

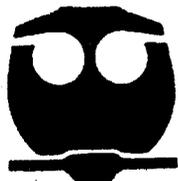


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**"SISTEMAS DE TRABAJO CON AGUA CRUDA SU
POTABILIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN."**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA QUÍMICA
P R E S E N T A
JENNY HERNÁNDEZ CABRERA



MÉXICO, D.F.,



EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

PROFESORES:

PRESIDENTE

RODOLFO TORRES BARRERA

VOCAL

BALDOMERO PÉREZ GABRIEL

SECRETARIO

JUAN JOSÉ RUIZ LÓPEZ

1ER. SUPLENTE

FULVIO MENDOZA ROSAS

El tema se desarrollo en Ciudad Universitaria, en la Facultad de Química.

ASESOR DEL TEMA:

Ing. Baldomero Pérez Gabriel

SUSTENTANTE:

Jenny Hernández Cabrera

Jenny Hdz.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I DISPONIBILIDAD DEL AGUA CRUDA EN MÉXICO,	4
CAPÍTULO II SITUACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA.....	6
CAPÍTULO III ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SU RELACIÓN CON LA INDUSTRIA Y CON EL ÁREA POBLACIONAL.....	16
CAPÍTULO IV DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES CON LA PLANEACIÓN, PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE.....	18
CAPÍTULO V DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PARA EL ÁREA INDUSTRIAL Y DOMESTICA.....	22
CAPÍTULO VI INGENIERÍA BÁSICA PARA REALIZAR EL PROYECTO.....	30
CAPÍTULO VII INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA CRUDA PARA EFECTOS DE POTABILIZACIÓN.....	34
CAPÍTULO VIII SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CRUDA Y AGUA POTABLE.	45
CAPÍTULO IX CONTROL DE CALIDAD.....	48
CAPÍTULO X COSTOS Y TIEMPOS DEL PROYECTO.....	55
CAPÍTULO XI ALCANTARILLADO.....	73
CONCLUSIONES.....	75
BIBLIOGRAFÍA.....	76

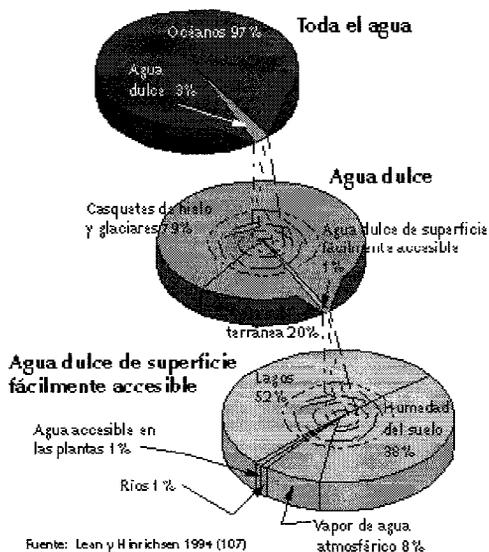
INTRODUCCIÓN

El agua potable es un líquido absolutamente indispensable en nuestro planeta dado que sin agua es imposible la vida en la tierra.

Por ello es importante antes que nada darnos una idea clara de cuanto agua tenemos disponible en nuestro planeta tierra. El nombre de "Planeta Azul" le es dado a la Tierra debido a que 70 por ciento de su superficie es agua y 30 por ciento tierra.

Si bien el agua es el elemento más abundante en la Tierra, lo que podría hacer pensar en una disponibilidad ilimitada del recurso, de acuerdo al informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, "Agua para todos agua para la vida" únicamente 2.5% del total es agua dulce y el resto es agua salada; asimismo, las dos terceras partes del agua dulce se encuentran inmovilizadas en glaciares y al abrigo de nieves perpetuas.

Figura 2. Distribución del agua en el mundo



En relación al volumen de agua dulce disponible en el planeta con respecto a la población mundial, se presenta el siguiente escenario; en América del Norte y Central reside el 8% de la población y esta disfruta del 15% del total de agua dulce en el mundo; América del Sur tiene el 6% de la población y disfruta del 26% de los recursos hídricos. Europa posee el 13% de la población y el 8% del recurso hídrico; en África vive el 13% de la humanidad y se dispone del 11% del agua; en Asia vive el 60% de la población y se dispone del 36% del agua y, en Australia y Oceanía vive menos del 1% de la población y se dispone del 4% del agua.

Las diferencias en la disponibilidad de agua a nivel de continentes también se reflejan a nivel de nuestro país. En el Noroeste, Norte y Centro de México se registra el 32% del escurrimiento de agua y se concentra el 77% de la población nacional; en contraste, en el Sureste se registra el 68% del escurrimiento y vive el 23% de la población nacional.

Asimismo la relación población-agua se ha venido modificando a través de los años, si bien podemos decir que para efectos prácticos el volumen de agua no se modifica, la población sí lo ha hecho y de manera desproporcionada, dando como consecuencia una menor disponibilidad de agua por habitante. En 1970 la disponibilidad de agua por habitante era de $9,880 \text{ m}^3/\text{hab.}$, y en el año 2000 pasó a $4,708 \text{ m}^3/\text{hab.}$

En los últimos años las presiones ambientales impuestas por el crecimiento de la población, la urbanización y la industrialización, se han convertido en un importante tema de interés nacional. Las demandas impuestas a las reservas finitas de agua representan una amenaza tanto para la cantidad como para la calidad de un producto básico para toda clase de actividades sociales y económicas y, para la vida y la salud humanas.

Ante esta problemática, los tres niveles de gobierno, han incrementado sus esfuerzos para satisfacer las necesidades de agua de la población nacional. Para lograr el objetivo de ampliar las coberturas de los servicios y la calidad de los mismos ha sido necesario realizar cuantiosas inversiones en obras a fin de llevar el agua potable a las poblaciones que los necesitan, por más aisladas que estén estas.

Debido a esto es la gran importancia de la presente tesis que tiene como propósito principal dar a conocer el conjunto de las diversas obras que tienen por objeto suministrar agua potable a una población en cantidad y calidad suficiente, presión necesaria y en forma continua, para un sistema de abastecimiento de agua potable.

Es así que el caso del agua potable no se tiene una solución permanente y definitiva, por lo que se deben estar buscando nuevas fuentes de abastecimiento y formas de tratamiento del agua, con ayuda de las diversas disciplinas del conocimiento que nos ayuden a desarrollar excelentes obras de Ingeniería. Es así que son varias las profesiones que participan en el abastecimiento y tratamiento del agua como son la Ingeniería Civil, la Ingeniería Química, la Ingeniería Ambiental, la Biología y la Ingeniería Industrial, para lograr hacer más eficientes los sistemas de tratamiento.

Para tal efecto de desarrollar y aplicar un papel activo, concreto y factible en la solución de tales problemas la ingeniería debe entender con claridad los fundamentos en que se basa.

OBJETIVO

- Mostrar cuanto cuesta y como se lleva a cabo el proceso de potabilización de agua cruda obtenida de un río, para suministrar agua potable a una población en cantidad, calidad suficiente, presión necesaria y en forma continua.

ALCANCES Y LIMITACIONES

En mi trabajo de tesis me apoyo fundamentalmente en la Ingeniería Química, Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental, utilizando estas materias de una forma práctica y eficaz.

Primero nos ocuparemos de las cuestiones relacionadas con la disponibilidad del agua cruda en México y en que situación se encuentran actualmente los servicios de agua potable y alcantarillado en la nación.

Cabe mencionar que por agua cruda entendemos que es el agua tal como se encuentra en las fuentes, en estado natural, sin tratamiento. Se pueden identificar como fuentes de "agua cruda" a los cursos superficiales o subterráneos, entre ellos, los ríos, arroyos, lagos, lagunas y acuíferos, que el hombre usa como materia prima para abastecerse.

Asimismo también nos daremos un espacio en materia del abastecimiento de agua potable en la industria y en el área poblacional. Hablaremos de cuales son las dependencias gubernamentales involucradas en la planeación, construcción y mantenimiento del agua potable.

También describiré los medios para mejorar la calidad del agua apoyándome fundamentalmente de dos recursos prácticos para realizar mi proyecto y que son:

1. Ingeniería Básica constituida de máquinas, equipos e instalaciones.
2. Ingeniería de Detalle que comprende todas las particularidades y especificaciones de máquinas, equipos e instalaciones para lograr el objetivo fundamental que en mi tesis es disponer tanto en calidad como en cantidad agua potable tanto para el sector poblacional como el sector industrial.

Por lo tanto la Ingeniería Básica y la Ingeniería de Detalle estarán presentes en la captación, conducción, y tratamiento del agua cruda, con especial énfasis en el abasto público del agua potable.

Finalmente incluiré el costo y el tiempo aproximado para convertir el agua cruda en agua potable, tomando como base una población de 100 000 habitantes, con la finalidad de darnos una idea clara de lo costoso que es potabilizar el agua.

CAPÍTULO I

DISPONIBILIDAD DEL AGUA CRUDA EN MÉXICO.

Fundamentalmente en nuestro país las fuentes de abastecimiento de agua dulce se encuentran a cielo abierto es decir en ríos, arroyos, ojos de agua y en el subsuelo en mantos confinados que surten de agua a los pozos artesianos. Así también se dispone de corrientes y/o ríos subterráneos dentro de las principales fuentes de abastecimiento.

El agua como recurso se encuentra disponible en escurrimientos superficiales que se distribuyen en 320 cuencas hidrológicas, de las cuales las más importantes son las de los ríos Bravos, Pánuco, Papaloapan, Grijalva y Usumacinta en la vertiente del Golfo de México y la del río Nazas en las cuencas endorreicas.

CUADRO 1.1 PRINCIPALES CUENCAS HIDROLÓGICAS DE MÉXICO

Río Yaqui	Río Santiago	Río Grijalva	Río Nautla
Río El fuerte	Río Ameca	Río Suchiate	Río Tecolutla
Río Sinaloa	Río Armería	Río Usumacinta	Río Cazones
Río Culiacán	Río Coahuayana	Río Hondo	Río Tuxpan
Río San Lorenzo	Río Lerma	Río Candelaria	Río Panuco
Río Piaxtla	Río Balsas	Río Coatzacoalcos	Río San Juan
Río Presidio	Río Papagayo	Río Papaloapan	Río Nazas
Río Baluarte	Río Ometepec	Río Blanco	Río Bravo
Río Acaponeta	Río Verde	Río Jamapa	Río Conchos
Río Mezquital	Río Tehuantepec	Río Antigua	Río Colorado

Fuente: Comisión Nacional del agua (CNA)

La extracción anual de agua en México es de aproximadamente 185 km³ tanto de fuentes subterráneas como superficiales. De este volumen el 61 % se utiliza en la generación de energía hidroeléctrica, 30 % se destina al riego, 5% a la industria y 4% para uso urbano.

La precipitación media anual en nuestro país es de alrededor de 78 cm de lluvia lo que equivale aproximadamente a 1.5 billones de metros cúbicos anuales. Sin embargo, estudios relacionados con ello manifiestan que las tres cuartas partes de esos 1.5 billones de metros cúbicos anuales las tres cuartas partes se pierden por evaporación e infiltración en los acuíferos terrestres resultando el volumen restante 0.375 billones de metros cúbicos anuales. Siendo el volumen restante el componente principal de los escurrimientos.

En México la mayor parte de la precipitación se presenta entre los meses de junio a septiembre por lo que el 67% de las lluvias mexicanas se da en dichos meses y el resto del año la lluvia es escasa.

Además, la distribución es irregular e insuficiente para considerarse un país con disponibilidad natural de agua pues se tiene que México arriba es muy ancho pero con poca lluvia (árido o semiárido) y abajo es angosto, pero llueve más.

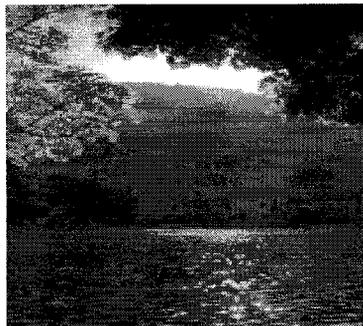
Es así que el 50% de su superficie la tienen los estados norteros y ahí llueve tan sólo el 25% del total. En contraste en los estados del sur-sureste del país (Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco), se tiene que cae la mayoría del agua de lluvia esto es aproximadamente 49.6%.

Entre los estados más secos está Baja California, tan solo llueve un promedio de 199 mm por año. En contraste está Tabasco que recibe 2588 mm de agua cada año.

En México llueve cada vez menos. De 1994 a la fecha ha llovido menos del promedio histórico anterior. La clasificación mundial, México está considerado como un país de disponibilidad baja de agua. Los países más ricos en disponibilidad de agua son Canadá y Brasil.

Es así que el problema de la disponibilidad natural del agua se agrava por el acelerado crecimiento de la población registrado en las últimas décadas que ha dado origen a un incremento en la demanda del recurso. Por lo que el agua ya no solo es un elemento vital, sino que puede considerarse como un factor estratégico para el desarrollo global del país.

Figura 1.1 Lago en México



Fuente: CNA

CAPÍTULO II

SITUACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA.

El acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento es una necesidad primaria en cualquier sociedad del mundo, lo mismo en países con alta disponibilidad del recurso hídrico como en aquellos que por situaciones geográficas adversas disponen en menor medida de él.

De acuerdo con la información proporcionada por las entidades prestadoras de servicios, de los 101.4 millones de personas que en 2004 habitan en viviendas particulares, 90.7 cuentan con el servicio de agua potable y 78.6 con alcantarillado. Es decir 10.7 millones no cuentan con servicio de agua potable y 22.8 carecen del servicio de alcantarillado, equivalentes al 10.5% y 22.5% de la población respectivamente.

De acuerdo al cuadro 2.1, la cobertura promedio nacional del servicio de agua potable es de 89.5%. Cabe destacar que 23 estados superan la cobertura promedio nacional, sobresalen Aguascalientes, Coahuila, Colima y Distrito Federal, con coberturas superiores al 98%. En contraste, nueve estados registran coberturas inferiores al promedio nacional, sobresalen Guerrero, Oaxaca, Tabasco y Veracruz, con coberturas inferiores al 75%.

En materia de alcantarillado, la cobertura promedio nacional es del 77.5% y 19 estados lo superan; sobresalen Aguascalientes, Colima y Distrito Federal, con coberturas superiores al 95%. Con coberturas inferiores al promedio están 13 estados, entre los que sobresalen Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Yucatán con coberturas inferiores al 60%.

Figura 2.1 Obras de Alcantarillado



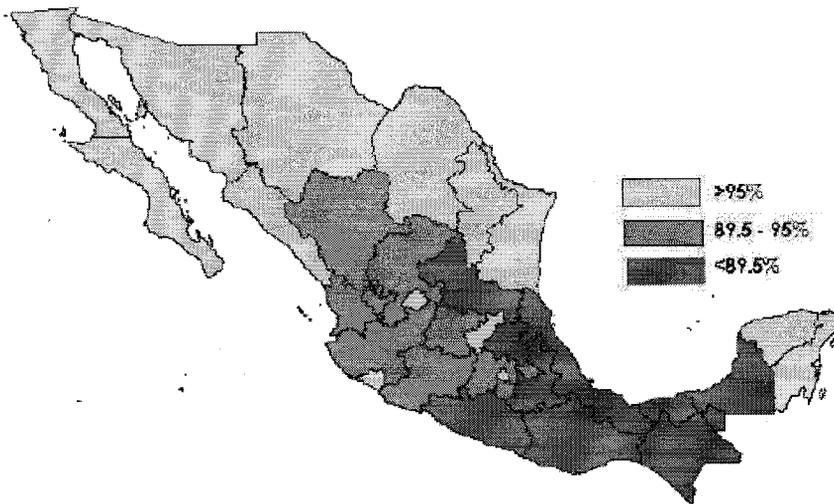
Fuente: CNA

Cuadro 2.1 Cobertura de agua potable y alcantarillado por estado, a diciembre de 2004

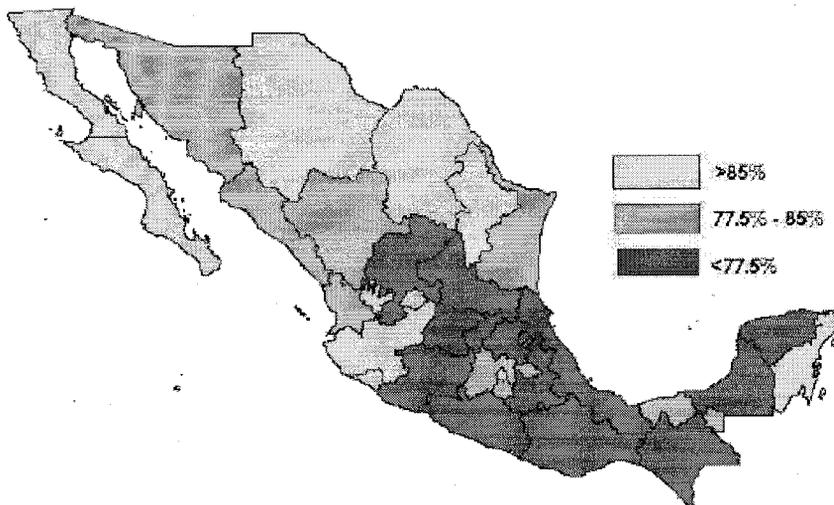
ESTADO	HABITANTES EN VIVIENDAS PARTICULARES	POBLACIÓN CON SERVICIO				POBLACIÓN SIN SERVICIO			
		AGUA POTABLE		ALCANTARILLADO		AGUA POTABLE		ALCANTARILLADO	
		HABITANTES	%	HABITANTES	%	HABITANTES	%	HABITANTES	%
AGUASCALIENTES	1,034,728	1,022,405	98.8	987,719	95.5	12,929	1.2	47,009	4.5
BAJA CALIFORNIA	2,597,262	2,525,267	97.2	2,341,973	90.2	71,998	2.8	255,288	9.8
BAJA CALIFORNIA SUR	461,479	448,814	97.3	397,744	86.2	12,665	2.7	63,735	13.8
CAMPECHE	729,556	652,856	87.1	448,827	59.9	96,900	12.9	300,729	40.1
CHAMPAS	4,054,400	3,180,516	78.4	2,478,059	59.6	874,082	21.6	1,688,391	41.6
CHIHUAHUA	3,210,849	3,082,456	95.4	2,887,165	89.3	148,349	4.6	343,684	10.7
COAHUILA	2,411,385	2,391,374	99.2	2,320,930	89.9	20,011	0.8	291,055	12.1
COLIMA	551,913	540,657	98.0	541,641	98.1	11,256	2.0	10,273	1.9
DISTRITO FEDERAL	8,528,657	8,484,938	99.5	8,480,439	99.5	38,729	0.5	43,218	0.5
DURANGO	1,474,855	1,383,097	93.6	1,164,993	78.3	94,456	6.4	319,562	21.7
GUANAJUATO	4,908,067	4,624,567	94.2	3,749,977	76.4	281,119	5.7	1,156,110	23.4
GUERRERO	3,168,215	2,931,532	92.5	1,602,272	50.3	803,683	25.7	1,982,443	62.7
HIDALGO	2,341,874	2,058,929	87.9	1,522,285	65.0	282,944	12.1	819,589	35.0
JALISCO	6,597,994	6,128,611	92.9	6,019,997	91.2	469,125	7.1	577,937	8.8
MÉXICO	13,638,029	12,372,949	90.8	11,293,318	82.7	1,277,060	9.4	2,339,713	17.3
MICHOACÁN	4,077,008	3,726,630	91.0	3,135,973	76.5	370,179	9.0	941,036	23.5
MORELOS	1,628,466	1,477,798	91.0	1,311,404	80.5	145,688	9.0	312,082	19.2
NAVARRI	946,723	888,056	93.8	778,120	82.2	58,666	6.2	166,602	17.8
NUEVO LEÓN	4,087,225	3,942,354	96.5	3,733,047	91.3	124,671	3.1	354,178	8.7
OAXACA	3,564,749	2,647,609	74.3	1,564,950	43.9	916,940	25.7	2,006,398	56.3
PUEBLA	5,241,978	4,388,611	83.7	3,348,903	63.9	853,567	16.3	1,893,075	36.1
QUERÉTARO	1,502,838	1,462,595	97.4	1,099,879	71.8	70,249	4.6	432,644	28.8
QUINTANA ROO	1,019,032	985,581	96.7	879,399	86.3	33,452	3.3	139,640	13.7
SAN LUIS POTOSÍ	2,393,143	1,913,475	80.0	1,468,026	61.3	479,669	20.0	925,123	38.7
SINALOA	2,609,498	2,630,426	97.0	2,072,589	79.4	79,072	3.0	536,939	20.2
SONORA	2,255,054	2,296,922	97.5	1,901,859	80.8	58,134	2.5	453,204	19.0
TABASCO	2,020,510	1,453,104	71.9	1,432,022	81.6	567,406	28.1	368,488	18.2
TAMAULIPAS	2,944,884	2,818,969	95.7	2,292,936	77.9	125,915	4.3	651,948	22.1
TLAXCALA	1,058,748	981,933	94.5	855,678	82.4	56,810	5.5	93,069	17.6
VERACRUZ	7,080,654	5,043,177	71.4	4,596,652	65.1	2,017,477	28.6	2,444,800	34.9
YUCATÁN	1,744,201	1,691,544	97.0	960,808	54.5	72,637	4.1	800,362	45.5
ZACATECAS	1,383,719	1,297,761	93.8	998,527	72.2	85,958	6.2	385,192	29.2
TOTAL NACIONAL	101,454,377	90,743,176	89.5	78,592,541	77.5	10,481,201	10.5	22,842,036	22.8

Fuente: CNA/SGIHU/Gerencia de Estudios y Proyectos

Figura 2.2
Cobertura de Agua Potable



Cobertura de Alcantarillado



FUENTE: CNA

Un indicador que refleja el nivel de vida de una sociedad es el relativo a la cobertura del servicio de agua potable. A continuación se hace referencia a los avances que se han registrado en las coberturas de agua potable para uso doméstico.

Como se puede observar en el cuadro 2.2 a nivel nacional de diciembre de 1990 a 2004 la población se incremento en 17.9 millones de habitantes y se incorporaron al servicio de agua potable 25.8 millones, esto permitió incrementar la cobertura en 11.8 puntos porcentuales en ese periodo de tiempo.

Cuadro 2.2 Evolución de la cobertura nacional de agua potable.

AÑO	POBLACIÓN TOTAL (Millones)	HABITANTES (Millones)			PORCENTAJE DE COBERTURA
		CON SERVICIO	SIN SERVICIO	BENEFICIADOS	
1990*	81.2	63.1	18.2	1.8	77.6
1990	83.5	64.9	18.6	1.8	77.7
1991	85.1	67.2	17.9	4.1	79.0
1992	86.7	69.7	17.0	2.5	80.4
1993	88.4	71.9	16.5	2.2	81.3
1994	90.0	74.0	16.0	2.1	82.2
1995**	91.2	76.7	14.4	2.7	84.2
1996	92.7	78.8	13.9	2.1	85.0
1997	94.2	80.7	13.5	1.9	85.7
1998	95.8	82.8	13.0	2.1	86.4
1999	97.3	85.0	12.3	2.2	87.4
2000*	95.4	83.8	11.6	SIN DATO	87.8
2000	96.6	85.5	11.1	1.7	88.5
2001	98.0	87.2	10.8	1.7	89.0
2002	99.3	88.6	10.7	1.4	89.2
2003	100.4	89.8	10.6	1.2	89.4
2004	101.4	90.7	10.7	1.0	89.5

Fuente: CNA/SGIHU/Gerencia de Estudios y Proyectos

*XI y XII Censo General de Población y Vivienda, 1990 y 2000, INEGI; para 1990 se refiere al total de la población nacional y para 2000 a la que habita en viviendas particulares, a marzo y febrero, respectivamente.

** I Censo de Población y Vivienda 1995. INEGI, con cifras al mes de noviembre.

Para el resto de los años, incluyendo 1990 y 2000, la población se calculó a diciembre con base en los censos referidos y las tasas de crecimiento obtenidas de las proyecciones del CONAPO.

Nota: Los porcentajes y sumas pueden NO coincidir por el redondeo de las cifras.

En zonas urbanas en el mismo periodo la población se incremento en 15.9 millones de personas y se incorporaron al servicio de agua potable 19.5 millones, incrementándose la cobertura en 7.1 puntos porcentuales.

Cuadro 2.3 Evolución de la cobertura de agua potable en zonas urbanas.

AÑO	POBLACIÓN TOTAL (Millones)	HABITANTES (Millones)			PORCENTAJE DE COBERTURA
		CON SERVICIO	SIN SERVICIO	BENEFICIADOS	
1990*	59.5	52.9	6.7	1.4	88.5
1991	61.1	54.5	6.6	1.6	89.2
1992	62.4	56.3	6.1	1.8	90.2
1993	63.7	57.9	5.8	1.6	90.9
1994	65.1	59.4	5.7	1.5	91.2
1995**	67.0	62.0	5.0	2.6	92.6
1996	68.0	63.5	4.6	1.9	93.2
1997	69.3	64.9	4.3	1.4	93.7
1998	70.5	66.5	4.0	1.8	94.3
1999	71.6	68.1	3.5	1.6	95.1
2000*	74.1	67.3	3.8		94.7
2000	72.1	68.6	3.5	1.3	95.1
2001	73.1	69.8	3.3	1.2	95.5
2002	74.1	70.9	3.2	1.1	95.7
2003	74.9	71.7	3.1	0.9	95.7
2004	75.7	72.4	3.3	0.7	95.6

Fuente: CNA/SGIHU/Gerencia de Estudios y Proyectos

*XI y XII Censo General de Población y Vivienda, 1990 y 2000, INEGI; para 1990 se refiere al total de la población nacional y para 2000 a la que habita en viviendas particulares, a marzo y febrero, respectivamente.

** I Censo de Población y Vivienda 1995. INEGI, con cifras al mes de noviembre.

Para el resto de los años, incluyendo 1990 y 2000, la población se calculó a diciembre con base en los censos referidos y las tasas de crecimiento obtenidas de las proyecciones del CONAPO.

Nota: Los porcentajes y sumas pueden NO coincidir por el redondeo de las cifras.

En las zonas rurales, localidades menores a 2500 habitantes, la población se incremento en dos millones de personas y se incorporaron al servicio de agua potable 6.2 millones, incrementándose la cobertura en 20.2 puntos porcentuales.

Cuadro 2.4 Evolución de la cobertura de agua potable en zonas rurales.

AÑO	POBLACION TOTAL (Millones)	HABITANTES (Millones)			PORCENTAJE DE COBERTURA
		CON SERVICIO	SIN SERVICIO	BENEFICIADOS	
1990 *	23.7	12.1	11.6	0.4	31.1
1991	24.0	12.7	11.3	0.6	52.9
1992	24.3	13.4	10.9	0.7	55.1
1993	24.5	14.0	10.7	0.6	56.7
1994	24.9	14.6	10.3	0.6	58.6
1995**	25.2	14.7	9.4	0.1	61.0
1996	25.6	15.3	9.3	0.5	62.2
1997	25.8	15.8	9.2	0.5	63.2
1998	26.4	16.3	9.0	0.5	64.4
1999	26.7	16.9	8.8	0.6	65.7
2000*	27.2	16.6	7.7	0.4	68.2
2001	27.6	16.9	7.6	0.5	69.6
2001	27.9	17.4	7.5	0.5	69.9
2002	28.2	17.7	7.5	0.3	70.1
2003	29.4	18.0	7.5	0.3	70.8
2004	28.7	18.3	7.4	0.3	71.3

Fuente: CNA/SGIHU/Gerencia de Estudios y Proyectos

*XI y XII Censo General de Población y Vivienda, 1990 y 2000, INEGI; para 1990 se refiere al total de la población nacional y para 2000 a la que habita en viviendas particulares, a marzo y febrero, respectivamente.

** I Censo de Población y Vivienda 1995. INEGI, con cifras al mes de noviembre.

Para el resto de los años, incluyendo 1990 y 2000, la población se calculó a diciembre con base en los censos referidos y las tasas de crecimiento obtenidas de las proyecciones del CONAPO.

Nota: Los porcentajes y sumas pueden NO coincidir por el redondeo de las cifras.

Al igual que el servicio de agua potable, la cobertura del servicio de alcantarillado constituye un buen indicador del nivel de vida de toda sociedad. Los avances logrados en el periodo 1990-2004 se pueden ver en los cuadros que se presentan a continuación.

En el periodo referido la población se incrementó en 17.9 millones de habitantes y se dotó por primera vez del servicio de alcantarillado a 27.4 millones de personas, logrando un incremento en la cobertura de 16.2 puntos porcentuales.

Cuadro 2.5 Evolución de la cobertura nacional de alcantarillado

AÑO	POBLACIÓN TOTAL (Millones)	HABITANTES (Millones)			PORCENTAJE DE COBERTURA
		CON SERVICIO	SIN SERVICIO	BENEFICIADOS	
1990*	81.2	49.5	31.8	1.7	60.9
1990	83.5	51.2	32.3	1.7	61.3
1991	85.1	53.1	32.0	1.9	62.4
1992	86.7	55.3	31.4	2.2	63.8
1993	88.4	57.1	31.3	1.9	64.6
1994	90.0	59.1	30.9	1.9	65.7
1995**	91.2	65.7	25.5	6.6	72.1
1996	92.7	67.2	25.5	1.5	72.4
1997	94.3	68.3	26.0	1.1	72.4
1998	95.8	69.4	26.4	1.1	72.4
1999	97.3	71.1	26.2	1.7	73.1
2000*	95.4	72.7	22.7		76.2
2000	96.6	73.9	22.7	1.3	76.5
2001	98.0	75.3	22.7	1.4	76.9
2002	99.3	76.5	22.8	1.2	77.0
2003	100.7	77.5	22.9	1.0	77.2
2004	101.4	78.6	22.8	1.1	77.5

Fuente: CNA/SGIHU/Gerencia de Estudios y Proyectos

*XI y XII Censo General de Población y Vivienda, 1990 y 2000, INEGI; para 1990 se refiere al total de la población nacional y para 2000 a la que habita en viviendas particulares, a marzo y febrero, respectivamente.

** I Censo de Población y Vivienda 1995, INEGI, con cifras al mes de noviembre.

Para el resto de los años, incluyendo 1990 y 2000, la población se calculó a diciembre con base en los censos referidos y las tasas de crecimiento obtenidas de las proyecciones del CONAPO.

Nota: Los porcentajes y sumas pueden NO coincidir por el redondeo de las cifras.

En zonas urbanas, en el mismo periodo, la población se incrementó en 15.9 millones de personas y se incorporaron al servicio 22.2 millones, incrementándose la cobertura en 12.9 puntos porcentuales.

Cuadro 2.6 Evolución de la cobertura del alcantarillado en zonas urbanas

AÑO	POBLACIÓN TOTAL (Millones)	HABITANTES (Millones)			PORCENTAJE DE COBERTURA
		CON SERVICIO	SIN SERVICIO	BENEFICIADOS	
1990*	59.8	46.5	13.3	1.2	77.8
1991	61.0	47.9	13.2	1.4	78.4
1992	62.2	49.5	12.9	1.6	79.3
1993	63.7	50.8	12.9	1.3	79.7
1994	65.1	52.2	12.9	1.4	80.2
1995**	67.0	56.6	8.4	6.4	87.4
1996	68.2	59.7	8.5	1.1	87.5
1997	69.3	60.5	8.8	0.8	87.3
1998	70.5	61.3	9.2	0.8	87.0
1999	71.6	62.6	9.0	1.2	87.4
2000*	71.1	63.7	7.4		89.6
2000	72.1	64.7	7.4	1.0	89.7
2001	73.1	65.9	7.2	1.2	90.1
2002	74.1	66.9	7.2	1.0	90.3
2003	74.5	67.7	7.2	0.8	90.4
2004	75.7	68.7	7.1	1.0	90.7

Fuente: CNA/SGIHU/Gerencia de Estudios y Proyectos

*XI y XII Censo General de Población y Vivienda, 1990 y 2000, INEGI; para 1990 se refiere al total de la población nacional y para 2000 a la que habita en viviendas particulares, a marzo y febrero, respectivamente.

** I Conteo de Población y Vivienda 1995. INEGI, con cifras al mes de noviembre.

Para el resto de los años, incluyendo 1990 y 2000, la población se calculó a diciembre con base en los censos referidos y las tasas de crecimiento obtenidas de las proyecciones del CONAPO.

Nota: Los porcentajes y sumas pueden NO coincidir por el redondeo de las cifras.

En las zonas rurales, localidades menores a 2500 habitantes, se incorporaron al servicio 5.2 millones de habitantes, incremento superior al de la población que fue de dos millones. La cobertura se elevó 18.7 puntos porcentuales.

Cuadro 2.7. Evolución de la cobertura de alcantarillado en zonas rurales.

AÑO	POBLACIÓN TOTAL (Millones)	HABITANTES (Millones)			PORCENTAJE DE COBERTURA
		CON SERVICIO	SIN SERVICIO	BENEFICIADOS	
1990*	23.7	4.7	19.0	0.5	19.8
1991	24.0	5.2	18.8	0.5	21.7
1992	24.3	5.8	18.5	0.6	23.9
1993	24.7	6.4	18.3	0.6	25.9
1994	24.9	6.9	18.0	0.5	27.7
1995**	24.2	7.1	17.0	0.2	29.5
1996	24.6	7.5	17.1	0.4	30.5
1997	25.0	7.8	17.2	0.3	31.3
1998	25.3	8.1	17.2	0.3	32.0
1999	25.7	8.6	17.1	0.5	33.5
2000*	24.0	8.9	15.3	0.5	36.8
2000	24.5	9.2	15.3	0.3	37.6
2001	24.9	9.4	15.4	0.2	37.9
2002	25.2	9.6	15.6	0.2	38.1
2003	25.5	9.8	15.7	0.2	38.5
2004	25.7	9.9	15.8	0.1	38.5

Fuente: CNA/SGIHU/Gerencia de Estudios y Proyectos

*XI y XII Censo General de Población y Vivienda, 1990 y 2000, INEGI; para 1990 se refiere al total de la población nacional y para 2000 a la que habita en viviendas particulares, a marzo y febrero, respectivamente.

** I Censo de Población y Vivienda 1995, INEGI, con cifras al mes de noviembre.

Para el resto de los años, incluyendo 1990 y 2000, la población se calculó a diciembre con base en los censos referidos y las tasas de crecimiento obtenidas de las proyecciones del CONAPO.

Nota: Los porcentajes y sumas pueden NO coincidir por el redondeo de las cifras.

Por último cabe mencionar que de la inversión ejercida durante el 2004, el 39.7% se destinó a agua potable, el 40.4% a alcantarillado, el 11.4% a saneamiento, el 8.0% a mejoramiento de la eficiencia y el 0.5% restante a estudios y proyectos, supervisión y otros conceptos.

En la actualidad, con base en información de la CNA, México tiene 2200 presas de almacenamiento, 4170 presas "derivadas", 5064 plantas de bombeo, 5064 manantiales y 43430 pozos profundos.

Del total de las presas de almacenamiento, 35% tienen más de 40 años cuando su vida útil de diseño es de 50, por lo que se hace necesaria su adecuación con el fin de reponer el volumen perdido por la acumulación de azolves y continuar el servicio de riego.

Cabe mencionar en este capítulo que la inoperancia de las presas, se debe a que son "muy viejas e insuficientes", además de que la recarga de los acuíferos no va a la par de la extracción, lo que se suma al hecho de que los principales sitios de recarga se han pavimentado.

Figura 2.3 Situación del país



DATOS GENERALES

- Población total INEGI 2000:	97,483,412
- Población estimada a 2004:	103,711,689
- Cobertura de Agua Potable:	89.5%
- Cobertura de Aicantarillado:	77.5%

POTABILIZACIÓN

- Agua Producida:	322,547 l/s
- Agua Desinfectada:	309,170 l/s
- Cobertura de Desinfección:	95.9 %
- Plantas Potabilizadoras Operando:	482
- Capacidad Instalada:	125,294 l/s
- Caudal Potabilizado:	85,606 l/s

SANEAMIENTO

- Agua Residual Generada:	255,170 l/s
- Agua Residual Colectada:	205,059 l/s
- Plantas de Tratamiento Operando:	1,300
- Capacidad Instalada:	88,721 l/s
- Caudal Tratado:	64,542 l/s
- Cobertura de Tratamiento:	31.5%

FUENTE: CNA

CAPÍTULO III

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SU RELACIÓN CON LA INDUSTRIA Y CON EL ÁREA POBLACIONAL.

La Comisión Nacional del Agua (CNA) establece que, a la fecha, se utilizan en México 70 millones de metros cúbicos al año, de los cuales 74 por ciento se destina a agricultura, 14 por ciento al uso público urbano, 10 por ciento a la industria y dos por ciento al uso pecuario.

Hablando solamente del porcentaje de agua potable utilizada tenemos lo siguiente:

Cuadro 3.1 DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE AÑO 2003

Servicio domestico	68%
Servicio industrial	16%
Servicio comercial	16%

USO DEL AGUA MUNICIPAL

El uso del agua municipal representa en volumen el 15% de la extracción total del agua en México. Sin embargo, dado el crecimiento demográfico de los centros urbanos, el suministro de agua potable para las grandes ciudades ha llegado a agotar las fuentes locales de abastecimiento, presentándose la necesidad de importar volúmenes de agua de cuencas adyacentes y lejanas, con enormes erogaciones de gasto público.

De acuerdo con lo anterior, la región mexicana que más agua desperdicia es la ciudad de México y su área metropolitana, a causa de fugas de la red hidráulica, que alcanzan un 38 por ciento, lo cual se traduce en que dos de cada cinco litros transportados se pierden según la CNA.

En materia de agua purificada el Centro de Información Virtual del Agua (CIVA), asentó que México es el cuarto consumidor del mundo, con más de 120 litros per cápita al año, cifra superada sólo por Francia, Italia y Estados Unidos.

A nivel nacional se calcula que anualmente se consumen unos 15 mil millones de litros de agua purificada, más o menos 89 por ciento en garrafón y 11 por ciento en presentaciones personales.

El elevado consumo de agua embotellada se debe no sólo a un aumento en la conciencia ciudadana por llevar una vida y alimentación más sanas, sino también a la gran desconfianza hacia el consumo de agua directa de la llave a causa de la contaminación.

USO DEL AGUA EN LA INDUSTRIA

El uso del agua en la industria en México representa el 4 % de la extracción del agua en el país; aproximadamente 5 km³ que se extraen para este sector anualmente, de los que se consumen 2.5 km³. El 90% del suministro es abastecimiento por fuentes propias y el resto se abastece de tomas especiales para uso industrial que proveen las redes municipales.

Del total del consumo industrial, el 50% se utiliza para enfriamiento, el 35% en procesos; el 5% en calderas y en servicios el 10%. Casi el 80% del consumo de agua de este sector lo realizan solo seis ramas industriales: azucarera, química, petróleo, textil, bebidas, celulosa y papel. Se estima que el agua de primer uso que realiza el sector industrial podría reducirse de un 40 a un 80% si se extendieran (por ejemplo, en enfriamiento) las prácticas de reuso y si se instalaran implementos ahorradores.

La CNA anotó que la industria es la mayor contaminante del líquido, a la par de que sólo 25% de las aguas residuales son tratadas; es decir no se descontaminan tres de cada cuatro litros de agua.

USO DEL AGUA EN EL SECTOR AGRÍCOLA

Del total de la superficie cultivada en México, el 70% es de temporal y el 30% de riego. El 57% de la infraestructura esta en mal estado, tanto por falta de mantenimiento, como por proyectos que no están diseñados adecuadamente o están inconclusos. No obstante que la producción agrícola que se genera en parcelas dotadas con infraestructura de riego es 55% de la producción total nacional y el resto se produce en superficies de temporal.

En la agricultura se utiliza el 79 % del consumo total del país y se pierde entre el 30 y el 50% del agua por la infiltración del agua en su transporte de la obra de toma hasta las parcelas, lo que provoca bajas eficiencias en su aprovechamiento.

Si se tecnificara el riego por gravedad, si se optimizara los métodos de riego (por ejemplo riego por aspersión y goteo), si se lograran mejoras en los métodos de conducción (por ejemplo revestimiento de canales o la conducción por tuberías) y si se implementaran técnicas adecuadas para extender, sin riesgos para la salud humana el uso del agua residual tratada, podrían obtenerse ahorros importantes mayores al 50% del volumen suministrado actualmente.

CAPÍTULO IV

DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES CON LA PLANEACIÓN, PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE.

La principal dependencia gubernamental más importante relacionada con el manejo de agua cruda, potabilización y distribución es la Comisión Nacional de Agua la cual es el organismo que trabaja en la planeación, construcción, operación y conservación de obras hidráulicas incluyendo asimismo el apoyo técnico de los gobiernos estatales, locales y otros organismos que operan los sistemas de abastecimiento de agua potable y sistemas de alcantarillado.

La Comisión Nacional de Agua (CNA) tiene las siguientes atribuciones:

1. Definir, establecer y vigilar las políticas además de la normatividad en materia de agua potable y alcantarillado.
2. Intervenir en la dotación de agua potable a los centros de población e industriales incluyendo a la industria turística.

Debemos tener claro que la CNA no trabaja sola sino que cuenta además con la participación de la Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana (SGIHU), la Gerencia de Estudios y Proyectos (GEP) y con la Subgerencia de Control de Información (SCI).

Por otra parte es importante mencionar que trabaja en coordinación con las siguientes organizaciones:

- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)
- Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos indígenas (CONADEPI)
- Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI)
- Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Secretaria de Salud

Es importante mencionar que la Secretaria de Salud junto con la CNA y otras dependencias federales y estatales, tienen la facultad de emitir las normas técnicas que regulan los sistemas de abastecimiento y distribución de agua, para establecer los criterios sanitarios para su uso y tratamiento.

Por otra parte cabe mencionar que una asociación que imparte capacitación teórico-practico sobre el agua es el Centro Mexicano de Captación en Agua y Saneamiento (**CEMCAS**), dicha asociación imparte lo siguiente:

- Análisis y calidad del agua.
- Potabilización y manejo seguro del cloro.
- Medición de los sistemas hidráulicos y a nivel domiciliario.
- Operación de redes de agua potable y eliminación de fugas.
- Operación eficiente de sistemas de bombeo y ahorro de energía.
- Sistemas de alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y lodos.
- Comercialización y finanzas.

Las dependencias gubernamentales antes mencionadas que he citado son las que fundamentalmente rigen la captación, tratamiento y distribución de agua potable a la población en general. Incluyendo aspectos de construcción y mantenimiento de los servicios de agua potable.

Para darnos una idea clara del trabajo que realizan estas dependencias y otras más con las que trabaja en conjunto la CNA explicaremos algunos de los programas más importantes de inversión en los que han participado en los últimos años dichas organizaciones.

*Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU). Se ejecuta desde 1990 y realiza inversiones de manera descentralizada mediante la aportación de recursos federales a las entidades federativas.

*Programa para la Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Comunidades Rurales (PROSSAPYS). De 1996 a 1998 denominado Programa de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales, financiado parcialmente con recursos federales a fondo perdido, provenientes de un crédito externo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

*Programa de Agua Limpia (PAL). Se creó en 1997 para apoyar la desinfección del agua para consumo humano.

*Programa para la Modernización de los Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA). Se instrumentó en 2001, como apoyo principalmente a las poblaciones mayores de 50,000 habitantes.

*Programa de Devolución de Derechos (PRODDER). Se instrumentó en 2002, en apoyo a las zonas urbanas.

Como podemos observar la asignación de recursos financieros por parte de las diferentes instancias de gobierno e instituciones privadas es fundamental para la construcción de nuevas obras de infraestructura que permitan ampliar las coberturas de los servicios, elevando el nivel de vida de la población.

Para proporcionar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a un mayor número de personas, tanto en zonas urbanas como rurales de la República Mexicana, constituye una prioridad de los tres órdenes de gobierno. Para el logro de este objetivo, la CNA ha instrumentado y puesto en operación diferentes programas de inversión, que se ven en el cuadro 4.1 y 4.2.

Cuadro 4.1 INVERSIÓN POR PROGRAMA Y ORIGEN DE LOS RECURSOS, 2004.
(MILES DE PESOS)

CONCEPTO	FEDERAL	ESTATAL	MUNICIPAL	CREDITOS FID/ OTROS	TOTAL
INVERSIONES CNA	3,086,113	2,572,008	1,103,907	438,555	7,200,583
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN ZONAS URBANAS	1,178,490	1,486,126	341,380	210,238	3,216,234
VALLE DE MÉXICO*	154,000	183,400	-	-	337,400
DEVOLUCIÓN DE DERECHOS	1,455,354	661,787	713,531	228,317	3,058,988
AGUA LIMPIA	27,885	38,432	-	-	66,316
PROSSAPYS	270,384	202,263	48,996	-	521,643
OTRAS DEPENDENCIAS	985,335	463,399	282,556	4,557,491	6,288,781
SEDESOL	512,257	162,925	243,159	21,810	940,152
CONAFOVI	-	-	-	4,533,491	4,533,491
CANADEPI	274,559	23,438	39,397	2,190	339,583
BANOBRAS	198,519	277,036	-	-	457,555
TOTAL	4,071,448	3,035,408	1,386,463	4,996,046	13,489,364

FUENTE: CNA/SGIHU, SEDESOL, BANOBRAS, CONAFOVI, CONADEPI y prestadores de servicios.

* Recursos del patrimonio del Fideicomiso 1928, con aportaciones del Gobierno del D.F. y por cuenta y orden del Gobierno del Estado de México.

Cuadro 4.2 INVERSIÓN POR PROGRAMA Y RUBRO DE APLICACIÓN, 2004.
(MILES DE PESOS)

CONCEPTO	AGUA POTABLE	ALCANARILLADO	SANEAMIENTO	MEJORAMIENTO DE EFICIENCIA	OTROS 1/	TOTAL
INVERSIONES CNA	2,914,609	2,141,203	989,675	1,084,382	70,713	7,200,583
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN ZONAS URBANAS	1,101,966	840,545	738,390	353,333	-	3,216,234
VALLE DE MÉXICO*		337,400	-	-		337,400
DEVOLUCIÓN DE DERECHOS	1,429,136	853,439	227,364	549,049		3,058,988
AGUA LIMPIA	66,316	-	-	-		66,316
PROSSAPYS	317,191	109,819	23,921	-	70,713	521,643
OTRAS DEPENDENCIAS	2,438,223	3,301,274	549,289	-	-	6,288,781
SEDESOL	353,152	513,270	73,729	-	-	940,152
CONAFOVI	1,813,397	2,720,095	-	-	-	4,533,491
CONADEPI	271,674	67,909	-	-	-	339,583
BANOBRAS	-	-	475,555	-	-	475,555
TOTAL	5,352,832	5,442,477	1,538,960	1,084,382	70,713	13,489,364

FUENTE: CNA/SGIHU, SEDESOL, BANOBRAS, CONAFOVI, CONADEPI y prestadores de servicios.

1/ Estudios y proyectos y supervisión.

* Recursos del patrimonio del Fideicomiso 1928, con aportaciones del Gobierno del D.F. y por cuenta y orden del Gobierno del Estado de México FUENTE: CNA/SGIHU, SEDESOL, BANOBRAS, CONAFOVI, CONADEPI y prestadores de servicios.

* Recursos del patrimonio del Fideicomiso 1928, con aportaciones del Gobierno del D.F. y por cuenta y orden del Gobierno del Estado de México.

CAPÍTULO V

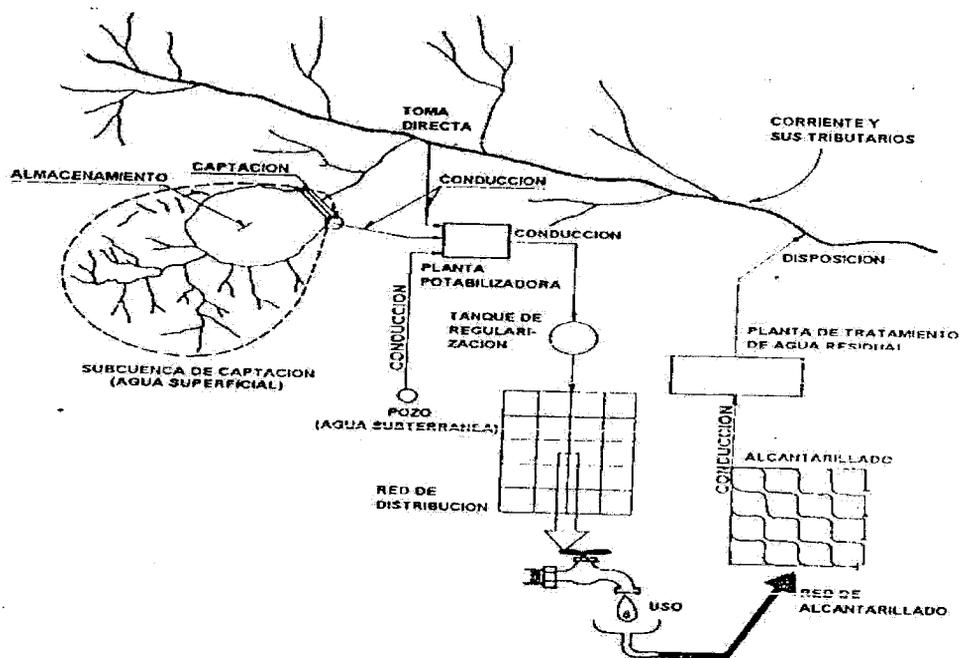
DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PARA EL ÁREA INDUSTRIAL, DOMÉSTICA.

Se considera agua potable o agua apta para consumo humano, toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud. Se considera que no causa efectos nocivos a la salud cuando se encuentra libre de gérmenes patógenos y sustancias tóxicas.

Por ello un sistema hidráulico urbano tiene por objeto evitar la propagación de enfermedades infecciosas mediante el adecuado tratamiento y disposición de los desechos humanos y con la potabilización de los suministros de agua.

En la siguiente figura se observa que las partes de que consta un sistema hidráulico urbano son las siguientes: fuente, captación, conducción, tratamiento de potabilización, conducción, regularización, distribución, recolección, conducción, tratamiento de agua residual y disposición.

Figura 5.1 Configuración general de un sistema hidráulico urbano

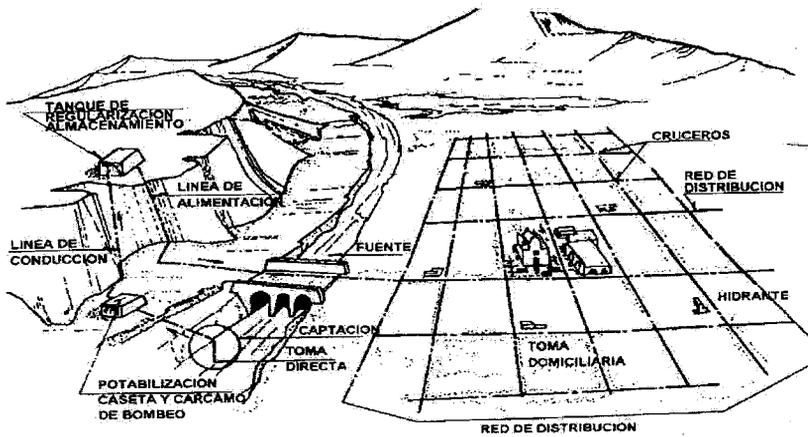


El sistema de abastecimiento de agua potable es un subsistema del sistema hidráulico urbano cuyas partes principales son:

1. Fuentes de Abastecimiento
2. Captación
3. Conducción
4. Tratamiento de potabilización
5. Distribución

A continuación se describe la función de cada uno de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.

Figura 5.2 Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable



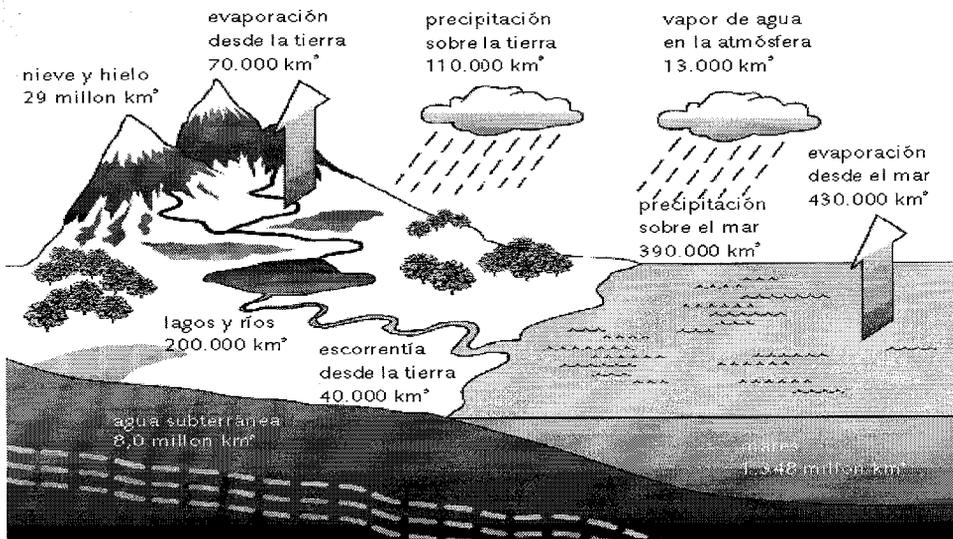
Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable.

FUENTES DE ABASTECIMIENTO

El origen de las fuentes de que se sirve el hombre para su desenvolvimiento cotidiano es el ciclo hidrológico. Tomando como punto de partida la evaporación del agua en la superficie del océano, el agua en estado gaseoso circula con la atmósfera presentado desplazamiento vertical y horizontal. En la atmósfera se condensa y se precipita nuevamente a la superficie: tres cuartas partes al océano y poco menos de la cuarta parte a la superficie continental.

En el océano y en el continente inicia nuevamente el paso de evaporación y la superficie continental llena lagos, se infiltra en el terreno y circula dentro de el para aflorar en áreas de menor elevación o hasta volver subterráneamente al mar, se retiene la vegetación y finalmente escurre superficialmente y forma causas desembocando en lagos o vasos de almacenamiento artificiales para su regulación a fin de usarla, o controlar los caudales de escurrimiento para su uso: de la superficie del terreno se produce la evaporación de agua que transporta la atmósfera junto con la que transpiran los organismos animales y vegetales y el resto vuelve al mar.

Figura 5.3 Ciclo Hidrológico del Agua



Así gracias al ciclo hidrológico se encuentran disponibles en la naturaleza las siguientes fuentes de abastecimiento:

- a) Agua superficial
- b) Agua subterránea
- c) Agua atmosférica
- d) Agua salada

Se recurre a las aguas atmosféricas y a las saladas muy rara vez y solamente cuando no existe otra posibilidad ya sea por escasas o de muy mala calidad las aguas subterráneas y superficiales, o también en ocasiones por factores económicos.

Por lo tanto hay dos grandes fuentes de abastecimiento de agua potable: las aguas superficiales y las aguas subterráneas.

Cuadro 5.1 Diferencias del agua superficial y subterránea

CARACTERISTICA	AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUBTERRÁNEA
Temperatura	Variable según las estaciones	Relativamente constante
Turbiedad, materias en suspensión	Variables, a veces elevadas	Bajas o nulas
Mineralización	Variable en función de terrenos, precipitación, vertidos, etc.	Bajas o nulas
Hierro y manganeso	Generalmente ausente excepto en el fondo de los cuerpos de agua en estado de eutroficación	Generalmente presentes
Gas carbónico agresivo	Generalmente ausente	Normalmente ausente o muy bajo
Amoniaco	Presente solo en aguas contaminadas	Presencia frecuente sin ser índice de contaminación
Sulfuro de Hidrogeno	Ausente	Normalmente presente
Sílice	Contenido moderado	Contenido normalmente elevado
Nitratos	Muy bajos en general	Contenido a veces elevado
Elementos vivos	Bacterias, virus, plancton	Ferros bacterias
Oxígeno disuelto	Normalmente próximo a la saturación	Normalmente ausente o muy bajo

Las aguas superficiales incluyen ríos, lagos, y acuíferos superficiales que no estén confinados. Algunas ventajas de dichas aguas son su disponibilidad y que están visibles; son fácilmente alcanzadas para el abastecimiento y su contaminación puede ser removida con facilidad. Generalmente las fuentes superficiales tienen aguas blandas; por estar abiertas a la atmósfera tienen un alto contenido de oxígeno, el cual oxida y remueve el hierro y manganeso en las aguas crudas.

Las aguas superficiales pueden sanearse cuando son contaminadas. Por otra parte son variables en cantidad y se contaminan fácilmente por descargas de aguas residuales; su alta actividad biológica puede producir sabor y olor aun cuando el agua haya sido tratada. Pueden tener alta turbiedad y color, lo cual requiere un tratamiento adicional; generalmente tienen mucha materia orgánica que forma trihalometanos (conocidos cancerígenos) cuando se usa cloro para la desinfección.

Las fuentes subterráneas están mejor protegidas de la contaminación por lo que su calidad es más uniforme. El color natural y la materia orgánica son más bajos en las

aguas subterráneas que en las superficiales, de allí que el tratamiento para remoción de color no lo requiere. Es menos probable que tengan sabor y olor, o contaminación producida por actividad biológica.

Las desventajas del agua subterránea incluyen la inaccesibilidad de estas fuentes, las concentraciones de sulfuro de hidrogeno son producidas en un ambiente de bajo oxigeno, por lo que las características reductoras de estas aguas, solubilizan al hierro y manganeso, los cuales al entrar en contacto con el oxigeno durante el consumo de agua, forman precipitados que tienden a manchar la superficie de los muebles sanitarios. Además presentan dureza tan alta que deben ser ablandadas para minimizar la formación de incrustaciones en las tuberías.

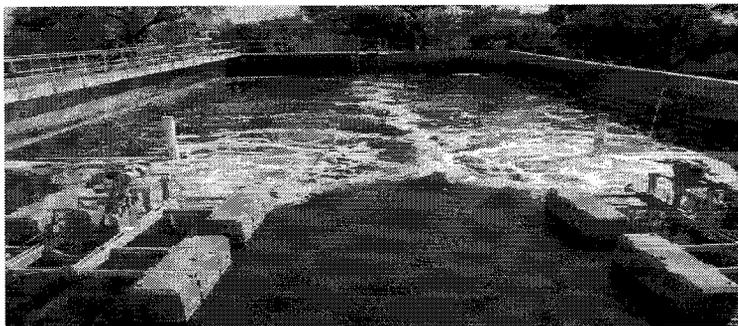
En el trabajo de mi tesis me voy a referir como fuente de abastecimiento a las aguas superficiales de agua cruda básicamente de los ríos dado que es muy común en nuestro país tomar el agua cruda de los ríos para su tratamiento potabilización y distribución hacia el sector poblacional.

CAPTACIÓN

La captación de aguas superficiales se realiza por medio de tomas de agua que en nuestro caso será de los ríos.

Las obras de captación son las obras civiles y equipos electromecánicos que se utilizan para reunir y disponer adecuadamente del agua superficial o subterránea de la fuente de abastecimiento. Dichas obras varían de acuerdo a la naturaleza de la fuente de abastecimiento, su localización y magnitud. El diseño de la obra de captación debe ser tal que se prevean las posibilidades de contaminación de agua, para evitarlas.

Figura 5.4 Estanque de captación de agua

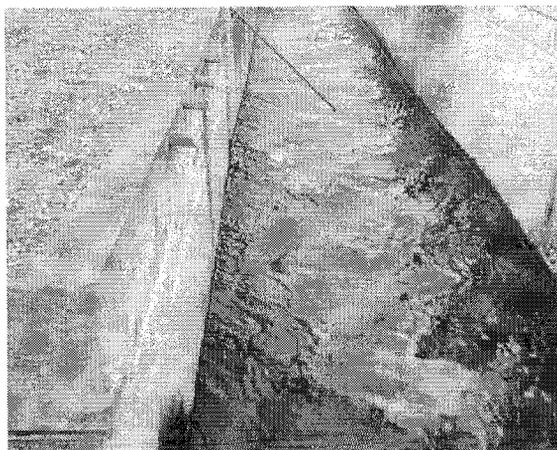


CONDUCCIÓN

Son las líneas de conducción del sistema que esta constituido por un conjunto de conductos, obras y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde un lugar de la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización, a un cárcamo para una segunda conducción, o a una planta potabilizadora.

En nuestro país algunos ejemplos de obra de conducción es el acueducto de las aguas del sistema Lerma; el acueducto Linares-Monterrey y las obras hidráulicas del sistema Cutzamala.

Figura 5.5 Canales de conducción de agua



TRATAMIENTO

Aquí hablaremos de todos aquellos procesos que de una u otra manera sean capaces de alterar favorablemente las condiciones de un agua. El tratamiento no esta constituido por un solo proceso, si no que de acuerdo con las características de agua cruda, es necesario integrar un tren de procesos, esto es, una serie de procesos capaz de proporcionar al agua las distintas características de calidad que sean necesarias para hacerla apta para su utilización.

Cuando el tratamiento que se le da al agua es con el fin de hacerla apta para beber, se le llama potabilización y planta potabilizadora a la obra de ingeniería civil en la que se construyen las unidades necesarias para producir el agua potable.

Son tres los objetivos principales de una planta potabilizadora; proporcionar agua:

- 1.- Segura para consumo humano
- 2.- Apariencia aceptable (sin olor, color y sabor)
- 3.- Económica

En este caso diseñaremos una planta potabilizadora para tratar agua cruda de un río. Por lo tanto la planta de tratamiento para agua potable incluye la siguiente secuencia de pasos:

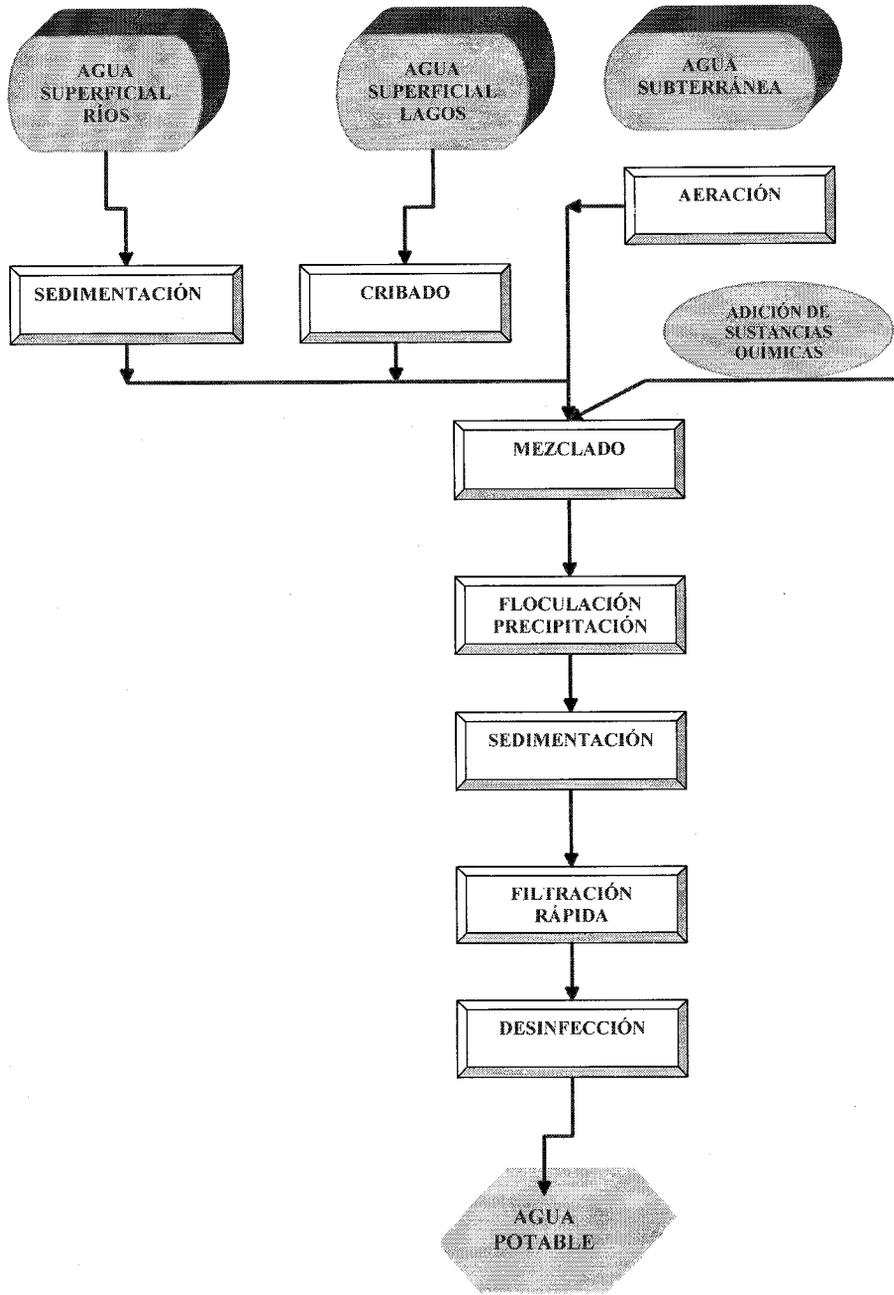
- a) Mezclado
- b) Floculación
- c) Sedimentación
- d) Filtración
- e) Desinfección

En la Figura 5.6 se muestra el DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

Puede verse en el *diagrama de flujo de la planta de tratamiento de agua potable*, cuales son las operaciones previas que dependen de la fuente de suministro; así para el agua de río se requiere eliminar sólidos arrastrados por la corriente, mediante la sedimentación; para el agua de lagos es necesario remover sólidos arrastrados del fondo del lago por medio de cribado; y por último para el agua subterránea es necesario en ocasiones eliminar gases disueltos como el bióxido de carbono por aeración.

La idea en general del tratamiento es coagular las partículas suspendidas que causan turbiedad, sabor, olor y color para que puedan ser removidas por sedimentación y filtración.

FIGURA 5.6 DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA



CAPÍTULO VI

INGENIERÍA BÁSICA PARA REALIZAR EL PROYECTO.

Dentro de la Ingeniería Básica se da la secuencia del tren de proceso para el sistema de abastecimiento de agua potable, el cual se describe paso a paso y puede verse en el esquema.

En el **tanque mezclado rápido**, se agrega al agua cruda un coagulante en este caso el sulfato de aluminio (alumbre) y se mezcla vigorosamente por un lapso de 30 segundos. El coagulante una vez disperso envuelve las partículas coloidales, las cuales aumentan de tamaño cuando entran en contacto por efecto del turbulento mezclado; a estas partículas coloidales unidas por fuerzas químicas se les denomina micro-flóculos. Resulta esencial en esta etapa obtener una dispersión rápida y uniforme del coagulante para asegurar una reacción completa.

La química de la coagulación es compleja pero puede ilustrarse por medio de ecuaciones simplificadas. Los cationes con carga positiva que se necesitan para coagular los coloides con carga negativa pueden ser aportados por sales metálicas, de las cuales las sales de aluminio y hierro son las más comunes.

Se considera que el proceso de coagulación con alumbre para filtros, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14.3\text{H}_2\text{O}$ (el coagulante normal para tratamiento de agua), se verifica en las etapas siguientes:

1. El alumbre se ioniza en el agua y produce iones Al^{+3} y SO_4^{-2} . Algunos de los iones $\text{Al}(\text{OH})_3$ neutralizan la carga negativa de los coloides, pero
2. La mayor parte de los iones Al^{+3} se combinan con iones OH^- (del agua) para formar $\text{Al}(\text{OH})_3$ coloidal, el cual adsorbe iones positivos de la solución :
$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 6\text{H}^+ + 3\text{SO}_4^{-2}$$
3. Entonces, el $\text{Al}(\text{OH})_3$ en solución con carga positiva ayuda a neutralizar los coloides negativos, y el exceso es neutralizado por el SO_4^{-2} para producir un precipitado de $\text{Al}(\text{OH})_3$ y sulfatos adsorbidos.

En el **tanque de floculación**, el agua que proviene del tanque de mezclado se agita suavemente por un periodo prolongado propiciando que las partículas coaguladas submicroscópicas (micro-flóculos) se unan entre si para construir aglomerados plenamente visibles.

Esto se consigue por mezclado mecánico mediante el uso de paletas que giran lentamente dentro del tanque de floculación, o por mezclado hidráulico, el cual se produce cuando el flujo se dirige por encima y alrededor de los deflectores del tanque. El tiempo de retención en el tanque de coagulación/floculación varía entre 20 y 40 minutos en tanques de 3 a 4 m de profundidad.

Las partículas que se obtienen de este proceso son flóculos suficientemente pesados para poder sedimentarse a una velocidad rápida.

Es importante tener claro que los fenómenos que suceden en las etapas de mezclado rápido y floculación se les denomina coagulación, pues es un proceso químico que se utiliza para desestabilizar partículas coloidales.

Del floculador, el agua se pasa a un **tanque de sedimentación**, donde el tiempo de retención típico es de 3 horas en tanques de 3 a 5 m de profundidad. Aquí los grandes flóculos se sedimentan por la acción de la gravedad, para que posteriormente sean recolectados como lodo y puedan ser tratados y dispuestos fuera del tanque. En efluente del tanque de sedimentación se dirige entonces a la unidad de filtración.

La unidad de filtración usada son los **filtros de arena rápidos**. El medio filtrante es una capa de arena fina o de antracita y otros materiales que se sostienen sobre una capa de grava u otra estructura de soporte. Estos filtros se alojan en un edificio para proteger el agua de la intemperie y de posibles fuentes de contaminación. El agua de los tanques de sedimentación fluye al interior de la caja del filtro y recorre por gravedad el lecho filtrante hasta los desagües inferiores, los cuales conducen a depósitos de almacenamiento para el agua tratada.

La velocidad a la cual el agua atraviesa un filtro disminuye poco a poco a medida que se acumulan partículas en los granos del filtro y se reduce el tamaño de los poros. Para conseguir un gasto uniforme, se utiliza un controlador externo del gasto (forma de restricción ajustable en el tubo de salida) para mantener constante la pérdida total de desnivel a través del filtro y el flujo. La profundidad de 2.5 a 3.0 m de la caja del filtro limita el desnivel disponible para forzar el paso del agua por el lecho filtrante.

El filtro se limpia por medio de lavado a contracorriente. Se bombea agua a presión a través de los tubos y desagües inferiores y hacia arriba, a través del filtro. Este flujo inverso expande el lecho filtrante hasta en un 50% y permite eliminar las partículas de suciedad más ligeras con el agua de lavado que rebosa hacia los canales destinados a la misma y se vierte en la alcantarilla. Cuando no se dispone de alcantarilla, el agua de lavado se trata localmente y, si es necesario, los sólidos se llevan a otro lugar para eliminarlos.

La rapidez del lavado a contracorriente se debe controlar para impedir que los granos de arena o de antracita sean arrastrados por el agua de lavado. El lavado toma de 10 a 15 min. y se efectúa una vez al día. El agua que se emplea para el lavado es 4% del agua producida.

Durante la coagulación, sedimentación y filtración, prácticamente todos los sólidos suspendidos, la mayor parte del color y aproximadamente 89% de las bacterias son removidas. Por seguridad, el afluente debe ser desinfectado, usualmente por cloración. La desinfección es el paso final en el tratamiento del agua antes de ser almacenada y distribuida.

Para la desinfección lo más usado es el cloro líquido. El cloro tiene la característica química de ser un oxidante, lo cual hace que se libere oxígeno matando los agentes patógenos, por lo general bacterias anaeróbicas.

CAPÍTULO VII

INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA CRUDA PARA EFECTOS DE POTABILIZACIÓN.

En este punto voy a desarrollar y a proponer la obra civil que se incluye en la potabilización de agua cruda como son tanque de sedimentación, sistemas de aeración, mezclado del agua con sustancias químicas, tanque de floculación y precipitación, filtración, desinfección, y almacenamiento.

Para lograr el objetivo de mi tesis expongo lo siguiente para el dimensionado y funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

1.- Tomo como base 100000 habitantes que deben recibir agua potable de alta calidad, considerando que el consumo por habitante es de 200 L/día.

Utilizaremos un factor promedio de utilización del 60% para el agua, ya que las personas no consumen todos los días al 100% los 200L/día de agua potable. Por lo tanto tenemos que el consumo promedio utilizando el factor de 60% es de 120L/día.

El flujo que va a manejar la bomba es el siguiente:

$$100000 \text{ Hab.} \times \left(200 \frac{\text{L}}{\text{Día} \cdot \text{Hab}} \right) = 20000000 \frac{\text{L}}{\text{Día}}$$

Con el factor promedio de utilización del 60% obtenemos que el flujo en L/día y en L/min es:

$$100000 \text{ Hab.} \times \left(120 \frac{\text{L}}{\text{Día} \cdot \text{Hab}} \right) = 12000000 \frac{\text{L}}{\text{Día}}$$

$$12000000 \frac{\text{L}}{\text{Día}} \times \left(\frac{1 \text{ Día}}{24 \text{ hr}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} \right) = 8333.333 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

A partir del flujo en L/s podemos obtener el diámetro de la tubería aplicando la raíz cuadrada:

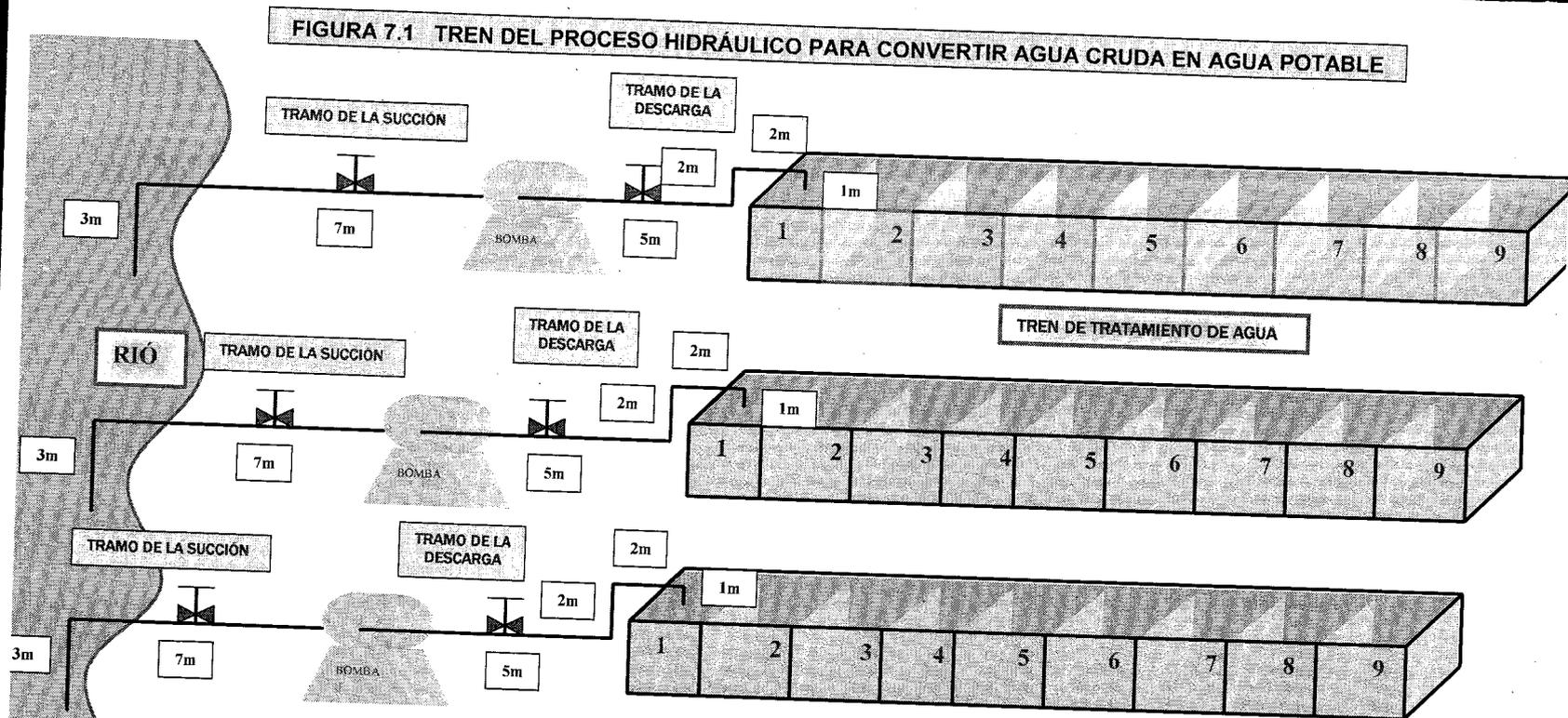
$(\phi \text{ "})^2 = \text{L/s}$ $\phi \text{ "}$: Es el diámetro de tubería en pulgadas

$$8333.333 \frac{\text{L}}{\text{min}} \times \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right) = 138.888 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$\sqrt{138.888 \frac{\text{L}}{\text{seg}}} = 11.78 \text{ in} \rightarrow 12 \text{ in}$$

Por lo tanto el diámetro de la tubería es de 12 in.

FIGURA 7.1 TREN DEL PROCESO HIDRÁULICO PARA CONVERTIR AGUA CRUDA EN AGUA POTABLE



BOMBAS CENTRIFUGAS

VÁLVULAS CHECK

- TANQUE DE:**
1. SEDIMENTACIÓN
 2. MEZCLADO (ADICIÓN DE COMPUESTOS QUÍMICOS)
 3. FLOCULACIÓN / PRECIPITACIÓN
 4. SEDIMENTACIÓN
 5. FILTRACIÓN RÁPIDA
 6. DESINFECCIÓN

EL AGUA DESPUÉS DE PASAR POR EL PROCESO ANTERIOR ES POTABLE Y LO QUE SIGUE ES:

7. ALMACENAMIENTO
8. EL SISTEMA DE RED DE DISTRIBUCIÓN
9. EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

En el esquema anterior se pueden observar las diversas etapas o fases del tren de tratamiento de agua potable es decir desde la entrada de agua cruda hasta su conversión en agua potable y su distribución.

ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE BOMBEO

Se utilizaran tres Bombas Centrifugas con las siguientes especificaciones:

1. Velocidad de giro 1800 RPM conectada en un sistema eléctrico de tres fases 60 ciclos 440 V, la carcasa deberá ser de fierro colado y el impulsor de bronce.
2. Flujo de descarga 8333.33 L/min, hasta el punto donde comienza el tren para convertir el tren de agua cruda en agua potable.
3. El fierro colado es muy resistente al ataque de las sustancias químicas, soporta los cambios de pH pero no los cambios de temperatura demasiado bruscos.

CÁLCULO DEL POTENCIAL DE BOMBEO EN FUNCIÓN DE LA CARGA DINÁMICA TOTAL.

Carga (m):

Es la altura que debe alcanzar o presión que debe vencer un liquido impulsado por una bomba.

Carga estática (m):

Altura de la succión + Perdidas por fricción en la succión + Altura de la descarga + Perdidas por fricción en la descarga.

Carga dinámica (m):

Presión que se requiere para las diferentes aplicaciones de la bomba.

Carga dinámica total (m):

Carga estática + Carga dinámica.

$$HP = \frac{Q \times H}{75 \times \eta}$$

Q = Flujo a bombear en litros por segundo.

H = Carga dinámica total en metros.

75 = Factor de conversión.

η = Eficiencia del sistema motor- bomba en decimales.

LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN EL TRAMO DE LA SUCCIÓN ES:
(La distancia horizontal + La distancia vertical) x 5%

LAS PERDIDAS POR FRICCIÓN EN EL TRAMO DE LA DESCARGA ES:
(La distancia horizontal + La distancia vertical) x 10%

CÁLCULOS.

TRAMO SUCCIÓN:

Altura de la succión: **3 m**

Perdidas de presión por fricción: $(3m + 7m) \times 5\% = 0.5m$

TRAMO DESCARGA:

Altura de la descarga: **2 m**

Perdidas de presión por fricción: $(2m + 2m + 5m + 1m) \times 10\% = 1m$

CARGA ESTÁTICA: $(3m + 0.5m + 2m + 1m) = 6.5m$

CARGA DINÁMICA: 5.0m

CARGA DINÁMICA TOTAL: 11.5m

$$HP = \frac{46.29 \text{ LPS} \times 11.5 \text{ m}}{75 \times 0.78}$$

HP = 9.0 → 10 x 1.15 = 11.5 HP

Por lo tanto se utilizarán tres bombas y cada una de 11.5 HP.

NOTA: Comercialmente no existe un motor de 9HP por lo que se redondea a 10 HP que es el que existe, por lo tanto esto se multiplica por un factor de servicio de 1.15, ya que este factor es un número adimensional que multiplicado por la potencia de la máquina da la potencia máxima que puede entregarse sin destruirse.

Las medidas del tramo de succión y del tramo de descarga se supusieron con la finalidad de dar un valor aproximado del potencial de bombeo requerido por cada una de las bombas.

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO EN EL TRAMO DE LA SUCCIÓN

En el tramo de la succión a la bomba se deberá instalar una válvula check que impida que en un momento dado se descargue la línea de succión y con esto la bomba trabaje en seco y se dañe.

El tramo de la succión de la bomba esta constituida por un tubo de acero al carbón cedula 40 con costura y la válvula check será de bronce o fierro colado puede ser esta de columpio o resorte.

El detalle de unión entre tramo y tramo de la línea de succión deberá ser por brida de 150 lb/in² de capacidad hidráulica, hay bridas para alta y baja presión utilizar la de baja.

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO EN EL TRAMO DE LA DESCARGA

La tubería en el tramo de la descarga deberá ser de 12 in, el conducto deberá ser de acero al carbón cedula 40 con costura.

Las presiones que vamos a manejar para el sistema de bombeo son de 3 a 4 Kg/cm² desde la fuente de abastecimiento hasta la entrada de agua cruda al tren de tratamiento de agua.

NOTA: La tubería con costura soporta menos presión que sin costura. Sin costura no es de fabricación comercial por lo que se manda hacer una requisición con los detalles predichos. Por lo tanto la tubería va a ser con costura por la baja presión que vamos manejar.

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DESDE EL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN HASTA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO O REGULACIÓN.

1. TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

Estos tanques se construyen de concreto armado acabado interior pulido fino esquinas redondeadas con un radio de 20cm. En el interior el acabado es en aplanado pulido fino de 1^{1/2} cm de espesor. Pintado con pintura epoxica química.

Los muros y el piso deberán construirse de concreto armado en una proporción uno 1:2:4 y armazón de refuerzo con varilla corrugada de alta resistencia de tres octavos fabricada en cuadros de 20 por 20 cm. y con amarres en el cruce de varillas con alambre recocido numero 18.

Considerando que el tiempo de retención es de 2 horas y que son tres tanques el flujo requerido es de 8333.333 L/min pero como cada tanque maneja un tercio de este flujo tenemos que el flujo es de 2777.77 L/min por lo tanto la capacidad necesaria del tanque de sedimentación es:

$$120 \text{ min} \times \left(\frac{2777.777 \text{ L}}{\text{min}} \right) = 333333.333 \text{ L}$$

$$333333.333 \text{ L} = 333.333 \text{ m}^3$$

Tomando en cuenta que la longitud del tanque es de 18m y la capacidad del tanque es de $999.999m^3$ tenemos que el ancho del tanque será:

$$\frac{333.333m^3}{18m \times 5m} = 3.7m$$

Por lo tanto las dimensiones de los tres primeros tanques de sedimentación serán:

PROFUNDIDAD = 5.0 m
ANCHO = 3.7 m
LARGO = 6.0 m

2. TANQUE DE MEZCLADO

Es un tanque construido en concreto armado con los mismos detalles del tanque de sedimentación y con un sistema neumático de agitación para favorecer la dispersión entre los compuestos químicos y en el agua la agitación consiste en un serpentín colocado en el fondo y alimentado por un compresor de aire que deberá entregar 70 L/s a una presión de 2 kg/cm^2 .

En este tanque se adiciona sulfato de aluminio (alumbre).

Se debe considerar que son tres tanques con las mismas dimensiones que para el tanque de sedimentación, por lo tanto para el tanque de mezclado las dimensiones serán de:

PROFUNDIDAD = 5.0 m
ANCHO = 3.7 m
LARGO = 6.0 m

3. TANQUE DE PRECIPITACIÓN POR FLOCULACIÓN

Es un tanque semejante al tanque de mezclado en donde por reposo se le quita turbiedad al agua por medio de compuestos de aluminio (óxido de aluminio que tiene la propiedad de formar floculos esponjosos que le quitan turbiedad al agua) precipitándose todo en el tanque.

Se utilizarán tres tanques para la floculación cada uno con las siguientes características:

El tiempo de retención es de 25 min con una profundidad de 3.7 m.

En consecuencia, la capacidad que se requiere para el tanque de coagulación/floculación será:

$$25 \text{ min} \times \left(\frac{2777.777L}{\text{min}} \right) = 69444.425L$$

$$69444.444L = 69.444m^3$$

El largo de los tres tanques de acuerdo al diagrama es de 18m por lo tanto en base a la capacidad y profundidad del tanque tenemos que el ancho es:

$$\frac{69.444m^3}{18m \times 3.7m} = 1.042m$$

Por lo tanto se utilizarán 3 tanques con las siguientes dimensiones:

PROFUNDIDAD = 3.7 m
ANCHO = 1.042 m
LARGO = 6.0 m

4. TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

El tanque de sedimentación se alimenta por decantación del tanque de floculación.

En esta etapa de sedimentación se utilizarán 3 tanques y la obra civil en detalle es la misma que la que corresponde al tanque de sedimentación numero1.

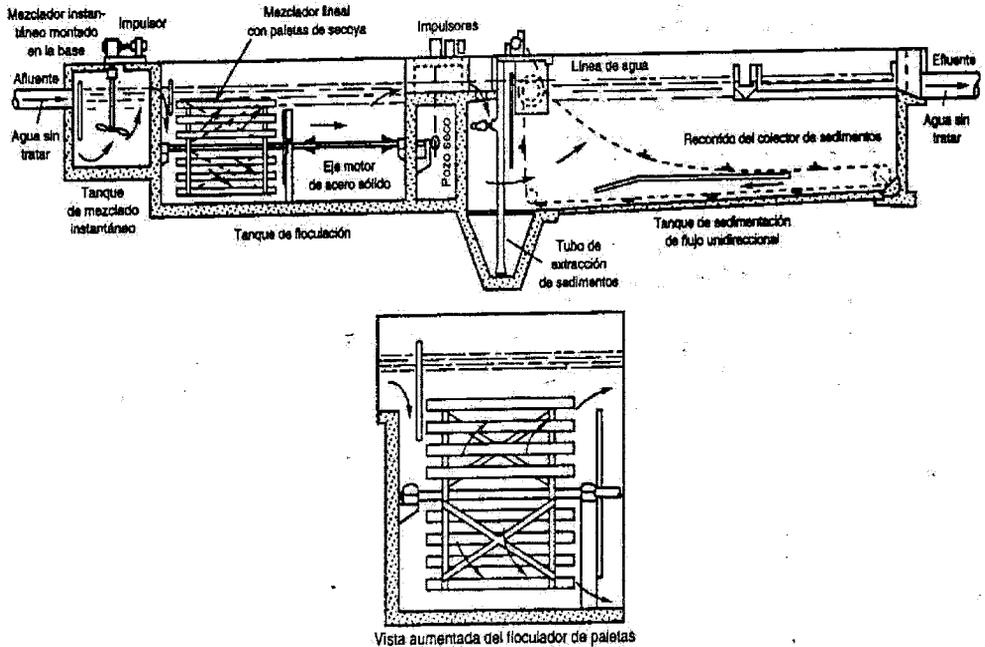
El tiempo de retención en este tanque también será 2 h considerando que el flujo total es de 8333.333 L/min y por cada tanque es de 2777.777L/min.

Las dimensiones de cada tanque serán las siguientes:

PROFUNDIDAD = 5 m
ANCHO = 3.7 m
LARGO = 6 m

A continuación se muestra el corte transversal de un tanque de mezclado rápido con floculación y sedimentación, ya que son las partes que explicamos anteriormente.

Figura 7.2 Corte transversal de un tanque de mezclado rápido con floculación y sedimentación



Corte transversal de un tanque de mezclado rápido con floculación y sedimentación.
(Cortesía de Materials Handling Systems Div., FMC Corp.)

5. SISTEMA DE FILTRACIÓN RÁPIDA

Este consiste en un tanque de concreto armado igual a los tanques anteriores pero con la particularidad de que el proceso de filtración en este tanque está a base de una cama de arena y otra de grava.

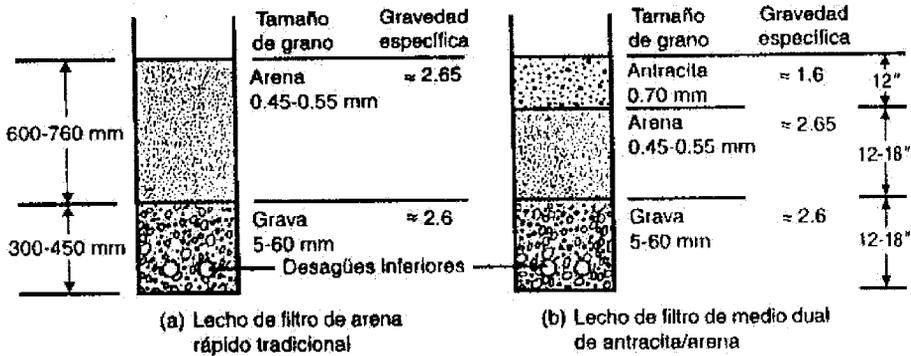
Las características del filtro son las siguientes:

1. Capa de arena gruesa : espesor de 60 a 76 cm y 3mm de diámetro.
2. Grava: espesor de 30 a 45 cm y $\frac{3}{4}$ " a $1\frac{1}{4}$ " de diámetro.
3. Capacidad de filtración: 2 gal / min ft² de superficie filtrante.

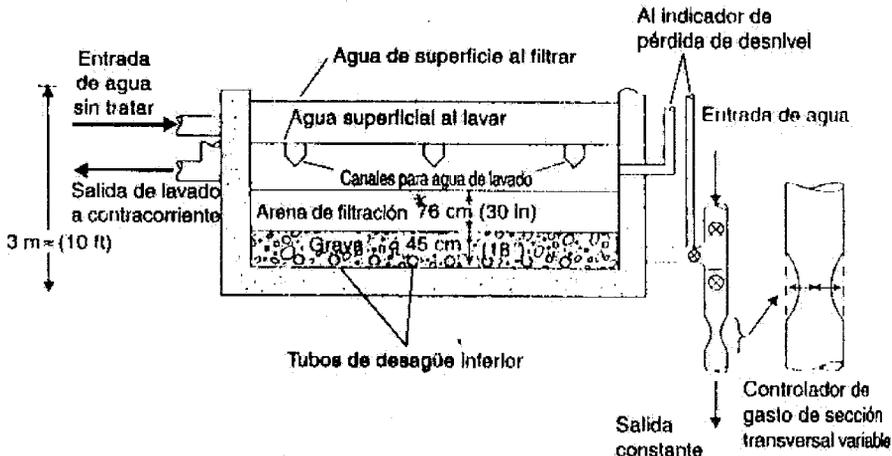
El gasto a través de los filtros será 110 L/min*m² que procesan agua a una velocidad de 80 a 160 L/min.m² esto es de 2 a 4 gpm/ft².

La figura del inciso a muestra un corte transversal de un lecho filtrante de arena, y la figura del inciso b representa un lecho filtrante de arena y antracita. La figura que le sigue es un corte transversal de un filtro de arena rápido, el cual muestra la caja del filtro, el lecho y los accesorios.

Figura 7.3 Corte transversal de un filtro de arena rápido



Construcción de un lecho de filtro.



Corte transversal de un filtro de arena rápido. Fuente: Adaptado de Linsley y Franzini

El gasto total es de 12000000 L/día y se utilizaran 12 filtros, y cada filtro maneja un doceavo del gasto total esto es 1000000 L/día.

$$1000000 \text{ L/día} = 694.444 \text{ L/min}$$

Por lo tanto el área necesaria en cada filtro es:

$$\frac{694.444 \frac{L}{\text{min}}}{110 \frac{L}{\text{min} \cdot m^2}} = 6.31 m^2$$

Y la longitud de cada filtro es:

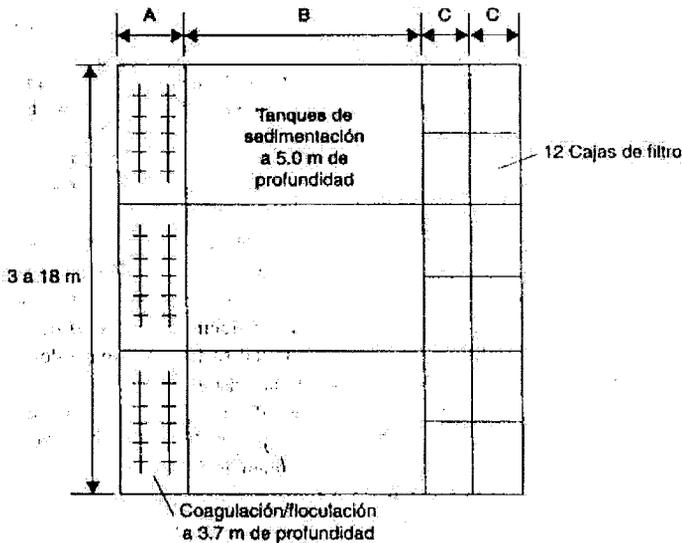
$$\frac{6.31 m^2}{3 m} = 2.1 m$$

Por lo tanto las dimensiones de cada filtro serán de:

- PROFUNDIDAD = 3 m
- ANCHO = 2.1 m
- LARGO = 3 m

En el siguiente esquema podemos observar como quedará el diseño de una buena parte de la planta pues podemos observar que habrá tres tanques de floculación, tres de sedimentación y 12 filtros.

Figura 7.4 Plano de una planta de tratamiento de agua para una ciudad de 100000 habitantes



6. PROCESO DE DESINFECCIÓN

Después en esta etapa el agua filtrada pasa por bombeo hacia un tanque de concreto igual a los anteriores en donde el líquido recibe cloro para finalmente esterilizar el agua y eliminar todas las bacterias patógenas que existen.

Los compuestos de cloro se adicionan al agua en una concentración de tres a cinco partes por millón de cloro libre este debe ser manejado por personal químico para efectos de control de calidad antes de distribuirse a la población el cloro así manejado puede ser en forma sólida, en dilución o en forma gaseosa siendo esta última preferentemente la mejor con respecto a las otras dos anteriores en virtud de la gran mezcla que se consigue combinando la capa líquida del agua con el cloro en forma gaseosa .

La demanda de cloro es de 1mg/L

Sabemos que se debe adicionar al menos 1.2mg de cloro a cada litro para superar la demanda de cloro de 1mg/L y producir una concentración de cloro libre disponible de 0.2 mg/L.

Puesto que la planta de tratamiento debe ser capaz de operar al gasto máximo diario podemos hacer el cálculo siguiente para determinar la cantidad de cloro necesaria.

$$\frac{\text{kgcloro}}{\text{día}} = \frac{L}{\text{día}} \times \frac{1.2\text{mgcloro}}{L} \times \frac{\text{kg}}{1 \times 10^6 \text{mg}}$$

De acuerdo a la formula anterior obtenemos que en total se agregaran:

$$12000000 \frac{L}{\text{día}} \times 1.2 \frac{\text{mg}}{\text{día}} \times \frac{1}{10^6} \frac{\text{kg}}{\text{mg}} = 14.4 \frac{\text{kgcloro}}{\text{Día}}$$

Es así que a cada tanque se le agregaran 4.8 kg de cloro por día.

Si el tiempo de contacto es de 30 min, y además se utilizaran 3 tanques entonces se tomara 1/3 del gasto total para sacar la capacidad necesaria de cada tanque.

$$4000000 \frac{L}{\text{día}} \times \frac{1\text{Día}}{1440 \text{min}} 30 \text{min} = 83333.33L$$

Por lo tanto la capacidad de cada tanque de desinfección es de 83.33 m³.

$$\frac{83.33\text{m}^3}{6\text{m} \times 5\text{m}} = 2.7\text{m}$$

Es así que se utilizarán 3 tanques con las siguientes dimensiones:

PROFUNDIDAD = 5 m

ANCHO = 2.7 m

LARGO = 6 m

CAPÍTULO VIII

SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CRUDA Y AGUA POTABLE.

Una vez que se dispone de agua potable en el tanque de regularización, debe ponerse a disposición de los habitantes, distribuyéndola por toda la población, por medio de la red de distribución. Es así que un adecuado sistema de distribución debe ser capaz de proporcionar agua potable en cantidad adecuada y a la presión suficiente de manera que la distribución de tal líquido resulte de una manera eficaz y eficiente.

Las redes de distribución las clasifica la ingeniería en sistemas de malla, en sistemas ramificados y sistemas combinados.

SISTEMA RAMIFICADO

El tipo ramificado de red de distribución se muestra en la figura 8.1 del inciso a. Como se observa la estructura del sistema es similar a un árbol. La línea de alimentación o troncal es la principal fuente de suministro de agua y de esta se derivan todas las ramas.

Estos sistemas son simples de diseñar y construir, no son favorecidos en la actualidad por las siguientes razones:

- 1) En los extremos finales de las ramas se pueden presentar crecimientos bacterianos y sedimentación debido a estancamiento.
- 2) Es difícil que se mantenga una dosis de cloro residual en los extremos muertos de la tubería.
- 3) Cuando tienen que hacerse reparaciones en una línea individual en algún punto, deben quedar sin servicio las conexiones que se encuentran más allá del punto de reparación hasta que esta sea efectuada.
- 4) La presión en los puntos terminales de las ramas puede llegar a ser indeseablemente baja conforme se hacen ampliaciones a la red.

SISTEMA EN MALLA

El rasgo distintivo mostrado en la figura 8.1 b, es que todas las tuberías están interconectadas y no hay terminales o extremos muertos. En estos sistemas el agua puede alcanzar un punto dado desde varias direcciones, superando todas las dificultades del sistema ramificado, discutido previamente. La desventaja es que el diseño de estos sistemas es algo más complicado.

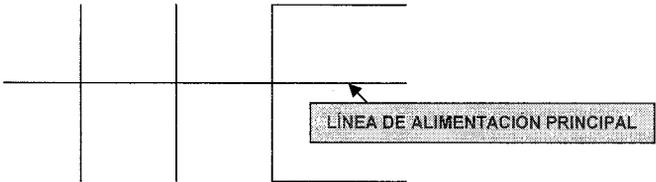
SISTEMA COMBINADO

De acuerdo con las características de la zona en algunos casos se hacen ampliaciones a la red de distribución en malla con ramas abiertas, como se muestra en la figura 8.1c, resultando un sistema combinado.

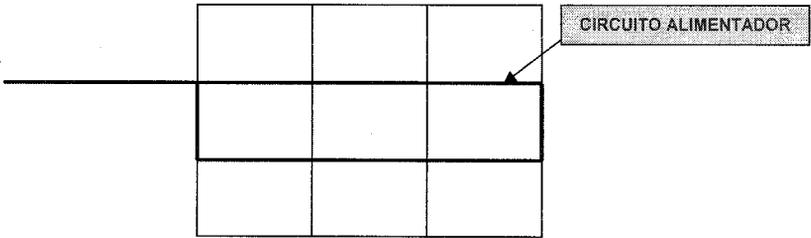
Este tipo de sistema tiene la ventaja de permitir el uso de alimentadores en circuito que suministran agua a una área desde más de una dirección.

FIGURA 8.1 CONFIGURACIONES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

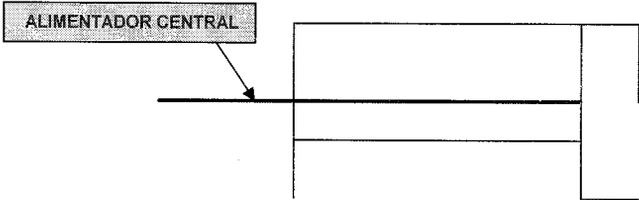
A) SISTEMA RAMIFICADO



B) SISTEMA EN MALLA



C) SISTEMA COMBINADO



COMPONENTES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Todo sistema de distribución debe proporcionar agua potable en cantidad necesaria y con la presión suficiente de manera que la distribución de tal líquido resulte de una manera eficaz y eficiente.

Un sistema de distribución está formado por red de tuberías que son para alimentación y que a su vez se subdividen en principales y secundarias.

Las líneas de alimentación van desde el tanque de regularización hasta el lugar donde se hace la primera derivación. Las líneas de tuberías primarias constituyen un sistema de malla que son las tuberías que forman los circuitos hidráulicos de alimentación para los diversos consumos mientras que las tuberías secundarias son las que están conectadas directamente a las tuberías primarias.

En las tuberías de alimentación y en las primarias el diámetro mínimo es de 4in en colonias populares y en zonas rurales es hasta 2in de diámetro tales tuberías pueden manejarse en material fibrocemento clase A-5 donde el número 5 indica la presión en Kg/cm² para su trabajo seguro y eficiente.

También son muy usados el material PVC y polietileno de alta densidad en materia de tuberías secundarias se manejan diámetros mínimos entre tres pulgadas o cuatro pulgadas.

Los tipos de válvulas para la red de distribución por lo general son de compuerta, expulsión de aire y de retención (check).

En seguida muestro unos datos estadísticos promedio nacional de gran valor donde las presiones usuales en una red de distribución de agua potable son:

Cuadro 8.1 Presiones en la red de distribución de agua potable

ZONAS	PRESIÓN DISPONIBLE Kg./cm ²
1. RESIDUAL DE 2ª	1.5 A 2.0
2. RESIDUAL DE 1ª	2.0 A 2.5
3. COMERCIAL	2.5 A 4.0
4. INDUSTRIAL	3.0 A 4.0

En el caso de las localidades urbanas pequeñas la presión mínima de la red de distribución puede trabajar con 1kg/cm² de presión.

También para efectos de trabajo de diseño de los sistemas de red de distribución se considera un manejo de velocidad de flujo de líquido en la red distribución de 1.2 y 1.8 m/s (4-6ft /s).

CAPÍTULO IX

CONTROL DE CALIDAD.

La calidad del medio ambiente se ha visto en las últimas décadas seriamente afectadas por el manejo y disposición inadecuados de considerables cantidades de desechos, generados en los grandes núcleos de población y centros industriales.

La Comisión Nacional del Agua, órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, tiene entre sus principales atribuciones, conferidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, promover, ejecutar y operar la infraestructura federal y los servicios necesarios para preservar, conservar y mejorar la calidad del agua en las cuencas hidrológicas y acuíferos, de acuerdo con la normatividad en materia de agua vigente.

Dentro de este marco de actividades, la vigilancia de la calidad de los cuerpos de agua, y el establecimiento de condiciones particulares de descarga, representan tareas que promueven acciones concretas para establecer medidas de control de la calidad del agua de las fuentes de aprovisionamiento, a fin de asegurar que el abastecimiento se realice tanto en cantidad como en calidad adecuadas para los diferentes usos a que se destina el recurso.

En México los marcos de referencia para evaluar la calidad del agua son:

- a) Los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA), publicados en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1989. Estos permiten evaluar la calidad del agua directamente de la fuente de abastecimiento, ya sea agua superficial (lagos naturales o artificiales y ríos) o subterránea, ya que establecen los parámetros y los valores máximos permisibles que debe cumplir la calidad del agua para los diferentes usos.
- b) La Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, salud ambiental, agua para uso y consumo humano, la cual permite evaluar la calidad del agua que consume la población, obtenida del proceso de potabilización.

Como podemos observar la Norma Oficial Mexicana NOM -127- es en la que nos enfocaremos en cuestiones de calidad debido a que la presente tesis habla del agua obtenida del proceso de potabilización para consumo humano.

En todo sistema de trabajo para convertir el agua cruda en agua potable y su distribución por medio de la ingeniería se requiere un estricto control de calidad. Para tal efecto es requisito indispensable apearse a la Norma Oficial Mexicana NOM -127 -SSA1-1994. Por lo tanto la presentamos a continuación:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO - LIMITES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACIÓN.

ÍNDICE

0. INTRODUCCIÓN
1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN
2. REFERENCIAS
3. DEFINICIONES
4. LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD DEL AGUA
5. TRATAMIENTOS PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA
6. BIBLIOGRAFÍA
7. OBSERVANCIA DE LA NORMA

AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE AL AGUA PARA SU POTABILIZACIÓN.

0. INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer limites permisibles en cuanto a sus características biológicas, físicas, organolépticas, químicas y elementos radiactivos.

Con el fin de asegurarse y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor, se debe someter a tratamientos de potabilización.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Oficial Mexicana establece los limites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimientos públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

2. REFERENCIAS

NOM-008-SCF1-1993 "SISTEMA GENERAL DE UNIDADES DE MEDIDA"

3. DEFINICIONES

3.1 Ablandamiento.- Proceso de remoción de los iones calcio y magnesio, principales causantes de la dureza del agua.

3.2 Adsorción.-Remoción de iones y moléculas de una solución que presentan afinidad a un medio sólido adecuado, de forma tal que son separadas de la solución.

3.3 Agua para uso y consumo humano.-Aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos al ser humano.

3.4 Características bacteriológicas.- Son aquellas debidas a microorganismos nocivos a la salud humana. Para efectos de control sanitario se determina el contenido de indicadores generales de contaminación microbiológica, específicamente organismos coliformes totales y organismos coliformes fecales.

3.5 Características físicas y organolépticas.-Son aquellas que se detectan sensorialmente. Para efectos de evaluación, el sabor y el olor ponderan por medio de los sentidos y el color y la turbiedad se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio.

3.6 Características químicas.-Son aquellas debidas a elementos o compuestos químicos, que como resultado de investigación científica se ha comprobado que pueden causar efectos nocivos a la salud humana.

3.7 Características radiactivas.-Son aquellas resultantes de la presencia de elementos radiactivos.

3.8 Coagulación química.-Acción de compuestos químicos al agua, para alterar el estado físico de los sólidos disueltos, coloidales o suspendidos, a fin de facilitar su remoción por precipitación o filtración.

3.9 Contingencia.-Situación de cambio imprevisto de las características del agua por contaminación externa y que pongan en riesgo la salud humana.

3.10 Desinfección.- Destrucción de organismos patógenos por medio de la aplicación de productos químicos o procesos físicos.

3.11 Filtración.- Remoción de partículas suspendidas en el agua, haciéndola fluir a través de un medio filtrante de porosidad adecuada.

3.12 Floculación.-Aglomeración de partículas desestabilizadas en el proceso de coagulación química, a través de medios mecánicos o hidráulicos.

3.13 Intercambio iónico.-Proceso de remoción de aniones o cationes específicos disueltos en el agua, a través de su reemplazo por aniones o cationes provenientes de un medio de intercambio, natural o sintético, con el que se pone en contacto.

3.14 Límite permisible.-Concentración o contenidos máximos o intervalo de valores de un componente, que garantiza que el agua será agradable a los sentidos y no causara efectos nocivos a la salud del consumidor.

3.15 Neutralización.-Ajuste del pH, mediante la adición de agentes químicos básicos o ácidos al agua en su caso, con la finalidad de evitar incrustación o corrosión de materiales que puedan afectar su calidad.

3.16 Osmosis Inversa.- Proceso esencialmente físico para remoción de iones y moléculas disueltas en el agua, el cual por medio de altas presiones fuerza el paso de ella a través de una membrana semipermeable de porosidad específica, reteniendo los iones y moléculas de mayor tamaño.

3.17 Oxidación.- Introducción de oxígeno en la molécula de ciertos compuestos para formar óxidos.

3.18 Potabilización.- Conjunto de operaciones y procesos, físicos y/o químicos que se aplican al agua a fin de mejorar su estado y hacerla apta para su uso y consumo humano.

3.19 Precipitación.-Proceso físico que consiste en la separación de las partículas suspendidas sedimentables del agua, por efecto gravitacional.

3.20 Sistema de abastecimiento.-Conjunto intercomunicado o interconectado de fuentes, obras de captación, plantas cloradoras, plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento y regulación, cárcamos de bombeo, líneas de conducción y red de distribución.

4 LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD DE AGUA

4.1 Limites permisibles de características bacteriológicas.

El contenido de organismos resultante del examen de una muestra de agua simple, deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 1.

Bajo situaciones de emergencia sanitaria, las autoridades competentes dictaran las medidas necesarias para identificar la presencia de otros agentes biológicos nocivos a la salud.

Tabla 1

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	2 NMP/100ml 2 UFC/100 ml
Organismos coniformes fecales	No detectable NMP/100 ml Cero UFC/100 ml

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se deben reportar en unidades de NMP/100ml (numero mas probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del numero probable o UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

4.2 Limites permisibles de características físicas y organolépticas.

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 2

Tabla 2.

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	15 unidades de color verdadero en la escala de platino cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptaran aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico)
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

4.3 Límites permisibles de características químicas.

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 3. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

Tabla 3.

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05
Bario	0.70
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN)	0.07
Cloro residual libre (después de un tiempo de contacto mínimo de 30 min)	0.5-1.00
Cloruros (como Cl)	250.00
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO ₃)	500.00
Fenoles o compuestos fenólicos	0.001
Fierro	0.30
Fluoruros (como F ⁻)	1.50
Fosfatos (como PO ₄ ³⁻)	0.10
Manganeso	0.10
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00
Nitritos (como N)	0.05
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
Oxígeno consumido en medio ácido	3.00
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/Aldrin y dieldrin combinados o separados	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.30
DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH(lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	0.01
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
Metoxicloro	20.00
2,4-D	50.00
Plomo	0.025
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	400.00
Sustancias activas al azul de metileno	0.50
Trihalometanos totales	0.20
Zinc	5.00

Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total del agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

4.4 Límites permisibles de características radiactivas.

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 4. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro)

Tabla 4.

RADIATIVIDAD ALFA GLOBAL	0.1
RADIATIVIDAD BETA GLOBAL	1.0

5 TRATAMIENTOS PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA

La potabilización del agua proveniente de una fuente en particular, debe fundamentarse en estudios de calidad y pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para asegurar su efectividad.

Se deben aplicar los tratamientos específicos siguientes o los que resulten de las pruebas de tratabilidad cuando los contaminantes biológicos, las características físicas y los constituyentes químicos del agua enlistados a continuación, excedan los límites permisibles establecidos en el apartado 4.

5.1 Contaminación biológica.

5.1.1 Bacterias, helmintos, protozoarios y virus.- Desinfección con cloro, compuestos de cloro, ozono o luz ultravioleta.

5.2 Características físicas y organolépticas.

5.2.1 Color, olor, sabor y turbiedad.- Coagulación-floculación-precipitación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos, adsorción con carbón activado u oxidación.

5.3 Constituyentes químicos.

5.3.1 Arsénico.- Coagulación-floculación-precipitación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos, intercambio iónico y osmosis inversa.

5.3.2 Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo.- Intercambio iónico, osmosis inversa o adsorción con carbón activado.

5.3.3 Cloruros.- Intercambio iónico, osmosis inversa, o evaporación.

5.3.4 Dureza.- Ablandamiento químico o intercambio iónico.

5.3.5 Fenoles o compuestos fenólicos.- Adsorción con carbón activado u oxidación con ozono.

5.3.6 Hierro y/o manganeso.- Oxidación-filtración, intercambio iónico u osmosis inversa.

5.3.7 Fluoruros.- Adsorción con carbón activado, osmosis inversa o coagulación química.

5.3.8 Materia orgánica.- Oxidación-filtración o adsorción con carbón activado.

5.3.9 Nitratos y nitritos.- Intercambio iónico o coagulación-floculación-sedimentación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos.

5.3.10 pH (potencial de hidrogeno).-Neutralización.

5.3.11 Plaguicidas.-Adsorción con carbón activado granular.

5.3.12 Trihalometanos.-Preozonización y adsorción con carbón activado granular.

5.3.13 Sulfatos.-Intercambio iónico y osmosis inversa.

5.3.14 En el caso de contingencia, resultado de la presencia de sustancias contempladas o no contempladas en el apartado 4, se debe coordinar con la autoridad sanitaria competente, las autoridades locales, la Comisión Nacional del Agua, los responsables del abastecimiento y los particulares, instituciones publicas o empresas privadas involucrados en la contingencia, para determinar las acciones que se deben realizar con relación al abastecimiento de agua a la población.

En virtud de la delicadeza de este parámetro esto es control de calidad se propone que el personal sea un profesionista en el área de químico farmacéutico biólogo o en su defecto un químico.

CAPÍTULO X

COSTOS Y TIEMPOS DEL PROYECTO.

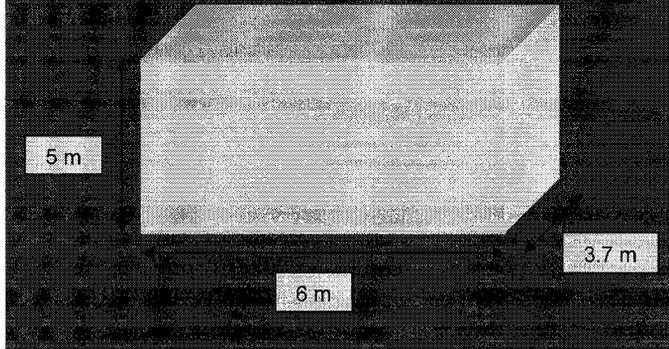
Consideraciones que se deben hacer para todos los tanques que se utilizan en una planta de tratamiento de agua cruda:

- 1.- El costo de 1 m^3 de concreto armado es de \$ 133 USD (incluye materiales, mano de obra y puesto en obra).
- 2.- El espesor de pared debe ser de 20 cm (0.20 m)
- 3.- Tiempo de fraguado 20 días (se aplicará acelerador de fraguado).
- 4.- Se usará armazón de refuerzo con varilla de $3/8$ in corrugada de alta resistencia trabajada en reticulado de $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ y amarres en las cruces con alambre recocido # 18.
- 5.- Se usaran proporciones de mezcla de concreto para alta resistencia $1:2^{1/3}:3^{1/2}$ (1: cemento/ $2^{1/3}$; Arena/ $3^{1/2}$; Grava) con grava de $3/4$ in con una capacidad de carga de mezcla (f'c) de 300 kg/cm^2 .
- 6.- El interior de cada tanque deberá llevar un aplanado pulido fino formado con una mezcla de 1 cemento por 5 arena, con esquinas redondeadas y un radio de 20 cm. El aplanado deberá llevar un espesor de $1^{1/2}$ cm grado fino.
- 7.- El precio de 1 m^2 de aplanado fino de 1.5 cm de espesor cuesta \$50 de material, mano de obra y desperdicio.
- 8.- Se trabajaran 24 horas por día y 7 días por semana.

Cada costo de cada tanque se presenta en el orden siguiente:

1. **SEDIMENTACIÓN**
2. **MEZCLADO (ADICIÓN DE COMPUESTOS QUÍMICOS)**
3. **FLOCULACIÓN / PRECIPITACIÓN**
4. **SEDIMENTACIÓN**
5. **FILTRACIÓN RÁPIDA**
6. **DESINFECCIÓN**

Figura 10.1 DIMENSIONES DEL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN



CÁLCULOS PARA ESTIMAR EL COSTO DE LOS TRES PRIMEROS TANQUES DE SEDIMENTACIÓN

La dimensión de una pared es de:

$$6m \times 5m \times 0.20m = 6m^3$$

Se multiplica por los dos lados:

$$2 \times 6m^3 = 12m^3$$

La dimensión de la segunda pared:

$$3.7m \times 5m \times 0.20m = 3.7m^3$$

Se multiplica por los dos lados:

$$2 \times 3.7m^3 = 7.4m^3$$

La dimensión de la base:

$$3.7m \times 6m \times 0.20m = 4.44m^3$$

Obtenemos la suma de todos los lados:

$$12m^3 + 7.4m^3 + 4.44m^3 = 23.84m^3$$

Para estimar el costo del concreto armado tenemos que:

1m³ de concreto armado cuesta \$133USD

Entonces $23.84m^3 \rightarrow \$3170.72USD$

Es así que:

1 TANQUE PARA SEDIMENTACIÓN DE CONCRETO ARMADO cuesta \$3170.72USD

Por lo tanto 3 TANQUES DE SEDIMENTACIÓN DE CONCRETO ARMADO $\rightarrow \$9512.16USD$

Se considera el 10% más del costo original por el desperdicio de obra.
 $\$9512.16\text{USD} + 10\% = \10463.376USD

Además se agrega el 30% más por la ganancia del contratista.
 $\$10463.376\text{USD} + 30\% = \13602.3888USD

Esta cantidad en pesos mexicanos nos da:

$$\boxed{\$13602.3888\text{USD} \rightarrow \$149626.27}$$

Ahora para estimar el precio del aplanado pulido fino tenemos lo siguiente:

Área de una pared:

$$6m \times 5m = 30m^2$$

Se multiplica por los dos lados:

$$30m^2 \times 2 = 60m^2$$

Área de la segunda pared:

$$3.7m \times 5m = 18.5m^2$$

Se multiplica por los dos lados:

$$18.5m^2 \times 2 = 37m^2$$

Área de la base:

$$6m \times 3.7m = 22.2m^2$$

La suma de todos los lados me da:

$$60m^2 + 37m^2 + 22.2m^2 = 119.2m^2$$

Por lo que si 1 m² de aplanado fino cuesta \$50 pesos

$$119.2m^2 \rightarrow \$5960$$

Entonces el aplanado para 1 TANQUE DE SEDIMENTACIÓN cuesta \$5960

Por lo tanto para 3 TANQUES DE SEDIMENTACIÓN → \$17880

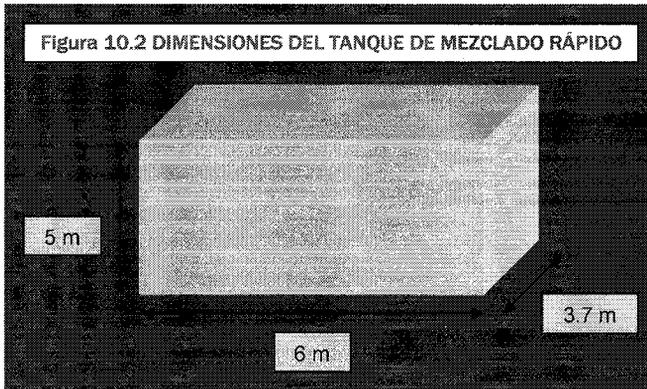
Se considera el 10% más del costo original por el desperdicio de obra.

$$\$17880 + 10\% = \$19668$$

También se considera el 30% más por la ganancia del contratista.

$$\boxed{\$19668 + 30\% = \$25568.4}$$

Figura 10.2 DIMENSIONES DEL TANQUE DE MEZCLADO RÁPIDO



CÁLCULOS PARA ESTIMAR EL COSTO DE LOS TRES TANQUES DE MEZCLADO

La dimensión de una pared es de:

$$6m \times 5m \times 0.20m = 6m^3$$

Se multiplica por los dos lados:

$$2 \times 6m^3 = 12m^3$$

La dimensión de la segunda pared:

$$3.7m \times 5m \times 0.20m = 3.7m^3$$

Se multiplica por los dos lados:

$$2 \times 3.7m^3 = 7.4m^3$$

La dimensión de la base:

$$3.7m \times 6m \times 0.20m = 4.44m^3$$

Obtenemos la suma de todos los lados:

$$12m^3 + 7.4m^3 + 4.44m^3 = 23.84m^3$$

Para estimar el costo del concreto armado tenemos que:

1m³ de concreto armado cuesta \$133USD

Entonces $23.84m^3 \rightarrow \$3170.72USD$

Es así que:

1 TANQUE PARA MEZCLADO RÁPIDO DE CONCRETO ARMADO cuesta \$3170.72USD

Por lo tanto 3 TANQUES DE MEZCLADO DE CONCRETO ARMADO $\rightarrow \$9512.16USD$

Se considera el 10% más del costo original por el desperdicio de obra.

$$\$9512.16USD + 10\% = \$10463.376USD$$

Además se agrega el 30% más por la ganancia del contratista.

$$\$10463.376USD + 30\% = \$13602.3888USD$$

Esta cantidad en pesos mexicanos nos da:

$$\$13602.388USD \rightarrow \$149626.27$$

Ahora para estimar el precio del aplanado pulido fino tenemos lo siguiente:

Área de una pared:

$$6m \times 5m = 30m^2$$

Se multiplica por los dos lados:

$$30m^2 \times 2 = 60m^2$$

Área de la segunda pared:

$$3.7m \times 5m = 18.5m^2$$

Se multiplica por los dos lados:

$$18.5m^2 \times 2 = 37m^2$$

Área de la base:

$$6m \times 3.7m = 22.2m^2$$

La suma de todos los lados me da:

$$60m^2 + 37m^2 + 22.2m^2 = 119.2m^2$$

Por lo que si 1 m² de aplanado fino cuesta \$50 pesos

$$119.2m^2 \rightarrow \$5960$$

Entonces el aplanado para 1 TANQUE DE MEZCLADO RÁPIDO cuesta \$5960

Por lo tanto para 3 TANQUES DE MEZCLADO RÁPIDO \rightarrow \$17880

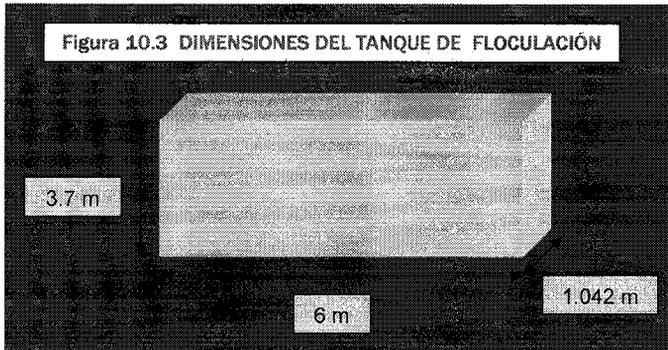
Se considera el 10% más del costo original por el desperdicio de obra.

$$\$178880 + 10\% = \$19668$$

También se considera el 30% más por la ganancia del contratista.

$$\$19668 + 30\% = \$25568.4$$

Figura 10.3 DIMENSIONES DEL TANQUE DE FLOCULACIÓN



CÁLCULOS PARA ESTIMAR EL COSTO DE LOS TRES TANQUES DE FLOCULACIÓN

La dimensión de la primera pared es de:

$$6m \times 3.7m \times 0.20m = 4.44m^3$$

Se multiplica por los dos lados:

$$2 \times 4.44m^3 = 8.88m^3$$

La dimensión de la segunda pared:

$$1.042m \times 3.7m \times 0.20m = 0.771m^3$$

Se multiplica por los dos lados:

$$2 \times 0.771m^3 = 1.542m^3$$

La dimensión de la base:

$$1.042m \times 6m \times 0.20m = 1.2504m^3$$

Obtenemos la suma de todos los lados:

$$8.88m^3 + 1.542m^3 + 1.2504m^3 = 11.6724m^3$$

Para sacar el costo del concreto armado tenemos que:

1m³ de concreto armado cuesta \$133USD

Entonces $11.6724m^3 \rightarrow \$1552.42USD$

Es así que:

1 TANQUE PARA FLOCULACIÓN DE CONCRETO ARMADO cuesta \$1552.42USD

Por lo tanto 3 TANQUES DE FLOCULACIÓN DE CONCRETO ARMADO $\rightarrow \$4657.28USD$

Se considera el 10% más del costo original por el desperdicio de obra.

$$\$4657.28USD + 10\% = \$5123.016USD$$

Además se agrega el 30% más por la ganancia del contratista.

$$\$5123.016USD + 30\% = \$6659.92USD$$

Esta cantidad en pesos mexicanos nos da:

$$\boxed{\$6659.92USD \rightarrow \$73259.12}$$

Ahora para estimar el precio del aplanado pulido fino tenemos lo siguiente:

Área de una pared:

$$6m \times 3.7m = 22.2m^2$$

Se multiplica por los dos lados:

$$22.2m^2 \times 2 = 44.4m^2$$

Área de la segunda pared:

$$3.7m \times 1.042m = 3.85m^2$$

Se multiplica por los dos lados:

$$3.85m^2 \times 2 = 7.71m^2$$

Área de la base:

$$6m \times 1.042m = 6.25m^2$$

La suma de todos los lados me da:

$$44.4m^2 + 7.71m^2 + 6.25m^2 = 58.36m^2$$

Por lo que si 1 m² de aplanado fino cuesta \$50 pesos

$$58.36m^2 \rightarrow \$2918$$

Entonces el aplanado para 1 TANQUE DE FLOCULACIÓN cuesta \$2918

Por lo tanto para 3 TANQUES DE FLOCULACIÓN → \$8754

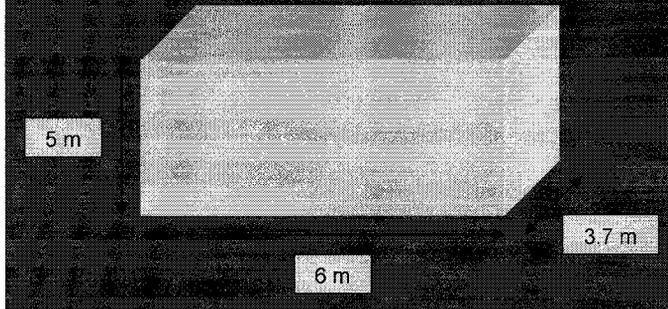
Se considera el 10% más del costo original por el desperdicio de obra.

$$\$8754 + 10\% = \$9629.4$$

También se considera el 30% más por la ganancia del contratista.

$$\boxed{\$9629.4 + 30\% = \$12518.22}$$

Figura 10.4 DIMENSIONES DEL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN



CÁLCULOS PARA ESTIMAR EL COSTO DE LOS TRES TANQUES DE SEDIMENTACIÓN QUE SIGUEN EN EL TREN DE TRATAMIENTO DE AGUA.

La dimensión de una pared es de:

$$6m \times 5m \times 0.20m = 6m^3$$

Se multiplica por los dos lados:

$$2 \times 6m^3 = 12m^3$$

La dimensión de la segunda pared:

$$3.7m \times 5m \times 0.20m = 3.7m^3$$

Se multiplica por los dos lados:

$$2 \times 3.7m^3 = 7.4m^3$$

La dimensión de la base:

$$3.7m \times 6m \times 0.20m = 4.44m^3$$

Obtenemos la suma de todos los lados:

$$12m^3 + 7.4m^3 + 4.44m^3 = 23.84m^3$$

Para estimar el costo del concreto armado tenemos que:

1m³ de concreto armado cuesta \$133USD

Entonces $23.84m^3 \rightarrow \$3170.72USD$

Es así que:

1 TANQUE PARA SEDIMENTACIÓN DE CONCRETO ARMADO cuesta \$3170.72USD

Por lo tanto 3 TANQUES DE SEDIMENTACIÓN DE CONCRETO ARMADO $\rightarrow \$9512.16USD$

Se considera el 10% más del costo original por el desperdicio de obra.

$$\$9512.16\text{USD} + 10\% = \$10463.376\text{USD}$$

Además se agrega el 30% más por la ganancia del contratista.

$$\$10463.376\text{USD} + 30\% = \$13602.3888\text{USD}$$

Esta cantidad en pesos mexicanos nos da:

$$\boxed{\$13602.3888\text{USD} \rightarrow \$149626.27}$$

Ahora para estimar el precio del aplanado pulido fino tenemos lo siguiente:

Área de una pared:

$$6\text{m} \times 5\text{m} = 30\text{m}^2$$

Se multiplica por los dos lados:

$$30\text{m}^2 \times 2 = 60\text{m}^2$$

Área de la segunda pared:

$$3.7\text{m} \times 5\text{m} = 18.5\text{m}^2$$

Se multiplica por los dos lados:

$$18.5\text{m}^2 \times 2 = 37\text{m}^2$$

Área de la base:

$$6\text{m} \times 3.7\text{m} = 22.2\text{m}^2$$

La suma de todos los lados me da:

$$60\text{m}^2 + 37\text{m}^2 + 22.2\text{m}^2 = 119.2\text{m}^2$$

Por lo que si 1 m² de aplanado fino cuesta \$50 pesos

$$119.2\text{m}^2 \rightarrow \$5960$$

Entonces el aplanado para 1 TANQUE DE SEDIMENTACIÓN cuesta \$5960

Por lo tanto para 3 TANQUES DE SEDIMENTACIÓN → \$17880

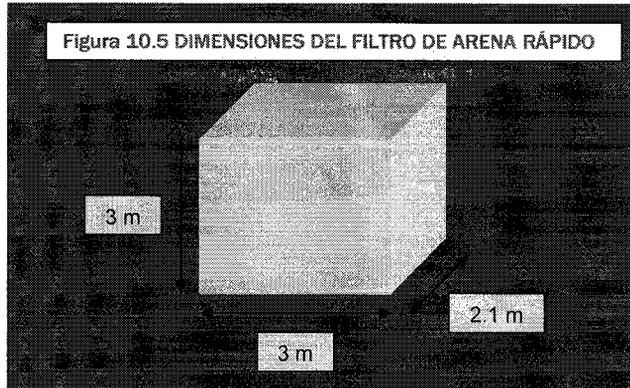
Se considera el 10% más del costo original por el desperdicio de obra.

$$\$17880 + 10\% = \$19668$$

También se considera el 30% más por la ganancia del contratista.

$$\boxed{\$19668 + 30\% = \$25568.4}$$

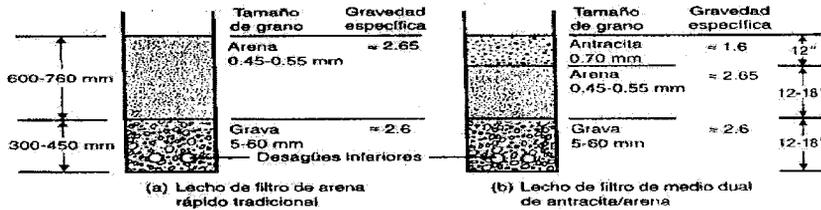
Figura 10.5 DIMENSIONES DEL FILTRO DE ARENA RÁPIDO



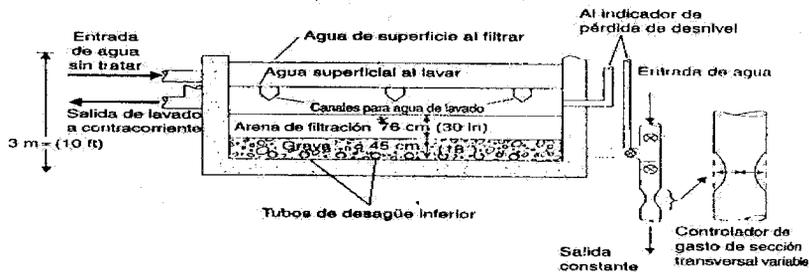
En la siguiente figura se muestra de que consta el filtro interiormente y sus especificaciones:

4. Capa de arena gruesa : espesor de 60 a 76 cm y 3mm de diámetro
5. Grava: espesor de 30 a 45 cm y 3/4" a 1 1/4" de diámetro.
6. Capacidad de filtración: 2 gal / min ft² de superficie filtrante

El gasto a través de los filtros será 110 L/min*m² que procesan agua a una velocidad de 80 a 160 L/min.m² esto es de 2 a 4 gpm/ft²



Construcción de un lecho de filtro.



Corte transversal de un filtro de arena rápido. Fuente: Adaptado de Insley y Franzini

FIGURA 10.6 FILTRO DE ARENA RÁPIDO

CÁLCULOS PARA ESTIMAR EL COSTO DE LOS DOCE FILTROS QUE SE UTILIZARÁN EN EL TREN DE TRATAMIENTO DE AGUA.

La dimensión de la primera pared es de:

$$3m \times 3m \times 0.20m = 1.8m^3$$

Se multiplica por los dos lados:

$$2 \times 1.8m^3 = 3.6m^3$$

La dimensión de la segunda pared:

$$3m \times 2.1m \times 0.20m = 1.26m^3$$

Se multiplica por los dos lados:

$$2 \times 1.26m^3 = 2.52m^3$$

La dimensión de la base:

$$3m \times 2.1m \times 0.20m = 1.26m^3$$

Obtenemos la suma de todos los lados:

$$3.6m^3 + 2.52m^3 + 1.26m^3 = 7.38m^3$$

Para estimar el costo del concreto armado tenemos que:

1m³ de concreto armado cuesta \$133USD

$$7.38m^3 \rightarrow \$981.54USD$$

Es así que:

1 TANQUE PARA FILTRACIÓN DE CONCRETO ARMADO cuesta \$981.54USD

Por lo tanto 12 TANQUES DE FILTRACIÓN DE CONCRETO ARMADO \rightarrow \$11778.48USD

Se considera el 10% más del costo original por el desperdicio de obra.

$$\$11778.48USD + 10\% = \$12956.328USD$$

Además se agrega el 30% más por la ganancia del contratista.

$$\$12956.328USD + 30\% = \$16843.2264USD$$

Esta cantidad en pesos mexicanos nos da:

$$\$16843.2264USD \rightarrow \$185275.4904$$

Ahora para estimar el precio del aplanado pulido fino tenemos lo siguiente:

Área de una pared:

$$3m \times 3m = 9m^2$$

Se multiplica por los dos lados:

$$9m^2 \times 2 = 18m^2$$

Área de la segunda pared:

$$3m \times 2.1m = 6.3m^2$$

Se multiplica por los dos lados:

$$6.3m^2 \times 2 = 12.6m^2$$

Área de la base:

$$3m \times 2.1m = 6.3m^2$$

La suma de todos los lados me da:

$$18m^2 + 12.6m^2 + 6.3m^2 = 36.9m^2$$

Por lo que si 1 m² de aplanado fino cuesta \$50 pesos

$$36.9m^2 \rightarrow \$1845$$

Entonces el aplanado para 1 TANQUE DE FILTRACIÓN cuesta \$1845

Por lo tanto para 12 TANQUES DE FILTRACIÓN → \$22140

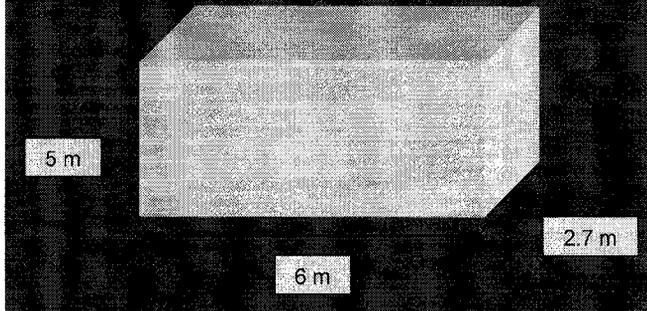
Se considera el 10% más del costo original por el desperdicio de obra.

$$\$22140 + 10\% = \$24354$$

También se considera el 30% más por la ganancia del contratista.

$$\boxed{\$24354 + 30\% = \$31660.2}$$

Figura 10.7 DIMENSIONES DEL TANQUE DE DESINFECCIÓN



CÁLCULOS PARA ESTIMAR EL COSTO DE LOS TRES TANQUES DE DESINFECCIÓN

La dimensión de la primera pared es de:

$$6m \times 5m \times 0.20m = 6m^3$$

Se multiplica por los dos lados:

$$2 \times 6m^3 = 12m^3$$

La dimensión de la segunda pared:

$$2.7m \times 5m \times 0.20m = 2.7m^3$$

Se multiplica por los dos lados:

$$2 \times 2.7m^3 = 5.4m^3$$

La dimensión de la base:

$$2.7m \times 6m \times 0.20m = 3.24m^3$$

Obtenemos la suma de todos los lados:

$$12m^3 + 5.4m^3 + 3.24m^3 = 20.64m^3$$

Para sacar el costo del concreto armado tenemos que:

$1m^3$ de concreto armado cuesta \$133USD

$$20.64m^3 \rightarrow \$2745.12USD$$

Es así que:

1 TANQUE PARA DESINFECCIÓN DE CONCRETO ARMADO cuesta \$2745.12USD

Por lo tanto 3 TANQUES DE DESINFECCIÓN DE CONCRETO ARMADO \rightarrow \$8235.36USD

Se considera el 10% más del costo original por el desperdicio de obra.

$$\$8235.36USD + 10\% = \$9058.8966USD$$

También se considera el 30% más por la ganancia del contratista.
 $\$9058.8966\text{USD} + 30\% = \11776.564USD

Esta cantidad en pesos mexicanos nos da:

$$\boxed{\$11776.5648\text{USD} \rightarrow \$129542.2128}$$

Ahora para estimar el precio del aplanado pulido fino tenemos lo siguiente:

Área de una pared:

$$5m \times 6m = 30m^2$$

Se multiplica por los dos lados:

$$30m^2 \times 2 = 60m^2$$

Área de la segunda pared:

$$5m \times 2.7m = 13.5m^2$$

Se multiplica por los dos lados:

$$13.5m^2 \times 2 = 27m^2$$

Área de la base:

$$6m \times 2.7m = 16.2m^2$$

La suma de todos los lados me da:

$$60m^2 + 27m^2 + 16.2m^2 = 103.2m^2$$

Por lo que si 1 m^2 de aplanado fino cuesta \$50 pesos

$$103.2m^2 \rightarrow \$5160$$

Entonces el aplanado para 1 TANQUE DE DESINFECCIÓN cuesta \$5160

Por lo tanto para 3 TANQUES DE DESINFECCIÓN \rightarrow \$15480

Se considera el 10% más del costo original por el desperdicio de obra.

$$\$15480 + 10\% = \$17028$$

También se considera el 30% más por la ganancia del contratista.

$$\boxed{\$17028 + 30\% = \$22136.4}$$

POR LO TANTO SUMANDO LOS COSTOS DE TODOS LOS TANQUES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA, TENEMOS QUE SE TIENE UN COSTO APROXIMADO DE \$ 979 975.6532 Y SI ADEMÁS CONSIDERAMOS QUE EL COSTO DE LAS TRES BOMBAS ES DE \$ 54000 TENEMOS QUE EL COSTO TOTAL ES DE \$ 1 033 975.6532.

COSTOS DEL AGUA EN EL DISTRITO FEDERAL

Tarifas para el agua potable de acuerdo al artículo 194 del Código Financiero del Distrito federal, cabe mencionar que el costo incluye extraer, conducir y distribuir el líquido, así como su descarga a la red de drenaje, y las que se realicen para mantener y operar la infraestructura necesaria para ello, y se pagarán bimestralmente, de acuerdo a las tarifas que a continuación se indican:

CUADRO 10.1 SERVICIO DOMÉSTICO

Consumo en m3		Tarifa	
Límite Inferior	Límite Superior	Cuota Mínima	Cuota Adicional por m3 excedente al límite inferior
0	10	\$14.52	\$0.00
MAYOR A 10	20	\$14.52	\$1.66
MAYOR A 20	30	\$31.66	\$1.98
MAYOR A 30	50	\$64.08	\$3.77
MAYOR A 50	70	\$139.96	\$4.81
MAYOR A 70	90	\$237.26	\$7.59
MAYOR A 90	120	\$387.58	\$12.13
MAYOR A 120	180	\$750.59	\$16.31
MAYOR A 180	240	\$1,729.35	\$23.48
MAYOR A 240	420	\$3,138.21	\$26.99
MAYOR A 420	660	\$8,001.03	\$31.49
MAYOR A 660	960	\$15,557.94	\$34.00
MAYOR A 960	1500	\$25,770.80	\$39.13
MAYOR A 1500	En adelante	\$46,902.00	\$43.05

Fuente: Código Financiero del Distrito Federal

CUADRO 10.2 SERVICIO INDUSTRIAL Y COMERCIAL

CONSUMO EN M3		TARIFA	
LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	CUOTA MÍNIMA	CUOTA ADICIONAL POR METRO CÚBICO EXCEDENTE AL LÍMITE INFERIOR
0	10	\$87.21	\$0.00
MAYOR A 10	20	\$174.33	\$0.00
MAYOR A 20	30	\$261.56	\$0.00
MAYOR A 30	60	\$261.56	\$12.92
MAYOR A 60	90	\$650.28	\$16.84
MAYOR A 90	120	\$1,155.69	\$20.72
MAYOR A 120	240	\$1,777.83	\$24.58
MAYOR A 240	420	\$4,732.02	\$28.51
MAYOR A 420	660	\$9,863.88	\$32.37
MAYOR A 660	960	\$17,640.42	\$36.46
MAYOR A 960	1500	\$28,585.54	\$40.85
MAYOR A 1500	En adelante	\$50,648.91	\$41.89

Fuente: Código Financiero del Distrito Federal

En un sistema tarifario ideal, la cuota que se cobra al usuario, debe cubrir los gastos por el servicio del agua potable y el saneamiento de la misma.

En nuestro país, la CNA (Comisión Nacional del Agua) establece que el costo del agua potable es aproximadamente de \$8.0 / m³ con algunas variaciones dependiendo de la zona hidráulica, recaudándose solamente \$0.98 / m³, por lo tanto existe un fuerte subsidio por parte del gobierno al servicio de agua potable.

CUADRO 10.3 VARIACIÓN PORCENTUAL DE LAS TARIFAS DE AGUA, POR TIPO DE SERVICIO DE 2003 A 2004, EN LAS PRINCIPALES CIUDADES.

CIUDAD	\$/m ³ EN CONSUMO DE 30 m ³ / mes	DOMÉSTICO	COMERCIAL	INDUSTRIAL
Campeche	1.00	S.V	S.V	S.V
Cancún	4.92	14.4	19.1	19.1
Chetumal	4.92	14.4	19.1	19.1
Chihuahua	5.36	5.1	5.1	5.1
Colima*	2.95	5.0	9.7	4.9
Culiacán	3.51	10.4	13.8	13.0
Distrito Federal*	2.86	4.0	4.0	4.0
Guadalajara	4.11	9.9	N.D.	N.D.
Hermosillo	3.81	4.1	5.4	5.4
Juárez	3.09	10.3	8.4.	N.D.
La Paz	6.93	5.0	5.0	5.0
Manzanillo*	5.49	6.0	5.0	5.3
Mérida*	2.43	13.5	13.4	13.4
Mexicali	2.74	11.4	11.2	11.2
Morelia	1.28	7.6	5.6	6.4
Nuevo Laredo	5.39	117.3	25.3	15.4
San Luis Potosí	2.71	S.V.	S.V.	S.V.
Tampico Madero	2.51	21.2	20.9	64.8
Tepic	C.F.	C.F.	C.F.	C.F.
Tijuana	10.02	9.9	9.9	9.9
Xalapa	3.06	14.6	13.1	12.4
Zacatecas	3.58	S.V.	S.V.	S.V.

Fuente: CNA/SGIHU/Gerencia de Fortalecimiento Institucional.

S.V. Sin variación

N.D. Dato no disponible

C.F. Cuota fija

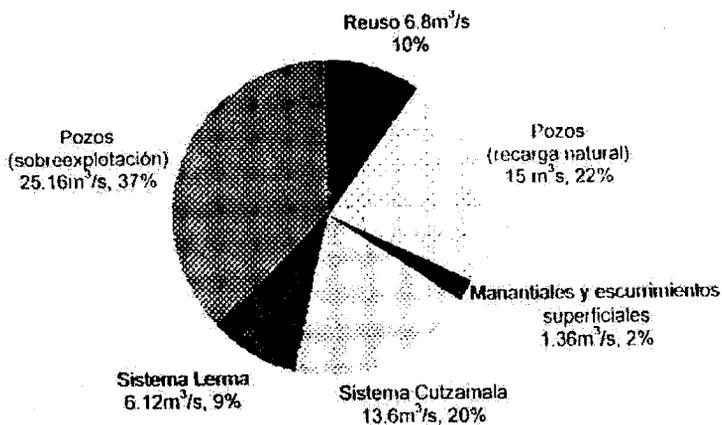
* Cobro bimestral

La alimentación de agua potable a casa habitación, comercios e industrias, trabajan todos sus muebles y demás instalaciones: regaderas, lavabos, fregaderos, sanitarios y otros a una presión mínima de 0.2kg /cm².

En la zona metropolitana Ciudad de México se aprovechan alrededor de $68 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua potable, de los cuales 35 m^3 corresponden al Distrito Federal y el resto al Estado de México. Para satisfacer la demanda se extrae agua de pozo (proceso que está agotando el manto acuífero y ha producido el hundimiento de la ciudad), de manantiales, del sistema Lerma y Cutzamala, y también se emplea agua de reuso (la distribución de estas fuentes de explotación se muestra en la figura siguiente).

FIGURA 10.8

Distribución de las fuentes de suministro de agua en la ZMCM



Fuente: CNA, 1999

CAPÍTULO XI

ALCANTARILLADO

El sistema de alcantarillado recibe las aguas residuales a través de un arreglo de ingeniería el cual enseguida describo.

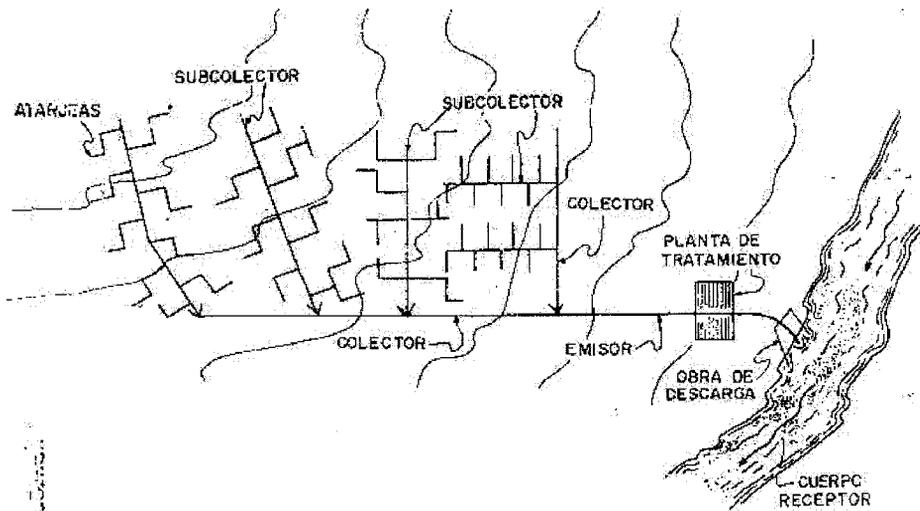
Las partes que integran un sistema de alcantarillado se pueden manejar en dos grupos fundamentales tuberías o conductos y obras o estructuras accesorias.

Enseguida muestro lo relacionado con estos dos tipos de elementos.

TUBERÍAS O CONDUCTOS

Son conductos que generalmente integran un sistema de alcantarillado como se notará en la siguiente figura.

FIGURA 11.1 Conductos que forman la red de un sistema de alcantarillado



Conductos que forman la red de un sistema de alcantarillado.

Los referidos conductos reciben diversos nombres a lo largo del sistema y son:

1.- Atarjeas: estos son los conductos de menor diámetro en la red de alcantarillado y van instalados generalmente a la mitad de la calle o en las esquinas de estas. Las atarjeas dentro de los predios urbanos o industriales reciben el nombre convencional de albañal. Siendo su diámetro mínimo de 8 in.

2.- Subcolectores: Estos son tuberías que captan las aguas recolectadas por las atarjeas generalmente son de un diámetro igual o mayor al del tubo albañal de las atarjeas.

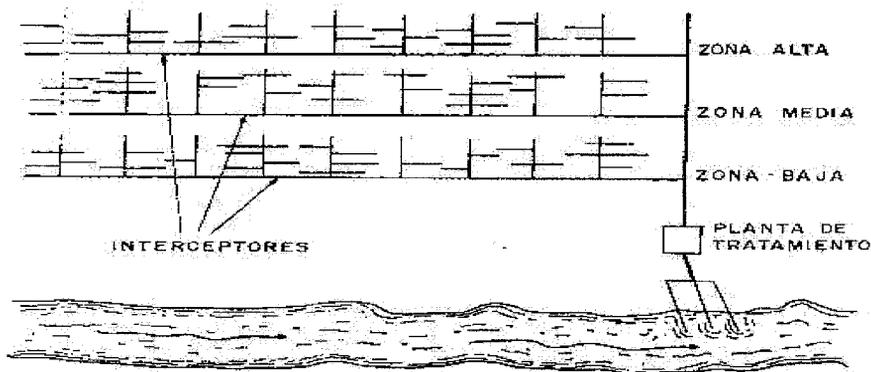
3.- Colectores: Los colectores son ductos que reciben el agua de los subcolectores y de las atarjeas cuyos diámetros generalmente son mayores que los subcolectores.

Los colectores o subcolectores reciben convencionalmente el nombre de interceptores cuando sus tuberías se colocan en forma perpendicular a otros conductos de menor diámetro.

Inmediatamente después del colector y a través de un emisor que es un conductor en donde se propagan las aguas residuales estas llegan a una planta de tratamiento para esta clase de aguas que descargaran el líquido ya tratado a una obra civil de descarga hacia el cuerpo receptor.

Finalmente para que este sistema alcantarillado trabaje con seguridad y eficiencia se requieren trabajos de mantenimiento a efectos de lograr que el sistema se conserve trabajando evitándose con ello las inundaciones y otros aspectos indeseables en este sistema.

FIGURA 11.2 Conductos interceptores en un sistema de alcantarillado



Conductos interceptores en un sistema de alcantarillado

NOTA. En mi tema de tesis no toco aspectos relacionados con el mantenimiento de este importantísimo sistema.

CONCLUSIONES

Por medio de la presente tesis logramos mostrar como se lleva acabo el proceso de potabilización de agua cruda obtenida de un río.

Es así que se describió por medio de la ingeniería básica y por medio de la ingeniería de detalle como esta compuesto cada uno de los tanques que integran el tren de proceso de tratamiento de agua, el cual consta de sedimentación, mezclado rápido, floculación, sedimentación, filtración rápida, desinfección, almacenamiento, la red de distribución, y por último el alcantarillado.

Por lo que la Ingeniería Básica y la Ingeniería de Detalle estuvieron presentes en la captación, conducción, y tratamiento del agua cruda, con especial énfasis en el abasto público del agua potable.

Cabe mencionar que el diseño de los tanques del tren de proceso de tratamiento de agua se hizo considerando que una población de 100000 habitantes consume aproximadamente 8 333.333 L/Día.

Por lo que en base a este dato se hizo un análisis en cuanto a costos para obtener cuanto cuesta potabilizar agua cruda y distribuirla a una población de 100000 habitantes.

Por lo tanto los costos de todos los tanques que intervienen en el tren de proceso de la planta de tratamiento de agua cruda, es de \$ 979 975.6532 y además se consideró que el costo de las tres bombas es de \$ 54000 por lo que el costo total fue de \$ 1 033 975.6532.

Por lo tanto es importante destacar que se llevo a cumplir nuestro objetivo pues se describió perfectamente cuanto cuesta y en que consiste cada uno de los pasos que se llevan acabo para potabilizar agua cruda, obtenida de un río, para suministrar agua potable a una población en cantidad, calidad suficiente, presión necesaria y en forma continua.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- César Valdez Enrique, Abastecimiento de Agua Potable, UNAM FACULTAD DE INGENIERÍA, México 1994, pp 258.
- 2.- CNA, Situación de Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a Diciembre del 2004, México 2005, pp 190
- 3.- Davis Mackenzie L. y Masten Susan J., Ingeniería y Ciencias Ambientales, MC GRAW-HILL, México 2003, pp 750.
- 4.- Henry J. Glynn y Heinke Gary W., Ingeniería Ambiental, PRENTICE HALL, México 1999, pp 800.
- 5.- Jacobo Villa Marco Antonio y Saborio Fernandez Elsa, La Gestión del Agua en México: los retos para el desarrollo sustentable, ED. PORRUA, México 2004.
- 6.- Kiely Gerard, Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión, MC GRAW-HILL, México 1999, pp 1331.
- 7.- Lara González Jorge, Alcantarillado, UNAM FACULTAD DE INGENIERÍA, 2a. Edición 1991 pp 328.
- 8.- Romero Rojas Jairo Alberto, Potabilización del Agua, ALFAOMEGA, México 1999 pp 327.
- 9.- La situación del agua, problema de seguridad nacional
Fuente: Excelsior – México (Notimex) Vol. V, Núm 8 - 01 de Agosto de 2005
- 10.- Ing. Becerril I. Diego Onesimo, Datos Prácticos de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, 9ª Edición, México 2002, pp 221.
- 11.- Aurora – Picsa, Bombas y Sistemas, Facultad de Química, pp 33.