiento de 333,333.33 lts. por ser económico y el mas aplicable a nuestro medio. Esta dotación corresponde aproximadamente al gasto de dos grifos durante 5 horas.

Tanque de Regulación.- Se considera por lo general para el tanque de Regulación, un consumo de 4 horas, es decir la sexta parte del consumo diario de la población:

$$V = \frac{10,000 \times 200}{6} = 333.33 \text{ m}^3$$

C A P I T U L O I V

FUENTE DE ABASTECIMIENTO.

El abastecimiento de agua de una población puede proceder generalmente de dos fuentes:

- 1).- De agua superficial (ris, lagos, arroyos, etc.)
- 2).- De agua subterránea (pozos, manantiales, galerías filtrantes)

En ambos casos las fuentes de agua provienen de la precipitación de las aguas que caen ya en forma de lluvias, nieve o granizo, manteniéndose una parte sobre el suelo como agua superficial, otra que se introduce al sub-suelo formando las aguas subterráneas y finalmente la otra parte que es aprovechada por los animales, plantas o que se evapora nuevamente.

La principal fuente de abastecimiento de agua de la mayoría de las ciudades la constituye el agua superficial, sin embargo puede adoptarse, una fuente de agua subterránea si es mas conveniente. Sucede muchas veces el caso que se cuenta con mas de una fuente de abastecimiento en cuyo caso se elegirá la mejor de ellas. En algunos pueblos donde el régimen de lluvias es abundante se utiliza el agua de lluvia como fuente de abastecimiento, empleando para el abastecimiento de agua, cisternas. Este sistema está demás en la actualidad por su difícil control sanitario, además de estar el agua expuesta a contaminación y a múltiples inconvenientes.

En Caraz el actual servicio es muy deficiente, la población se abastece actualmente de las aguas provenientes del río Llullán, las cuales son captadas mediante una toma rústica y conducidas a la población por una acequia descubierta con una longitud de $\frac{1}{2}$ kilómetro, hasta un pozo desarenador de donde arranca una tubería de fierro galvanizado de 3" que distribuye el agua por medio de piletas. El agua así utilizada, no es potable ya que se encuentra contaminada, no sólo en el recorrido de la toma al desarenador y a la población, sino aguas arriba de la misma toma, donde la gente campesina usa el agua sin precauciones sanitaria alguna. Además en tiempo de avenidas el agua es turbia cargada de gran cantidad de material de arrastre lo que obliga a la población la utilización de pequeños filtros domésticos.

Río Llullan.— La única fuente de abastecimiento son las aguas del río Llullan, ya que tampoco existe quebradas laterales, ni se conocen pozos que demuestren la existencia de una napa acuífera aprovechable.

El río Llullan es de régimen constante, formado por los deshielos de la Laguna Parón que desciende de la Cordillera Blanca, su caudal máximo es de 6.00 m³/seg. y el mínimo de 2.00 m³/seg. arriba de las tomas de acequias existentes. La diferencia de niveles en máxima y mínima no es mayor de 0.40 m. y en avenidas los daños producidos no son de importancia.

Aguas arriba el punto escogido para toma, no existen descarga de líquidos industriales. En su recorrido el río atraviesa terrenos de origen aluvionicos. Las margenes están en su mayor parte constituidos por terreno cascajoso y terra vegetal.

Aguas abajo del punto de toma escogido para el Servicio de Agua Potable están las tomas de las acequias de regadío de Yanachaca y Cimpayhuara, las cuales tienen caudales de 400 a 500 lts/seg., lo que garantiza un volumen de agua mínimo en la zona donde se ubicará la toma de las obras proyectadas.

Escogido el río Llullan como única fuente utilizable se ha estudiado dos posibilidades:

Captación por medio de galerías filtrantes a lo largo del río Llullan y captación directa de las aguas superficiales. La posibilidad de empleo de las galerías filtrantes se ha desechado al haberse comprobado mediante galerías de ensayo que su rendimiento excavandolas hasta una profundidad de 2.00 metros, bajo el nivel del fondo del río, es de 0.2 lts/seg. por 10 m.l. de galerías, lo que exigiría una longitud total de 1270 m.l. para lograr un caudal de 25.4 lts/seg; longitud que es excesiva por su alto costo y por que en ninguna de las márgenes existe zona que permita la construcción de tal longitud de galerías filtrantes.

La captación adoptada es la de toma directa del río captando aguas superficiales que luego son tratadas en una Planta de Tratamiento situada en la cabecera de la población.

C A P I T U L O V

DESCRIPCION DE LAS OBRAS DE CAPTACION

Toda obra de captación debe tenerse como condición primordial, poder captar, el volumen de agua necesario para el abastecimiento de la población. De acuerdo a esta condición, toda obra de captación bien proyectada debe reunir los requisitos siguientes:

- 1).- Seguridad de operación;
- 2).- Buena ubicación del punto de Captación;
- 3).- Obras de protección de la toma; y
- 4).- Construcción económica.

El primer requisito tiene por objeto, asegurar el abastecimiento de agua de la población evitando que esta quede sin agua en un momento dado.

El segundo requisito tiene por objeto elegir como punto de Captación, aquel que sea mas conveniente y en el que pueda captarse la mejor agua.

El tercer punto consiste en la construcción de obras destinadas a proteger la captación, evitando a la vez la entrada de elementos extraños al conducto de la captación, tales como sedimentos gruesos, cuerpos flotantes, arena, grava, peces, etc.

Las obras de Captación proyectadas en los ríos, dependen del régimen de estos, así cuando la variación de su caudal es pequeño o practicamente el mismo en todas las épocas del año, la captación se hará cerca de la ribera del río y constará de un tubo de toma o conducto de Captación, que generalmente es de fierro fundido, estando la extremidad apoyada, convenientemente sobre un bloque de concreto, pilotes, muro de piedra o muro de albañilería.

Captación.- La captación se ha hecho mediante toma directa situada en la margen izquierda del río Llullan en un punto a 90.00 metros aguas arriba de la toma de la acequia de "Cumpayhuara".

La toma consiste en un muro de concreto ciclopeo de 1:3:6 y 40% de piedra grande, que sirve de defensa a la boca-toma, es de 16.00 m. de largo con alas de 1.50 m. que penetran a 45° en el terreno; sección trapezoidal con paramento mojado inclinado y paramento seco vertical de 0.50 m. en la coronación, cimentación de 1.50 m. de profundidad bajo el nivel del lecho y 2.10 m. de ancho.

Para asegurar el tirante de agua mínimo en tiempo de estiaje, se construirá en caso necesario un barraje transversal de piedra seca de 0.40 m. de alto y 1.50 m. de ancho cerrando el río.

La bocatoma consta de una rejilla y una compuerta.

La rejilla es de 0.30 m. de ancho por 0.80 m. de alto formada por 9 platinas de 4" de ancho y 3/16" de espesor orientadas con su menor dimensión mirando al río, sujetas entre si mediante perfiles "U" que le forman marco. Las alas de dichos perfiles van unidas entre si dos a dos mediante remaches e iran empotradas dentro del muro de concreto. La unión de las platinas a los perfiles son mediante soldadura electrica. La compuerta es de fierro de 0.35 m. de ancho por 0.40 m. de alto por 1/2" de espesor que corre a lo largo de guías formada por angulares de 2". Las guías son de 0.90 m. de largo. El accionamiento de la compuerta se hace por medio de un vástago que termina en su parte superior en una agarradera. Para impedir que en tiempo de creciente el agua pase sobre la compuerta cuando esté baja, el muro de concreto se correrá detrás de la compuerta a un nivel de 0.30 m. sobre el fondo formando la boca de entrada al manal.

De la boca-toma sale una tubería de Conducción al Desarenador de 18.00 ml. de largo y de 10" de diámetro.

La tubería descarga en una pequeña caja desarenadora de 4.00 ml de largo y 1.80 m de ancho, con un tirante de agua de 2.00 m y una altura total de 2.60 m. Sus muros son de concreto ciclopeo 1:3:6 y 40% de piedra grandes, piso de concreto simple 1:2:4, desagüe de tubería de concreto "Hume" de 8". El rebose y el desagüe descargarán al río Llullan.

Las cotas de las obras de cabecera:

Cota fondo del río	2,354.00 m.
Cota nivel de agua	2,354.40 m.
Cota fondo del canal de compuerta	2,354.10 m.
Cota coronación del muro transversal	2,354.40 m.
Cota de entrada del agua al desarenador	2,354.01 m.
Cota piso desarenador	2,352.01 m.
Cota tubería salida a población (parte superior)	2,354.00 m.

Conducción.- La Línea de Conducción estará constituida por - - - 377.50 m.l. de tubería de concreto "Hume" de 10" para 10 libras de presión con un total de 2 válvulas de purga y una válvula de aire. La línea de gradiente tiene una pendiente de 23.8 por mil, lo que con un diámetro de 10" dá una capacidad de 70 lts/seg., que es demasiado suficiente para los requerimientos de 30 años, previendo un futuro mayor y una mayor dotación por habitante.

C A P I T U L O V I

PLANTA DE TRATAMIENTO

Antes de entrar en la descripción de la Planta de Tratamiento a construirse en este proyecto, voy a ocuparme sobre el agua, su clasificación, desde el punto de vista sanitario y requisitos indispensables que deben llenar un Agua Potable.

Las agua según su estado sanitario se les clasifica en:

a).- Agua segura

b).- Agua Potable

c).- Agua contaminada

d).- Agua sucia

e).- Agua infectada

f).- Agua envenenada.

a).- Se conoce como agua segura, aquella que puede ser empleada para beber sin ningún peligro.

b).- Agua Potable es la que además de ser segura, puede ser usada industrialmente.

c).- Agua contaminada es aquella que ha recibido desperdicios pero que tiene buen aspecto, pudiendo estar o no en mal estado.

d).- Agua sucia, es aquella que presenta mal aspecto por haber recibido desperdicios.

e).- Agua infectada es aquella que lleva en si bacterias capaces de producir enfermedades.

f).- Agua envenenada, es aquella que contiene ciertos compuestos principalmente metálicos, que hacen inapropiado su uso.

Como el proyecto presente trata de dar agua potable a la ciudad de Caraz, se tiene que ver si el agua que ha sido elegida como fuente de abastecimiento reúne todas las condiciones necesarias, como para ser considerada apta para la bebida y uso industrial; en caso contrario será indispensable la aplicación de un tratamiento para hacerla potable.

Las condiciones de agua se determina por medio de un análisis por esta razón, para encontrar en un agua sus características y componentes que le den condiciones de potabilidad, es necesario someter una muestra de esta agua a un análisis sanitario.

Análisis sanitario.- Un análisis sanitario comprende las siguientes partes:

1).- Examen Físico, con el cual se determina la turbidez, color, olor y sabor del agua.

2).- Análisis químico, con el cual se determina los sólidos totales, materia orgánica en suspensión, dureza, alcalinidad, contenido de fierro, oxígeno y proporción de cloruros.

3).- Análisis bacteriológico, que determina el número total de

gérmenes y sobretodo a los germenos que producen las enfermedades infecto-contagiosas (Determinación del Bacilo Coli).

4).-Examen Microscopico por medio del cual se investiga la materia orgánica, que puede ser indicio de polución por aguas de albañal o los organismos microscopicos que causan mal olor o mal sabor en el agua que estudiamos.

Para efectuar un análisis sanitario de un agua se necesita poner las debidas precauciones al tomar las muestras de agua y en el momento de realizar el examen o análisis que corresponde.

Voy a describir ligeramente todas las determinaciones que se encuentran en un análisis sanitario, exponiendo además los límites y características que corresponden a un agua potable, condiciones que han de tomarse en cuenta para el agua que ha de servir de abastecimiento a la ciudad de Caraz.

1).- Temperatura.- Interesa saber solamente por el hecho de que una temperatura muy alta o muy baja no agrada al consumidor, un agua fresca tiene mejor sabor. Para determinar su temperatura se emplean termómetros especiales para agua. La temperatura debe ser de 10 á 20 grados centígrados.

2).- Turbidez.- Ella indica la polución por materias extrañas para determinarse se emplea el turbidímetro, con un tubo de platino o comparando con muestras standard de solución de sílice en partes por millón (p.p.m.) que se tiene preparado de antemano.

La turbidez es un fenómeno de absorción y dispersión de la luz producida por las partículas en suspensión (arena muy fina)(arcilla tierra vegetal). Un agua tendrá una turbidez de 100 cuando es igual a una muestra standard, que tiene 10 p.p.m. de sílice. La turbidez en un agua para la bebida no debe exceder de 10 (en la escala de sílice), debiendo ser de preferencia menor.

3).- Olor y sabor.- La presencia de olor en un agua, causa muchas quejas entre los consumidores. El mal olor en un agua es producido por algas, vegetación en descomposición, residuos industriales. Las aguas naturales pueden presentar olor por el fierro o el azufre que pueden contener. El cloro que se usa para desinfección de las aguas para la bebida, causa olor y sabor desagradables. La combinación del cloro con materias extrañas, puede ocasionar muy malos olores.

Un agua no debe tener olor a hidrógeno sulfurado, cloro u otras sustancias, debe estar libre de olores causados por organismos microscopicos. Los resultados de los olores se dan expresados en números o letras, según su intensidad y olor característicos. Por ejemplo un agua sin olor representa el número cero, con un pequeño olor será uno, muy fuerte será cinco, la letra a representa un olor aromático, c olor a cloro, v olor a vegetal; t olor a tierra, etc.

4).- Color.- El color en el agua es debido en su mayor parte a la materia coloidal, estas partículas son generalmente ácidas, su

presencia tiene poca importancia sanitaria pero sirve de ayuda para interpretar otros resultados.

El color se determina por métodos comparativos, empleando soluciones standard de una mezcla de platino con cobalto, también se usa vidrios coloreados de acuerdo a las soluciones standard. El color de un agua no debe exceder de 20 en la escala de cobalto, siendo preferible que sea menor de 10.

5).- Nitrógeno.- Este puede encontrarse en el agua en forma libre o contenido en la materia orgánica.

El nitrógeno se puede determinar por: a) Amoniac libre; b) Amoniac albuminoideo; c) Nitritos; d) Nitratos.

Conociendo la relación entre el Nitrógeno total y el nitrógeno albuminoideo, se puede indicar el origen de la materia orgánica que poluciona con agua. La polución es de origen vegetal si la relación del primero (NT) entre el segundo (NA) es de 2 á 3; si la razón es mayor que esta cifra, la materia que poluciona el agua es de origen animal. Una alta proporción de amoniac libre o albuminoideo, indica un agua polucionada; si el amoniac libre es mayor que el albuminoide la polución se debe a aguas de albañal, siendo la materia orgánica de origen animal. Un agua con alta proporción de nitritos y ausencia o muy poco amoniac indica que se encuentra en proceso de autopurificación. Una agua superficial con una fuerte proporción de nitrato y ausencia de nitritos, indica una anterior polución en el agua que se encuentra autopurificada.

6).- Amoniac.- Es muy fácil dar el límite del contenido de amoniac en el agua en zonas en donde se usa el carbón como combustible. El agua de lluvia llega a contener hasta 6 p.p.m. La cantidad de agua se determina por el método colorimétrico (Nesslerización directa).

7).- Nitrógeno albuminoideo.- Cuando este es de origen animal, el límite de contenido en un agua, no debe exceder de 0.1 p.p.m. Si es de origen vegetal, puede ser algo mayor. Para su determinación se emplea el método del colorimétrico (con permanganato de potasio y reactivo de Nessler).

8).- Nitritos.- Se interpreta de acuerdo con otros resultados. Las aguas subterráneas libres de contaminación, suelen presentar fuertes cantidades de nitritos. Para su determinación se usa el método colorimétrico.

9).- Nitratos.- Las aguas superficiales pueden contener de 0.1 á 1 p.p.m. Para un agua artesiana el límite puede ser hasta 3 p.p.m. El nitrato determinase también por el método colorimétrico.

10).- Oxígeno consumido.- Un agua con alto contenido de materia orgánica, consume bastante oxígeno en el proceso de nitrificación. La cantidad de oxígeno consumido se determina por medio de una solución de permanganato de potasio.

11).- Sólidos totales.- Es la suma total de materias en suspensión y solución en el agua. La cantidad de estos no debe ser mayor de 500 p.p.m. en un agua potable. Los sólidos totales se determinan por evaporación del agua.

12).- Dureza.- La dureza en el agua es causada principalmente por los elementos calcio y algunas veces por fierro y aluminio. La dureza se presenta en forma de carbonato y sulfatos; cloruros y nitratos de calcio o de magnesio (Mg).

La dureza de un agua se mide por varias escalas, generalmente se le expresa en p.p.m., o en la escala francesa en la que un grado hidrométrico equivale a 10 p.p.m. La dureza de un agua se determina por medio de una solución standard de jabón o por medio de la prueba del reactivo de soda.

La dureza puede ser: carbonatada y no carbonatada.

La dureza carbonatada, es aquella ocasionada por los bicarbonatos, también se le llama dureza temporal, por que se creía que podía ser suprimida por completo mediante la ebullición, lo cual no es cierto, ya que se ha comprobado que siempre que da una parte de esta dureza, que no es eliminada.

La dureza no carbonatada, es la causada por sulfatos y otras sales distintas de los carbonatos. Se le llamaba anteriormente con el nombre de dureza permanente.

Desde el punto de vista sanitario, la dureza no tiene importancia, en cambio si es importante como factor económico, pues con ella se consume mucho jabón y presenta dificultades en la industria.

Para el agua de consumo en una población puede aceptarse una dureza variable de 100 á 150 pp.m.

13).- Alcalinidad.- La generalidad de las aguas tienen una reacción alcalina, debido a que contienen carbonatos de calcio y de magnesio y de otros en menor cantidad, sin embargo algunas aguas tienen reacción ácida debido al contenido de materia orgánica que al descomponerse dá lugar a la formación de ácidos orgánicos. La alcalinidad se expresa en p.p.m. de carbonato de calcio ($\text{CO}_3 \text{Ca}$). Hay 3 clases de alcalinidad a saber: a) de hidroxido (OH); b) de carbonato (CO_3) y c) de bicarbonato (H CO_3).

La alcalinidad de carbonato y la de Hidroxido pueden subsistir, conjuntamente en un agua, asi también la de carbonato y la de bicarbonato; en cambio la de hidroxido y bicarbonato no pueden estar presenté en una misma agua. La determinación de la alcalinidad en un agua, se hace tomando una muestra y titulando con acido sulfúrico de normalidad 0.2 N y empleando como indicadores la fenoltaleina y el anaranjado de metilo.

La alcalinidad en una agua para bebida puede variar de 25 á 30 p.p.m. Un agua que necesita el empleo de coagulante (sulfato de alúmina), requiere una alcalinidad teórica de 8 p.p.m. por cada gramo por galón de coagulante, subiéndose esta cifra en la prac-

tica a 12 p.p.m. Un agua no debe tener alcalinidad caustica. La cantidad de carbonatos de sodio y potasio expresados en p.p.m. de carbonato de calcio, no deben exceder de 50 p.p.m.

14.- Acidez.- La acidez en un agua se debe generalmente a la presencia de CO₂ y ácidos minerales y sales hidrosolubles. La mayoría de las aguas son consideradas alcalinas, aunque ellas contengan anhídrido carbónico, que en el agua forma el ácido carbónico (H₂ CO₃). Por esta razón muchas aguas contienen a la vez acidez y alcalinidad (sólo para el caso de acidez debida al CO₂). La determinación del CO₂ se hace por titulación con hidróxido de sodio (Na OH) standard, usando como indicador, fenoltaleína.

15).- Ph.- Se conoce con el nombre de Ph al cologaritmo de la concentración de iones H positivo (H ⁺) en un agua. El Ph se usa en el control de un agua, él mide el grado de acidez o alcalinidad de un agua; así tenemos a menor Ph menor alcalinidad o mayor acidez. La graduación del Ph sirve en el proceso de purificación. Las aguas coloreadas y con baja alcalinidad son corrosivas, en cambio las aguas y con alta alcalinidad, no.

El Ph en un agua debe ser "7" o lo mas cerca a "7", que es el número que corresponde a un agua (Ph de un agua neutra). La aplicación de un coagulante requiere un Ph óptimo para su mejor acción, así por ejemplo: el sulfato de alúmina requiere un Ph variable de 5.5 á 7.5. Para la determinación del Ph en un agua se emplean dos métodos: el colorimétrico y el electrométrico.

16).- Cloruros.- La presencia de cloruros de sodio en un agua es índice de posible polución por deyecciones humanas. Con la determinación de los cloruros se puede apreciar si un agua está o no contaminada, el cloruro tiene la ventaja que no desaparece. Un agua para la bebida debe tener 80 p.p.m. de cloruros, sin embargo se puede aceptar hasta 200 p.p.m. Las aguas con alto contenido de cloruros son peligrosas para los calderos por la posibilidad de formación de ácido clorhídrico (HCl) que tiene gran poder corrosivo. El contenido de cloruros en un agua debe ser igual al promedio de cloruros de esa zona, una mayor cantidad indica contaminación. Las aguas subterráneas o superficiales cercanas al mar, tienen fuerte cantidad de cloruros. Los cloruros se determinan empleando una solución de nitrato de plata.

17).- Cloro libre.- El cloro se emplea en la desinfección de un agua, ya como cloro líquido o como hipocloritos. Para asegurar una buena desinfección, es necesario que haya un excedente de cloro libre que no debe pasar de 0.2 p.p.m.; una mayor cantidad produce un mal gusto en el agua, lo que motiva la queja de los consumidores. El cloro residual en un agua se determina por el método del yoduro de almidón o el de la ortotolidina (método colorimétrico).

18).- Sulfatos.- Estos se hallan en aguas de descargas de minas (aguas ácidas) por la presencia de ácido sulfúrico (H_2SO_4), también aparece como yeso ($CaSO_4 - 2H_2O$) y sulfato de calcio --- (SO_4Ca). El sulfato produce en el organismo un efecto de purgante, por esta razón no debe exceder en un agua para la bebida en mas de 200 p.p.m. En mayor porcentaje es dañino para la salud y produce además incrustaciones en los calderos. Los sulfatos pueden determinarse por el método volumétrico, empleando el clorhidrato de bencedrina. También se usa el método gravimétrico.

19).- Fierro (Fe) y Magnesio (Mn).- Un agua de bebida con fuerte cantidad de fierro presenta un olor desagradable, además corroe las tuberías de plomo, mancha y destruye la ropa y en las tuberías dá lugar a las obstrucciones con la formación de la bacteria de fierro (Crenotrix). Un agua de bebida no debe tener mas de 0.3 p.p.m. de fierro. Los mismos efectos produce el manganeso por lo cual se permite en un agua hasta 0.3 p.p.m.

Las aguas subterráneas son susceptibles de contener una mayor cantidad de fierro que las superficiales, en las que generalmente su contenido es mínimo. El fierro se encuentra en el agua formando sulfatos ($FeSO_4$) en muy raras veces, siendo mas corriente en la forma de carbonatos de fierro que va soluble en el agua (HCO_3)₂ Fe.

El sulfato de fierro existe en el agua cuando el origen ha sido ácido (aguas de drenaje en minas). Cuando el agua va a ser empleada en la fabricación de papel, ésta no debe tener mas de 0.1 p.p.m. de fierro. La cantidad de fierro se determina empleando el HCl concentrado y agua de bromo.

Para otros metales que pueden presentarse en el agua los límites permisibles son los siguientes: Para el plomo (Pb) hasta 0.1 ppm.; cobre (Cu) hasta 0.2 ppm.; zinc (Zn) hasta 5 ppm.

20).- Oxígeno disuelto.- Un agua de buena calidad debe tener siempre una cantidad de oxígeno disuelto. La ausencia de éste indica abundante materia orgánica y comienzo de putrefacción. Un agua con poco oxígeno disuelto presenta generalmente gustos y olores desagradables. El oxígeno disuelto se determina por el método de "WINKLER" y a veces es necesario determinarlo aplicando la modificación de "Lideal-Stewardt". El reactivo principal que se usa en este método es el hiposulfito de sodio que es reductor.

21).- Demanda Bio-químico del Oxígeno.-B.O.D.- La determinación del B.O.D. es una medida requerida del oxígeno, para oxidar la materia orgánica, por medio del microorganismo (bacteria). La prueba consiste en un agua: Primero, el oxígeno disuelto y después de un periodo de incubación a 20°C que es generalmente de 5 días. El BOD a los cinco días no representa sino un porcentaje igual al 68% de la demanda total de oxígeno de la muestra tomada. Para la determinación del BOD se requiere un agua standard. El agua bicarbonatada es la mas usada.

Para el análisis bacteriológico, se necesita mayor cuidado en el muestreo (toma de muestras) considerando el sitio donde se toma. El análisis bacteriológico se hace a las 12 horas o máximo a las 24 horas de haberse tomado la muestra, para evitar el aumento del número de bacterias, que al determinarse daría un resultado erróneo.

El análisis bacteriológico tiene por objeto: 1) Descubrir la contaminación producida por materias extrañas; 2) Hallar el rendimiento de una planta, para poder tomar las medidas necesarias que mejoren su eficiencia en el caso de que éste sea bajo; 3) Para encontrar en el agua organismos patógenos para estudios de epidemiología.

Para la determinación de bacterias se emplean dos clases de análisis: 1) El análisis cuantitativo que encuentra el número de bacterias de una muestra empleando medios de cultivo (agar, gelatina) que favorecen la vida de las bacterias. Si el agua contiene bacterias, ellas se reproducen en el medio de cultivo, viéndose al cabo de 48 horas manchas blancas, que indican la formación de colonias. 2) El análisis cualitativo es más efectivo, se basa en la reacción de ciertas bacterias específicas sobre algunos ingredientes del medio de cultivo. Así el Bacilo Coli es el único que fermenta la lactosa, produciéndose anhídrido carbónico (CO₂) y alcohol en un tiempo de 24 horas y a 37°C.

El número límite que se puede tolerar en un agua está aun en discusión.

La técnica norteamericana aconseja lo siguiente: Toda agua será potable si contiene menos de 100 bacterias por centímetro cúbico a 37°C. La potabilidad del agua se determina por la presencia de bacilo Coli.

En general pueden hacerse las siguientes afirmaciones:

- a).- Se llama agua excelente aquella con menos de 100 bacterias por centímetro cúbico (c.c.) y con reacción negativa al Coli.
- b).- Agua buena, es la que tiene más de 100 bacterias por c.c. pero reacción negativa de Coli en todos los tubos en que se hace la prueba.
- c).- Agua dudosa es aquella que da Coli positivo en un c.c. de agua; y
- d).- Agua mala si da Coli positivo en 0.1 c.c. de muestra.

Índice Coli.- Se llama así al número de Coli que se encuentra en 1 c.c. ó en 100 c.c. de muestra. Esto se obtiene considerando como la existencia de un Coli en la mínima concentración con resultado positivo. Algunas veces suele producirse gas en tubos de menor concentración (~~con resultado positivo~~) del de otro, en que el resultado es negativo, en este caso se toma el tubo de mayor concentración con resultado negativo.

El presente cuadro muestra el resultado de un análisis por báculo Coli_m realizado en cinco muestras.-

R E S U L T A D O				D E L A S P R U E B A S	
10 cc.	1 cc.	0.1 cc.	0.01 cc	Nº de Coli por 1 cc.	e o por 100 cc.
+	-	-	-	0.1	10
+	+	-	-	10	100
+	+	+	-	10.-	1000
+	+	+	+	100.-	10000
+	+	-	+	10.-	1000
T O T A L E S :				121.1	12100
P R O M E D I O D E M U E S T R A S :				24.2	2,422

Los standard norteamericanos recomiendan para un abastecimiento de agua un máximo de 2 bacilos coli por 100 cc.; es un límite conveniente si bien se toma en cuenta que la resistencia del báculo Coli es mayor que el de las bacterias en general, a la acción de los agentes naturales y desinfectantes (cloro, cloraminas). Para un agua subterránea la presencia de Bacilo Coli, puede indicar contaminación de la napa de agua.

Examen Microscópico.- Se determina por este examen, la presencia de materia orgánica, de material arrastrado por las agua de albañal, etc. pero su objetivo principal es encontrar las formas orgánicas que producen malos olores o mala apariencia al agua. El examen microscópico será necesario cada vez que se perciba en el agua algún olor característico.

Toca ahora ocuparme de los procesos que hay que seguir en el tratamiento de un agua para hacerla potable y luego voy a especificar los que han de seguirse para el caso del agua del río Llullan que es la que ha de tomarse para el abastecimiento de la ciudad de Caraz.

El propósito de los procesos de purificación es mejorar el agua persiguiendo los siguientes fines:

1).- Fines sanitarios. Se consiguen eliminando las bacterias, metales tóxicos, mineralización excesiva, contenido orgánico excesivo.

2).- Fines estéticos. Se consigue eliminando el color, la turbidez, olor y sabor de las aguas.

3).- Fines económicos. Se consiguen eliminando la corrosión, dureza, fierro, manganeso y también el color y la turbidez; olor y sabor.

Conocidos ya en forma esquemática, los fines que se persiguen con los procesos de purificación expondré en forma somera estos procesos:

I).- Aereación.- Es el contacto del agua en láminas delgadas con el aire atmosférico, para aumentar el contenido de algunos gases disueltos en el agua (oxígeno) y disminuir el de otros (anhidrido carbónico). La aereación produce efectos difíciles de separar, puede aumentar o disminuir la corrosión, de allí algunas veces se realice la aereación en la atmosfera especial para controlar sus efectos. La aereación persigue cuatro fines los cuales son:

A.- Renovación de olores y sabores.- Debido a:

- 1) Aceites especiales en las algas;
- 2) Descomposición de la materia orgánica;
- 3) Acido sulfúrico ($H_2 S$), esta es la maxima eficiencia en la aereación;
- 4) Cloro;
- 5) Fierro y manganeso.

B.- Renovación de gases.- Debido a:

- 1) Andidrido carbónico (CO_2)
- 2) Acido sulfúrico ($H_2 S$)
- 3) Exceso de cloro
- 4) Sulfatos SO_4

C.- Cambio del Ph por renovación del CO_2 .-

D.- Adición de gases.-

- 1) Oxígeno
- 2) Ozono, etc.

La aereación se consigue por medio de los aereadores que pueden ser de 3 tipos: Aereadores de Gravedad (formados por escalones o planos inclinados, vertederos o planos horizontales perforados); Aereadores Surtidores, son los mas eficaces por que aseguran una completa aereación (pueden ser con tubos perforados o de boquilla); Aereadores de Inyección de Aire (difusores de tubos perforados, de bombas de aire).

Normalmente la aereación reduce la intensidad de los olores del 10 al 15%, pero su eficiencia depende sobretodo del tipo de aereador y de la concentración y clase de olores presentes. La aereación es mejor empleada en aguas subterranas y en aguas que salen de los filtros, para eliminar el CO_2 y $H_2 S$ evitando los efectos corrosivos, aunque es mas económico en estos casos la sal. La aereación es muy importante para precipitar el Fe y Mn.

II).- Proceso de sedimentación.- Para un agua se puede emplear sedimentación simple o sedimentación con coagulante y en algunos casos puede emplearse los dos.

Sedimentación simple, es el asentamiento de las partículas que lleva el agua, por simple acción de la gravedad. La fuerza de la caída de las particulas es la diferencia entre la gravedad y

la resistencia que opone el líquido. La velocidad de caída de las partículas se llama velocidad de asentamiento. El valor de la velocidad de asentamiento a una temperatura de 10°C se llama valor hidráulico de asentamiento de una partícula.

Dos son las leyes que gobiernan la velocidad de asentamiento de las partículas. La primera es para partículas mayores de 0.1 mm. (Ley de Hazen), la segunda es para partículas menores de 0.1 mm. (Ley de Stokes).

La sedimentación simple es muy lenta por lo cual sólo se usa para grandes periodos de asentamiento, para grandes sedimentaciones de sustancias muy pasadas y grandes, como complemento del tratamiento químico, para ahorrar parte del coagulante; para eliminar grandes variaciones de turbidez.

Con el empleo de la sedimentación simple, no se consigue un agua con menos de 50 p.p.m.

La sedimentación con coagulante, se emplea con el fin de conseguir una mejor y mas rápida sedimentación de las partículas en suspensión.

III).- Filtración.- Es un proceso que completa la obra de la sedimentación. La filtración consiste en el pasaje del agua a través de los medios porosos (filtros) que retienen las impurezas. La filtración puede ser lenta o rápida. Las características de una filtración lenta son las siguientes:

- a) Velocidad de filtración baja de 1.5 á 10 m³/m²/día
- b) No tienen tratamiento químico preliminar
- c) El film natural es el factor principal en la filtración.

Los filtros lentos se usan para:

- 1) Agua que tienen poca turbidez inicial (menos de 50 p.p.m.)
- 2) Por la existencia de plantas antiguas que obligan el uso de estos.
- 3) Para renovación de fierro y manganeso
- 4) Como complemento de plantas de filtro rápido en aguas muy contaminadas.

La eficiencia de un filtro es de 98 á 99% y si trabaja con sedimentación simple preliminar y clorinación, su eficiencia aumenta de 99.8 á 99.9%.

La filtración rápida se caracteriza por:

- 1) Alta velocidad de filtración de 100 á 180 m³/m²/día
- 2) Por absorción de materias extrañas
- 3) Por que el film se rompe y la absorción se produce a profundidad.

IV).- Tratamiento por Contacto(Absorción).- Tenemos el tratamiento con carbón activo, su objeto es eliminar los malos olores y sabores del agua. El carbón activo es una forma del carbón vegetal, usado para la purificación del agua y se presenta en forma granular

o como polvo fino. Los carbones trabajan según el conocido fenómeno de absorción. El carbón activo se aplica mientras el agua circula a través del sistema de purificación. El equipo de alimentación puede ser para carbón activado en seco o en solución, siendo el primero el más usado, por ser el más sencillo.

V).- Tratamiento correctivo.- Este tratamiento puede ser: 1) Ablandamiento y 2) Control de Corrosión.

El ablandamiento o corrección de la dureza se aplica cuando el agua tiene exceso de sales de calcio (Ca) y Magnesio (Mg) y en menor proporción fierro, aluminio y otros. Estas sales al combinarse con el jabón dan precipitado brumoso que impide la formación de lavasa.

La dureza carbonatada contiene carbonatos (máximo 15 p.p.m.) y bicarbonatos (más del 90% de la dureza carbonatada)



La dureza permanente la forman los sulfatos, cloruros y nitratos, estos sólo precipitan por aumento de concentración.

La razón que motiva el ablandamiento de un agua es principalmente económica, así por ejemplo: un agua con 20 ppm. de dureza consume una libra de jabón por metro cúbico y usando la corrección, una libra de cal neutraliza tanta dureza como 20 libras de jabón. Si se toma en cuenta que una libra de cal es inferior en precio a una libra de jabón, se verá la gran economía. Estas son las objeciones en contra de la dureza que motivan su corrección:

- a) Mal sabor;
- b) Decoloración y precipitación en comidas y bebidas;
- c) Aumento en el jabón consumido;
- d) Dificultades en las industrias(textiles);
- e) Interferencia en los procesos químicos (fabricación de papel);
- f) Incrustaciones en los tubos, calderos, etc.

Para conseguir la corrección de la dureza hay dos métodos a saber: 1) El de la cal y carbonato de soda, seguido generalmente de filtración; 2) Filtración a través de zeolitas.

El proceso de cal y carbonato de soda, se sintetiza en las reacciones que se realizan y que más tarde aparecen. La cal sirve para eliminar la dureza carbonatada y la soda para eliminar la dureza exenta de carbonatos.



Puede verse claramente que para precipitar el Mg se necesita doble cantidad de Ca (OH)2 que para precipitar el Ca.



El método de la cal y carbonato de sodio se emplea mas en los abastecimientos de agua para poblaciones.

Las Zeolitas.- Son compuestos químicos que tienen la propiedad de intercambiar iones de calcio por iones de sodio (son silicatos de aluminio y de sodio). El material de las zeolitas se presenta en forma granular y se dispone como la arena en un filtro. Cuando se ha consumido el sodio de la zeolita, pasa lo siguiente:



Las zeolitas pueden ser naturales o artificiales, siendo la eficiencia de estas últimas mayor. Las zeolitas se regeneran haciendo pasar por una éstas por una solución de salmuera en una concentración del 5 al 10%.

El método de filtración a través de zeolitas se aplica en instalaciones privadas o en pequeños establecimientos industriales. En casos excepcionales puede combinarse los dos métodos.

VI).- Control de la corrosión.- La corrosión de un agua se manifiesta en las tuberías, disuelve el fierro que ellas contienen y forman hidrato ferroso que pasa a hidroxido ferroso, dando un precipitado de color café que mancha la ropa o ya formando concreciones de hidrato y carbonato férrico en las paredes del tubo, disminuyendo el diámetro de éstos.

El agua de los pozos y manantiales es con frecuencia corrosiva debido al CO₂. Si un agua tiene escasa alcalinidad, una pequeña cantidad de CO₂ puede causar trastornos.

Como regla general se puede decir que un agua saturada de carbonato de calcio, es un agua no corrosiva.

El poder corrosivo del agua depende del oxígeno disuelto que contiene; cuando éste se encuentra en una concentración muy alta es preciso mantener el Ph alto para evitar la corrosión.

La corrosión se controla con hidrato de calcio u otras sales alcalinas, también se emplea la aereación o deareación, según convenga el caso.

VII).- Desinfección.- Es un hecho curioso el que no exista agua pura en la naturaleza; aun el agua de lluvia al caer absorbe pequeñas partículas de hollín y de polvo en la atmosfera.

Cualquiera que sea la fuente de abastecimiento (río, lago, pozo, manantial, etc), siempre hay riesgo de contaminación y un agua contaminada es el origen de las enfermedades hidricas en forma epidémica.

Esto quedó demostrado en 1849, cuando la epidemia del cólera azotó Londres.

Burdon Souderson en 1871, fué el primer hombre que observó en su microscopio la multitud de organismos vivos que habían en una gota de agua, luego vienen muchos científicos entre ellos Panster, que demuestra la necesidad de librar el agua de estos microorga-

ganismos patógenos para evitar las enfermedades. He aquí donde nace el proceso de purificación. Este proceso se emplea con el fin de destruir los germenés del agua.

Los métodos usados para la desinfección pueden ser: 1) Físicos; 2) Químicos y 3) Electricos. En ambos casos se emplea como desinfectante el cloro en estado líquido ó sólido formando sales (cloritos e hipocloritos); el ozono (O₃), etc. De todos estos desinfectantes el cloro es de mayor aplicación. El uso mas común como tratamiento final después de la filtración, es el cloro líquido.

Cloro.— Su nombre viene de la palabra griega Chlorus, que denota el color amarillento verdoso que lo caracteriza.

En la actualidad se dispone de dos procesos de clorinación y son: 1) El proceso del Breack-Point y 2) El proceso de cloro-amoniaco.

1).- Proceso de Breack-Point.— Desarrollado en 1940, ha probado brillantemente su importancia en el tratamiento del agua. Produce los residuos libres de cloro útil que tan eficaces son específicamente para matar bacterias y oxidar materias orgánicas e inorgánicas. Los residuos libres de cloro útil son de rápida acción y permiten el uso del poder total oxidante del cloro.

Estas características hacen a tales residuos específicamente valiosos en caso que se desee una esterilización rápida.

Además estos residuos de alta potencia oxidante reaccionan con ingredientes tales como materias orgánicas productoras de sabor, lo que no sucede con las cloraminas. El equipo moderno para el control del proceso Breack-Point es bastante perfecta.

2).- Proceso del Cloro-Amoniaco.— Consiste en la producción de cloraminas, conocidas ahora como residuos de cloro combinado, aprovechable por la adición de cloro en aguas que contienen amoniaco y echando tanto cloro como amoniaco. Los residuos producidos de esta manera son de acción mas lenta que el proceso de -- Breack-Point, pero con valores de Ph superiores a 10. Este sistema se usa frecuentemente para mantener los residuos por todo el sistema de distribución. Las cloraminas se emplean también para tratar aguas que contienen compuestos fenolicos, para evitar la formación de cloro-fenolicos mal olientes.

VIII).- Control de olores y sabores.— Este proceso se hace por medio del cloro, las cloraminas, el carbón activado, permanganato de potasio, aereación, amoniaco, etc.

Para controlar el crecimiento de las algas que son generalmente las que producen los malos olores y sabores en el agua, se usa la precloración. A veces un exceso de cloro produce mal sabor en el agua por lo que es preferible usar en vez de él las ----

cloraminas. Este mal olor se debe generalmente a la combinación del cloro con pequeñas cantidades de fenol que suele haber en las aguas, Se ha comprobado que basta 0.001 p.p.m. en un agua que tiene 0.2 p.p.m. de cloro para dar un mal sabor al agua. El empleo de amoniaco antes de la cloración es eficaz para evitar el mal sabor y también impide el crecimiento posterior de algas aumentando el poder bactericida.

La dosis de amoniaco a emplear se determina por ensayos químicos, pero varía generalmente entre la mitad y la sexta parte de la dosis de cloro que se aplica.

Carbón activado.- El olor a moho que suelen tener las aguas pantanosas, el sabor de las algas, etc. no se puede eliminar por completo con las cloraminas, siendo el carbón activado el mejor medio de eliminarlos. El carbón activado es un carbón de leña obtenido por destilación a elevada temperatura, completamente excepto de materia orgánica y de constitución porosa. Si se usa el tratamiento del agua en forma granular, formando un lecho de filtración (funciona como filtro rápido).

También puede usarse un polvo mezclado con alumbre con el nombre comercial de alumbre negro. El carbón activado se satura y por lo tanto se necesita sustituirlo o regenerarlo por medio de vapor a presión.

Después de haber expuesto ligeramente todos los diferentes procesos de purificación empleados para hacer un agua potable, voy a exponer por medio del cuadro que aparece a continuación los efectos que produce en un agua cada proceso.

Leyenda.-

Favorable		Adverso
++ ++	Muy	----
+++	bastante	---
++	algo	--
+	muy poco	-
0	nada	0

En la siguiente pagina el cuadro.

Característica	Aereación	Sedimentación simple	Filtrac. lenta	Coagul y filtrac. rápida	Ablandam y filt. rápida o lenta	Desinfección
Bacterias	0	++	++++	++++	++++	++++
Color	0	0	++	++++	++++	0
Turbidez	0	+++	++++	++++	++++	0
Olor y sabor	++++	(+)-	+++	++	++	++++
Dureza	+	0	0	--	++++	0(-)
Corrosión	+++	0	0	--	variable	0
Fe y Mn	+++	+	++++	++++	++	0

El presente proyecto va a constar de los siguientes procesos de purificación: 1) Sedimentación con coagulante (sulfato de alúmina); 2) Filtración lenta; 3) Desinfección (Clorinación). Teniendo en cuenta los efectos que producen estos procesos en el agua es que considero suficientes los procesos anotados, para conseguir un agua para la bebida.

Ahora pasaré a describir la Planta de Tratamiento que consta de un tanque para solución del coagulante con su respectivo mecanismo mezclador, un tanque de mezcla y floculación; dos tanques de sedimentación; dos filtros y un reservorio de agua filtrada que al mismo tiempo sirva de almacenamiento. Todo el sistema está diseñado de tal forma que cualquier elemento de la Planta puede trabajar independiente o en serie con los demás elementos.

La Planta se ha calculado para una capacidad de 3,000 metros cúbicos que satisfacen el consumo diario máximo de la población futura entre los 30 años, según la siguiente relación:

Población según el Censo de 1940	3,355 habitantes
Población futura en 1990	10,000 habitantes
Dotación media	200 lts/hab/día
Consumo diario medio	2,000 m ³
Consumo diario máximo (mas 50%)	1,000 m ³
Capacidad total requerida	3,000 m ³
Consumo por segundo.....	35 lts/seg.

La planta estará ubicada en una zona que permitirá en un futuro construir nuevas unidades.

Sedimentación con coagulante.- Sabiendo el proceso a emplearse en este proyecto es indispensable, tratar algo sobre éste, haciendo a la vez el cálculo de las unidades de las que va a constar la Planta de Tratamiento.

Coagulación.- La coagulación se usa para remover las partículas coloidales y en suspensión en un agua; ella es necesaria cuando la turbidez de un agua es mayor de 30 a 50 p.p.m. La coagulación elimina también parte de los olores y sabores que puede presentar un agua. Este proceso no es un tratamiento completo, estando seguido generalmente de filtración y clorinación. La acción del coagulante o productos químicos dá lugar a la aglomeración formando coagulos de las partículas suspendidas o en estado coloidal, que se encuentran dispersas y cargadas eléctricamente. Al echarse el coagulante, éste se junta con las partículas y las agrupa formando una de mayor tamaño, llamada coágulo o floc (floculo) que precipita por acción de la gravedad, arrastrando en su caída a todas las partículas que encuentra en su paso, así como también a las bacterias (hidróxido de alúmina).

Debido a los procesos biológicos que se realizan en el agua al oxidarse la materia orgánica, se produce una coagulación natural. El uso de un coagulante determinado, está de acuerdo a las carac-

terísticas del agua, así el sulfato de aluminio se emplea cuando el agua tiene bastante alcalinidad, es turbia y tiene color. Cada coagulante tiene su Ph óptimo para reaccionar. El valor de este Ph se llama punto Isoeléctrico y es donde se produce la mínima cantidad de sales. Para el sulfato de alúmina por ejemplo el Ph óptimo es de 5.5 para el agua destilada. Para aguas blandas el Ph varía de 5.7 a 6.6. Para aguas regularmente alcalinas el Ph es de 6.4 a 7.2. Para aguas muy alcalinas es de 7.2 a 7.8. Si las aguas son coloreadas es mejor la reacción para un Ph de 4.2 a 6.6. Cada coagulante tiene sus características hay que tomar en cuenta, algunos requieren una mezcla rápida y violenta, otros requieren una mezcla lenta y un periodo grande.

Las propiedades que debe tener un coagulante son:

- 1) Formación de floc relativamente insoluble y poder de absorber las partículas coloidales por efectos eléctricos.
- 2) Yonización del precipitante para poder liberar los iones de alta valencia que neutralicen las cargas eléctricas en las partículas coloidales (cargas negativas) y causen su coagulación. Estas reacciones son relativas a la concentración del ión hidrógeno o Ph del líquido.

Para determinar el tipo correcto y la cantidad de coagulante y a la vez determinar el mejor método de aplicación y mezcla, se usan las pruebas de laboratorio. Para una buena coagulación debe haber siempre buena mezcla entre el líquido y coagulante.

En algunas plantas, se usa la doble coagulación por considerarla mas ventajosa. Para este caso se requiere doble número de tanques de sedimentación.

El empleo de sustancias químicas en el tratamiento de un agua, representa un gran avance en este sentido. El tratamiento químico permite realizar las siguientes operaciones:

- A) Coagulación y eliminación de la turbidez;
- B) Decoloración;
- C) Eliminación del CO₂ y con él la acidez y corrosión del agua;
- D) Ablandamiento (eliminación de la dureza)
- E) Recarbonización (inversa de la eliminación de CO₂)
- F) Desinfección (eliminación de bacterias)
- G) Control de olores y sabores (absorción con el carbón activado)
- H) Yodización;
- I) Control de fluoruros.

Coagulantes.- Muchas sustancias químicas diferentes son empleadas como coagulantes o precipitantes en el tratamiento de aguas, pero las mas importantes son: alúmina, cal, sales de fierro, etc.

El sulfato de alúmina.- Este coagulante se usa mucho, especialmente cuando las aguas son blandas; para reaccionar necesita de

carbonato de sodio. Con el sulfato de alúmina la dureza aumenta y baja el Ph debido a la liberación de CO₂.

Ecuación:



Este coagulante se usa también en el tratamiento de desperdicios industriales, solo o con sales de fierro o cal.

Se le obtiene en polvo o en forma granular. El sulfato de alúmina precipita un floc gelatinoso de hidróxido de aluminio.



Algunas veces es necesario aumentar la alcalinidad del agua para lo cual se le agrega cal; en este caso la reacción será:



1 p.p.m. de sulfato de alúmina requiere 0.74 p.p.m. de aluminato de sodio.

Cuando se emplea alúmina como coagulante para aguas coloreadas, el Ph con que se debe trabajar es de 5.5 a 6.

Las sales de hierro tienen también, gran aplicación por su bajo costo, siendo su empleo ventajoso tanto de sales ferrosas como férricas, cuando el Ph es elevado.

Antes de la reacción debe determinarse el Ph del agua, por que a veces al echar el coagulante el Ph no cambia debido a la falta de alcalinidad. La cantidad del coagulante por emplear depende del Ph del agua, de la cantidad y clase de sedimento, de la temperatura del agua y del grado de purificación que se refiere.

ANALISIS DE AGUA

-

RIO LLULLAN

Ph	7.00 á 22° C
Color	3.00 unidades
Turbidez	50 p.p.m.
Sólidos totales	112 p.p.m.
Sólidos fijos	112 p.p.m.
Sólidos volátiles	0
Sólidos disueltos totales	64.00 p.p.m.
Sólidos disueltos fijso	64.00 p.p.m.
Sólidos disueltos volátiles	0
Alcalinidad total HCO ₃	5.0 como Ca CO ₃
Dureza total	42.0 " Ca CO ₃
Dureza calcica	25.2 " Ca CO ₃
Calcio	10.1 como Ca
Cloruros	1.5 como Cl
Sulfatos	24.8 como SO ₄
Fierro	1.6 como Fe

Modo de hacer el dosaje del Coagulante.- Hay dos tipos de aparatos para dosar el coagulante a saber: 1) Aparatos de alimentación seca y 2) Aparatos de alimentación líquida. Esta clasificación depende del estado físico del coagulante.

Hay muchas clases de aparatos de dosificación en seco, algunos dan la cantidad del coagulante en peso y otros lo dan en volumen.

La cantidad de coagulante que se usa debe ser de acuerdo a la cantidad de fluido de agua, al requerimiento para obtener una coagulación óptima.

Aplicación del coagulante.- En el presente caso voy a adoptar el sistema siguiente: La tubería de conducción descargará en una caja pequeña en donde se mezclará el agua con el coagulante en solución, pasando la mezcla al tanque de mezcla y floculación. Cuatro metros antes de la descarga de la tubería de conducción parte una tubería de fierro galvanizado de 1" que conduce agua al tanque donde se prepara y almacena la solución del coagulante. Como el tanque de solución está mas elevado que el nivel de descarga de la tubería será necesario cerrar la válvula de entrada a la Planta para proceder al llenado del tanque de solución.

El tanque de solución está destinado a la preparación y almacenamiento de la solución del coagulante; serán dos unidades de 1.60 x 1.60 y 1.20 m. de altura, de dimensiones interiores. Muros y pisos de concreto armado 1:2:4 de 0.10 m. de espesor y con la armadura indicada en el plano respectivo.

Como el tanque debe tener su fondo a un nivel mas alto que el dosificador, para poder alimentarlo por gravedad, correspondiendo este nivel a una cota superior a la del terreno, el fondo del tanque queda sobre el terreno y tiene que ser armado, apoyándose sobre muros corridos de cimentación que se llevarán hasta un nivel 0.60 m. mas bajo que el terreno. El muro que se encuentra al lado del tanque de mezcla y floculación se apoyará sobre uno de los muros del tanque.

La capacidad de cada unidad será de 3,500 lts. Asumiendo que la turbidez del agua sea mil, que es un grado alto, la cantidad de sulfato de alúmina necesaria será de 55 grs/m³ lo que en 1.5 m³ dará 0.083 kgs/min. Tomando una concentración de solución igual al 3% en peso se tendrá que el peso de la solución por emplear es de 3 kgs/min. Como el tanque tiene una capacidad de 3,500 m³ alcanzará para 20 horas de almacenamiento.

Cada compartimiento tendrá un mecanismo mezclador para hacer la solución formado por una hélice de bronce fosfórico de 0.90 m. de largo con paletas inclinadas a 45° y 0.01 m. de espesor con un ancho de 0.10 m. en el extremo; eje vertical de acero de --

0.02 m. de diámetro y 1.00 m. de largo; engranaje cónico para accionar la hélice, con la relación 1:1 peso igual a 4 pi; diámetro 0.18 m. y ancho 0.04 m.; soporte para el eje vertical de bronce y cojinete con rodamiento de bolas. Cojinetes para el eje vertical tipo standard con metal blanco, apoyo para todo el sistema con fierros angulares de 2" x 3/16". Manivelas standard de 0.40 m. de radio y 0.30 m. de largo de la empuñadura.

Los compartimientos para el depósito de sales será de 0.40m.x0.40 m. x 1.60 m. hecho de madera dura de 1" de espesor con aberturas en la pared vertical de 1" de alto.

La alimentación de agua para hacer la solución se hará mediante una tubería de fierro galvanizado de 1" para que se derive de la tubería de conducción. Antes del ingreso al tanque de solución se colocarán válvulas reguladoras. El pulverizador de agua será de tubería de bronce de 1" con doble hilera de orificios de 1 mm. de diámetro, separación entre hileras de orificios 5 mm. La salida del tanque de solución y el desagüe será de tubería de bronce de 3/4" con sus respectivas válvulas de control.

La tubería de bronce que sale del tanque de solución terminará en el dosificador el cual estará colocado sobre una caseta con dos compartimientos, el superior donde se instalará el dosificador y el inferior que servirá de caja de recolección a donde descargará la tubería de conducción y la solución de coagulante ya dosificada.

El compartimiento para el dosificador será de 1.30 m.x 1.30 m. x 2.00 m. de altura y la caja inferior de 1.40 m.x 1.40 m. x 0.80 m. Los muros serán de concreto simple 1:2:4 de 0.20 m. de espesor ; el techo superior y el piso intermedio será de concreto armado 1:2:4 de 0.10 m. de espesor y armado en dos sentidos con fierros de 1/2" a 0.20 m.; el piso inferior será de concreto simple. Los muros irán enlucidos con mezcla 1:3; el compartimento del dosificador tendrá su respectiva puerta y ventana.

El dosificador del coagulante irá colocado sobre el piso intermedio; será del tipo de aplicación en solución con orificios regulable y válvula de ingreso, de altura de agua constante, regulada por flotador marca "Infilco" tipo M.C.O., con capacidad entre 0.16 a 5 galones de solución por minuto, lo que permitiría una dosificación de 0.6 a 18.75 kgs/min. de coagulante en solución y con una concentración de 3% en peso, una dosificación de 18 a 560 gramos por metro cúbico de agua por tratar o sea para una turbidez entre 20 y mas de 2,000 p.p.m.

Cálculo del Tanque de Mezcla y Floculación.- Como primer paso al cálculo expondré todos los datos conocidos que han de servir para determinar las diferentes partes que consta la planta.

Dotación	200 lts./hab./día
N° de habitantes en 1990	10,000 habitantes
N° de habitantes en 1940	3,355 habitantes

N° de habitantes en 1960	5,000 habitantes
Area de la ciudad en 1960	31.8 hectareas
Area de la ciudad en 1990	44.5 hectareas
Densidad de la población en 1960	157 hab/Ha.
Densidad de la población en 1990	225 hab/Ha.

Consumo promedio de la población en 1990.

$$\frac{200 \times 10,000}{86400} = 23.1 \text{ lts/seg.}$$

Consumo del día maximo igual a 1.5 del consumo promedio

$$1.5 \times 23.1 = 35 \text{ lts./seg.}$$

Consumo maximo horabio del día maximo (maximo maximorum) igual al 1.5 del consumo maximo:

$$1.5 \times 35 = 52 \text{ lts./segu.}$$

Consumo promedio diario de la población para el año de 1960.

$$\frac{200 \times 5,000}{86400} = 11.6 \text{ lts/seg.}$$

Consumo del día maximo igual a 1.5 del consumo promedio diario lo cual dá:

$$1.5 \times 11.6 = 17.4 \text{ lts/seg.}$$

La reserva para el lavado de filtros igual al 2% del consumo es decir aproximadamente 1 lt/seg.

En el cálculo he tenido presente las especificaciones siguientes:

Velocidad mínima en el mezclador 0.50 m/seg.

Velocidad en el floculador menor de 0.30 m/seg.

Periodo máximo de mezcla 60 segundos

" de floculación variable entre 10 y 60 minutos

Separación mínima entre tabiques 0.20 m.

Distancia de la pared al extremo del tabique 50% mayor de la separación entre tabiques.

Cálculo del mezclador.-

$$Q = V \times A$$

$$A = b \times h$$

En donde:

Q = gasto en m³/seg

V = velocidad del agua en mts/seg.

A = área de la sección transversal del canal de mezcla

b = ancho de la sección

h = altura o profundidad

para:

$$Q = 24 \text{ lts/seg} \quad \text{y} \quad V = 0.50 \text{ m/seg}$$

$$A = \frac{0.024}{0.5} = 0.048 \text{ m}^2$$

Si considero:

$$b = 0.30 \text{ m.}$$

$$h = 0.16 \text{ m.}$$

Siendo constante el área del canal (sección transversal) el valor de la velocidad varía con el gasto, así para $Q = 53$ lts/seg

$$V' = \frac{0.053}{0.06} = 0.88 \text{ m/seg.}$$

Distancia del recorrido del agua en el mezclador.- Tomando para el caso, de un gasto de 24 lts/seg., una velocidad de 0.50 m/seg. y un periodo de agitación de 60 segundos, tendré:

$$D_m = 60 \times 50 = 30.00 \text{ mts.}$$

Esta misma distancia de recorrido para un gasto de 0.053 m³/seg. y velocidad de 0.75 m/seg. se hará en un periodo de agitación de 40 segundos.

Para el coagulador la velocidad varía de 0.20 m/seg. al entrar el agua en el tanque a 0.10 m/seg. a la salida del tanque.

Comociendo la distancia de recorrido del mezclador (16.00 metros) y la longitud total del tanque de mezcla y coagulación voy a calcular la separación entre tabiques y el ancho del tanque de coagulación y mezcla.

L' = longitud del tanque de mezcla

L'' = longitud del tanque de coagulación

L = longitud total de los dos tanques = $L' + L''$

$L = 16.00$ mts.

W = ancho del tanque

s = separación entre tabiques

Ancho de los tabiques = 4" = 10 cms.

$V_m = 0.15$ mt/seg.

N' = número de tabiques en el mezclador

N'' = número de tabiques en el coagulador

Longitud de recorrido por tabique igual a:

$$W - 1.5 (7.5 + s) + \left(\frac{7.5}{2} + \frac{s}{2} \right)$$

$$W - 1.5 \times 27.5 + 3.14 \times 13.75$$

$$W - 41.25 + 43.18$$

$$W + 1.93$$

N_1 = Longitud de recorrido total en el mezclador entre longitud de recorrido por tabique, luego:

$$N_1 = \frac{3000}{W+1.93}$$

de donde:

$$L' = N_1 \times (s + 7.5) - 7.5 \quad \text{como } s = b = 0.20 \text{ m.}$$

$$L' = \frac{3000}{W+1.93} (27.5) - 7.5 = \frac{82,500}{W+1.93} - 7.5$$

Para el coagulador como la velocidad es variable, tendremos para un mismo gasto un área transversal variable.

Considerando una velocidad variable tendremos para un mismo gasto un área transversal variable.

Considerando una misma profundidad el espaciamiento de los tabiques será el que varía.

Para: $Q = 0.023 \text{ m}^3/\text{seg}$ $V = 0.20 \text{ m}/\text{seg.}$ y $h = 0.50 \text{ m.}$
tendré:

$$S = \frac{0.023}{0.20 \times 0.50} = 0.23 \text{ m.}$$

Para Q y h constantes y $V = 0.15 \text{ m}/\text{seg.}$

$$S = \frac{0.023}{0.15 \times 0.5} = 0.31 \text{ m.}$$

Para $V = 0.10 \text{ m.}$

$$S = \frac{0.023}{0.1 \times 0.5} = 0.46 \text{ m.}$$

Teniendo estas separaciones de los tabiques, si el gasto varía como el caso de 0.036 m^3 , las velocidades en el coagulador variarían de 0.20 m. , 0.15 m. y 0.10 m. , en los tres casos respectivos.

Espaciamiento medio de los tabiques:

$$S_m = \frac{0.23 + 0.46}{2} = 0.35 \text{ m.}$$

Longitud media de recorrido en el coagulador se saca considerando el espaciamiento medio por tabique:

$$W - 1.5 (7.5 + S_m) + (\frac{7.5}{2} + \frac{S_m}{2})$$

$$W - 1.5 \times 42.5 + 3.14 \times 21.25$$

$$W + 3.10$$

Valor del número de tabiques del coagulador, considero un periodo de coagulación igual a 30 minutos

La longitud media de recorrido del agua en el coagulador será:

$$0.15 \times 30 \times 60 = 27000 \text{ cms.}$$

$$N'' = \frac{27000}{W + 3.10}$$

$$L'' = \frac{27000}{W + 3.10} (42.5) = \frac{1'147500}{W + 3.10}$$

y como:

$$L = L' + L'' = 16.00 \text{ mts.}$$

resolviendo la ecuación obtengo para

$$W = 5.40 \text{ mts}$$

Con el valor de W determino $N' = 5$ (valor redondeado)

y $L' = 1.40 \text{ mts.}$

luego:

$$N'' = 45 \text{ (valor redondeado)} \quad \text{y} \quad L'' = 14.60 \text{ mts.}$$

Número de tabiques en el tanque de mezcla = 5

" " " " " de floculación = 45

Número total de tabiques = 50 tabiques

Cálculo del conducto al tanque de sedimentación.- Para el cálculo del conducto mencionado, tengo que considerar el gasto máximo al que trabajará la Planta, que en este caso es de:

$$Q = 0.036 \text{ m}^3$$

La velocidad en este canal puede escogerse de 0.60 m/seg. á 0.15 m/seg., tomando para el caso presente $V = 0.30$ m/seg., mas o menos una velocidad media, que lleva el agua en el floculador. Con los datos anteriores cálculo el área transversal del conducto:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.036}{0.30} = 0.12 \text{ m}^2$$

Esta área corresponde a un canal de 0.30 m de ancho por 0.40 m. de profundidad.

- - - - -

SEDIMENTACION.-

La sedimentación es el proceso que sigue al acondicionamiento del floc y tiene por finalidad clarificar el agua por remoción de la materia coagulada, además de la remoción parcial del contenido bacterial.

El sedimentador consiste en un recipiente rectangular o circular, con un volumen tal que permita que el agua tenga el periodo de retención deseado y de la sección conveniente, para que el caudal máximo a tratar tenga en él una velocidad de desplazamiento que no exceda el límite máximo compatible con la calidad de la materia coagulada que debe sedimentarse.

Los principales factores que debe considerarse en la sedimentación son:

1) Periodo de retención.- Por lo general el periodo de retención varía de 2 á 4 horas, siendo excepcionales los casos que exceden de estos límites.

2) Número de sedimentadores.- En este caso son necesariamente dos sedimentadores con capacidad de 18 lts/seg. cada uno, debiendo sobrecargar a uno de ellos en el caso de limpieza del otro.

3) Velocidad del agua.- La velocidad máxima de desplazamiento horizontal del agua se determina en función del caudal máximo y de la sección transversal del sedimentador, prescindiendo de la sección destinada al almacenamiento del fango.

Por lo general se aconseja velocidades comprendidas entre 0.10 m m./minuto á 0.90 mt/minuto.

4) Dimensiones de las unidades.- Bajo el punto de vista del funcionamiento y economía, la relación que tengan entre si las dimensiones de un sedimentador es de mucha importancia.

Teurnesure y Russell propone para sedimentadores rectangulares antiguos y de solución económica, la siguiente fórmula:

$$\frac{a}{l} = \frac{2 + (n-1) \frac{C_i}{C_e}}{2n} \quad \text{en que:}$$

n = número de tanques

a = ancho

Ci = Costo por metro lineal de muro interior

Ce = Costo por metro lineal de muro exterior

l = longitud.

5) Dispositivos de entrada y salida.- Los dispositivos de entrada y salida son importantes por que ellos son los que informan la distribución del agua, evitando en lo posible, zonas muertas y corrientes parásitas.

6) Eficiencia de la sedimentación.- La eficiencia de un sedimentador es el porcentaje de los sólidos suspendidos, que son eliminados esto es:

$$E = \frac{(S1 - S2)}{S1} 100$$

en que:

E = % de eliminación de sólidos suspendidos en relación a los que entran.

S1 = Contenido unitario de sólidos suspendidos en relación a los que entran en el sedimentador.

S2 = Contenido de sólidos suspendidos en el agua que sale del sedimentador.

La eficiencia en el sedimentador varía de 90 al 98 % y depende, además de los factores ennumerados anteriormente del caracter del agua tratada, la clase del coagulante empleado, grado de acondicionamiento, grado de dispersión y viscosidad del líquido.

Cálculo del sedimentador.-

I).- Intento dimensionar el sedimentador por la fórmula de Teurnesure y Russell:

$$\frac{a}{l} = \frac{2 (n - 1) \frac{Ci}{Ce}}{2n}$$

tengo:

Ci = \$ 1,400.00 según análisis de costo

Ce = \$ 1,400.00 según análisis de costo

luego: Ci = Ce y :

$$\frac{a}{l} = \frac{n + 1}{2n} \quad n = 2 \text{ tanques}$$

$$\frac{a}{l} = \frac{3}{4} \quad \text{-----} \quad \frac{a}{l} = 0.75$$

Debiendo ser l = 16.00 mts. por necesidad hidráulica el ancho deberá ser a = 12.00 mts., lo que es inconveniente.

- - - - -

II).- Tengo:

$$t_1 = 4 \text{ horas} = 14400 \text{ segundos (asumido)}$$

$$n = 2 \text{ tanques (elegido)}$$

$$V = \text{volumen de agua por tratar en m}^3$$

$$a = \text{ancho elegido}$$

$$h = 2.50 \text{ mts. de profundidad}$$

$$v = \text{velocidad del agua}$$

$$l = \text{longitud del tanque de sedimentación}$$

$$Q = \text{gasto en la planta}$$

$$V = t_1 \times \frac{Q}{2} = \frac{14400 \times 0.036}{2} = 258 \text{ m}^3$$

$$l = \frac{V}{A} = \frac{258}{6.4 \times 2.5} = 16.00 \text{ m.l.}$$

$$k = \frac{a}{l} = \frac{6.40}{16.00} = 0.40$$

$$k = 0.16$$

Resumen:

$$\text{Ancho sedimentador} = 6.40 \text{ m.l.}$$

$$\text{Profundidad efectiva} = 2.50 \text{ m.l.}$$

$$\text{Longitud sedimentador} = 16.00 \text{ m.l.}$$

$$\text{Pendiente de las paredes de fondo} = 8 \%$$

$$\text{Pendiente longitudinal} = 2 \%$$

- - - - -

Los dos tanques serán diseñados para sedimentar el 75% de partículas de un peso específico de 2.65 grs/m³ que corresponde a la arena y materias de origen orgánico e inorgánico y con un diámetro de 0.02 mm. que corresponde al cieno. El valor hidráulico de sedimentación de las partículas de las características anteriores es de 0.72 m/minuto.

Los muros serán de concreto ciclopeo 1:3:6 con 40% de piedra grandes, el espesor en la coronación de los dos muros extremos es de 0.50 m. y su base de 1.70 m. Los muros longitudinales tienen en su coronación 1.10 m. y en su base 1.70 m. El piso será de concreto simple con mezcla 1:2:4 de 0.20 m. de espesor y con una pendiente de 2% hacia el eje longitudinal, el desagüe controlado por válvulas de fondo de 8", accionada por un mecanismo de maniobra situado sobre la plataforma de concreto armado de 0.50 m. de ancho y de largo igual al ancho del tanque soportado por viga de 0.20 m. de ancho por 0.25 m. de alto con 3 fierros de 3/4".

Los dos tanques están dispuestos en tal forma que el agua proveniente del tanque de mezcla y floculación puede escurrir a cualquier se

dimentador en forma independiente. La alimentación a los tanques será por vertedero situados a todo lo ancho del cabecera a donde llega el agua mediante canales de 0.30 m. x 0.40 m. construidos en la coronación de los muros. Para cerrar el acceso del agua a cualquiera de los sedimentadores existen dos compuertas formadas por planchas de fierro fundido de $3/16$ " de espesor de 0.35 m. de ancho por 0.50 m. de alto con barras de suspensión de 0.60 m. de largo; las guías estarán formadas por dos angulares a cada lado de 2" x 2" x 0.70 de alto y platinas de $3/4$ " x $1/2$ ", según detalle que indica en el plano respectivo.

El desague de los sedimentadores será mediante tubería de concreto de 8", que descargará en un buzón standard del mismo tipo que los usados, en la red de desagües.

FILTRACION.- Antes de entrar al diseño de los filtros, voy a exponer sobre este proceso para dar una idea clara sobre su importancia.

Desde hace muchos años, se conoce que la calidad de un agua mejora cuando ella pasa a través de lechos naturales de arena y es así como uno de los primeros sistemas de tratamiento para el abastecimiento público fué la construcción de lechos de arena para hacer pasar el agua por ellos.

La capacidad de retención de impurezas por medio de los filtros es pequeña, razón por la cual se necesita una sedimentación previa para evitar que se obstruyan, no debiendo pasar la turbidez de 50 p.p.m.

La filtración tiene por objeto retener las partículas en suspensión en el agua, tanto las procedentes del agua cruda, como las que se originan en un proceso previo de coagulación.

Se efectúa haciendo pasar el agua a través de una materia porosa. Esta materia puede actuar de 3 maneras:

- a) Como soporte de microorganismos (principalmente algas) que segregan diastases de acción coagulante sobre el agua;
- b) Fijando por absorción las materias coloidales contenidas en el agua;
- c) Reteniendo mecánicamente las materias sólidas contenidas en el agua, cuyo volumen es demasiado grande, para que puedan ser absorbidas.

La coagulación biológica, sólo se produce, cuando el agua atraviesa muy lentamente la materia porosa.

La acción primordial de los filtros consiste en fijar por absorción las materias sólidas en suspensión contenidas en el agua.

La retención de las materias sólidas contenidas en el agua produce una obstrucción progresiva en los intersticios que existen entre los elementos que constituyen la materia porosa. Este fenómeno se denomina atascamiento del filtro y a medida que se produce, aumenta la pérdida de carga de la corriente que atraviesa el filtro.

La velocidad de atascamiento depende:

- a) De la naturaleza del agua tratada, es tanto mayor cuando mas turbia es el agua;
- b) Del caudal por unidad de superficie filtrante o velocidad de filtración o aumentando con dicha velocidad;
- c) De la granulometría de la materia filtrante, el atascamiento es tanto mas rápido cuanto mas finos son los elementos que constituyen la materia filtrante.

Durante la filtración se comprueba que el atascamiento de la materia porosa se inicia en la superficie de entrada del agua bruta y continúa avanzando progresivamente en profundidad.

El sistema de filtros a emplear en esta Planta de Tratamiento proyectada es el de los "FILTROS LENTOS", cuyas características son las siguientes:

- a) El tratamiento preliminar requerido mas comunmente es sedimentación y aereación, a veces coagulación;
- b) Velocidad de filtración: 2.5; 4.6 ó 10 m³/m²/día
- c) Edificio, este deberá ser abierto por abarcar gran área, pero pueden cubrirse, cuando hay peligro de congelación del agua;
- d) Material medio filtrante: Grava;

De 2" ---- 0.25 m.

3/4" a 2" --- 0.20 m.

3/8" a 3/4" -- 0.05 m.

3/8" a 3/16 - 0.05 m

Arena:

De 0.60 m. a 1.30 m.

Díámetro efectivo

0.25 - 0.30 - 0.35

Coefficiente de uniformidad

2 - 2.5 - 3.0

- e) Pérdida de carga: inicial 6 cms. y de 1.20 m a 2.10 m. al final;
- f) Limpieza, rasqueteando la superficie de 1 á 2 cms. y lavando la arena cuando Ha 0.60 m. (Ha = altura de arena);
- g) Cantidad de agua de lavado, muy poca de 0.2 al 0.6%
- h) Teoría aplicable, retención, sedimentación, acciones biológicas y bioquímicas
- i) Consto de construcción; alto
- j) Costo de operación: bajo no requiere personal especializado;
- k) Depreciación: muy bajo;
- l) Procesos suplementarios: generalmente ninguno, a veces cloro;
- m) Remoción bacterial: uniformemente buena;
- n) Remoción de color: en un 30%
- p) Remoción de turbidez: Agua clara, pero ineficaz para aguas con mas de 50 p.p.m. de turbidez
- q) Ablandamiento, no hay cambio;
- r) Alcalinidad, no hay cambio;

- s) Propiedades incrustantes: no hay cambio;
- t) CO₂, pequeño cambio;
- u) Ph, varía poco
- v) Remoción de fierro; lo reduce;
- w) Olores y sabores: pocos (algas)
- y) Dificultad de operación: Poca.

En virtud de ello y en vista que trasladar personal especializado a la zona, elevaría el costo de operación, es que he escogido el tipo de "Filtro lento" para el proyecto.

El sistema de filtros empleado en la Planta proyectada es el de "Filtros lentos", por ser un sistema mas sencillo y no requiere para su funcionamiento personal especializado. El rendimiento de filtración considerado es de 8.00 m³/m²/día.

Siendo el caudal diario requerido de 3,000 m³, el área total de filtros necesaria será de 375.00 m², lo que repartido en dos unidades, dá un área por unidad de 188.00 m². La sección de cada unidad es de 16.00 m x 12.00 m.

Los filtros estarán ubicados al lado de los sedimentadores teniendo común un muro longitudinal. Su funcionamiento es completamente independiente pudiendo trabajar cada filtro con cualquiera de los dos sedimentadores. La alimentación es mediante de vertederos que se extienden a todo lo ancho de los filtros. La conducción de los sedimentadores a los filtros se hace mediante canaletas de 0.40 m. x 0.25 m., ubicados sobre la coronación de los muros. Para obtener la entrada del agua existen dos compuertas de plancha de fierro de las mismas características que las indicadas para las compuertas de los sedimentadores.

Los muros serán de concreto de 1:3:6 con 40% de piedra grande. Los de cabecera tendrán 0.50 m. en la coronación y 1.70 m. en su base. Un muro longitudinal es común al sedimentador y el otro muro longitudinal es en parte común con uno de los muros del reservorio y de 0.70 m. en la coronación y 1.70 m. en la base. Como el fondo del reservorio se encuentra mas bajo que el fondo del filtro, el muro común a ambas estructuras se profundiza hasta el nivel mas bajo. El piso será de concreto simple 1:2:4 y de 0.20 m. de espesor.

El lecho filtrante tiene la siguiente composición:

- a) Capa de arena de 0.70 m. de espesor, grano de tamaño efectivo, entre 0.25 mm. y 0.35 mm. Coeficiente de uniformidad no mayor de 3 y un porcentaje de carbonato de calcio y magnesio no mayor del 25 %.
- b) Capa de grava de 0.50 m. de espesor total descompuesto en la siguiente forma:

- Grava de 3/16" á 3/8" de 0.05 de espesor
- Grava de 3/8" a 3/4" de 0.05 m. de espesor
- Grava de 3/4" a 2" de 0.15 m. de espesor
- Grava de 2" de 0.25 m. de espesor

La última capa es la que sirve de acompañamiento al dren principal y a los secundarios.

c) El sistema de drenaje está constituido por un dren principal de 12" de tubería de concreto "Hume" y drenes laterales de tubería de concreto simple de 8" y 0.80 m. de largo, con uniones no calafateadas, para permitir el ingreso del agua. Cada la tiene una longitud de 4.80 m. y estan espaciados entre ejes 2.00 m.; descargan al tubo madre que tendrá sus uniones calafateadas con mezcla cemento-arena 1:1. Cada filtro tiene una cámara de salida a donde va a desembocar el tubo madre. Esta cámara estará dentro de la Casa de Válvulas y será de 2.00 m. x 1.50 m. de sección y una altura igual a la del filtro. Sus muros serán de concreto armado 1:2:4 y de 0.25 m. de espesor. El fondo por no estar apoyado sobre el suelo será de concreto armado 1:2:4 y de 0.20 m. de espesor. El techo será asi mismo de concreto armado 1:2:4 y de 0.12 m. de espesor. De cada cámara sale la tubería de agua filtrada, la cual tiene para control de gastos una válvula de compuerta de 8". Cada cámara tendrá asi mismo en su techo una entrada para inspección consistente en un marco y tapa de fierro fundido del tipo standard usados en buzones de desague.

La pérdida de carga en el lecho filtrante, considerando las capas y los drenes principales y secundarios es de 0.08 m, habiéndose considerado como pérdida de carga máxima 1.40 m. que es la pérdida de carga recomendada para este tipo de filtros durante 6 semanas de trabajo. Cuando la pérdida de carga alcance este último valor será necesario proceder a la limpieza de los filtros.

- - - - -

RESERVORIO.- Este estará ubicado al costado de uno de los filtros para en esa forma evitar las pérdidas de carga.

Cálculo de las dimensiones del tanque.- El volumen de este tanque será igual al consumo de la población, en 4 horas, es decir:

$$V = \frac{200 \times 10,000 \times 4}{24} = 333.3 \text{ m}^3$$

Considero además un volumen adicional para el agua de lavado, puesto que el tanque estará ubicado en la misma planta. El volumen para el lavado es suficiente como para efectuar la limpieza de dos filtros en forma consecutiva a razón de 5 minutos por cada filtro y a un gasto de 172 lts/seg.

$$V' = 0.172 \times 60 \times 5 \times 2 = 103.2 \text{ m}^3$$

o sea que el volumen total del tanque será:

$$V_T = V + V' = 333.3 + 103.2 = 436.5 \text{ m}^3 \quad \text{redondeando}$$

$$V_T = 437 \text{ m}^3$$

El Reservorio tendrá las siguientes dimensiones: 13.00 m. x 13.00 m. y de 2.70 m. de altura o tirante total de agua y 2.60 m. de tirante útil, lo que da un volumen de 440.00 m³ de agua que satisface el cálculo de los volúmenes de agua.

Los muros serán de concreto ciclopeo de 1:2:4 con 30% de piedra grande. Un muro será común al filtro y los otros serán de 0.50 m. en la coronación y 1.70 m. en la base. El piso será de concreto simple de 0.20 m. de espesor; el techo será de concreto armado 1:2:4 de 0.12 m. de espesor armado en dos sentidos y apoyados sobre los muros y vigas. Como el nivel del techo del reservorio es mas bajo que la coronación del muro del filtro común a ambos elementos, será necesario para apoyar el techo del reservorio, la construcción de una viga, la que irá apoyada, a su vez sobre los muros transversales del reservorio. El reservorio tendrá un total de 2 columnas de concreto armado de 1:2:4 y de 0.40 m. de ancho por 0.47 m. de peralte incluido el espesor de la loza.

El cálculo de la resistencia es bastante largo y por lo cual no se ha considerado en el presente proyecto, por ser mas de la especialidad de un calculista.

Las cotas que ocupa el fondo y nivel de agua, puede verse en el plano correspondiente.

La caseta de válvulas se ubicará a un costado del Reservorio, teniendo un muro común con el filtro, será de 5.80 m. x 5.80 m. dimensiones interiores, en las que están comprendidas, las dos cajas de presión para filtros, descritas en el capítulo correspondientes. Además de dichas cajas, en la Casa de Válvulas, estarán contenidas 2 válvulas de compuerta de 8" para control del agua que sale de los filtros; una válvula de 8" para el control de agua de entrada de agua al reservorio; una válvula de 8" para el pase directo de los filtros a la población; una válvula de 8" para control de salida

del agua del Reservorio a la población; una válvula de 8" para la obturación del desagüe. Además de las tuberías y accesorios de conexión a las válvulas anteriores, existen la tubería de rebose, que saliendo del nivel superior del agua en el reservorio, empalma a la tubería de desagüe de la válvula respectiva. Sus muros se ran de concreto simple 1:3:6 de 0.25 m. de espesor; el techo de concreto armado 1:2:4 de 0.12 m. de espesor apoyados sobre dos muros perimétricos, sobre uno de los muros del reservorio y sobre el muro de la caja de presión de los filtros. El piso será de concreto simple 1:2:4 de 0.20 m. de espesor. Como la válvula de desagüe debe colocarse a un nivel mas bajo se construirá una pequeña caja de concreto simple 1:2:4 y 1.00 m. de profundidad, bajo el nivel del piso de la Casa de Válvulas.

Desague de la Planta de Tratamiento.— Los desagües del tanque mezclador y de los sedimentadores, seran de tubería de concreto "Hume" de 10" que descargarán en buzones standard. El rebose de dichas estructuras y de los filtros serán de fierro fundido de 10", que saliendo del nivel superior de aguas empalmarán a la tubería de desagüe. Todos los desagües y reboses, se colectarán en un buzón tipo standard, el cual se unirá mediante una tubería de 10" de fierro fundido a un buzón del tipo standard. De este buzón parte una tubería de concreto "Hume" de 10" que va hasta el río Llu-llán.

Cuadro de Niveles.— Los niveles de la Planta de Tratamiento, serán los siguientes:

1.- Nivel del agua a la entrada al mezclador	43.60 mts.
2.- Nivel del agua a la salida del mezclador	43.42 "
3.- Nivel del agua a la entrada sedimentadores	43.40 "
4.- Nivel del agua a la salida sedimentadores.	43.38 "
5.- Nivel del agua en filtros	43.36 "
6.- Nivel superficie agua reservorio	42.16 "
7.- Nivel fondo tubería salida reservorio	39.56 "

Como se observa la pérdida de carga total en la Planta de Tratamiento es de 1.44 m.; existiendo entre la entrada del agua al Tanque Mezclador y el nivel de fondo de la tubería de salida del Reservorio, un desnivel total de 4.04 m. La cota mínima considerada en el Reservorio, para los efectos del cálculo de presiones en la red de la población es de 39.56 mts.

Desinfección del Agua.— La desinfección se hace indispensable en el tratamiento de un agua, de abastecimiento público, como un proceso complementario de una planta, ya que la finalidad de los otros procesos es el mejoramiento de las condiciones físicas y químicas del agua, aunque también contribuyen grandemente a la eliminación de bacterias.

La desinfección es un proceso específico que asegura el agua para la bebida, eliminando el riesgo para la salud que no desaparece con otros procesos. La desinfección no llega a eliminar todas las bacterias que contienen el agua, aunque si mata todas las bacterias que son potencialmente peligrosas y que afectarían la salud. Este proceso se hace mas indispensable cuando la fuente de abastecimiento es un río contaminado como el presente caso. Varios son los desinfectantes que pueden usarse en el tratamiento de un agua, pero como en nuestro caso usaremos el Cloro, haremos una descripción de él.

Cloro.- Es hoy el desinfectante mas usado por su bajo costo y efectividad. El cloro se usa en el agua como gas o en compuestos de hipocloritos de sodio o calcio.

La acción bactericida se consigue con dosis de cloro que varían de 0.25 á 1 p.p.m. A veces es necesario emplear una cantidad de cloro mayor, cuando el agua contiene otras sustancias que se combinan con éste, pero siempre hay que tratar que quede una cantidad de cloro libre para que actúe como bactericida.

Para la desinfección debe usarse una cantidad de cloro suficiente como para satisfacer la demanda de la materia orgánica, mas una concentración de cloro libre capaz de destruir las bacterias. Hay que tener presente que la velocidad del cloro por la materia orgánica depende de la temperatura, alcalinidad o acidez del agua, asi como también de la cantidad de materia orgánica y dosis de cloro agregada.

Clorinación.- Como etapa final para el tratamiento del agua se efectuará una esterilización por medio del cloro el cual se aplicará en forma de gas. Siendo la capacidad de la Planta de 3,000 m³ y tomando como dosificación para agua sedimentada y filtrada de 0.2 á 2 libras de cloro por 1,000 m³, la cantidad de cloro por aplicar variará de 0.60 á 6.00 lbs/día.

El equipo escogido está constituido por dos unidades de clorinadores con una capacidad máxima de 16 lbs/día, equipados con medidores de 8 lbs/día y con un radio de capacidad de 9 á 1 o sea que el mínimo será 9 veces mayor que el máximo. Asi mismo los clorinadores llevaran su respectivo compensador para evitar los cambios de presión dentro del aparato originado por las variaciones de temperatura; llevaran también como dispositivos de seguridad válvulas contra presión.

Los clorinadores junto con los balones de cloro se instalarán en una caseta que forma parte de la Casa de Administración de la Planta. El cloro será aplicado directamente a la tubería matriz de salida del Reservorio en forma de gas.

Obras complementarias.- Además de las estructuras descritas anteriormente, existen en la zona donde está ubicada la Planta las siguientes obras complementarias.

a) Casa Administración.- Se ha tomado en este Proyecto, una casa tipo standard y adaptada ya para otros proyectos similares en la República. Consistirá en una edificación en la que parte se dedicará a vivienda del encargado de la Planta y la otra parte se destinará a Clorinación, Laboratorio y Almacén.

Esta edificación estará ubicada al otro lado del camino que sirve de acceso a la Planta. Abarca un área total de 166.00 m², de los cuales 113.00 m² estará dedicado a vivienda y el resto a Clorinación, Laboratorio y Almacén.

Los cimientos serán de concreto 1:3:6 con 30% de piedra grande de 0.70 m. x 0.80 m. para los muros de adobe de cabeza y 0.45 m. x 0.80 m. para los muros de soga. Los techos de caña y barro apoyados en cuartería. Los sobrecimientos serán del mismo material que para los sobrecimientos y de 0.50 m. de alto. Los muros serán de adobe de cabeza y soga. Los techos serán de caña y barro apoyados en cuartería de 4" x 6", la que se apoyará a su vez en tijerales de madera. El piso de los dormitorios serán de madera machiembreada de 1" x 3", sobre durmientes de 2" x 3" espaciados cada 0.50 m. Los pisos del baño, cocina, pasajes, cuarto de Clorinación y Laboratorio serán de locetas nacionales, colocadas con mezcla 1:5, sobre un falso piso de concreto 1:10 de 2" de espesor. Piso del Almacén y Galería exterior de cemento con acabado liso. Zócalos interiores de cemento pulido de 0.30 m. de alto y zócalos exteriores de 0.70 m. de alto. Tarrajeo de muros interiores con barro y enlucidos con yeso. Puertas y ventanas de madera. Instalación de agua con fierro galvanizado, conectada a la tubería matriz que sale del Reservorio. Instalación de Desague, conectada a la tubería que sale del buzón de recolección. Instalación eléctrica empotrada. La distribución de la Casa Administración figura en el plano respectivo.

b) Casa para el guardián de la Planta.- Será también del tipo standard, similar a las adoptadas para otras plantas. Tendrá un área total de 96.00 m²; los cimientos serán de concreto 1:3:6 con 30% de piedra grande de 0.70 m. x 0.80 m. para los muros de cabeza y de 0.45 m. x 0.80 m. para los muros de soga. Sobrecimientos del mismo material y de 0.50 m. de alto. Muros de adobe de soga. Techos de caña empastados con barro y apoyados en cuartería de 4" x 6". Cubertura con tejas de 0.20 m. x 0.40 m. Pisos de la sala, comedor, dormitorios y pasajes de madera machiembreada de 1" x 3" sobre durmientes de 2" x 3" distanciados 0.50 m. Pisos de baño

cocina de losetas nacionales, sobre falso piso de concreto 1:10 de 2" de espesor. Fachada acabada con mezcla cal-cemento-arena en proporción 1:2:2. Zócalos interiores de 0.30 m. y exteriores de 0.70 m. de cemento liso. Puertas y ventanas de madera. La distribución de la Casa del Guardian en el Plano respectivo.

RED DE DISTRIBUCION.- Como la Planta se halla ubicada en la misma ciudad, el conducto de aducción, tiene un recorrido mínimo. La red de distribución se ha repartido teniendo en cuenta el plano de la ciudad.

Para calcular el circuito principal de la red se han considerado las necesidades máxima (incluyendo demanda contra incendios) de la población futura de la ciudad y las zonas de posible expansión de ésta.

La densidad de la población se ha repartido uniformemente en todas las manzanas, por tratarse de una ciudad pequeña.

La presión mínima útil es de 7.00 mts. en la cabecera de la población, aumentando rápidamente hacia abajo, ya que la población tiene fuerte declive hacia el río Santa, la presión máxima es de -- 85.00 mts (120 lbs/pulg²) en la parte mas baja de la población, por lo tanto usaremos en la red, tubería de fierro fundido Clase A (soporta 150 lbs/pulg²), siendo su C = 100, las cuales estarán expeditas para recibir conexiones domiciliarias.

El sistema de distribución de caudales, se ha calculado por el sistema de Hardy Cross y aplicado por J.J. Doland (Profesor de la Universidad de Illinois). El método consiste en establecer el equilibrio de las pérdidas de carga, después de presuponer una distribución de caudales. La ecuación de la pérdida de carga en las tuberías puede expresarse por: $h = rQ^n$ y para cada circuito, puede suponerse una corriente de compensación o corrección que equilibre la pérdida de carga (o sea que haga $rQ^n = 0$), como sigue:

Corrección = $\frac{rQ^n}{nrQ^{n-1}}$ (teniendo en cuenta la dirección de la corriente) / (sin tener en cuenta la dir. de la corriente)

La siguiente tabla N° 1 da valores de r para L = 1 mt., deducidos aplicando la formula de Hazen y Williams.

En este caso aplico la formula de Hazen y Williams con C = 100 que permite escribirla como sigue:

$$h = rQ^{1.85}$$

en la que:

h = pérdida de carga

Q = gasto en m³/seg.

r = resistencia del tramo de la tubería.

El valor de r es desde luego variable con el diámetro del tubo y con la C. La tabla N° 1 da los valores de r para diversos diámetros de tubo y valores de C. El valor de Q no expresa como antes se ha consignado con la que el resultado final del análisis, da

el caudal en porcentaje del caudal total.

En la figura N° 1 es un esquema de la red de tuberías, en la que se indican los diámetros, longitudes y valores de r , que se ha de considerarse como un sistema de distribución que se ha simplificado, suprimiendo las pequeñas tuberías transversales. Las flechas indican las salidas de agua del sistema expresadas en tanto por ciento de la entrada. Solamente se considera una entrada en el punto A, a la que se dá el valor 100.

Al hacer el croques para la distribución de caudales, el circuito principal se extiende desde el punto de entrada A, tomándolos sucesivamente en la dirección de las agujas del reloj. La disposición de los datos se adapta también a la conveniencia de obtener la suma de los valores de rQ^{n-1} en este caso, incluyéndose en la tabla N° 2 los valores de la potencia 0.85 de varios números. Obtenida la h total en la dirección de las agujas del reloj se sigue el mismo procedimiento hasta retornar al punto de entrada del flujo.

Como esta corriente lleva una dirección opuesta, tendrá un signo negativo y la suma total de la h se obtendrá por diferencia. La corrección se deduce como se indica en los cálculos y se resta del caudal supuesto en el recorrido mayor, indicándose con una flecha en que (sentido) recorrido debe hacerse la corrección. Debe observarse que las correcciones se hacen en cada tramo en sentido inverso hacia el punto de entrada del agua. Las cantidades corregidas se indican junto a las estimaciones originales. Después que se ha calculado el circuito principal, se calcula de la misma manera el transversal. Las correcciones necesarias en el circuito transversal, se transfieren a los tubos del circuito principal, antes de hacer la corrección siguiente. Es importante nuevamente el que queden compensados todos los caudales de los nudos.

Area de extensión futura.— Considerando una densidad uniforme de 225 habitantes por Hectarea, cifra que representa el valor futuro para el tiempo que prestará servicios eficientes la red de agua, comprendiendo la extensión futura de:

$$\frac{10,000}{225} = 44.5 \text{ Hectareas}$$

Siendo en la actualidad 31.8 Hectareas, la futura expansión será de $44.5 - 31.8 = 12.7$ Hectareas, que representa el 40% sobre el área actual.

Coeficiente de distribución de gasto.— Habiéndose considerado la densidad uniforme, tendrá el mismo valor para toda la zona. El coeficiente de distribución representa el valor futuro de consumo de la hora maxima por unidad de superficie y estará determinado por: $52/44.5 = 1.16$ lts/seg./Ha.

Por lo tanto el gasto necesario para satisfacer el consumo de la

zona de expansión futura, será de: $1.16 \times 12.7 = 14.8 = 15.0$ lts/seg. Como la ciudad tendrá que expandirse en la dirección Norte-Sur y Oeste-Este, los 15 lts/seg. tendrán como punto de salida, el H, proximo a la zona de expansión.

He considerado para las salidas de los diversos tramos de acuerdo al área que deberán cubrir, dando los siguientes resultados:

PUNTO DE SALIDA	GASTO
B	4 lts/seg.
C	5 lts/seg.
F	4 lts/seg.
G	5 lts/seg.
E	1 lts/seg.
D	8 lts/seg.
J	6 lts/seg.
I	4 lts/seg.
H	15 lts/seg.

Debido a que los cálculos se van hacer en porcentaje, estos mismos gastos en los puntos de salida en porcentaje, serán:

PUNTO DE SALIDA	GASTO EN %
B	.077
C	.096
F	.077
G	.096
E	.019
D	.154
J	.114
I	.077
H	.290

Para el cálculo de los gastos de la tubería se ha considerado dos circuitos: uno principal y otro transversal. Habiéndose calculado el circuito principal dos veces obteniéndose las siguientes correcciones: la primera corrección es de $- 0.05$ y la segunda de $- 0.0002$ la cual es aceptable por ser menor del 5% y una vez en el circuito transversal cuya corrección es de $+ 0.01$. Los gastos finales en cada tramo de la tubería en porcentaje obtenido de las correcciones es el siguiente:

TRAMO	GASTO EN %
AB	0.5498
BC	0.4728
CF	0.3798
FG	0.3098
GH	0.2138
HI	0.0762
IJ	0.1532
JD	0.2772
DE	0.4312

TRAMO	GASTO EN %
EA	0.4502
SALIDA EN H	0.2900

Para hallar el gasto real, he multiplicado los gastos hallados en porcentaje por el gasto hallado para el maximo horario del día maximo o sea 52 lts/seg. hallando de esta manera el gasto real en cada tramo, obteniendo los siguientes gastos reales:

TRAMO	GASTO REAL
AB	28.56 lts/seg.
BC	24.56 lts/seg.
CF	19.74 lts/seg.
FG	16.11 lts/seg.
GH	11.11 lts/seg.
HI	3.96 lts/seg.
IJ	7.96 lts/seg.
JD	14.41 lts/seg.
DE	22.44 lts/seg.
EA	23.44 lts/seg.
SALIDA EN H	15.00 lts/seg.

Los cálculos para hallar las correcciones se hallan en los cuadros Nos. 1 y 2 que se adjuntan.

Velocidad resultante.- La velocidad en las redes de distribución no deben ser mayor que 1.50 mts/seg. para evitar la rotura de la tubería, ni menor de 0.30 mts/seg, para evitar sedimentación, por ello calcularemos la velocidad en los diversos tramos de acuerdo al nomograma de Hazen y Williams para el valor C = 100

TRAMO	VELOCIDAD EN MTS/SEG.
AB	0.97 mts/seg.
BC	0.82 mts/seg.
CF	0.65 mts/seg.
FG	0.57 mts/seg.
GH	0.40 mts/seg.
HI	- - -
IJ	0.50 mts/seg.
JD	0.89 mts/seg.
DE	0.75 mts/seg.
EA	0.80 mts/seg.

Los tramos de rellevo serán de tubería de 4", no debiendo considerarse de menor diámetro, puesto que estarán preparadas para recibir conexiones domiciliareas.