

Las normas referentes al Diseño de Abastecimiento de Agua están elaboradas para ser aplicadas específicamente a proyectos del medio rural; mientras que las normas referidas al Saneamiento Básico Rural, además podrán ser aplicadas a aquellos proyectos del medio urbano donde no exista Alcantarillado Sanitario.

Toda norma no puede ser estática, sino que se deberá ir adaptando a los cambios y avances tecnológicos; por consiguiente es tarea del INAA revisar dichas normas periódicamente, para que se adapten a los cambios y avances antes mencionados.

A-INTRODUCCION

Este documento es la recopilación de la experiencia obtenida por los diferentes organismos que han venido impulsando Proyectos de Agua Potable y Saneamiento Básico en las diferentes zonas rurales del país, se ha incluido en él los criterios de diseño para que sirvan de guía a los diseñadores de dichos proyectos.

Se espera cumplir con el objetivo que es de difundir un documento de apoyo para todos los organismos y entidades que se involucren con este tipo de actividades, tratando así de crear una pauta de trabajo más o menos uniforme, a nivel de todo el país.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (INAA)

DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL MEDIO RURAL

Reg. No. 1090 - M. 084781 - Valor C\$4,500.00

PRESENTACION

Las Normas comprendidas en este documento, referente al "Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural" y "Saneamiento Básico Rural", han sido actualizadas y ampliadas por el INAA, tomando como base, algunas Normas existentes en el país, entre las cuales están: "Normas de Diseño para pequeños Sistemas de Acueductos Rurales" "Modelo de Bombas Manuales para el Sector Rural" y "Procedimientos y Construcción de Letrinas" elaborados por DAR (ENACAL); "Normas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable" elaboradas por el MCT en 1989; "Especificaciones Técnicas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario" elaboradas por el DENACAL en 1976 y "Manual de Normas Técnicas" elaboradas por la Empresa Aguadora de Managua en 1970.

Estos documentos, a pesar de los defectos que puedan tener, representan un valioso acopio de experiencias de profesionales, tanto Nicaragüenses como de otros países, principalmente latinoamericanos, dedicados a la Ingeniería Sanitaria. Es la intención del INAA aprovechar dicha experiencia, para que sea aplicada de manera uniforme por los Ingenieros dedicados a esta área de la Ingeniería.

BIBLIOGRAFIA

1. Normas de Diseño para Pequeños Sistemas de Acueductos Rurales. DAR/ENACAL
2. Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales tomo 1. FAIR-GEYER Y OKUN
3. Manual de Hidráulica. J.M. DE AZEVEDO NETTO
4. Abastecimientos de Agua y Alcantarillados. GUSTAVO RIVAS MIJARES
5. Manual de Diseño de Sistemas de Agua Potable con fuentes de Abastecimientos por Pozos Profundos. SERGIO TERCERO T.
6. Abastecimientos de Agua, Teoría y Diseño. SIMON ARROCHA R
7. Teoría, Diseño y Control de los Procesos de Clarificación del Agua. JORGE ARBOLEDA V.
8. Manual de procedimiento, División de Acueductos Rurales. Ministerio de Salud. VENEZUELA
9. Manual de Potabilización del Agua. J. ARTURO PEREZ.
10. Water Supply for Rural Areas and Small Communities. E.G WAGNER/I.N. LANOIX
11. Manual de Saneamiento "Agua". AID
12. Instalaciones Sanitarias en Edificios. ENRIQUE BASTANDE

13. Instalaciones Sanitarias en Edificios. OMS/OPS-1972

14. Obras de captación en cursos superficiales de Agua para Gastos Moderados. NICOLAS NYERGES V. Water Supply and Waste Disposal. W.A. Hardenbergh y E.R. Rodie. Water Supply and Sewerage. E.W. Steel. Water Supply Engineering. H.E. Babbitt y J.J. Doland

ANEXOS

I. ANALISIS DE ENSAYO DE BOMBEO EN POZOS TIPO PEM

II. MODELOS DE BOMBAS SUMERGIBLE, BOMBAS VERTICALES Y BOMBAS MANUALES.

III. ESQUEMAS DE POZOS EXCAVADOS, POZOS PERFORADOS Y CAPTACION DE MANANTIALES.

IV. ESQUEMA DE TANQUES DE MAMPOSTERIA SOBRE SUELO, TANQUE DE ACERO SOBRE TORRE Y CISTERNA.

V. ESQUEMAS DE CONEXIONES DOMICILIARES Y PUESTOS PUBLICOS.

ESQUEMAS DE OBRAS DE PRETRATAMIENTO, DESARENADORES, FILTROS LENTOS E HIPOCLORADOR.

BIBLIOGRAFIA.

PARTE I ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

I. GENERALIDADES

Para el diseño de un Sistema de Agua Potable en la zona rural se requiere de una serie de normas y criterios que no necesariamente deben ser las normas del sector urbano, debido a que existen diferencias en ambos medios, considerando dentro de esas diferencias los factores culturales, económicos y sociales.

La población rural se puede dividir en los siguientes segmentos: (1) Rural Concentrado: Son poblaciones rurales de estabilidad relativa, en algunos casos con altas tasas de crecimiento poblacional. Su actividad socioeconómica está orientada principalmente a la comercialización agrícola-ganadera. Cuentan con algunos servicios básicos e infraestructura. (2) Rural Disperso: Son grupos poblacionales que se asientan en forma diseminada en valles y comarcas en las diferentes regiones del país. Carecen de servicios básicos e infraestructuras mínimas. Alto esparcimiento de viviendas y bajos ingresos con tendencia a niveles de subsistencias.

Cuando en este documento se mencionen normas respecto a la calidad del agua para consumo humano, se referirán a las normas aprobadas por el INAA.

Se incluye la proyección de población considerando los métodos más comunes que se utilizan y que son aplicables al sector rural, también se incluye dotación y población a servir en donde lo reflejado es la experiencia de muchos años así como estudios realizados en el campo como soporte a lo señalado en el documento.

El análisis de la línea de conducción y red de distribución se realizará aplicando la fórmula Hazen - Williams, y el método de Hunter. De acuerdo a las características físicas de la localidad los sistemas podrán ser abiertos o cerrados.

Los criterios de almacenamiento son los que se aplican para determinar la capacidad del tanque y que brinda buenos resultados una vez funcionando el sistema.

Este documento contiene los principales criterios de diseño, para la elaboración de Proyectos de Agua Potable en la zona rural dispersa, y que comprende: Miniacueductos por gravedad (MAG), Miniacueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), captaciones de manantial (C.M), pozo Excavado a mano (PEM) y Pozo Perforado (PP).

II. PROYECCION DE LA POBLACION

2.1 Generalidades

La población a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que constituyen el sistema.

La metodología generalmente aplicada, requiere la investigación de las tasas de crecimiento histórico, las que sirven de base para efectuar la proyección de población.

La información de datos poblacionales se pueden obtener de las siguientes fuentes de información tales como: Censos Nacionales de 1950, 1963 y 1995, INEC Y EL MINSA.

2.2 Cálculo de Población

Para el cálculo de las poblaciones futuras se usará el método geométrico expresado por la fórmula siguiente:

$$P_n = P_o (1+r)^n$$

Donde:

P_n = Población del año "n"

P_o = Población al inicio del período de diseño

r = Tasa de crecimiento en el período de diseño expresado en notación decimal.

n = Número de años que comprende el período de diseño.

Si no se dispone de datos de población al inicio del período de diseño, deberá efectuarse un censo poblacional por medio de los representantes comunitarios o promotores sociales, previamente entrenados. Conviene conocer la tasa de crecimiento histórico nacional, para compararla con la obtenida en cada caso particular. Los valores anuales varían de 2.5% a 4%. El proyectista deberá justificar la adopción de tasas de crecimiento diferente a los valores indicados.

III. DOTACION Y POBLACION A SERVIR

3.1 Dotación

La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona por día está en dependencia de:

- 1- Nivel de Servicio adoptado
- 2- Factores geográficos
- 3- Factores culturales
- 4- Uso del agua.

a) Para Sistemas de abastecimiento de agua potable, por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30 a 40 lppd.

b) Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 lppd.

c) Para los pozos excavados a mano y pozos perforados se asignará una dotación de 20 a 30 lppd.

3.2 Población A Servir.

a) En los minicueductos por gravedad y captaciones de manantial la población a servir estará en dependencia de las características de la población objeto del estudio, el tipo y configuración de la comunidad y las características tecnológicas de las instalaciones a establecerse.

b) La población a servir por los pozos excavados a mano se estima como mínimo 6 familias de 6 miembros o sea 36 personas por pozo.

c) En los pozos perforados la población a servir se estima como mínimo de 100 personas por pozo.

3.3 Nivel De Servicio

3.3.1 Puestos Públicos

Son tomas de agua que se implantan particularmente en el sector rural para abastecer dos a un máximo de 20 casas.

Consideraciones

- a) Deberá instalarse en terreno comunal y si es privado garantizar que pase a ser comunal.
- b) El puesto público no deberá ser usado para el lavado de ropa, baño de personas o animales, lavado de maíz etc.
- c) Se cercará el puesto de tal forma que se garantice su protección evitando el acceso de animales.
- d) En cada puesto público se colocará como máximo 2 grifos, (ver detalle)

Ubicación

a) El número de puestos a instalarse dependerá de la cantidad de casas, el número de personas y la ubicación de las casas, para su ubicación deberá abastecer como mínimo dos casas.

b) Se ubicarán puestos en las Escuelas, Centro de Salud, Centros Infantiles.

c) El puesto se ubicará centralizado a las casas a servir.

d) La distancia máxima entre puesto y casa más alejada será de 100 mts.

Criterios Técnicos

a) El flujo de un grifo deberá ser de 0.10 lps mínimo y 0.30 lps máximo.

Se recomienda usar un flujo menor para no desgastar los empaques en muy corto tiempo. Se puede controlar el flujo con una válvula de tapón (globo de ½" en la entrada del puesto). Al instalar la válvula, tiene que ajustarse, para que se obtenga el flujo deseado.

b) La carga residual mínima deberá ser de 5 mts y máxima 50 mts.

Se recomienda cargas menores que la máxima permisible, porque se controla mejor el sistema y se presenta menor desgaste de los empaques y accesorios.

c) El diámetro de las conexiones y de los grifos será de ½" (12 mm).

3.3.2 Conexiones Domiciliarias

Son tomas de agua que se aplican en el sector rural, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como disponibilidad suficiente de agua, bajos costos de operaciones (sistemas por gravedad), capacidad de pago de la población, y número de usuarios del servicio.

Las condiciones sociales y técnicas son las siguientes:

1- Condiciones Sociales

- a) Deberá realizarse un estudio cuidadoso para considerar las posibilidades económicas de la comunidad para construir un sistema con tomas domiciliarias.
- b) Deberá realizarse una campaña educativa a la comunidad en cuanto al uso y ahorro del agua y protección del Sistema, ya que cada llave quedará dentro de cada casa.

2- Condiciones Técnicas

- a) Se deberá realizar un estudio de factibilidad en el Sistema particularmente de la capacidad de la fuente, debido a que la dotación se incrementa comparado con los puestos públicos.

b) La comunidad deberá aportar parte de la tubería a utilizarse en las tomas domiciliarias. La conexión domiciliar llegará hasta el lindero de la propiedad, a partir de ahí la conexión correrá por cuenta del propietario.

c) Se aplicarán todos los criterios técnicos señalados en la construcción de puestos públicos. (Ver Anexo V)

d) El diámetro de las conexiones y de los grifos será de $\frac{1}{2}$ " (12 mm.).
Continuará.

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO
(INAA)**

Reg. No. 1090 - M. 084781 - Valor C\$4,500.00

**DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTOS
DE AGUA POTABLE EN EL MEDIO RURAL
(CONTINUACION)**

IV. PARAMETROS DE DISEÑOS

4.1 Período de Diseños

En los diseños de proyectos de Abastecimiento de Agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema, con el propósito de:

- Determinar que períodos de estos componentes del Sistema, deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad.
- Qué elementos del sistema deben diseñarse por etapas
- Cuáles serán las provisiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos al sistema.

A continuación se indican los períodos de diseños económicos de los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable.

| Tipos de Componentes | período de diseño |
|---|-------------------|
| Pozos excavados | 10 años |
| Pozos perforados | 15 años |
| Captaciones superficiales y manantiales | 20 años |
| Desarenador | 20 años |
| Filtro Lento | 20 años |
| Líneas de Conducción | 15 años |
| Tanque de almacenamiento | 20 años |
| Red de distribución | 15 años |

4.2 Variaciones de Consumo

Las variaciones de consumo estarán expresadas como factores de la demanda promedio diario, y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de: obras de captación, línea de conducción y red de distribución, etc.

Estos valores son los siguientes:

Consumo máximo día (CMD) = 1.5 CPD (Consumo promedio diario)

Consumo máximo hora (CMH) = 2.5 CPD (Consumo promedio diario)

4.3 Presiones Máximas y Mínimas

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento se recomienda que éstas se cumplan dentro de un rango permisible, en los valores siguientes:

Presión Mínima: 5.0 metros

Presión Máxima: 50.0 metros

4.4 Coeficiente de Rugosidad (C) de Hazen -Williams para los diferentes tipos de materiales en los conductos.

TABLA 1

| Material del Conducto | Coeficiente de Rugosidad (C) |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Tubo de hierro Galvanizado (H°. G°) | 100 |
| Tubo de concreto | 130 |
| Tubo de asbesto cemento | 140 |
| Tubo de Hierro fundido (H°. F°) | 130 |
| Tubo plástico (PVC) | 150 |

4.5 Velocidades permisibles en tuberías.

Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías.

Los valores permisibles son los siguientes:

Velocidad mínima = 0.4 m/s

Velocidad máxima = 2.0 m/s

4.6 Cobertura de Tuberías

Para sitios que correspondan a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1.0 metro sobre la corona del tubo.

4.7 Pérdidas de Agua en el Sistema

Cuando se proyectan Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, es necesario considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componente, la cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20%.

V. FUENTES DE ABASTECIMIENTO

5.1 Generalidades

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable, constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto: debe estar lo suficientemente protegida y debe cumplir dos propósitos fundamentales.

Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda

de la población durante el período de diseño considerado.

Mantener las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad de la misma.

5.2 Manantiales

Los manantiales son puntos localizados en la corteza terrestre por donde aflora el agua subterránea (Ver Anexo III-Figura 7). Generalmente este tipo de fuentes, sufre variaciones en su producción, asociadas con el régimen de lluvia en la zona. En la mayoría de los casos, es de esperar que el caudal mínimo del manantial coincida con el final del período seco en la zona.

Los criterios para considerar un manantial como fuente de suministro de agua potable son los siguientes:

- a) El dato o datos de aforo, deberán corresponder al final del período seco de la zona y se tomará como base para el diseño, el mínimo valor obtenido.
- b) El caudal crítico de producción de la fuente deberá ser mayor o igual al consumo máximo diario de la población al final del período de diseño, de lo contrario se desechará su utilización, o se complementará con otra fuente disponible.

Estas consideraciones son válidas para sistemas tipo MAG, MABE y CM.

5.3 Pozos

5.3.1 Pozo Excavado a Mano (PEM)

Esta opción resulta ser una solución tecnológica bastante apropiada para el suministro de agua para el sector rural disperso. Para garantizar la durabilidad del sistema se deberá cumplir con los siguientes criterios:

- a) Todo PEM deberá ser sometido a una prueba de rendimiento. El procedimiento para la realización de la prueba se presenta más adelante. (Ver Anexo N° 1)
- b) Serán considerados solamente aquellos PEM, cuyo nivel estático se encuentre como mínimo 2 mts. por encima del fondo del pozo; esta medida deberá realizarse al final del período de seco de la zona. (Ver detalles constructivos en Anexo N° III)

5.3.2 Pozo Perforado (PP)

Esta elección se considerará únicamente si las opciones PEM, MAG y CM no se pueden aplicar. Corresponde a la utilización de un pozo perforado empleando una bomba manual, por lo cual se deberá cumplir con los siguientes criterios:

- a) El caudal máximo de explotación será obtenido mediante una prueba de bombeo, siguiendo las consideraciones en el inciso "a" del apartado 5.3.3 miniacueducto por bombeo eléctrico.

- b) El caudal máximo de explotación del pozo será igual o superior a 19 litros por minuto.

El servicio brindado por Pozo Excavado a Mano (PEM) o Pozo Perforado (PP), será equipado con bomba manual, preferiblemente del tipo "mecate". Su ubicación será tal que quede equidistante de las viviendas y no mayor de 100 mts. de la mas alejada.

5.3.3 Miniacueductos por Bombeo Eléctrico (MABE)

Esta opción será considerada solo en los casos en que exista: (1) Disponibilidad de fuente de abastecimiento; (2) Disponibilidad de energía eléctrica y (3) Capacidad de pago de la comunidad. Si no se puede aplicar esta opción se procurará adoptar cualquiera de los otros tipos de sistemas. Si no existe otra opción técnica y económicamente más aceptable entonces se realizará la perforación de uno o más pozos. Los criterios de aceptación del pozo serán los siguientes:

- a) El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante y de una prueba a caudal variable con mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba.
- b) El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.
- c) El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo día promedio (QDP).
- d) Disposición de la comunidad para operar y mantener el sistema.

VI ESTACIONES DE BOMBEO

6.1 Generalidades.

En las estaciones de bombeo para pozos perforados deben considerarse los elementos que la forman lo que consiste en; caseta de protección de conexiones eléctricas, o mecánicas, conexión de bomba o sarta, fundación y equipo de bombeo (bomba y motor) y el tipo de energía.

6.2 Caseta de Control.

La caseta de control se diseña de mampostería reforzada acorde a un modelo típico, incluyéndose la iluminación, ventilación y desagüe, tiene la función de proteger los equipos eléctricos y mecánicos.

6.3 Fundaciones de equipos de bombeo:

La fundación del equipo de bombeo se diseña de acuerdo a las dimensiones y característica del equipo, generalmente es de concreto reforzado con una resistencia a la comprensión de 210 kg/cm² a los 28 días.

6.4 Equipo de bombeo y motor:

6.4.1 Bombas Verticales

Los equipos de bombeo que generalmente se emplean para pozos perforados son los de turbina de eje vertical y sumergible, para su selección deben tomarse en cuenta los factores siguientes:

- Nivel de bombeo de acuerdo a los resultados de las pruebas de bombeo efectuada al pozo.
- Variaciones estacionales o niveles naturales del agua subterránea en las estaciones seca y lluviosa.
- El diámetro del ademe del pozo, el cual debe estar relacionado al caudal a extraerse según el cuadro siguiente:

CUADRO No. 6.1

Relación Diámetro Interno del Pozo y Caudal de Bombeo.

| Diámetro Interno Ademe del Pozo | | Caudal de Bombeo | |
|---------------------------------|-----|------------------|-----|
| (Pulgada) | mm | Gpm | Lps |
| 6 | 150 | 160 | 10 |
| 8 | 200 | 240 | 15 |
| 10 | 250 | 400 | 25 |

El diámetro de la columna de bombeo dentro del pozo acoplada a la bomba, será diseñada para una pérdida de fricción no mayor del 5% de su longitud, por lo cual se recomiendan los diámetros para columnas de bombeo en relación al caudal, en el cuadro siguiente se reflejan estos valores.

CUADRO No. 6.2

Relación diámetro columna de bombeo y caudal de bombeo

| Diámetro de Columna de bombeo | | Caudal de Bombeo | |
|-------------------------------|-----|------------------|------|
| (Pulgada) | mm | Gpm | Lps |
| 3 | 75 | 50 | 3.15 |
| 4 | 100 | 100 | 6.30 |
| 6 | 150 | 600 | 37.8 |

- Calidad del Eje
- Tipo de impulsores
- Característica del arranque y puesta en marcha
- Flexibilidad de Operación
- Curvas características de las bombas
- Golpe de ariete

· Tuberías en succión y descarga de equipos de bombeo. El diámetro de la tubería de succión y de impulsión no deberán ser menores que las admitidas por las bombas, en caso de que el diámetro de la tubería de succión sea mayor que el de la admisión de la bomba (bombas horizontales), se debe conectar una reducción

excéntrica.

· La velocidad que se recomienda en la tubería de succión se indican en el cuadro 6.3.:

CUADRO 6.3

Velocidad en la tubería de succión según el diámetro y caudal.

| Velocidad | Diámetro | Caudal |
|--------------------|----------|---------------------|
| Metros por segundo | Mm | Litros por Segundos |
| 0.75 | 50 | Hasta 1.5 |
| 1.10 | 75 | 5 |
| 1.30 | 100 | 10 |

En la tubería de descarga se deberá efectuar un estudio económico-comparativo de diversos diámetros para seleccionar el más apropiado. En la descarga o sarta de la bomba deberán considerarse una válvula de compuerta y una válvula de retención, para la selección del diámetro se recomienda en el cuadro siguiente:

CUADRO No. 6.4

Diámetro de Sarta en Relación a un Rango de Caudales.

| Diámetro de Sarta | | Rango de Caudales | |
|-------------------|----|-------------------|-------|
| (Pulgadas) | mm | Gpm | Lps |
| 2 | 50 | 80 | 5.05 |
| 3 | 75 | 200 | 12.60 |

El diámetro de la sarta está definida por el diámetro del medidor de agua. La válvula de retención debe colocarse entre la bomba y la válvula de compuerta, se deberá considerar una válvula de alivio para proteger la instalación del golpe de ariete recomendándose los siguientes diámetros de acuerdo al cuadro No. 6.5

CUADRO No. 6.5

Diámetro de Válvula de alivio con el caudal de descarga.

| Diámetro de Válvula | | Rango de Caudales | | | |
|---------------------|----|-------------------|-----|------|------|
| (Pulgada) | mm | Gpm | | Lps | |
| 3 | 75 | 250 | 500 | 15.8 | 31.5 |
| 2 | 50 | 60 | 250 | 3.8 | 15.8 |
| 1 | 25 | | | | 3.8 |

Las sarts deberán llevar:

- Medidor Maestro
- Manómetro con llave de chorro 1/2"
- Derivación descarga para prueba de bombeo y limpieza de la sarta.
- Unión flexible para efecto de mantenimiento, las tuberías deben anclarse adecuadamente y determinar las fuerza que actúa en los ataques para obtener un buen diseño.

6.4.2 Bombas Horizontales

Las bombas centrífugas horizontales generalmente se emplean para pozos llanos y con un nivel de agua no mayor de 5.5 mts por debajo del centro de la bomba y con un límite máximo de aspiración que se fija con la presión atmosférica.

Cuando las bombas centrífugas horizontales se colocan por encima del nivel de agua que van a bombear, es necesario para que trabajen que el tubo de succión y la bomba, estén completamente llenos de líquidos antes de que la bomba comience a funcionar, esto se logra al colocar una válvula de pie en el extremo inferior del tubo de succión por debajo del nivel del agua y cebando la bomba, lo cual se puede realizar por cualquiera de las siguientes formas:

- a) Por medio de una bomba pequeña de mano para la ceba que extrae el aire de la caja de la bomba.
- b) Llenando la caja de la bomba con agua procedente de un tanque elevado, por medio de una válvula que conecte a la caja con el tanque mediante tubería.
- c) Por medio de un inyector operado por aire, agua o vapor.
- d) Empleando un tanque de cebado que contenga una cantidad suficiente de líquido para establecer el flujo a través de la bomba al arrancar.
- e) Empleando una bomba de vacío.

En los aspectos relacionados a los motores eléctricos, tipo de energía y la conexión de la sarta se consideran los mismos criterios que en las bombas verticales.

6.5 Motores Eléctricos.

De acuerdo al tipo de bomba a instalarse se tienen motores eléctricos verticales que se emplean para bombas centrífugas en pozos profundos, motores eléctricos sumergibles y motores para bombas horizontales con capacidad de uso corriente dados por los fabricantes que oscilan desde los 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125 hasta 200 HP, y de mayor capacidad.

Se tiene que considerar como norma emplear un factor de 1.15 para calcular los HP del motor en base a los HP de la bomba, debido a la pérdidas mecánicas.

Las velocidades de operación de los motores eléctricos varían de acuerdo a la capacidad o caudal del equipo de bombeo.

6.6 Energía.

De acuerdo a la capacidad de los motores eléctricos se recomienda los tipos de energía siguiente:

Para motores de 3 a 5 HP, emplear 1/60/110 energía monofásica.

Para motores mayores de 5 HP y menores de 50 HP se usará 3/60/220 y mayores de 50 HP se empleará 3/60/440, energía trifásica.

6.7 Bombas Manuales

6.7.1 Generalidades:

El abastecimiento de agua potable para pequeñas comunidades, donde la fuente de abasto es el agua subterránea, captada mediante pozo excavado a mano o pozo perforado, podrán ser equipados con bombas de mano, cuyos tipos o modelos estarán acorde a la profundidad del agua subterránea, capacidad de operación y mantenimiento por parte de los comunitarios, y de la disponibilidad de las mismas en el comercio local. (ver anexos).

6.7.2 Tipos de Bombas Manuales

Los tipos de bombas de mano de desplazamiento positivo (pistón), pueden ser, de acción directa y de acción reciprocante, de las que se indican algunos modelos que han sido implantadas en el sector rural del país.

a) Bomba de Mano Maya.

La bomba Maya es de acción directa en que la acción del bombeo se transmite directamente del maneral al cilindro del pistón (émbolo), sin emplearse un sistema de palanca, también es considerado como bomba de doble acción o doble efecto.

La profundidad máxima de funcionamiento es a los 14 metros, es decir para pozos llanos o poco profundos, y tiene capacidad de suministrar 40 litros por minuto en 40 acciones, el cilindro de la bomba se coloca debajo del nivel de agua.

La bomba maya tiene los componentes siguientes:

El cabezal: Es fabricado de tubos de acero negro de 2 ½" y 2" de diámetro para la caja y surtidor, plancha de acero de ½" para las bridas, fundición de aluminio para el capuchón, alambre acerado para el retén y tornillos de ½" para el anclaje. Todas las partes metálicas están galvanizadas.

El maneral: Es el componente de la bomba cuya función sirve para accionar el émbolo dentro del cilindro. Está fabricado de tubo de acero de ¾" conectado a un tubo PVC, d = 1 ¼", presión de trabajo 250 PSI, por medio de un tornillo de ½". El maneral tiene 90 cms de largo lo cual permite un recorrido máximo de 75 cms.

El émbolo: Está conformado por dos discos plásticos que mantienen entre sí a un empaque de cuero un diafragma de hule por encima del disco superior, todo esto asegurado alrededor de un tornillo de 3/8" x 4" de largo con una tuerca de 3/8" y el gancho roscado.

Cilindro y Filtro: El cilindro y filtro de la Bomba Maya son formados con tubos de PVC de 2" y 1 ½" de diámetro respectivamente.

Varilla de Extracción: Está fabricada de varilla de acero de 3/8" de diámetro soldado a un tornillo de ½" x ¾".

La Bomba Maya se instala sobre una plataforma de concreto.

b) Bomba Manual Afridev

La Bomba Afridev, es de acción recíprocante y de simple efecto, funciona desde una profundidad de 10 metros hasta los 45 metros, es decir que se puede instalar para pozos someros y profundos, el cilindro de la bomba se coloca por debajo del nivel de agua.

La bomba Afridev tiene los elementos siguientes: Cuerpo y Cabezal fabricados de acero.

Manija o Mango (varilla T), consiste en una varilla de acero.

Varillas y conectores. Son fabricados de acero ligero para agua no corrosiva o de baño caliente con galvanizado para incrementar la resistencia a la corrosión.

La Bomba Afridev, se emplaza sobre una plataforma de concreto.

C) Bomba Manual India Mark II

C.1 Generalidades

La Bomba Manual India Mark II, dispone de modelos que se adaptan a los requerimientos de las comunidades, teniéndose la Bomba India Mark II modificada y la Bomba India Mark II para pozos extra profundo, estos modelos se pueden instalar en pozos perforados.

La Bomba India Mark II Standard, tiene los elementos siguientes:

Cabezal y cuerpo principal de hierro galvanizado, manija de varilla de acero de 32 mm de diámetro y 1170 mm de longitud, tubería principal de hierro galvanizado clase media y 32 mm de diámetro.

Cilindro de hierro fundido con 63.5 mm de diámetro línea de cobre y una tapa de hierro fundido con 32 mm de diámetro, de rosca con dos copas de cromo bronceado, arandela y émbolo.

La posición de la base está hecha de lámina de acero de 6 mm de espesor. El tubo utilizado es de 150 mm de diámetro clase media.

Esta bomba es de acción recíprocante de simple efecto, funciona para profundidades de 12-45 mts con capacidad de descarga de 12 lts/min en 40 golpes.

C.2 Bomba Manual India Mark II (modificada)

La Bomba India Mark II (modificada), es de acción recíprocante y de simple efecto, funciona desde una profundidad de 12 metros hasta los 33 metros, tiene capacidad de suministrar 12 litros por minuto en 40 golpes, el cilindro de la bomba se coloca por debajo del nivel de agua.

1/golpe: dos carrera del pistón equivalente a 1 golpe.
La Bomba tiene los elementos siguientes:

Cabezal y cuerpo principal de hierro galvanizado, Manija de varilla

de acero de 32 mm de diámetro y 1170 mm de longitud, tubería principal de hierro galvanizado de clase media de 65 mm de diámetro.

Cilindro de hierro fundido con 63.5 mm de diámetro interno, línea de cobre y una tapa para recibir la válvula de pie. Émbolo con dos tapas de cromo bronceado, varilla de acero, arandelas con rosca.

La posición de la base está hecha de lámina de acero de 6 mm de espesor. El tubo empleado es de 150 mm clase media, y se emplaza sobre plataforma de concreto.

C3 Bomba Manual India Mark II (para pozo extraprofundo).

Esta bomba es de acción recíprocante y de simple efecto, funciona desde una profundidad de 50 metros a 80 metros en pozos perforados, tiene la capacidad de suministrar 12 litros por minuto en 40 golpes, el cilindro de la bomba se coloca por debajo del nivel de agua.

La Bomba, tiene los siguientes elementos:

Cabezal y cuerpo principal de hierro galvanizado

Manija de varilla de acero de 40 mm de diámetro con longitud de 1320 mm fijado con contrapeso y varilla T.

Tubería principal de hierro galvanizado de clase media de 32 mm de diámetro.

Cilindro de hierro fundido de 63.5 mm de diámetro interno con línea de bronce con una tapa de hierro fundido de 32 mm roscado, émbolo con arandela de cuero o caucho con varilla de émbolo de acero, se emplaza sobre plataforma de concreto.

d) Bomba Manual de Mecate

La Bomba Manual de mecate es de tecnología apropiada y de fácil operación y mantenimiento, alta eficiencia tanto en pozos poco profundos como en pozos profundos, y además de bajo costo. Este tipo de bomba es de fabricación local y no se le puede clasificar o comparar a los modelos anteriores, es decir que no es de acción recíprocante, pero tiene un mecanismo o sistema de polea que actúa directamente sobre unos pistones plásticos o de hule en una dirección que conduce o eleva el agua por medio de un tubo de PVC que realiza la función de un cilindro.

La bomba de mecate tienen alto rendimiento dado que suministra 2 litros por segundo a una profundidad de 5 metros a 0.3 litros por segundo a una profundidad de 40. metros.

La bomba de mecate tiene los siguientes elementos:

Tapadera: Esta forma parte del pozo, es una plancha de concreto reforzada con hierro de 1/4", si el diámetro de la tapa es mayor de 1.2m será reforzada con hierro de 3/8" de diámetro, en ella se emplaza el soporte de la bomba.

La Rueda: forma parte de la estructura del soporte, el eje con la polea, la manivela y el sistema de bloqueo.

La Rueda constituye la pieza más compleja puesto que, contiene

todas las partes móviles y de mayor concentración de fuerza, puede construirse de madera o de metal. El eje es de un tubo de hierro galvanizado de ½" o de ¾", forma una sola pieza con la manivela a un extremo, gira en dos cojinetes partibles.

El mecate que lleva los pistones es de 3 a 6 mm de diámetro, independientemente del diámetro del tubo en subida y de la profundidad, es hecho de fibra de polietileno y con 3 ramales, es la pieza de la bomba que más desgaste sufre.

El tubo de subida es de PVC, estos se pegan con la campana hacia abajo para minimizar la fricción en los pistones, estos se fijan al mecate mediante un pedazo de ramal trenzado por el mecate y quemado en ambos extremos.

La guía y piedra estabilizadora es colgada en el tubo de subida mediante una cuña de tubo de PVC de igual diámetro del tubo de descargue.

Tubería de descargue o salida, es de PVC.

El pozo deberá de disponer de una plataforma de concreto y un canal de drenaje.

VII LINEA DE CONDUCCION Y RED DE DISTRIBUCION

7.1 Generalidades

La línea de conducción y red de distribución, junto con la fuente, forman la parte mas importante del sistema de abastecimiento de agua, ya que por su medio el agua puede llegar hasta los usuarios.

7.2 Línea de Conducción.

La línea de conducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto de máximo día. Se le deberá proveer de los accesorios y obras de arte necesarios para su buen funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo especificadas para las tuberías, tomándose en consideración la protección y mantenimiento de las mismas. Cuando la topografía del terreno así lo exija se deberán instalar válvulas de "aire y vacío" en las cimas y válvulas de "limpieza" en los columpios.

De acuerdo a la naturaleza y características de la fuente de abastecimiento, se distinguen dos clases de líneas de conducción, conducción por gravedad y conducción por bombeo.

7.2.1 Línea de Conducción por Gravedad.

En el diseño de una línea de conducción por gravedad se dispone, para transportar el caudal requerido aguas abajo, de una carga potencial entre sus extremos que puede utilizarse para vencer las

pérdidas por fricción originadas en el conducto al producirse el flujo. Se deberá tener en cuenta los aspectos siguientes:

a) Se diseñará para la condición del consumo de máximo día al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 1.5 al consumo promedio diario (CMD=1.5 CPD).

b) En los puntos críticos se deberá mantener una presión de 5m por lo menos.

c) La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, sin embargo se recomienda mantener una presión estática máxima de 70 mts, incorporando en la línea tanquillas rompe presión donde sea necesario.

7.2.2 Línea de Conducción por Bombeo

En el diseño de una línea de conducción por bombeo, se hará uso de una fuente externa de energía, para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las pérdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo. Deberá considerarse los siguientes aspectos.

a) Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen William u otra similar.

b) Para determinar el mejor diámetro (más económico) puede aplicarse la formula siguiente, ampliamente usada en los Estados Unidos de Norte América. (Similar a la de Bresse, con $K=0.9$ y $n=0.45$)

$$D = 0.9 (Q)^{0.45}$$

D= metros
Q= m³/seg

c) Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del periodo de diseño, el cual se estima en 1.5 del consumo promedio (CMD=1.5 CP, más las pérdidas).

d) La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

7.3 Red de distribución

La red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos; para su diseño deberá considerarse los aspectos siguientes:

a) Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario (CHM=2.5 CPD, más las pérdidas).

b) El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.

c) La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

7.4 Hidráulica del Acueducto

7.4.1 Generalidades

El análisis hidráulico de la red y de la línea de conducción, permite dimensionar los conductos que integran dichos elementos. La selección de los diámetros es de gran importancia, ya que si son muy grandes, además de encarecer el sistema, las bajas velocidades provocarán problemas de depósitos y sedimentación; pero si es reducido puede originar pérdidas de cargas elevadas y altas velocidades las cuales podrían causar erosión a las tuberías.

7.4.2 Líneas de Conducción.

Para el dimensionamiento de la tubería de las líneas de conducción se aplicará la fórmula exponencial de Hazen-Williams, ampliamente utilizada, donde se despeja la gradiente hidráulica.

Donde:

H= Pérdida de carga en metros

L= Longitud en metros

S= Pérdida de carga en mt/mt

Q= Gasto en m³/seg

D= Diámetro en metros

C= Coeficiente de Hazen-Williams, cuyo valor depende del tipo de tubería utilizada.

7.4.3 Red de Distribución

Para el análisis de la red deben considerarse los casos de red abierta (Ramificada) y de malla cerrada. Para el primer caso el análisis puede efectuarse de dos maneras.

a) Aplicando la fórmula siguiente:

En la cual:

H: Pérdidas por fricción en metros

Q_e: Caudal entrante en el tramo en (gpm)

Q_f: Caudal de salida al final del tramo (gpm)

S_e: Pérdidas en el tramo correspondientes Q_e en decimales

S_f: Pérdidas en el tramo correspondientes Q_f en decimales

L: Longitud del tramo en metros

b) Método de Hunter

Este es un método probabilístico, que establece que un sistema trabajará eficientemente, si contando con "n" artefactos se diseña para "m" de ellos funcionando aproximadamente durante 15 minutos, o sea que da la demanda máxima que probablemente se presentará durante 15 minutos, sin tomar en cuenta picos mayores que darían un diseño antieconómico. La demanda máxima se determina calculando el total de unidades de gasto o Unidades

Hunter (U.H = 28 litros/minuto) en función del número y tipos de artefactos a servir. Con el auxilio de las dos tablas siguientes se determina la demanda máxima probable.

TABLA No. 1
UNIDADES DE DESCARGA

| ARTEFACTOS | UNIDADES HUNTER |
|--------------|-----------------|
| Grifo | 1.00 |
| Lava-manos | 1.00 |
| Lava-trastos | 1.50 |
| Lava-ropas | 2.00 |
| Ducha | 2.00 |
| Inodoros | 3.00 |

TABLA No.2
GASTOS PROBABLES EN LITROS/SEGUNDO EN FUNCION DEL NUMERO DE UNIDADES DE GASTO

| No. De Unidades | Gasto probable en Litros/Segundo | No. De Unidades | Gasto probable en Litros/Segundo | No. De Unidades | Gasto probable en Litros/Segundo |
|-----------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| 3 | 0.20 | 16 | 0.76 | 36 | 1.42 |
| 4 | 0.26 | 18 | 0.83 | 38 | 1.46 |
| 5 | 0.38 | 20 | 0.89 | 40 | 1.52 |
| 6 | 0.42 | 22 | 0.95 | 42 | 1.58 |
| 7 | 0.46 | 24 | 1.04 | 44 | 1.63 |
| 8 | 0.49 | 26 | 1.11 | 46 | 1.69 |
| 9 | 0.53 | 28 | 1.19 | 48 | 1.74 |
| 10 | 0.57 | 30 | 1.26 | 50 | 1.80 |
| 12 | 0.63 | 32 | 1.31 | 55 | 1.94 |
| 14 | 0.70 | 34 | 1.36 | 60 | 2.08 |

El gasto obtenido en la tabla anterior será el gasto de diseño del ramal considerado.

Para el segundo caso se usará el método de relajamiento o de pruebas y errores controlados (Hardy Cross), expresando las relaciones de flujo con la fórmula exponencial en la forma simplificada.

$$H = KQ^n$$

En la cual; para un tubo dado, "K" es una constante numérica dependiente de C, D y L; y Q es el flujo, siendo "n" un exponente constante para todos los tubos e igual a 1.85 en la fórmula de Hazen-Williams.

La red se puede dimensionar balanceando las cargas por corrección de los flujos supuestos, aplicando la fórmula:

o balanceando los flujos por corrección de las cargas supuestas, aplicando la fórmula:

q= Factor de corrección del flujo. lits/seg

H= Pérdida de carga en metros

Q= Caudal en litros/seg

La red también se puede analizar por medio de programas para computadoras basados en la fórmula de Hazen Williams, o cualquier otra ampliamente conocida. **CONTINUARA.**

Reg. No. 1090-M-084781 - Valor C\$ 4,500.00

**NORMAS TÉCNICAS PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL MEDIO
RURAL Y SANEAMIENTO BÁSICO RURAL
(Continuación)**

VIII. ALMACENAMIENTO

8.1 Generalidades

Los depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua, tienen como objetivos: suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua.

8.2 Capacidad

La capacidad del tanque de almacenamiento deberá satisfacer las condiciones siguientes:

a) Volumen Compensador:

El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario.

b) Volumen de reserva

El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación,

se estimará igual al 20 % del consumo promedio diario.

De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

8.3 Localización

Los tanques de almacenamiento deberán estar localizados en zonas próximas al poblado y tomándose en cuenta la topografía del terreno, de tal manera que brinden presiones de servicios aceptables en los puntos de distribución.

8.4 Clase y Tipos de Tanques.

8.4.1 Clases de Tanques

Las clases de tanque de acuerdo a los materiales de construcción se clasifican en:

- Mampostería.

Se recomienda construir tanque de este material en aquellas localidades donde se disponga de piedra bolón o piedra cantera. No deberá tener altura mayor de 2.5 metros.

- Hormigón Armado

En la construcción de tanque con este material se debe de considerar la permeabilidad del terreno y no deberá tener altura mayores de 3.0 metros.

- Acero

Se propone construir tanque de acero cuando en la localidad no se disponga de materiales locales como en los casos anteriores y por razones de requerimiento de presiones de servicios.

8.4.2 Tipos de Tanques

Los tipos de tanque que se han recomendado construir en el país son los siguientes: (ver esquemas en anexo)

Tanque sobre el suelo.

Se recomienda este tipo de tanque en los casos siguientes:

Cuando la topografía del terreno lo permita y en comunidades rurales que dispongan localmente de materiales de construcción como piedra bolón o cantera.

En el diseño de los tanques sobre el suelo debe de considerarse lo siguiente :

a) Cuando la entrada y salida de agua es por medio de tuberías separadas, estas se ubicarán en los lados opuestos con la finalidad de permitir la circulación del agua.

b) Debe considerarse un paso directo y el tanque conectado tipo puente (by-pass), de tal manera que permita mantener el Servicio mientras se efectúe el lavado o reparación del tanque.

c) La tubería de rebose descargará libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.

d) Se instalarán válvulas de compuerta en todas las tuberías, limpieza, entrada y salida con excepción de la de rebose, y se recomienda que las válvulas y accesorios sean tipo brida.

e) Se debe de considerar los demás accesorios como; escaleras, respiraderos, indicador de niveles y acceso con su tapadera.

f) Se recomienda que los tanques tengan una altura máxima de 3.0 metros, con un borde libre de 0.50 metros y deberán estar cubiertos con una losa de concreto. En caso especiales se construirán tanques de acero sobre el suelo.

Tanques Elevados

En el diseño de tanques elevados que generalmente son de acero debe de considerarse lo siguiente.

a) El nivel mínimo del agua en el tanque debe ser capaz de lograr presiones adecuadas en la Red de distribución.

b) Se debe emplear la misma tubería de entrada y salida del agua, en el caso que el sistema fuese del tipo Fuente-Red-Tanque.

c) La tubería de rebose descargará libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.

d) Se instalarán válvulas de compuertas en todas las tuberías, exceptuando la de rebose y se recomienda que todas las válvulas y accesorios sean tipo brida.

e) Debe considerarse los demás accesorios como; escaleras, dispositivos de ventilación, acceso con su tapadera indicador de niveles y en caso especiales una luz roja para prevenir accidentes aéreos en vuelos nocturnos.

f) Las escaleras exteriores deben tener protección adecuada y se diseñarán dispositivos que permitan controlar el nivel máximo y mínimo del agua en el tanque.

Tipo Cisterna

Este tipo de almacenamiento se recomienda en pequeñas granjas o comunidades rurales donde se carece de aguas superficiales, o subterráneas, por lo tanto el agua de lluvia es la fuente disponible de abastecimiento local.

El agua de lluvia que escurre en los sistemas de techos se conduce a través de canales y ductos de bajantes a las cisternas de almacenamiento situado sobre el piso o soterrado (ver esquema).

La cisterna puede ser construida de mampostería u hormigón armado, en ella se puede emplazar una bomba de mano de acción directa o de mecate para la distribución de agua.

IX TRATAMIENTO Y DESINFECCION

9-1 Generalidades.

El suministro de Agua Potable para el sector rural procedente de

fuentes superficiales, sean éstas pequeños ríos o quebradas, o afloramientos de agua subterráneas como los manantiales, pueden presentar características físico-químicas y bacteriológicas no aptas para el consumo humano, esto implica que se requiere de una serie de procesos unitarios con el objeto de corregir su calidad y convertirla en agua potable acorde con las normas establecidas.

Estos procesos unitarios se clasifican en pretratamiento, tratamiento y post tratamiento, los que se describen a continuación.

9.2 Pretratamiento

9.2.1 Generalidades

Cuando la turbiedad tiene un valor promedio de mas de 50 UTN en periodos que sobrepasan algunas semanas, ó mas de 100 UTN en periodos que sobrepasan algunos dias, es necesario efectuar un pretratamiento antes de pasar el agua a través de los filtros lentos, con la finalidad de disminuir la turbiedad. Los pretratamientos más simple que pueden emplearse son: captación indirecta, y la prefiltración en lechos granulares, estos pueden combinarse.

9.2.2 Captación indirecta – Prefiltro Vertical.

El prefiltro vertical está conformado por grava de acuerdo a las características señaladas en la tabla 9.1

| TABLA 9.1 ESPECIFICACIONES DE GRAVA PREFILTRO VERTICAL | | |
|---|----------------|------------------|
| CAPA | ESPESOR (m) | DIAMETRO (mm) |
| 1 | 0.10 | 15-25 |
| 2 | 0.20 | 10-15 |
| 3 " | 0.50 | 5-10 |
| 1/ : Fondo | | |

El sentido del flujo es vertical descendente con una velocidad de filtración de $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ (0.25 m/h). El sistema de recolección es mediante un sistema de tubería, principal y secundaria que la conducen a una cámara de recolección (Véase esquema).

9.2.3 Captación indirecta – Prefiltro horizontal.

El prefiltro horizontal comprende los elementos siguientes: un muro de protección conformado por piedras con juntas abiertas. El filtro es un canal con grava como medio filtrante, de acuerdo a la tabla 9.2

TABLA 9.2
ESPECIFICACIÓN DE GRAVA
PREFILTRO HORIZONTAL

| CAPA | ESPESOR (m) | DIAMETRO (mm) |
|------|----------------|------------------|
| 1" | 1. | 80-250 |
| 2 | 4.50 | 30-70 |
| 3 | 4.50 | 5-12 |

1/ : Agua arriba

La velocidad de filtración más recomendable es de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ (0.5 m/h). El agua es recolectada mediante una galería con tuberías perforadas que la conducen a una cámara de recolección (véase esquema)

9.2.4 Filtración gruesa

La filtración gruesa es un proceso que se realiza en una estructura de material filtrante que lo constituye únicamente la grava de $\frac{1}{4}$ de pulgada, contenida en una caja de concreto, junto al filtro lento, con la finalidad de remover la turbiedad excesiva. El sentido del flujo es descendente, con una velocidad de filtración de $14 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ (0.60 m/h).

9.2.5 Desarenadores:

a - Generalidades

En los casos en que la fuente de abastecimiento de agua sea del tipo superficial, se hace necesario la instalación de un dispositivo que permita la remoción de la arena y partículas de peso específico similar (2.65), que se encuentran en suspensión en el agua y son arrastradas por ella. Esta es la función que cumplen los desarenadores, cuyos componentes principales son los siguientes:

1- Dispositivos de entrada y salida que aseguren una distribución uniforme de velocidades en la sección transversal.

2- Volumen útil de agua para la sedimentación de las partículas, con sección transversal suficiente para reducir la velocidad del flujo por debajo de un valor predeterminado, y con longitud adecuada para permitir el asentamiento de las partículas en su trayectoria.

3- Volumen adicional en el fondo, para almacenar las partículas removidas, durante el intervalo entre limpiezas.

4- Dispositivos de limpieza y rebose.

b - Procedimiento de Diseño

El procedimiento de diseño será el siguiente:

1- Velocidad de sedimentación

se calculará a base de la ley de Stokes, que para $g=9.80 \text{ m/seg}^2$ y $\gamma=2.65$ tiene la siguiente expresión:

En la cual:

V_s = Velocidad de sedimentación en cm/seg

d = diámetro de la partícula en cm

μ = Viscosidad cinemática en cm^2/seg (función de la temperatura)

2- Velocidad de arrastre

Se calcula por la fórmula de Camps y Shields

$V_a=161$

V_a = Velocidad de arrastre en cm/seg .

d = diámetro de la partícula en cm .

3- Velocidad de flujo Vh

Tomando en cuenta las variaciones límites que sufren, Vs y Va, la velocidad de flujo se determinará como sigue:

$$V = 1/3 V_a \text{ (cm/seg)}$$

4- Sección transversal.

$$a = m^2 Q = m^3/\text{seg y } V_h = m/\text{seg}$$

5- Area Superficial "A"

6- Dimensiones útiles

l, b y h en base a las relaciones:

$$A = lb$$

$$a = hb$$

Se escogerán dimensiones para que el largo sea de 5 a 9 veces la profundidad h, considerando que el ancho b debe ser reducido al mínimo, para evitar velocidades altas cerca del vertedero de salida. También es necesario proveer la estructura de dimensiones de suficiente magnitud para permitir el acceso, para fines de limpieza y reparación. A la longitud útil (l) hay que agregarle el espacio que ocupan los dispositivos de entrada y salida. A la profundidad útil (h) hay que añadirle la cantidad necesaria, para disponer de un volumen adicional para el almacenamiento de arena removida.

7- Dispositivo de entrada

Un tipo de dispositivo de entrada, sencillo y económico consiste en un canal provisto de orificios en el fondo y en uno de los lados. El número y tamaño de los orificios será determinado en base al gasto (Q) y velocidad de entrada no mayor de 0.30 m/seg y coeficiente de contracción del orden de 0.65

8- Dispositivo de salida

El dispositivo de salida más conveniente es un vertedero colocado a todo el ancho (b) de la estructura, con la cresta hacia el lado opuesto a la dirección del flujo en el desarenador, para evitar el paso de material flotante y distribuir mejor las velocidades. La distancia (X_c) entre el vertedero y la pared del desarenador se determinará de tal manera que se obtenga una velocidad menor o igual a la velocidad de arrastre y se puede determinar como:

9- Volumen adicional.

El volumen adicional necesario para el almacenamiento de arena removida, se determina en base a las concentraciones esperadas durante crecidas y del intervalo previsto entre limpiezas. Si no se tienen datos específicos, es recomendable proveer un volumen de reserva para una concentración de 3000 mg/lit, durante una crecida de 24 horas de duración. Para el cálculo se adoptará un peso específico del sedimento de 350 kgs/m³

10- Dispositivo de limpieza

El dispositivo de limpieza consistirá en una tanquilla colocada en el primer tercio del desarenador y hacia la cual el fondo del mismo deberá tener una pendiente no menor de 5%. La tanquilla se conecta con un tubo provisto de una válvula y la limpieza se efectúa aprovechando la carga hidráulica sobre la arena.

11- Cota de rebose

El tubo de rebose deberá colocarse cerca de la entrada, para evitar sobre cargas al desarenador. La cota del tubo se fijará en relación con la altura deseada de agua de acuerdo a las condiciones hidráulicas del diseño.

12- Ubicación del desarenador

El desarenador deberá ser ubicado lo más cerca posible de las obras de captación. En todo caso la tubería que une la toma con el desarenador deberá tener una pendiente uniforme entre el 2 y 2.5%.

9.3 Tratamiento Por Filtración Lenta

9.3.1 Generalidades

La filtración lenta es un proceso de tratamiento del agua, que consiste en hacerla pasar por un lecho de arena en forma descendente o ascendente y a muy baja velocidad.

La utilización de la filtración lenta es apropiada para pequeñas poblaciones, siendo sus principales ventajas:

- No hay que utilizar productos químicos (excepto cloro para desinfección)
- Sencillez del diseño, construcción y operación
- No requiere energía eléctrica.
- Facilidad de limpieza (no requiere retrolavado).

Las principales desventajas son:

- Poca flexibilidad para adaptarse a condiciones de emergencias.
- Pobre eficiencia en remoción de color (20-30%)
- Necesita una gran área para su instalación
- Presenta pobres resultados para aguas con alta turbiedad.
- Se necesita una gran cantidad de medio filtrante.

La turbiedad del agua cruda puede limitar el rendimiento del filtro, por lo cual a veces es necesario aplicar algún pretratamiento tal como prefiltrado horizontal o vertical o prefiltración rápida en medio granular grueso.

9.3.2 Descripción General

Un filtro lento de flujo descendente consiste en una caja rectangular o circular que contiene un lecho de arena, un lecho de grava, un sistema de drenaje, dispositivos simples de entrada y salida con sus respectivos controles y una cámara de agua tratada para realizar la desinfección.

9.3.3 Criterios de Diseño

a- Calidad del agua

Se deberá verificar que la calidad del agua a filtrarse satisfaga en época seca y lluviosa los límites de aplicación del proceso.

Continuará..

**INSTITUTO NICARAGUENSE
DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

Reg. No. 1090 - M - 084781 - Valor C\$ 4,500.00

**NORMAS TECNICAS PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL MEDIO
RURAL Y SANEAMIENTO BASICO RURAL
(Continuación)**

Las principales desventajas son:

- Poca flexibilidad para adaptarse a condiciones de emergencias.
- Pobre eficiencia en remoción de color (20-30%)
- Necesita una gran área para su instalación
- Presenta pobres resultados para aguas con alta turbiedad.
- Se necesita una gran cantidad de medio filtrante.

La turbiedad del agua cruda puede limitar el rendimiento del filtro, por lo cual a veces es necesario aplicar algún pretratamiento tal como prefiltrado horizontal o vertical o prefiltración rápida en medio granular grueso.

9.3.2 Descripción General

Un filtro lento de flujo descendente consiste en una caja rectangular o circular que contiene un lecho de arena, un lecho de grava, un sistema de drenaje, dispositivos simples de entrada y salida con sus respectivos controles y una cámara de agua tratada para realizar la desinfección.

9.3.3 Criterios de Diseño

a- Calidad del agua

Se deberá verificar que la calidad del agua a filtrarse satisfaga en

época seca y lluviosa los límites de aplicación del proceso.

| Parámetro | Valor máximo |
|-----------|---------------|
| Color | < 50 Unidades |
| Turbiedad | < 50 Unidades |

b- Estructura de entrada

Constará de una cámara de distribución con compuertas y rebose. Se instalará un vertedero triangular de pared delgada para aforar el influente. La entrada del agua al filtro se efectuará por medio de un vertedero muy largo de pared gruesa, para obtener una delgada lámina de agua que se adhiera al muro, para evitar que se formen chorros sobre el lecho, que lo dañaría, además se colocará sobre el lecho una placa de concreto para que reciba el impacto del agua.

c- Estructura de salida

Consistirá en un vertedero de control, localizado a una altura mayor que la cota del extremo superior del lecho, de tal manera que el lecho filtrante quede siempre sumergido, este regulará la carga mínima.

d- Tasa de filtración

| Turbiedad (UTN) | Tasa (m ³ /m ² día) |
|-----------------|---|
| 10 | 7.20 - 20.40 |
| 50 | 4.8 |
| 50-100 | 2.4 |

e- Medio filtrante

1- Una capa de arena de 1.20 m de espesor con la siguiente características:

Tamaño efectivo: $0.15 \leq TE \leq 0.35$ mm
Coeficiente de uniformidad: $CU \leq 2.00$

2- Grava de soporte en cuatro capas como se muestra a continuación:

| Capa | Tamaño (pulg) | Espesor (m) |
|------|---------------|-------------|
| *1 | 1-2 | 0.10-0.12 |
| 2 | ½ - 1 | 0.08-1.10 |
| 3 | ¼ - ½ | 0.05-0.10 |
| 4 | 1/8 - ¼ | 0.05-0.10 |

* Fondo

f- Sistema de drenaje

El sistema de drenaje puede ser de diferentes tipos (1) ladrillos de barro cocidos tendidos de canto, con otros ladrillos encima tendidos de plano dejando un espacio de un centímetro entre los lados. (2) tuberías (PVC) de drenaje perforadas con orificios no mayores de 1" (2.54 cm), las cuales pueden desembocar en forma de espina de pescado a un conducto o tubería central o a un pozo lateral con una pendiente del 1% a 2%. (3) bloques de concreto poroso en forma de puente, que confluyen a un canal central.

g- Número de unidades

Se recomienda el uso de dos unidades como mínimo, en cuyo caso cada una de ellas deberá diseñarse para atender el consumo máximo diario. Debe considerarse una capacidad adicional de reserva como se indica en la tabla siguiente:

| Población | Número de Unidades | Unidades de Reserva |
|-------------|--------------------|---------------------|
| >2000 | 2 | 100 % |
| 2000-10,000 | 3 | 50% |

h- Caja de filtro

La caja del filtro puede ser rectangular o circular con un borde libre de 0.20 m, construida de concreto simple o reforzado y deberá ser resistente a las diferentes fuerzas que estará sometida durante su vida útil, además deberá ser hermética para evitar pérdidas de agua e ingreso de agentes contaminantes.

En el caso de cajas rectangulares las dimensiones deberán estar en la siguiente relación:

| Número de Unidades | Largo/Ancho |
|--------------------|-------------|
| 2 | 1.33 |
| 3 | 1.50 |
| 4 | 2.00 |

i- Dispositivos de regulación y control

Estos dispositivos estarán constituidos por: vertederos, válvulas u otros accesorios, instalados en la entrada o salida del filtro, para mantener la velocidad de filtración a una tasa constante.

9.4 Desinfección

El agua que se utiliza para el abastecimiento de una población, para usos básicamente domésticos, debe ser, específicamente un agua exenta de organismos patógenos que evite brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico. Para lograr esto, será necesario desinfectar el agua mediante tratamientos físicos o químicos que garanticen su buena calidad.

Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado universalmente, dado a sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminaciones posteriores; también es la sustancia química que más económicamente y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para obtener su desinfección.

El cloro se presenta puro en forma líquida, o compuesta como hipoclorito de calcio el cual se obtiene en forma de polvo blanco y en pastillas, y el hipoclorito de sodio de configuración líquida.

En el caso de Acueductos Rurales se utiliza para la desinfección

el cloro en forma de hipocloritos, debido a su facilidad de manejo y aplicación. Se deberá tener el debido cuidado para el transporte, manipuleo del equipo requerido, disponibilidad suficiente y seguridad en cuanto al almacenamiento. El tiempo de almacenamiento para el hipoclorito de sodio no debe ser mayor de un mes y para el de calcio no mayor de tres meses.

La aplicación al agua, de la solución de hipoclorito de calcio o de sodio se efectuará mediante el hipoclorador de carga constante (ver esquema).

X CALIDAD DEL AGUA

10.1 Generalidades

Se estima que el 80% de todas las enfermedades en el mundo están asociadas con el agua de mala calidad.

Muchas de las enfermedades tales como las infecciones de los ojos y la piel se deben probablemente a la falta de agua. Si se mejora la calidad y cantidad del suministro de agua, la proliferación de las enfermedades será disminuida previniendo de esta forma epidemias futuras.

El objetivo de estas normas es proteger la salud pública y por consiguiente ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua, que puedan representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua, para lo cual se deberán seguir las siguientes instrucciones.

a) La fuente de agua a utilizarse en el proyecto, se le deberá efectuar por lo menos un análisis físico, químico, de metales pesados cuando se amerite y bacteriológico antes de su aceptación como tal.

b) Los parámetros mínimos de control para el sector rural serán: coliforme total, coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrógeno y conductividad.

c) El análisis de las fuentes de agua tales como manantiales, pozos perforados, pozos excavados a mano deberán cumplir con las normas de calidad del agua vigentes aprobadas por el INAA y MINSA.

En las tablas siguientes se muestran las concentraciones máximas permisibles de los parámetros que indican la calidad del agua.

10.2 TABLAS

TABLA - 1
PARAMETROS BACTERIOLOGICOS (a)

| ORIGEN | PARAMETROS (b) | VALOR RECOMENDADO | VALOR MAX ADMISIBLE | OBSERVACIONES |
|---|-----------------|-------------------|---------------------|----------------------------|
| A.- todo tipo de Agua de bebida | Coliforme Focal | Negativo | Negativo | |
| B.- Agua que entra Al sistema de Distribución | Coliforme Focal | Negativo | Negativo | |
| | Coliforme Total | Negativo | 1.4 | En muestra no consecutivas |

| ORIGEN | PARAMETROS (b) | VALOR RECOMENDADO | VALOR MAX ADMISIBLE | OBSERVACIONES |
|--|-------------------|----------------------|------------------------|--|
| C.- Agua en el Sist. de distribución. | Coliforme Total | Negativo | ≤ 4 | En muestras puntuales No debe ser detectado |
| | Coliforme Fecal | Negativo | Negativo | En el 95% de las muestras Anuales (c). |

a) NMP/100 ml, en caso de análisis por tubos múltiples o colonias/100 ml en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la E. Coli. La bacteria Coliforme Total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento.

b) En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al muestreo y se investiga la presencia de Coliforme Fecal. Si el remuestreo da resultados negativos, no se toma en consideración las muestras adicionales, recolectadas cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no deben ser consideradas para la valoración anual de calidad.

c) En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras, al año, el porcentaje de muestras negativas debe ser $\geq 90\%$

TABLA-2
PARAMETROS ORGANOLEPTICOS

| PARAMETRO | UNIDAD | VALOR RECOMENDADO | VALOR MAXIMO ADMISIBLE |
|-----------------|-----------------|----------------------|---------------------------|
| Color Verdadero | mg/l (pt-Co) | 1 | 15 |
| Turbiedad | UNT | 1 | 5 |
| Olor | Factor dilución | 0 | 2 a 12°C 3 a 25° C |
| Sabor | Factor dilución | 0 | 2 a 12°C 3 a 25° C |

TABLA-3
PARAMETROS FISICO-QUIMICO

| PARAMETRO | UNIDAD | VALOR RECOMENDADO | VALOR MAXIMO ADMISIBLE |
|----------------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|
| Temperatura | °C | 18 a 30 | |
| Concentración iones Hidrógeno | Valor pH | 6.5 a 8.5 (a) | |
| Cloro residual | mg/l | 0.5 a 1.0 (b) | (c) |
| Cloruros | mg/l | 25 | 250 |
| Conductividad | us/cm | 400 | |
| Dureza | mg/l CaCO ₃ | 400 | |
| Sulfatos | mg/l | 25 | 250 |
| Aluminio | mg/l | | 0.2 |
| Calcio | mg/l CaCO ₃ | 100 | |
| Cobre | mg/l | 1 | 2.0 |
| Magnesio | mg/l CaCO ₃ | 30 | 50 |
| Sodio | mg/l | 25 | 200 |
| Potasio | mg/l | | 10 |
| Sol. Tot. Dis. | mg/l | | 1000 |
| Zinc. | mg/l | | 3.0 |

a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en las tuberías.

b) Cloro residual libre.

c) 5 mg/l en casos especiales para proteger a la población de brotes epidémicos.

TABLA-4
4. PARAMETROS PARA SUSTANCIAS NO DESEADAS

| PARAMETROS | UNIDAD | VALOR RECOMENDADO | VALOR MAXIMO ADMISIBLE |
|--|--------|----------------------|---------------------------|
| Nitrato - NO ₃ ⁻¹ | mg/l | 25 | 45 |
| Nitritos - NO ₂ ⁻¹ | mg/l | 0.1 | 1 |
| Amonio | mg/l | 0.05 | 0.5 |
| Hierro | mg/l | | 0.3 |
| Manganeso | mg/l | 0.1 | 0.5 |
| Fluoruro | mg/l | | 0.7 - 1.5 |
| Sulfuro Hidrógeno | mg/l | | 0.05 |

TABLAS-5

**PARAMETROS PARA SUSTANCIAS INORGANICAS DE
SIGNIFICADO PARA LA SALUD**

| PARAMETROS | UNIDAD | VALOR MAXIMO ADMISIBLE |
|------------|--------|---------------------------|
| Arsénico | mg/l | 0.01 |
| Cadmio | mg/l | 0.05 |
| Cianuro | mg/l | 0.05 |
| Cromo | mg/l | 0.05 |
| Mercurio | mg/l | 0.001 |
| Níquel | mg/l | 0.05 |
| Plomo | mg/l | 0.01 |
| Antimonio | mg/l | 0.05 |
| Selenio | mg/l | 0.01 |

TABLA-6

**PARAMETROS PARA SUSTANCIAS ORGANICAS DE
SIGNIFICADO PARA LA SALUD, EXCEPTO PLAGUICIDAS**

| PARAMETROS | VALOR MAXIMO ADMISIBLE (mg/l) |
|-------------------------|----------------------------------|
| Alcanos Clorados | |
| Tetracloruro de Carbono | 2 |
| Diclorometano | 20 |
| 1,1-dicloroetano | |
| 1,2-dicloroetano | 30 |
| 1,1,1-tricloroetano | 2000 |
| Etenos Clorados | |
| Cloruro de vinilo | 5 |
| 1,1-dicloroetano | 30 |
| 1,2-dicloroetano | 50 |
| Tricloroetano | 70 |
| Tetracloroetano | 40 |

Hidrocarburos Aromáticos

| | |
|-----------------------|-----|
| Tolueno | 700 |
| Xilenos | 500 |
| Etilbenceno | 300 |
| Estireno | 20 |
| Benzo - alfa - pireno | 0.7 |

Bencenos Clorados

| | |
|--------------------|------|
| Monoclorobenceno | 300 |
| 1,2-diclorobenceno | 1000 |
| 1,3-diclorobenceno | |
| 1,4-diclorobenceno | 300 |
| Triclorobencenos | 20 |

Otros Compuestos Orgánicos

| | |
|---|-----|
| Di adipato (2-etilhexil) | 80 |
| Di (2-etilhexil) ftalato | 8 |
| Acilamida | 0.5 |
| Epiclorohidrina | 0.4 |
| Hexaclorobutadieno | 0.5 |
| EDTA | 200 |
| Acido nitriloacético | 200 |
| Dialkiltinos | |
| Oxido de tributilestaño | 2 |
| Hidrocarburos policíclicos aromáticos totales | 0.2 |
| Befinilos policlorados totales | 0.5 |

TABLA-7
PARAMETROS PARA PESTICIDAS

| PARAMETROS | VALOR MAXIMO ADMISIBLE (mg/l) |
|---------------------------------|----------------------------------|
| Alacloro | 20 |
| Aldicarb | 10 |
| Aldrin/dieldrin | 0.03 |
| Atracina | 2 |
| Bentazona | 30 |
| Carnofurano | 5 |
| Clordano | 0.2 |
| DDT | 2 |
| 1,2-dibromo-3,3-cloropropano | 1 |
| 2,4-D | 30 |
| 1,2-dicloropropano | 20 |
| 1,3-dicloropropano | 20 |
| Heptacloro y hemptacloroepóxido | 0.03 |
| Isoproturon | 9 |
| Lindano | 2 |
| MCPA | 2 |
| Metoxicloro | 20 |
| Metolacloro | 10 |
| Molinat | 6 |
| Pendimetalina | 20 |
| Pentaclorofenol | 9 |
| Permitrina | 20 |
| Propanil | 20 |

| | |
|--------------|-----|
| Pyridad | 100 |
| Simazin | 2 |
| Trifluranilo | 20 |
| Dicloroprop | 100 |
| 2,4-DB | 100 |
| 2,4,5-T | 9 |
| Silvex | 9 |
| Mecoprop | 10 |

TABLA-8

**PARAMETROS PARA DESINFECTANTES Y
SUBPRODUCTOS DE LA DESINFECCION**

| PARAMETROS | VALOR MAXIMO ADMISIBLE (lg/l) |
|------------------------------------|----------------------------------|
| a- Desinfectantes | |
| Monocloramina | 4000 |
| b- Subproductos de la Desinfección | |
| Bromato | 25 |
| Clorito | 200 |
| Clorato | |

Clorofenoles

| | |
|---------------------|-----|
| 2-clorofenol | |
| 2,4-diclorofenol | |
| 2,4,6-triclorofenol | 200 |
| formaldehído | 900 |

| | |
|---------------------|-----|
| Trihalometanos | |
| Bromoformo | 100 |
| Dibromoclorometano | 100 |
| Bromodichlorometano | 60 |
| Cloroformo | 200 |

Acidos Acéticos Clorados

| | |
|------------------------------------|-----|
| ác. Monocloroacético | |
| ác. Dicloroacético | 50 |
| ác. Tricloroacético | 100 |
| tricloroacetaldehído/cloralhidrato | 100 |
| cloropropanonas | |

Haloacetónitrilos

| | |
|---------------------------------|-----|
| Dicloroacetónitrilo | 90 |
| Dibromoacetónitrilo | 100 |
| Bromocloroacetónitrilo | |
| Tricloroacetónitrilo | 1 |
| Cloruro de Cianógeno (como CN-) | 70 |

Continúa