



# **AUTOMATIZACION DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS**

Martínez Vásquez Martin

Pedraza Santillán Luis Fernando

Pérez Ramos Gerardo

Resendiz Guerrero Iván



## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| Introducción.....   | 6         |
| Objetivo.....   | 7         |
| Justificación.....  | 8         |
| <br>  |           |
| <b>I Aguas residuales.....</b>  | <b>9</b>  |
| A. Definición de aguas negras.....  | 10        |
| B. Definición de aguas grises.....  | 11        |
| <br>  |           |
| <b>II Instalaciones hidráulicas.....</b>  | <b>12</b> |
| A. Instalaciones hidráulicas dentro de la construcción.....                               | 13        |
| B. Aparatos.....  | 14        |
| C. Dotaciones de agua potable.....  | 17        |
| D. Justificación de reducción de diámetros. método de suministro de agua por presión...18 |           |
| E. Métodos de cálculo.....  | 19        |
| F. Fórmulas utilizadas.....   | 26        |
| <br>  |           |
| <b>III Simbología de instalaciones hidráulica.....</b>                                    | <b>30</b> |
| <br>  |           |
| <b>IV Bombas.....</b>   | <b>31</b> |
| A. Tipo de bombas.....  | 31        |
| B. Centrifugas.....   | 33        |



|  |           |
|--|-----------|
| C. Múltiples .....   | 36        |
| D. De columna .....  | 37        |
| E. De flujo axial.....   | 37        |
| F. De flujo mixto .....  | 38        |
| G. De paleta .....   | 38        |
| H. De tornillo.....  | 39        |
| I. De diafragma .....  | 41        |
| J. De pozo profundo .....  | 42        |
| <br>   |           |
| <b>V Altura desarrollada por una bomba .....</b>                           | <b>43</b> |
| <b>VI Rendimiento de las bombas.....</b>                                   | <b>43</b> |
| <b>VII Cavitación de las bombas.....</b>                                   | <b>44</b> |
| <b>VIII Efecto de la viscosidad .....</b>                                  | <b>45</b> |
| <b>IX Formulario a considerar para adquirir una bomba centrífuga .....</b> | <b>47</b> |
| <br>   |           |
| <b>X Técnicas de depuración .....</b>                                      | <b>49</b> |
| A. Tratamiento de aguas residuales.....                                    | 49        |
| B. Aprovechamiento directo.....  | 51        |
| C. Objetivos de los sistemas de aprovechamiento directo.....               | 51        |
| D. Tipos de tratamiento de aguas urbanas .....                             | 52        |
| E. Sistema de tratamiento biológico .....                                  | 53        |
| F. Estanques de lodos activos .....  | 53        |



|   |           |
|---|-----------|
| G. Tratamiento anaerobio .....  | 53        |
| <b>XI Filtración .....</b>  | <b>55</b> |
| A. Filtros.....   | 55        |
| B. Filtros de desbaste.....   | 55        |
| C. Filtros aireados biológicos .....                                    | 55        |
| D. Filtración doméstica .....   | 55        |
| E. Filtro auto limpiante.....   | 55        |
| F. Filtro 125 biolan para aguas grises.....                             | 56        |
| G. Filtro arena wabe de limpieza continua.....                          | 57        |
| a) aplicaciones .....   | 57        |
| b) características técnicas y de ingeniería.....                        | 57        |
| c) beneficios de la filtración continua con filtros de arena wabe ..... | 57        |
| d) características del proceso.....                                     | 57        |
| e) beneficios económicos.....   | 58        |
| <b>XII. PLC.....</b>  | <b>59</b> |
| <b>XIII Beneficios.....</b>   | <b>61</b> |
| A. Ventajas e inconvenientes.....                                       | 61        |
| <b>XIV Planteamiento del problema.....</b>                              | <b>61</b> |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>XV Solución del problema.....</b>                    | <b>62</b> |
| <b>XVI Costo de la implementación del proyecto.....</b> | <b>72</b> |
| <b>XVII. Amortización.....</b>                          | <b>73</b> |
| Diagrama de la instalación.....                         | 74        |
| Conclusiones.....                                       | 76        |
| Anexo .....   | 77        |
| Bibliografía.....                                       | 78        |



## INTRODUCCIÓN

Debido a la escases de agua, se busca combatir este problema con nuevos métodos que nos ayuden a disminuir el consumo inadecuado de este vital líquido. Ya que en la actualidad el desperdicio de agua es tal que más de la mitad de agua se va por el drenaje o fugas que tenemos en las calles sin que a nadie le importe.

Por cuestiones como esta y muchas otras se trata de recopilar y plantear una idea que existe en la actualidad pero que aun falta mucho por ser explotada.

En esta investigación se aborda temas que son de gran importancia para la correcta aplicación de un Sistema de Reutilización de Aguas Grises. Para empezar tenemos que comprender ¿que son las aguas grises? ¿en que se diferencian de las aguas negras? ¿Por qué es importante su reutilización?

También se agrega una descripción de cómo realizar una instalación hidráulica dentro de una construcción, que tipo de características debe tener, que bombas elegir, el tipo de material a utilizar.

Así como también que método de depuración es el mas conveniente para ser utilizado, y los tipos de filtros que se requieren.

Con la implementación de este sistema se pretende, mejorara el manejo de el agua que se consume en los hogares y reducir lo más que se pueda el desperdicio del líquido.



## OBJETIVO

Minimizar el consumo de agua potable en el uso domestico para su mejor aprovechamiento. Por medio de este proyecto se pretende reducir a un 50% el consumo de agua. El mayor desperdicio de agua se da en el wc, por eso es tan importante este proyecto ya que está enfocado a minimizar este problema.

Al reducir el consumo de agua se verá reflejado en dinero, se podrá emplear lo que actualmente se estaba pagando por este servicio, en otra cosa ya que va a disminuir notablemente el gasto de agua.



## JUSTIFICACIÓN

El agua es un bien escaso que no está siendo convenientemente aprovechado por nuestra sociedad. Por una serie de convencionalismos estamos utilizando el agua potable en usos que no lo precisan, desaprovechando las aguas de lluvias y mezclando las aguas grises con las negras, en vez de aprovechar las denominadas aguas grises.

Consientes de la gran falta de agua que existe actualmente en el mundo, debido a la sobrepoblación, se implementará el proyecto de reutilización de agua residencial, partiendo del desperdicio que hay en las denominadas aguas grises (regadera, lavamanos y fregadero). El agua tratada se utilizará en el wc de una casa residencial. También se puede reutilizar para alimentar las cisternas de los inodoros, para el riego del jardín o la limpieza de los exteriores.



## I. AGUAS RESIDUALES

Un agua que a primera vista puede resultar inservible y que sin embargo su reutilización consigue disminuir el gasto de agua potable, así como reducir el vertido de aguas residuales. Cuando se utilizan apropiadamente, las aguas grises son una fuente de gran valor.

Empiezan a aparecer empresas que se encargan de instalar sistemas para reutilizar las aguas grises, muy demandados para su uso en viviendas unifamiliares, comunidades de vecinos, instalaciones deportivas como campos de fútbol o piscinas, hoteles y universidades. Estas instalaciones constan de unas tuberías independientes por donde circulan las aguas grises hasta llegar a unos depósitos, donde se lleva a cabo un tratamiento de depuración. Gracias a la depuración, el agua se puede reutilizar para alimentar las cisternas de los inodoros, para el riego del jardín o la limpieza de los exteriores. El equipo de reutilización de aguas grises se instala en los sótanos o la buhardilla, con los correspondientes bidones que recolectarán y tratarán las aguas. También se instalarán las tuberías que se precisen para recolectar el agua de la ducha y el lavabo, que conducirán el agua a tratar y, por otro lado, las tuberías que llevarán el agua tratada hacia las cisternas del wc y a una boca de riego, si fuera necesaria.



## A. DEFINICIÓN DE AGUAS NEGRAS

Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales. Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales.

En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

Para cuantificar el grado de contaminación y poder establecer el sistema de tratamiento mas adecuado.



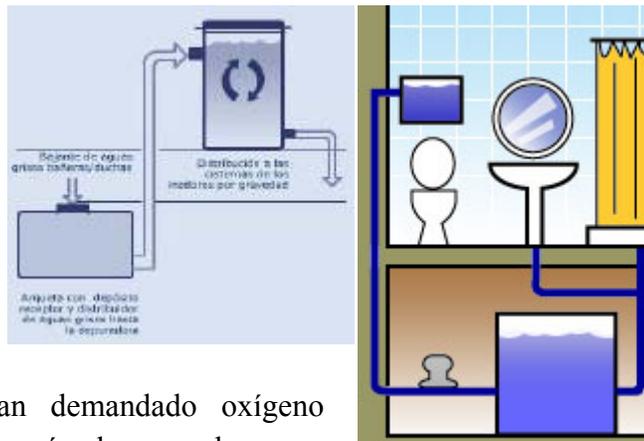
## B. DEFINICIÓN DE AGUAS GRISES

El mejor modo de definir a las aguas grises, es indicar que no son aguas potables pero que tampoco son aguas negras.

A las aguas evacuadas en vertederos y fregaderos se les puede dar el nombre de aguas grises, a las aguas desaguadas por lavabos, lavadoras, etc., se les puede denominar, aguas jabonosas, sin embargo el conjunto de todas estas aguas, recibe el nombre de aguas grises.

Si tenemos en cuenta esta definición, las diferencias que se dan entre las aguas grises y las aguas negras son las siguientes:

- Las aguas grises contienen 1/10 menos nitrógeno (nitrito y nitrato) que las aguas negras.
- Las aguas negras tienen un alto contenido en materia orgánica, celulosa (papel higiénico), nitrógeno (urea)
- Las aguas negras debido a la fracción orgánica de los residuos que arrastra tiene una elevadísima concentración de patógenos en comparación con las aguas grises.
- El reducido contenido orgánico que tienen las aguas grises se descompone mucho más rápidamente que el contenido orgánico de las aguas negras que continúan demandando oxígeno ( $DBO_5$ ) mucho tiempo después de proceder a su desagüe.
- Los importantes contenidos en fósforo, potasio, etc. de los detergentes disueltos en las aguas grises, hacen que estas aguas sean una excelente fuente de nutrición para las plantas cuando se utilizan en el regadío.
- Las aguas grises proceden de bañeras, lavabos y lavadoras, las negras de inodoros y urinarios.





## II. INSTALACIONES HIDRAULICAS

El convencimiento de no establecer distinciones entre las aguas residuales, de mantener el saneamiento, tanto si se trata de aguas grises como si se trata de aguas negras, es una herencia de otros tiempos, en que las aguas grises, por imposibilidades técnicas y económicas se dejaban sin tratar y acababan por comportarse, transcurridos unos días, como aguas negras, desarrollando malos olores y conteniendo un importante número de bacterias. Pero en la actualidad, existen en nuestro país, fabricantes que ofrecen elementos con los que es posible organizar instalaciones para reutilizar las aguas grises. Por lo general, estas instalaciones están integradas por depósitos donde se recogen las aguas grises y donde se depuran dichas aguas. A partir de esos depósitos parten las tuberías de alimentación de las cisternas de los inodoros, las conducciones de la red de riego de jardines, etc.

Es decir, que técnica y económicamente es factible establecer una evidente distinción entre aguas grises y negras y obrar en consecuencia.

El proyecto para el suministro y distribución de agua potable a un edificio, deberá diseñarse de tal forma que garantice, la pureza del agua y evite su contaminación, el consumo mínimo de agua necesario y el correcto funcionamiento y limpieza del sistema. Estará basado en las consideraciones que se citan a continuación.



## A. INSTALACIONES HIDRÁULICAS DENTRO DE LA CONSTRUCCIÓN

El sistema a implementar requiere la conexión de los desagües de lavabos y bañeras a un circuito hidráulico;

- Uno físico, mediante unos filtros que impiden el paso de partículas sólidas: estos filtros tienen que ser de tamaño adecuado para retener aquellas partículas que pueden aparecer en los desagües.
- Otro tratamiento químico, mediante la cloración del agua con hipoclorito sódico con un dosificador automático, que la deja lista para ser reutilizada. Para devolver el agua hacia las cisternas se utilizan bombas de bajo consumo que conducen el agua desde el depósito cuando las cisternas, tras su uso, deben ser llenadas de nuevo.

Para dimensionar el sistema es fundamental el depósito. En función del número de personas que habitan la vivienda o de los usuarios de las instalaciones, se calcula su tamaño, para llegar a un equilibrio entre el espacio utilizado y la capacidad del mismo. Para viviendas unifamiliares o plurifamiliares, depósitos de 0,5 ó 1 m<sup>3</sup> son los más habituales y para instalaciones hoteleras se suele instalar de uno o varios depósitos de 25 m<sup>3</sup>. Generalmente son de fibra de vidrio, siendo el lugar habitual de ubicación el sótano de la vivienda. Si, por falta de espacio, el depósito se tiene que instalar en la zona alta de la vivienda, las aguas grises irían a un bote sifónico y desde éste, mediante una bomba, se elevaría el agua hasta el depósito, distribuyéndose después por gravedad hasta las cisternas. Si por algún motivo no hay aporte de aguas grises o existe un consumo muy alto en los inodoros, el depósito tiene un mecanismo de boyas y válvulas que suple esta carencia tomando agua de la red de abastecimiento general. Si, por el contrario, es muy alta la producción de aguas grises y produce un sobrellenado del depósito, éste dispone de un rebosadero que recoge y lleva el sobrante hasta la red general de desagües. El mantenimiento de todo el sistema de recogida se limita a una revisión anual de los filtros y del sistema de cloración, que no necesita ser realizada por personal especializado.

Las instalaciones hidráulicas dentro de la construcción agrupan a las siguientes redes de tuberías:

- Tuberías del medidor a la cisterna, al tinaco o a los muebles.
- Tuberías de la cisterna al tinaco o al equipo de presión.
- Tuberías del tinaco o del equipo de presión a los muebles.



Todas ellas conducen agua potable a presión, con el objeto de que finalmente sea utilizada en cada uno de los aparatos sanitarios instalados. Independientemente de conducir agua potable a presión tienen características particulares que las diferencian unas de otras, sin embargo combinadas pueden formar parte de un mismo sistema; estos sistemas se complementan de equipos de presión, depósitos, válvulas y accesorios que permiten un correcto funcionamiento.

Las características que deben tener estas redes son las siguientes:

- Deben de conducir el agua a presión con un mínimo de pérdidas de carga, con el objeto de que las fuentes de presión disminuyan al máximo posible su capacidad, provocando ahorro en su inversión, mantenimiento y consumo de energía.
- Deben de instalarse con facilidad, con el menor herramental posible permitiendo al operario disminuir el tiempo de montaje y evitar fatigas exageradas en su jornada de trabajo.
- Deben de durar bastante tiempo; el mismo que la construcción, esto se logra con una buena instalación, con una adecuada velocidad de flujo y con una excelente resistencia a cualquier tipo de corrosión.

La selección de los materiales debe de realizarse en base a estos puntos, la importancia de esto se refleja directamente en la calidad de la instalación y por lo tanto de la obra, es conveniente aclarar que la calidad de la obra no debe estar en función del tipo, ya sea éste residencial, interés social, etc. sino de quien lo ejecuta.

Las tuberías de cobre en las instalaciones hidráulicas tradicionalmente se utilizan, debido a que los usuarios se han percatado de sus ventajas, permitiendo ahorros importantes en cuanto a mantenimiento, duración y conducción del flujo.

La adaptabilidad a los diseños más intrincados, permitiendo la ejecución, sin necesitar herramental pesado y costoso, hace que se utilicen en todo tipo de obra.

## **B. APARATOS**

Los aparatos pueden dividirse en tres grupos, de acuerdo con el uso al cual se destinan:

### a) Evacuadores

- W. C.
- Mingitorios
- Vertederos



b) De limpieza de objetos

- Fregaderos
- Lavaplatos
- Lavaderos

c) De higiene corporal

- Lavabos
- Regaderas
- Tinas
- Bidets

d) Algunos aparatos no se agrupan por tener condiciones especiales como el caso de las lavadoras de ropa, lavaplatos eléctricos, mangueras de jardín, etc.; sin embargo requieren de determinado flujo. Su característica común es ser alimentados por una llave de nariz.

Todos los evacuadores requieren de gran cantidad de agua en poco tiempo con el objeto de efectuar una limpieza profunda del mueble, permitiéndole ser reutilizable en condiciones higiénicas.

Los aparatos que se utilizan para efectuar la limpieza de objetos requieren de recipientes en donde el agua se pueda acumular y los objetos se puedan colocar, requieren de un flujo más bien bajo y constante.

Los aparatos usados para la higiene corporal tienen características individuales, el lavabo requiere de un flujo mínimo en poco tiempo, la regadera requiere buen flujo y en bastante tiempo, etc.

Una segunda clasificación de los aparatos se puede realizar de acuerdo al tipo de válvula que usan en los sellos terminales.



a) Sistemas de válvulas de globo: Este tipo de sello es muy común, sin embargo en su forma terminal pueden tener apariencias muy diferentes, los casos más comunes son:

- Llaves de lavabo y fregadero individuales o mezcladoras.
- Llaves empotrables de regadera y tina
- Llaves de nariz con y sin rosca para lavaderos, lava-platos, vertederos, lavadoras de ropa, mangueras de jardín, etc.
- Llave para mingitorio
  
- Llaves para bidet

b) Sistemas de válvulas de tanque bajo (válvula de flotador): Es utilizado en los W. C.; se fabrica en varios materiales y modelos (también se utiliza en la alimentación de tinaco y cisterna) el sello se realiza de acuerdo al nivel de agua acumulado y que el flotador transmite a la válvula para accionarla.

c) Sistemas Fluxómetros: Este tipo de sello se utiliza en los W. C. y mingitorios que estén instalados en lugares públicos.

Algunos aparatos pueden colocarse en edificios públicos y todos en edificaciones privadas, la diferencia estriba no en su funcionamiento sino en su rapidez de reutilización, esto se refleja en el diámetro de las tuberías que lo alimentan.



### C. DOTACIONES DE AGUA POTABLE

A continuación se da un cuadro con las dotaciones en litros por persona por día que deben considerarse cuando se hacen cálculos de redes hidráulicas.

**Tabla 2.** Dotaciones recomendadas de agua potable

| <b>Dotación</b>                                  | <b>Edificación</b>                |
|--|-----------------------------------|
| 85 l/persona/día                                 | Zonas rurales                     |
| 150 l/persona/día                                | Habitación popular (D. F.)        |
| 200 l/persona/día                                | Habitación de interés (D. F.)     |
| 250 l/persona/día                                | Departamento de lujo (D. F.)      |
| 500 l/persona/día                                | Residencia con alberca (D. F.)    |
| 70 l/empleado/día                                | Edificios de oficinas             |
| 200 l/huésped/día                                | Hoteles (con todos los servicios) |
| 2 l/espectador/Función                           | Cines                             |
| 60 l/obrero/día                                  | Fábricas sin consumo industrial   |
| 200 l/bañista/día                                | Baños públicos                    |
| 50 l/alumno/día                                  | Escuelas primarias                |
| 300 l/bañista/día                                | Clubes con servicio de baño       |
| 15 l/comensal                                    | Restaurantes                      |
| 30 l/comensal                                    | Restaurantes de lujo              |
| 20 l/kg ropa seca                                | Lavanderías                       |
| 200 l/cama /día                                  | Hospitales                        |
| 300 l/cama/día                                   | Hospitales                        |
| 10 l/m <sup>2</sup> área rentable                | Edificios de oficinas             |
| 5 l/m <sup>2</sup> superficie sembrada en césped | Jardines                          |
| 2 l/m <sup>2</sup> superficie                    | Riego de patios                   |



## D. JUSTIFICACIÓN DE REDUCCIÓN DE DIÁMETROS. MÉTODO DE SUMINISTRO DE AGUA POR PRESIÓN

La finalidad de esta metodología de cálculo es la de difundir una forma sencilla de obtener los diámetros mínimos requeridos en una instalación hidráulica, garantizando el suministro de agua adecuado y necesario, lo cual redundará en un eficiente funcionamiento; así como en un ahorro substancial en el costo de la instalación.

Esta metodología está basada en la experiencia de personal capacitado en el ramo, así como de sistemas de publicaciones aceptados como: National Plumbing Code Asa-40.8; Copper Hand Book C. D. A. Inc., etc., razones por las cuales se propone a ingenieros, arquitectos y a todas aquellas personas relacionadas con las instalaciones hidráulicas en la industria de la construcción.

## E. MÉTODO DE CÁLCULO

1. Presión inicial o presión de la red ( $P_r = \text{kg/cm}^2$ ): Dato que se obtiene de la Junta de Agua Potable de la localidad o municipio donde se efectúa la construcción, o en su defecto se determina la presión de trabajo del equipo hidroneumático.

2. Estimación de la demanda (Gasto = litros por minuto L. P. M.): La demanda total está basada en el consumo de agua de cada uno de los muebles o aparatos sanitarios por instalar, existiendo tablas y gráficas de consumo para cada tipo de mueble sanitario, expresados en unidades mueble, dichas tablas y gráficas están construidas considerando la probabilidad de ocurrencia en el funcionamiento simultáneo de los muebles sanitarios instalados (ver tabla 3. y Fig. 1.). Los datos proporcionados, están calculados para ramales que alimenten agua fría y caliente; en el caso de existir aparatos que consuman agua fría y caliente y se desee únicamente calcular el ramal de agua fría, se considerará el 75% del consumo total del aparato; si por el contrario se requiere calcular sólo el ramal de agua caliente éste se considerará al 56% del consumo del aparato. Ahora, cuando el aparato consuma únicamente agua fría, se considerará el 100% del consumo del mismo.

3. Determinación del diámetro del medidor: Existen tablas de fabricantes de medidores (Fig. 2.) que proporcionan el diámetro del medidor, tomando en cuenta únicamente el consumo de la instalación.

4. Pérdidas de presión en el medidor ( $P_m = \text{kg/cm}^2$ ): Las pérdidas por fricción están basadas de acuerdo al consumo de la instalación y del diámetro del medidor (Fig. 2.)

5. Pérdidas de presión por altura ( $P_h = \text{kg/cm}^2$ ): Estas pérdidas son consecuencia de la altura, debido a la gravedad que debe vencer el fluido. Dichas pérdidas se obtienen



multiplicando la diferencia de altura en metros entre la red de alimentación y la salida del mueble más alto por 0.1, obteniéndose así las pérdidas en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

6. Presión de salida en el mueble más desfavorable ( $P_s = \text{kg}/\text{cm}^2$ ): Se cuenta con tablas previamente calculadas (tabla 5.) las que determinan la presión mínima de salida de cada mueble. Para encontrar  $P_s$ ; se considera únicamente el más alejado de los muebles instalados.

7. Presión libre ( $P_l = \text{kg}/\text{cm}^2$ ): Esta presión se refiere a la presión disponible para vencer pérdidas por fricción debida a tuberías en la instalación. Se obtiene restando a la presión de la red ( $P_r$ ), la suma de las pérdidas de presión debidas al medidor ( $P_m$ ), las pérdidas de presión por elevación ( $P_h$ ) y la presión de salida en el mueble más desfavorable ( $P_s$ ).

$$P_L = P_r - (P_m + P_h + P_s)$$

8. Longitud equivalente ( $L = \text{m}$ ): Esta longitud se obtiene sumando a la longitud de tubería, la longitud equivalente de las conexiones y accesorios instalados en la red. La longitud equivalente de las conexiones y accesorios se obtiene directamente de la tabla 7.

9. Factor de presión ( $F_p = \text{kg}/\text{cm}^2$ ): En este paso se obtiene la presión con que se dispone para vencer las pérdidas de fricción en 100 m de tubería, pues las gráficas con que se cuenta están diseñadas para esta longitud.

$$F_p = \frac{P_l \times 100}{L} = \text{kg} / \text{cm}^2$$

10. Diámetro del ramal principal ( $\phi = \text{pulg}$ ) y velocidad de flujo ( $V = \text{m}/\text{s}$ ): Ambos datos se obtienen de la figura 3., en las cuales se localiza la demanda (L. P. M.) en el eje vertical y el factor de presión ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) en el eje horizontal; en el punto en que se crucen la línea vertical y la horizontal se obtendrá el diámetro del ramal principal y la velocidad de flujo. Se hace hincapié en que la velocidad de flujo no debe ser mayor a 2.9 m/s para evitar ruidos molestos en la instalación ni debe ser menor de 0.9 m/s, pues con esta velocidad no se contaría con el flujo suficiente.



**Tabla 3.** Unidades de consumo o unidades mueble (U. M.)

| <b>Aparato o grupo de aparatos</b>  | <b>Uso Público</b> | <b>Uso Particular</b> | <b>Forma de Instalación</b>    |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------|
| W. C.                               | 10                 | 6                     | Válvula de descarga            |
| W. C.                               | 5                  | 3                     | Tanque de descarga             |
| Lavabo                              | 2                  | 1                     | Grifo                          |
| Bañera                              | 4                  | 2                     | Grifo                          |
| Ducha                               | 4                  | 2                     | Válvula mezcladora             |
| Fregadero                           | 4                  | 2                     | Grifo                          |
| Pileta de office                    | 3                  |                       | Grifo                          |
| Mingitorio de pedestal              | 10                 |                       | Válvula de descarga            |
| Mingitorio mural                    | 5                  |                       | Válvula de descarga            |
| Mingitorio mural                    | 3                  |                       | Tanque de descarga             |
| Cuarto de baño completo             |                    | 8                     | Válvula de descarga para W. C. |
| Cuarto de baño completo             |                    | 6                     | Tanque de descarga para W. C.  |
| Ducha adicional                     |                    | 2                     | Válvula mezcladora             |
| Lavadero                            |                    | 3                     | Grifo                          |
| Combinación de lavadero y fregadero |                    | 3                     | Grifo                          |

**Tabla 4.** Relación de unidades mueble con respecto a la demanda de agua

| <b>Total de unidades mueble</b> | <b>Demanda de agua en L. P. M.</b> |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 5                               | 15                                 |
| 10                              | 30                                 |
| 20                              | 53                                 |
| 30                              | 76                                 |
| 40                              | 90                                 |
| 50                              | 105                                |
| 75                              | 140                                |
| 100                             | 165                                |
| 200                             | 250                                |
| 300                             | 320                                |



**Tabla 5.** Presión de salida de mueble

| (A)<br>Aparato                        | (B)<br>Diámetro<br>de<br>la tubería<br>(pulgadas) | (C)<br>Presión<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | (D)<br>Caudal<br>(L. P.<br>M.) |
|---------------------------------------|---|---|--------------------------------|
| Lavabo                                | 3/8   | 0.58                                    | 12                             |
| Grifo de cierre automático            | ½   | 0.87                                    | 10                             |
| Lavabo público, 3/8"                  | 3/8   | 0.73                                    | 15                             |
| Fregadero, 1/2"                       | ½   | 0.36                                    | 15                             |
| Bañera                                | ½   | 0.36                                    | 25                             |
| Lavadero                              | ½   | 0.36                                    | 20                             |
| Ducha                                 | ½   | 0.58                                    | 20                             |
| W. C : con tanque de descarga         | ½   | 0.58                                    | 12                             |
| W. C. con válvula de descarga         | 1   | 0.73 -<br>1.46                          | 75 - 150                       |
| Mingitorio con válvula de<br>descarga | 1   | 1.09                                    | 60                             |
| Manguera de jardín de 15 m            | ½   | 2.19                                    | 20                             |

**Tabla 6.** Gasto de medidores

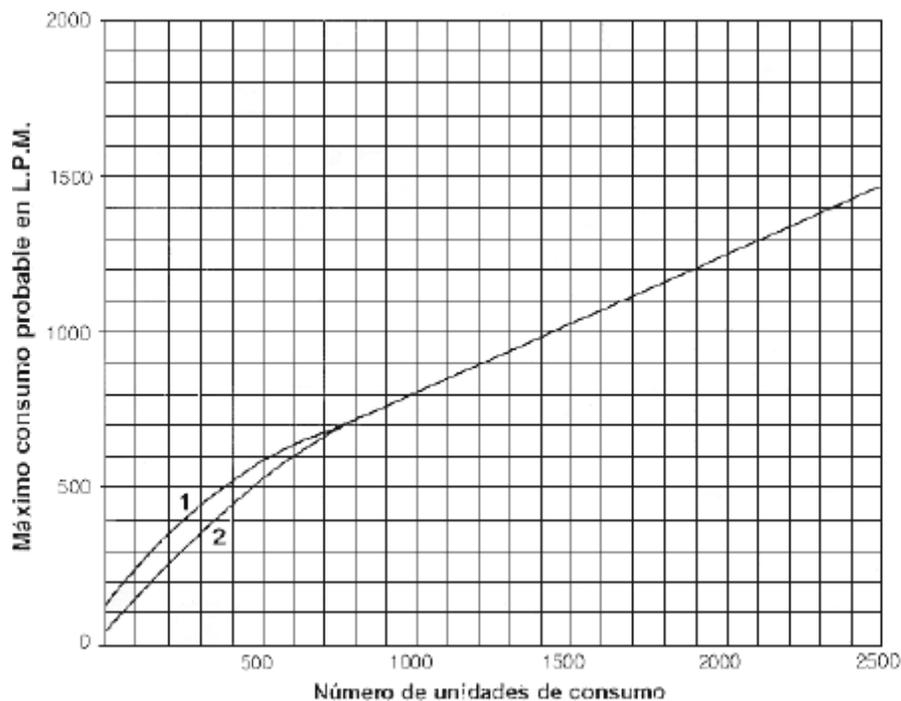
| Diámetro<br>(pulgadas) | Ensayo<br>normal<br>límites<br>caudal<br>(L. P. M.) |  | Diámetro<br>(pulgadas) | Ensayo<br>normal<br>límites<br>caudal<br>(L. P. M.) |
|------------------------|---|--|------------------------|---|
| 5/8                    | 4 a 75  |  | 2                      | 30 a 600  |
| ¾                      | 8 a 130   |  | 3                      | 60 a 120  |
| 1                      | 11 a 200  |  | 4                      | 105 a 1,900   |
| 1 ½                    | 20 a 375  |  | 6                      | 180 a 3,800   |



**Tabla 7.** Longitud equivalente de conexiones a tubería en m

| Diámetro (pulgadas) | Codo 90° | Codo 45° | Te giro de 90° | Te paso recto | Válvula de compuerta | Válvula a de globo | Válvula a de ángulo |
|---------------------|----------|----------|----------------|---------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| 3/8                 | 0.30     | 0.20     | 0.45           | 0.10          | 0.06                 | 2.45               | 1.20                |
| 1/2                 | 0.60     | 0.40     | 0.90           | 0.20          | 0.12                 | 4.40               | 2.45                |
| 3/4                 | 0.75     | 0.45     | 1.20           | 0.25          | 0.15                 | 6.10               | 3.65                |
| 1                   | 0.90     | 0.55     | 1.50           | 0.27          | 0.20                 | 7.60               | 4.60                |
| 1 1/4               | 1.20     | 0.80     | 1.80           | 0.40          | 0.25                 | 10.50              | 5.50                |
| 1 1/2               | 1.50     | 0.90     | 2.15           | 0.45          | 0.30                 | 13.50              | 6.70                |
| 2                   | 2.15     | 1.20     | 3.05           | 0.60          | 0.40                 | 16.50              | 8.50                |
| 2 1/2               | 2.45     | 1.50     | 3.65           | 0.75          | 0.50                 | 19.50              | 10.50               |
| 3                   | 3.05     | 1.80     | 4.60           | 0.90          | 0.60                 | 24.50              | 12.20               |
| 3 1/2               | 3.65     | 2.15     | 5.50           | 1.10          | 0.70                 | 30.00              | 15.00               |
| 4                   | 4.25     | 2.45     | 6.40           | 1.20          | 0.80                 | 37.50              | 16.50               |
| 5                   | 5.20     | 3.05     | 7.60           | 1.50          | 1.00                 | 42.50              | 21.00               |
| 6                   | 6.10     | 3.65     | 9.15           | 1.80          | 1.20                 | 50.00              | 24.50               |

**Fig. 1.** Estimación de la demanda (U. M. en L. P. M.)



1 Instalaciones e las que predominan válvulas de descarga (fluxómetro)



## 2. Instalaciones en las que predominan tanques de descarga

**Fig. 2.** Pérdidas de presión en el medidor

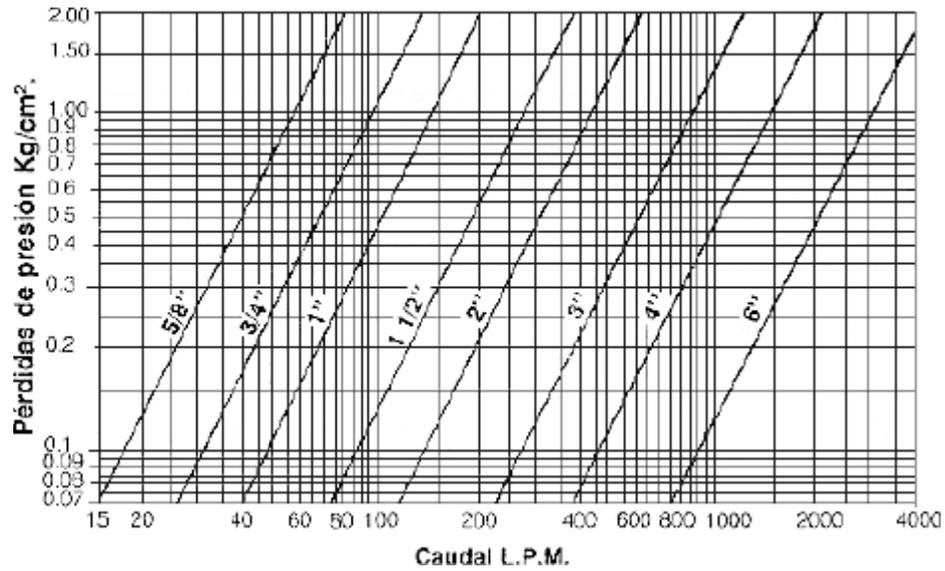
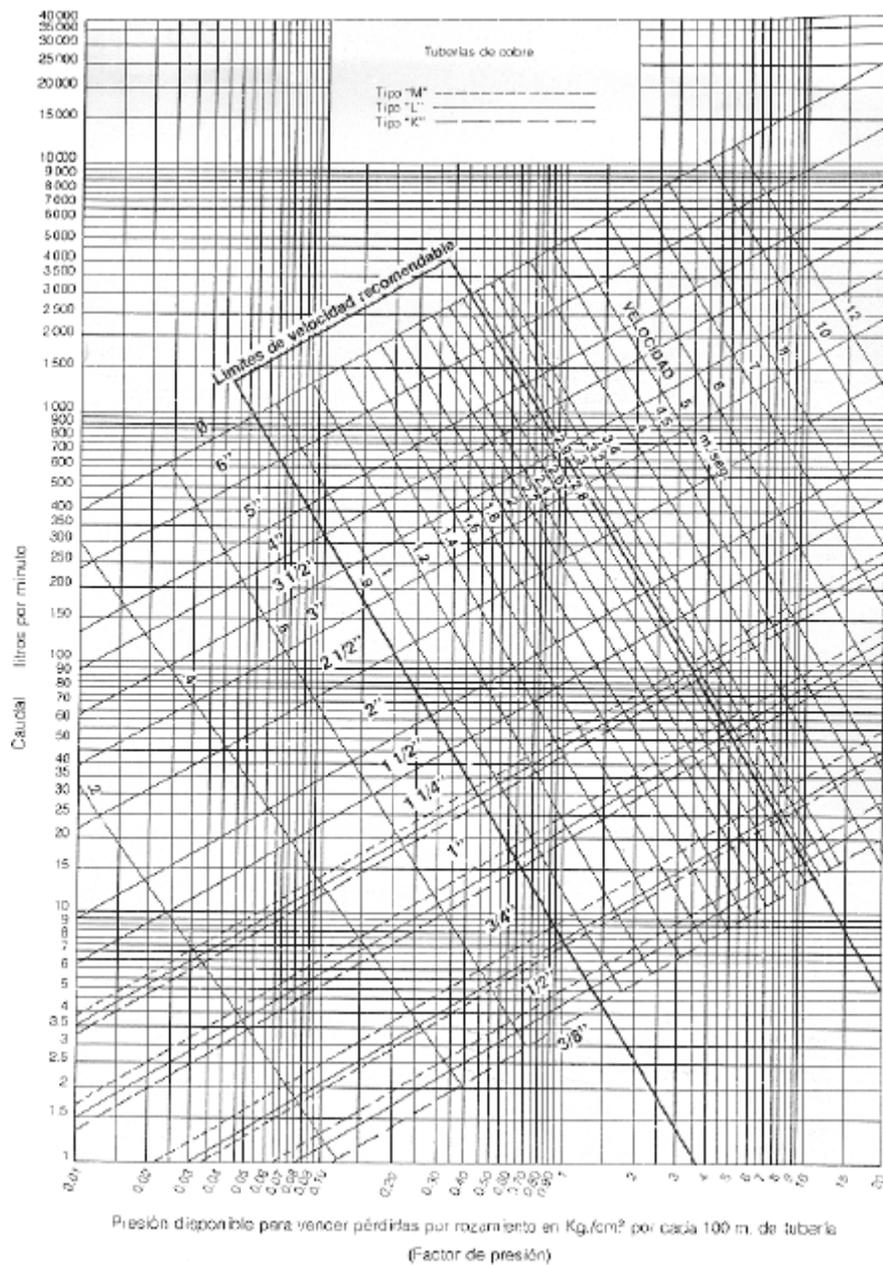




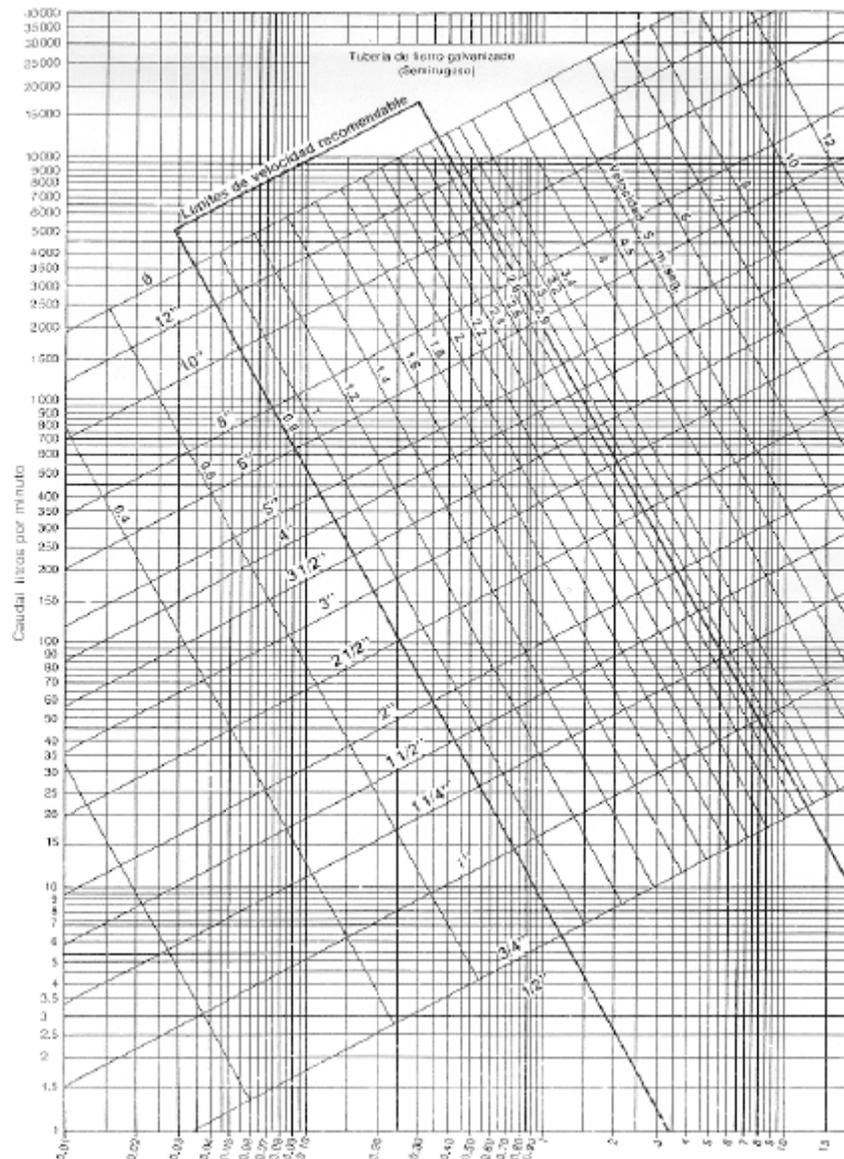
Fig. 3. Gráfico para el cálculo del factor de presión en tubería de Cobre



AUTOMATIZACION DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.



Fig. 4. Gráfico para el cálculo del factor de presión en tubería de Fierro Galvanizado



Se utiliza la fórmula de Hazen - Williams desarrollada, aplicando directamente cada uno de los datos de gasto, presión disponible y longitud.

Es muy importante el que se comprenda que se puede dimensionar tanto el ramal principal como los ramales secundarios, las características individuales son las que diferenciarán los resultados obtenidos.

AUTOMATIZACION DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.



## F. FÓRMULAS USADAS

Hazen - Williams

$$Pf = \frac{6.161 \times 10^6}{d^{4.87}} \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \cdot L$$

Despejando para el diámetro se tiene:

$$d = \left( \frac{6.161 \times 10^6}{Pf} \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \cdot L \right)^{0.205}$$

y para gasto:

$$Q = \left( \frac{Pf \cdot d^{4.87}}{6.161 \times 10^6 \cdot L} \right)^{0.54} \cdot C$$

Donde:

$Pf$  = Pérdidas por fricción (m)

$d$  = Diámetro interno de la tubería (mm)

$Q$  = Gasto o caudal (LPM)

$L$  = Longitud del tubo (m)

$C$  = Coeficiente de pérdidas (adim)

**Tabla 8.** Coeficientes “C” de Hazen - Williams

| Material de la tubería                      | C   |
|---|-----|
| Tubería recta lisa nueva<br>(cobre - plomo) | 140 |
| Tubería de acero lisa<br>nueva              | 120 |
| Tubería de fundición<br>nueva               | 110 |
| Tubería de fundición usada                  | 100 |
| Tubería de fundición vieja                  | 80  |
| Tubería de fierro<br>galvanizado            | 90  |



## Darcy Weisbach

$$H_f = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Siendo:

$H_f$  = Pérdidas de carga (m)

$d$  = Diámetro interno de la tubería (m)

$Q$  = Gasto o caudal (m<sup>3</sup>/s)

$L$  = Longitud del tubo (m)

$f$  = Coeficiente de fricción (adim)

$v$  = Velocidad del flujo (m/s)

$g$  = Gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Ya que:

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot g}$$

La fórmula queda de la siguiente forma :

$$H_f = 2.2953 \times 10^4 \cdot f \cdot L \cdot \frac{Q^2}{d^5}$$

Usando:  $H_f$ , en metros ;  $L$ , en metros ;  $Q$ , en litros por minuto ; y  $d$ , en milímetros.

Despejando para el diámetro :

$$d = \left( 2.2953 \times 10^4 \cdot f \cdot L \cdot \frac{Q^2}{H_f} \right)^{0.2}$$

y para el gasto

$$Q = \sqrt[0.2]{\frac{H_f \cdot d^5}{2.2953 \times 10^4 \cdot f \cdot L}}$$



Para calcular el coeficiente “ $f$ ” se puede usar la siguiente relación:

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log_{10} \left( \frac{\varepsilon/d}{3.7} + \frac{5.74}{\text{Re}^{0.9}} \right) \right]^2}$$

### Fórmula de Swamme - Jain

Esta fórmula es válida para valores del Número de Reynolds ( $Re$ ) mayores a 4,000.

$Re$  se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Re} = \frac{vd}{\nu}$$

siendo  $\nu$  = viscosidad cinemática ( $\text{m}^2/\text{s}$ ), la cual depende de la temperatura del fluido, para agua se tienen los siguientes valores:

**Tabla 9**

| Temperatura (°C) | $\nu$ ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) |
|------------------|---------------------------------|
| 20               | $1.01 \times 10^{-6}$           |
| 60               | $0.47 \times 10^{-6}$           |

Utilizando los valores de  $\nu$  se obtiene el Número de Reynolds con las siguientes relaciones:

Para agua fría (20° C)

$$\text{Re} = 2.1011 \times 10^4 \cdot \frac{Q}{d}$$

Para agua caliente (60° C)

$$\text{Re} = 4.515 \times 10^4 \cdot \frac{Q}{d}$$

Usando.  $Q$  en LPM y  $d$  en mm

EL valor obtenido de  $Re$  es adimensional (sin dimensiones).



Por otra parte para calcular  $f$  se necesitan los valores de la rugosidad absoluta “ $\epsilon$ ” en milímetros, para el cobre y latón el valor es igual a 0.0015 mm.

El siguiente cuadro muestra la rugosidad relativa ( $\epsilon/d$ ) para los diferentes diámetros de tubo de cobre rígido tipo “M”.

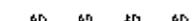
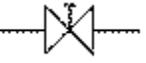
**Tabla 10.** Valores de Rugosidad Relativa para tubo de cobre rígido tipo “M”

| <b>Diámetro Nominal (mm)</b> | <b>Diámetro Interior (mm)</b> | <b>Rugosidad Relativa (<math>\epsilon/d</math>)</b> |
|------------------------------|-------------------------------|---|
| 6                            | 8.255                         | $1.817 \times 10^{-4}$                              |
| 10                           | 11.430                        | $1.312 \times 10^{-4}$                              |
| 13                           | 14.453                        | $1.038 \times 10^{-4}$                              |
| 19                           | 20.599                        | $7.282 \times 10^{-5}$                              |
| 25                           | 26.767                        | $5.604 \times 10^{-5}$                              |
| 32                           | 32.791                        | $4.574 \times 10^{-5}$                              |
| 38                           | 38.785                        | $3.867 \times 10^{-5}$                              |
| 51                           | 51.029                        | $2.940 \times 10^{-5}$                              |
| 64                           | 63.373                        | $2.367 \times 10^{-5}$                              |
| 75                           | 75.718                        | $1.981 \times 10^{-5}$                              |
| 100                          | 99.949                        | $1.501 \times 10^{-5}$                              |



### III. SIMBOLOGÍA DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS

Tabla 11

|   |  |   |  |   |  |   |
|---|--|---|--|---|--|---|
|    |  |    |  |   |  |    |
| <b>Alimentación agua fría de la toma a tinaco o cisterna</b>                        |  | <b>Tubería de agua fría</b>   |  | <b>Tubería de agua caliente</b>   |  | <b>Tubería de retorno</b>   |
|    |  |    |  |   |  |    |
| <b>Tubería de vapor</b>   |  | <b>Tubería de agua destilada</b>  |  | <b>Tubería sistema contra incendio</b>  |  | <b>Válvula de compuerta</b>   |
|    |  |    |  |    |  |    |
| <b>Válvula de Globo</b>   |  | <b>Válvula check</b>  |  | <b>Válvula check con filtro</b>   |  | <b>Válvula de seguridad</b>   |
|  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Válvula de compuerta angular</b>   |  | <b>Válvula de globo angular</b>   |  | <b>Bomba</b>  |  | <b>Codo de 90°</b>  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Codo de 45°</b>  |  | <b>Te</b>   |  | <b>Ye</b>   |  | <b>Tuerca unión</b>   |



#### **IV. BOMBAS**

Una bomba es una turbo máquina generadora para líquidos. La bomba se usa para transformar la energía mecánica en energía hidráulica.

Las bombas se emplean para bombear toda clase de líquidos, (agua, aceites de lubricación, combustibles ácidos, líquidos alimenticios, cerveza, leche, etc.), éste grupo constituyen el grupo importante de las bombas sanitaria. También se emplean las bombas para bombear los líquidos espesos con sólidos en suspensión, como pastas de papel, melazas, fangos, desperdicios, etc.

Un sistema de bombeo puede definirse como la adición de energía a un fluido para moverse o trasladarse de un punto a otro.

El funcionamiento en si de la bomba será el de un convertidor de energía, o sea, transformara la energía mecánica en energía cinética, generando presión y velocidad en el fluido. Existen muchos tipos de bombas para diferentes aplicaciones. Los factores más importantes que permiten escoger un sistema de bombeo adecuado son: presión última, presión de proceso, velocidad de bombeo, tipo de gases a bombear (la eficiencia de cada bomba varía según el tipo de gas).

##### **A. TIPOS DE BOMBAS**

Las bombas se clasifican en tres tipos principales:

- De émbolo alternativo.
- De émbolo rotativo.
- Rotodinámicas.

Los dos primeros operan sobre el principio de desplazamiento positivo, es decir, que bombean una determinada cantidad de fluido (sin tener en cuenta las fugas independientemente de la altura de bombeo).

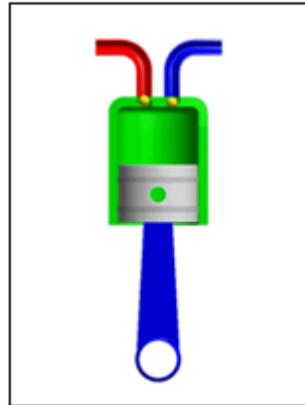
El tercer tipo debe su nombre a un elemento rotativo, llamado rodete, que comunica velocidad al líquido y genera presión. La carcasa exterior, el eje y el motor completan la unidad de bombeo.



### a) Bombas de Embolo Alternativo

En su forma usual, la bomba de émbolo alternativo consiste en un pistón que tiene un movimiento de vaivén dentro de un cilindro. Un adecuado juego de válvulas permite que el líquido sea aspirado en una embolada y lanzado a la turbina de impulsión en la siguiente. En consecuencia, el caudal será intermitente a menos que se instalen recipientes de aire o un número suficiente de cilindros para uniformar el flujo. Aunque las bombas de émbolo alternativo han sido separadas en la mayoría de los campos de aplicación por las bombas rotodinámicas, mucho más adaptables, todavía se emplean ventajosamente en muchas operaciones industriales especiales.

Fig. 5

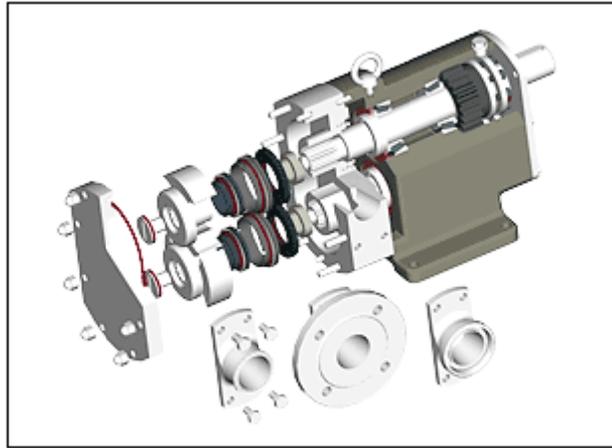


### b) Bombas de Embolo Rotativo

Las bombas de émbolo rotativo generan presión por medio de engranajes o rotores muy ajustados que impulsan periféricamente al líquido dentro de la carcasa cerrada. El caudal es uniforme y no hay válvulas. Este tipo de bombas es eminentemente adecuado para pequeños caudales (menores de  $1 \text{ pie}^3/\text{s}$  y el líquido viscoso). Las variables posibles son muy numerosas.



**Fig. 6**



### **c) Bombas rotodinámicas**

La bomba rotodinámica es capaz de satisfacer la mayoría de las necesidades de la ingeniería y su uso está muy extendido. Su campo de utilización abarca desde abastecimientos públicos de agua, drenajes y regadíos, hasta transporte de hormigón o pulpas.

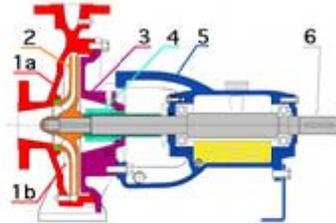
Los diversos tipos se pueden agrupar en:

### **B. CENTRÍFUGAS.**

Son el tipo más corriente de bombas roto dinámicas, y se denomina así porque la cota de presión que crean es ampliamente atribuible a la acción centrífuga. Pueden estar proyectadas para impulsar caudales tan pequeños como 1 gal/min. o tan grandes como 4.000.000 gal/min, mientras que la cota generada puede variar desde algunos pies hasta 400. El rendimiento de las de mayor tamaño puede llegar al 90%.



**Fig. 7**



Corte esquemático de una bomba centrífuga  
1a carcasa, 1b cuerpo de la bomba, 2 rodete,  
3 tapa de impulsión, 4 cierre del eje, 5  
soporte de cojinetes, 6 eje.

El rodete consiste en cierto número de álabes curvados en dirección contraria al movimiento y colocados entre dos discos metálicos. El agua entra por el centro u ojo del rodete y es arrastrada por los álabes y lanzada en dirección radial. Esta aceleración produce un apreciable aumento de energía de presión y cinética. A la salida, el movimiento del fluido tiene componentes radial y transversal. Para que no haya una pérdida notable de energía, y por tanto de rendimiento, es esencial transformar en la mayor medida posible la considerable cota cinemática a la salida del rodete en la más útil cota de presión. Normalmente, esto se consigue construyendo la carcasa en forma de espiral, con lo que la sección del flujo en la periferia del rodete va aumentando gradualmente.

**Fig.8**

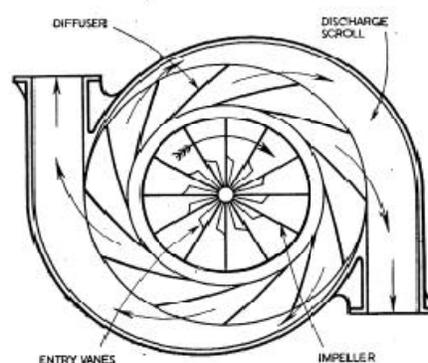




Fig.9



Para caudales grandes se usa el rodete de doble aspiración, que es equivalente a dos rodetes de simple aspiración ensamblados dorso con dorso; esta disposición permite doblar la capacidad sin aumentar el diámetro del rodete. Es más cara de fabricar, pero tiene la ventaja adicional de solucionar el problema del empuje axial. En ambos casos, las superficies de guía están cuidadosamente pulimentadas para minimizar las pérdidas por rozamiento. El montaje es generalmente horizontal, ya que así se facilita el acceso para el mantenimiento. Sin embargo, debido a la limitación del espacio, algunas unidades de gran tamaño se montan verticalmente.

Las proporciones de los rodetes varían dentro de un campo muy amplio, lo que permite hacer frente a una dilatada gama de condiciones de funcionamiento. Por ejemplo, los líquidos con sólidos en suspensión (aguas residuales) pueden ser bombeados siempre que los conductos sean suficientemente amplios. Inevitablemente habrá alguna disminución de rendimiento. Para que la bomba centrífuga esté en disposición de funcionar satisfactoriamente, tanto la tubería de aspiración como la bomba misma, han de estar llenas de agua.

Si la bomba se encuentra a un nivel inferior a la del agua del pozo de aspiración, siempre se cumplirá esta condición, pero en los demás casos hay que expulsar el aire de la tubería de aspiración y de la bomba y reemplazarlo por agua; esta operación se denomina cebado. El



mero giro del rodete, aún a alta velocidad, resulta completamente insuficiente para efectuar el cebado y sólo se conseguirá recalentar los cojinetes.

Los dos métodos principales de cebado exigen una válvula de retención en la proximidad de la base del tubo de aspiración, o en las unidades mayores, la ayuda de una bomba de vacío. En el primer caso, se hace entrar el agua de la tubería de impulsión o de cualquier otra procedencia, en el cuerpo de bomba y el aire es expulsado por una llave de purga. Se ha desarrollado una bomba centrífuga, la cual fue concebida, teniendo como objetivos un rendimiento de trabajo que sea óptimo, una gran variedad de aplicaciones y una fácil Mantención del equipo. El cuerpo húmedo de esta bomba, está fabricado en un polímero de grandes cualidades mecánicas y de excelente resistencia química. Estos materiales evitan las incrustaciones de partículas, y además no son afectados por problemas de cavitación. Las aplicaciones de esta bomba son de óptimo rendimiento en PLANTAS DE ACIDO, AGUA DE COLA, AGUAS MARINAS, y en general en lugares con gran concentración de CORROSIVOS. Además tiene una muy buena aplicación en la INDUSTRIA ALIMENTICIA dado que no contamina los productos. Las bombas están disponibles en materiales del acero termoplástico e inoxidable, diseños del mecanismo impulsor para las aplicaciones horizontales y verticales. La construcción rugosa proporciona una resistencia excelente al producto químico y a la corrosión. Las aplicaciones típicas son proceso químico, laminado de metal, piezas que lavan sistemas, fabricación de la tarjeta de circuito impresa, foto que procesa, productos farmacéuticos, semiconductores, etc.

### C. MÚLTIPLES.

Para alturas superiores a 200 pies se emplean normalmente bombas múltiples o bombas de turbina. Este tipo de bomba se rige exactamente por el mismo principio de la centrífuga y las proporciones del rodete son muy semejantes. Consta de un cierto número de rodets montados en serie, de modo que el agua entra paralelamente al eje y sale en dirección radial. La elevada energía cinética del agua a la salida del rodete se convierte en energía de presión por medio de una corona difusora formada por álabes directores divergentes. Un conducto en forma de S conduce el agua en sentido centrípeto hacia el ojo del rodete siguiente. El proceso se repite en cada escalonamiento hasta llegar a la salida. Si se aplica un número suficiente de escalonamientos, puede llegarse a obtener una cota de 4.000 pies. De hecho, la cota máxima vendrá probablemente dictada por el costo de reforzamiento de la tubería más que por cualquier limitación de la bomba.



**Fig. 10**



#### **D. DE COLUMNA.**

Son del tipo múltiple, con montaje vertical y diseñado especialmente para la elevación del agua en perforaciones angostas, pozos profundos o pozos de drenaje. Resultan adecuadas para perforaciones de un diámetro tan pequeño como 6 pulg. y con mayores diámetros son capaces de elevar cantidades de agua superiores a un millón de galones por hora desde profundidades de hasta 1.000 pies. Normalmente se diseñan los rodetes de forma que lancen el agua en dirección radial-axial, con objeto de reducir a un mínimo el diámetro de perforación necesario para su empleo. La unidad de bombeo consiste en una tubería de aspiración y una bomba situada bajo el nivel del agua y sostenida por la tubería de impulsión y el árbol motor. Dicho árbol ocupa el centro de la tubería y está conectado en la superficie al equipo motor. Cuando la cantidad de agua que se ha de elevar es pequeña o moderada, a veces es conveniente y económico colocar la unidad completa de bombeo bajo la superficie del agua. Así se evita la gran longitud del árbol, pero en cambio se tiene la desventaja de la relativa inaccesibilidad del motor a efectos de su entretenimiento.

#### **E. DE FLUJO AXIAL.**

Este tipo de bomba es muy adecuado cuando hay que elevar un gran caudal a pequeña altura. Por esto, sus principales campos de empleo son los regadíos, el drenaje de terrenos y la manipulación de aguas residuales. El rendimiento de esta bomba es comparable al de la centrífuga. Por su mayor velocidad relativa permite que la unidad motriz y la de bombeo sean más pequeñas y por tanto más baratas. La altura máxima de funcionamiento oscila entre 30 y 40 pies. Sin embargo, es posible conseguir mayores cotas mediante 2 ó 3



escalonamientos, pero este procedimiento raramente resulta económico. Para grandes bombas se adopta generalmente el montaje vertical, pasando el eje por el centro de la tubería de salida. El rodete es de tipo abierto, sin tapas, y su forma es análoga a la de una hélice naval. El agua entra axialmente y los álabes le imprimen una componente rotacional, con lo que el camino por cada partícula es una hélice circular. La cota se genera por la acción impulsora o de elevación de los álabes, sin que intervenga el efecto centrífugo. La misión de los álabes fijos divergentes o álabes directores es volver a dirigir el flujo en dirección axial y transformar la cota cinemática en cota de presión. Para evitar la creación de condiciones favorables al destructivo fenómeno de cavitación, la bomba de flujo axial se ha de proyectar para poca altura de aspiración. De hecho, es preferible adoptar en la que el rodete permanezca siempre sumergido, ya que así la bomba estará siempre cebada y lista para comenzar a funcionar. El objeto del sifón es evitar el riesgo de que se averíe la válvula de retención, que de otro modo tendría lugar una inversión del flujo en la tubería, con lo que la bomba funcionaría como una turbina. La acción sinfónica se interrumpe mediante una válvula de mariposa. Esta válvula está en ligero equilibrio hacia la posición de abierta y en el instante en que cesa el bombeo, la válvula se abre y entra el aire, con lo que se evita la inversión del flujo. La estación de bombeo puede automatizarse por medio de electrodos inmersos en el pozo de aspiración para controlar el funcionamiento de la bomba.

#### **F. DE FLUJO MIXTO.**

La bomba de flujo mixto ocupa una posición intermedia entre la centrífuga y la de flujo axial. El flujo es en parte radial y en parte axial, siendo la forma del rodete acorde con ello. La trayectoria de una partícula de fluido es una hélice cónica. La cota que se consigue puede ser hasta de 80 pies por rodete, teniendo la ventaja sobre la bomba axial de que la potencia que ha de suministrar el motor es casi constante aunque se produzcan variaciones considerables de cota. La recuperación de la cota de presión se consigue mediante un difusor, un caracol o una combinación de ambos.

#### **G. DE PALETA**

Existen varios tipos de bombas de paletas, ellas podrán ser:

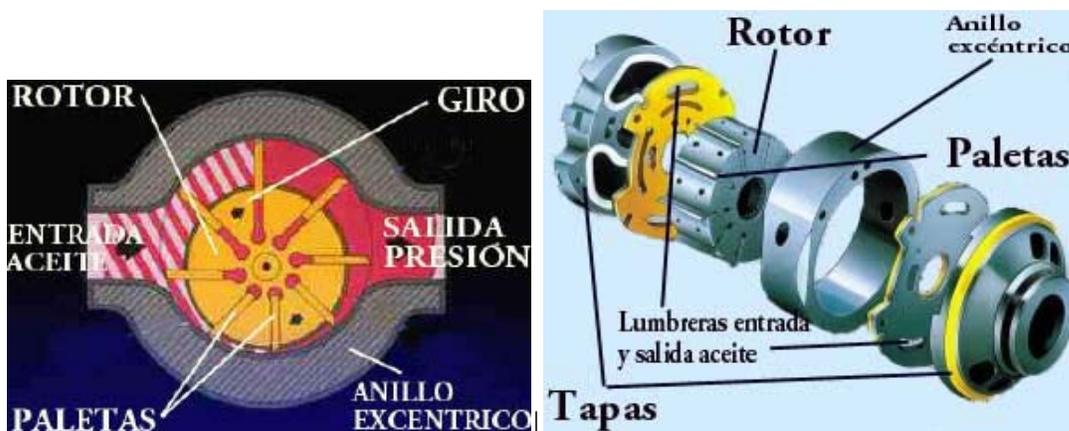
- 1.- De paletas deslizantes, con un número variante de ellas montadas en un rotor ranurado. Según la forma de la caja se subdividen en bombas de simple, doble o triple cámara, si bien raramente se emplean tales denominaciones. La mayoría de las bombas de paletas deslizantes son de una cámara. Como estas máquinas son



de gran velocidad de capacidades pequeñas o moderadas y sirven para fluidos poco viscosos, se justifica el siguiente tipo de clasificación.

- 2.- Bomba pesada de paleta deslizante, con una sola paleta que abarca todo el diámetro. Se trata de una bomba esencialmente lenta, para líquidos muy viscosos.
- 3.- Bombas de paletas oscilantes, cuyas paletas se articulan en el rotor. Es otro de los tipos pesados de bomba de paleta.
- 4.- Bombas de paletas rodantes, también con ranuras en el rotor pero de poca profundidad, para alojar rodillos de elastómero en el lugar de paletas, se trata de un modelo patentado.
- 5.- Bomba de leva y paleta, con una sola paleta deslizante en una ranura mecanizada en la caja cilíndrica y que, al mismo tiempo, encaja en otra ranura de un anillo que desliza sobre un rotor accionado y montado excéntricamente. El rotor y los anillos que ejercen el efecto de una leva que inicia el movimiento de la paleta deslizante. Así se elimina el rascado de las superficies. Se trata de una forma patentada que se emplea principalmente como bomba de vacío.
- 6.- Bomba de paleta flexible, que abrazan un rotor de elastómero de forma esencial giratorio dentro de una caja cilíndrica. En dicha caja va un bloque en media luna que procura un paso excéntrico para el barrido de las paletas flexibles de rotor.

Fig. 11, Fig. 12



## H. DE TORNILLO

Las bombas de tornillo son un tipo especial de bombas rotatorias de desplazamiento positivo, en el cual el flujo a través de los elementos de bombeo es verdaderamente axial. El líquido se transporta entre las cuerdas de tornillo de uno o más rotores y se desplaza axialmente a medida que giran engranados. La aplicación de las bombas de tornillo cubren



una gama de mercados diferentes, tales como en la armada, en la marina y en el servicio de aceites combustibles, carga marítima, quemadores industriales de aceite, servicio de lubricación de aceite, procesos químicos, industria de petróleo y del aceite crudo, hidráulica de potencia para la armada y las máquinas - herramientas y muchos otros. La bomba de tornillo puede manejar líquidos en una gama de viscosidad como la melaza hasta la gasolina, así como los líquidos sintéticos en una gama de presiones de 50 a 5.000 lb/pulg<sup>2</sup> y los flujos hasta de 5.000 gpm. Debido a la relativamente baja inercia de sus partes en rotación, las bombas de tornillo son capaces de operar a mayores velocidades que otras bombas rotatorias o alternativas de desplazamiento comparable. Algunas bombas de lubricación de aceite de turbina adjunta operan a 10.000 rpm y aún mayores. Las bombas de tornillo, como otras bombas rotatorias de desplazamiento positivo son de autocebado y tienen una característica de flujo que es esencialmente independiente de la presión.

La bomba de tornillo simple existe sólo en número limitado de configuraciones. La rosca es excéntrica con respecto al eje de rotación y engrana con las roscas internas del estator (alojamiento del rotor o cuerpo). Alternativamente el estator está hecho para balancearse a lo largo de la línea de centros de la bomba. Las bombas de tornillos múltiples se encuentran en una gran variedad de configuraciones y diseños. Todos emplean un rotor conducido engranado con uno o más rotores de sellado. Varios fabricantes cuentan con dos configuraciones básicas disponibles, la construcción de extremo simple o doble, de las cuales la última es la más conocida. Como cualquier otra bomba, hay ciertas ventajas y desventajas en las características de diseño de tornillo. Estos deben de reconocerse al seleccionar la mejor bomba para una aplicación particular. Entre algunas ventajas de este tipo tenemos: Amplia gama de flujos y presiones.

1. Amplia gama de líquidos y viscosidad.
2. Posibilidad de altas velocidades, permitiendo la libertad de seleccionar la unidad motriz.
3. Bajas velocidades internas.
4. Baja vibración mecánica, flujo libre de pulsaciones y operaciones suaves.
5. Diseño sólido y compacto, fácil de instalar y mantener.
6. Alta tolerancia a la contaminación en comparación con otras bombas rotatorias.

Entre algunas desventajas de este tipo tenemos:

1. Costo relativamente alto debido a las cerradas tolerancias y claros de operación.



2. Características de comportamiento sensibles a los cambios de viscosidad.
3. La capacidad para las altas presiones requiere de una gran longitud de los elementos de bombeo.

**Fig. 13**



## **I. DE DIAFRAGMA**

En la bomba de simple diafragma, este es flexible, va sujeto a una cámara poco profunda y se mueve por un mecanismo unido a su centro. Con el mando hidráulica del diafragma, mediante impulsos de presión iniciados en una cámara de fluidos conectada a un lado del diafragma, se consigue el mismo funcionamiento. Por tanto, los tipos principales de bombas de diafragma son:

- 1.- De mando mecánico.
- 2.- De mando hidráulica.

En las últimas, la citada presión pulsatoria deriva normalmente de una bomba de pistón, con lo que se pueden designar como bombas de pistón diafragma.



**Fig. 13**



## **J. DE POZO PROFUNDO**

Cada vez se utilizan más de las bombas para gran profundidad, en lugar de las auto cebado, de desplazamiento positivo para vaciado de fondos y aplicaciones análogas, cuando la bomba puede funcionar sumergida o cuando la interrupción de la descarga es temporal y ocurre solamente cuando las perturbaciones del nivel inferior del líquido son de importancia. Las principales ventajas a este tipo de bombas son:

- 1.-Funcionamiento más fácilmente regulable.
- 2.- Gran capacidad y rendimiento y además, a grandes velocidades.
- 3.-Tolerancia ante los contaminantes en el fluido.
- 4.-Sumamente compacta, tanto en servicio vertical como en horizontal.
- 5.- Funcionamiento silencioso.
- 6.- Amplio campo de elección de un motor apropiado.
- 7.- Facilidad de drenaje automático o de desmontarla (vertical) para inspección o mantenimiento. La primera de estas ventajas puede ser fundamental cuando el fluido es peligroso.

La instalación de una bomba para gran profundidad no deja de presentar problemas. Notablemente por el hecho de que suele suspender de una cubierta superior. A veces



requiere una fijación rígida que la abrace e impida la flexión del tramo vertical colgante, bajo solicitaciones de vaivén.

## V. ALTURA DESARROLLADA POR UNA BOMBA

La h desarrollada por una bomba se determina midiendo la presión en la aspiración y en la salida de la bomba, calculando las velocidades mediante la división del caudal de salida entre las respectivas áreas de las secciones transversales y teniendo en cuenta la diferencia de altura entre la aspiración y la descarga. La altura neta h suministrada por la bomba al fluido es

$$h = H_d - H_{as} = \left( \frac{P_d}{\gamma} + \frac{V_d^2}{2g} + z_d \right) - \left( \frac{P_{as}}{\gamma} + \frac{V_{as}^2}{2g} + z_{as} \right)$$

Donde los subíndices d y as se refieren a la descarga y aspiración de la bomba. Si las tuberías de descarga y aspiración son del mismo tamaño, las componentes de la altura correspondiente a la velocidad se cancelan, sin embargo en general la tubería de entrada es mayor que la de salida.

La normativa de ensayo indica que la altura desarrollada por una bomba es la diferencia entre la carga en la entrada y en la salida. Sin embargo, las condiciones del flujo en la brida de salida son normalmente demasiado irregulares para tomar medidas de presión precisas, y es más seguro medir la presión alejándose de la bomba diez o más veces el diámetro del tubo y añadir una estimación de la pérdida por fricción para esa longitud del tubo.

En la entrada algunas veces existe prerrotación en la zona del tubo cercana a la bomba y esto puede hacer que las lecturas de presión obtenidas con un instrumento de medida sean diferentes a la presión media real en dicha sección.

## VI. RENDIMIENTO DE LAS BOMBAS

Cuando un líquido fluye a través de una bomba, sólo parte de la energía comunicada por el eje del impulsor es transferida al fluido. Existe fricción en los cojinetes y juntas, no todo el líquido que atraviesa la bomba recibe de forma efectiva la acción del impulsor, y existe una pérdida de energía importante debido a la fricción del fluido. Ésta pérdida tiene varias



componentes, incluyendo las pérdidas por choque a la entrada del impulsor, la fricción por el paso del fluido a través del espacio existente entre las palas o álabes y las pérdidas de alturas al salir el fluido del impulsor. El rendimiento de una bomba es bastante sensible a las condiciones bajo las cuales esté operando. El rendimiento de una bomba viene dado por

$$\eta = \frac{\text{potencia suministrada al fluido}}{\text{potencia en el eje (al freno)}} = \frac{\gamma Q h}{T \omega}$$

Donde, Q y h se definen de forma habitual; T es el par ejercido por el motor sobre el eje de la bomba y  $\omega$  el régimen de giro del eje en radianes por segundos.

## VII. CAVITACIÓN EN LAS BOMBAS

Un factor importante para el funcionamiento satisfactorio de una bomba es evitar la cavitación, tanto para obtener un buen rendimiento como para evitar daños en el impulsor. Cuando un líquido pasa por el impulsor de una bomba, se produce un cambio de presión. Si la presión absoluta de un líquido cae por debajo de su presión de vapor, se producirá cavitación. Las zonas de vaporización obstruyen el flujo limitando la capacidad de la bomba. Cuando el fluido avanza a una zona de mayor presión, las burbujas colapsan y su implosión puede producir un picado del impulsor la cavitación suele producirse con mas frecuencia cerca de la salida (periferia) de los impulsores de flujo radial y mixto, donde se alcanzan las velocidades mayores. También puede aparecer en la aspiración del impulsor, donde las presiones son menores. En el caso de las bombas de flujo axial, la parte mas vulnerable a la cavitación es el extremo de los álabes.

Para las bombas se define el parámetro de cavitación como

$$\sigma = \frac{\frac{(P_{as})_{abs}}{\gamma} + \frac{V_{as}^2}{2g} - \frac{P_b}{\gamma}}{h} = \frac{NPSH}{h}$$

para evitar que se produzca cavitación, la bomba debe funcionar de manera que  $\sigma$  sea mayor que  $\sigma_c$ . Esto puede conseguirse seleccionando el tipo, tamaño de bomba y la velocidad de funcionamiento adecuados, y situando la bomba en el punto y a la elevación correcta dentro del sistema.

La expresión para  $\sigma_c$  indica que  $\sigma_c$  tenderá a ser pequeño (por lo que existirá la posibilidad de cavitación) en las siguientes situaciones: a) grandes alturas de bombeo; b) presión atmosférica; c) grandes valores de  $z_e$ , es decir, cuando la bomba se encuentra a una



elevación relativamente grande comparada con la elevación de la superficie del agua del depósito; e) valores grandes de presión de vapor, es decir, altas temperaturas y/o bombeo de líquidos muy volátiles como gasolina.

La cavitación ocurre cuando la presión absoluta dentro de un impulsor cae por debajo de la presión del vapor del líquido y se forman burbujas de vapor. Estos se contraen más adelante en los álabes del impulsor cuando llegan a una región de dispersión más alta. La (MPS)<sub>r</sub> mínima para una capacidad y velocidad dadas se define como la diferencia entre la carga absoluta de succión y la presión de vapor del líquido bombeado a la temperatura de bombeo y que es necesario para evitar la cavitación.

La cavitación de la bomba se nota cuando hay uno o más de las siguientes señales: ruido, vibración, caída en la curva de capacidad de carga y eficiencia, con el paso del tiempo, por los daños en el impulsor por picaduras y erosión. Como todas estas señales son inexactas, se hizo necesario aplicar ciertas reglas básicas para establecer cierta uniformidad en la detección de la cavitación.

### **VIII. EFECTO DE LA VISCOSIDAD:**

Las bombas centrífugas también se utilizan para bombear líquidos con viscosidades diferentes a las del agua. Al aumentar la viscosidad, la curva altura caudal se hace más vertical y que la potencia requerida aumenta. La línea discontinua indica los puntos de máximos rendimiento para cada curva. Se observa que tanto la altura como el caudal disminuyen en el punto de máximo rendimiento.

Dos de las principales pérdidas en una bomba centrífuga son por fricción con el fluido y fricción con el disco. Estas pérdidas varían con la viscosidad del líquido de manera que la carga – capacidad de salida, así como de la toma mecánica difiere de los valores que se obtienen cuando se maneja agua.

Es necesario, sin embargo, conocer las tres unidades diferentes que pueden encontrarse para describir la viscosidad de un líquido en especial:

1. Segundos Saybolt Universal, o SSU
2. Centistokes – que define la viscosidad cinemática.
3. Centiposes – que definen la viscosidad absoluta.



Se han hecho muchas pruebas experimentales para determinar el efecto de la viscosidad del líquido en el funcionamiento de diversas bombas centrífugas. Aun con datos muy extensos sobre el efecto de la viscosidad.

Es difícil predecir con precisión el funcionamiento de una bomba cuando maneje un fluido viscoso de su comportamiento cuando emplea agua fría.

Cuando se aplican bombas ordinarias de agua fría para usarse en el bombeo de líquidos viscosos, se debe tener cuidado para asegurarse de que el diseño de la flecha es lo bastante fuerte para la potencia necesaria, que puede ser un considerable esfuerzo en los caballos de fuerza al freno para agua fría, aunque pueda ser el peso específico del líquido menor que el del agua.



**IX. FORMULARIO A CONSIDERAR PARA ADQUIRIR UNA BOMBA CENTRÍFUGA**

| CARACTERISTICAS DEL EQUIPO / OBSERVACIONES        |            |             |                |
|---|------------|-------------|----------------|
| Aplicación  | –          | –           | –              |
| Altura sobre nivel mar                            | (m.s.n.m.) | –           | –              |
| CARACTERISTICAS DEL LIQUIDO / OBSERVACIONES       |            |             |                |
| Tipo de Líquido                                   | –          | –           | –              |
| Agentes Corrosivos                                | –          | –           | –              |
| Concentración                                     | –          | –           | –              |
| Viscosidad  | –          | –           | –              |
| Gravedad específica líquido                       | –          | –           | –              |
| pH del líquido                                    | –          | –           | –              |
| Temperatura líquido °C                            | –          | –           | –              |
| ¿Hay sólidos presentes?                           | Si / No:   | Porcentaje: | Granulometría: |
| CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION / OBSERVACIONES |            |             |                |
| ø int. tubo / modif. (si/no)                      | –          | –           | –              |
| Energía eléct. Volts / Hz                         | –          | –           | –              |
| Bomba actual / rpm                                | –          | –           | –              |
| Motor actual Hp / rpm                             | –          | –           | –              |

**AUTOMATIZACION DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.**

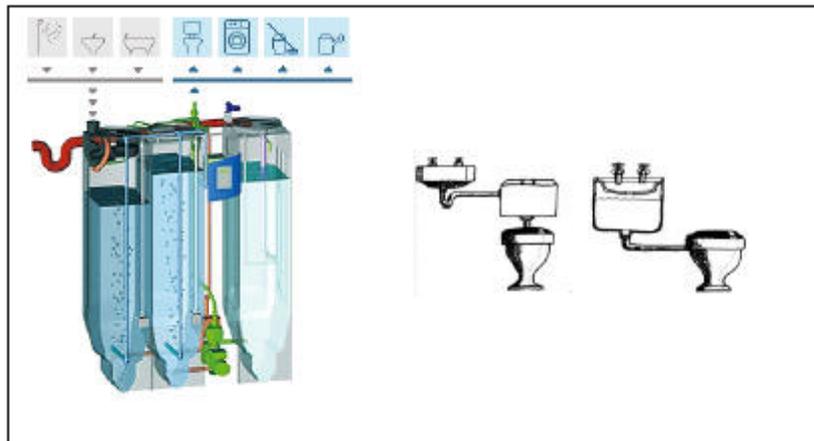


| CARACTERISTICAS DE OPERACION / OBSERVACIONES |   |       |   |
|--|---|-------|---|
| Caudal Q (m <sup>3</sup> /hora)              |   |       |   |
| 1) <u>Volumen</u> (m <sup>3</sup> )          | - | -     | - |
| 2) <u>Tiempo</u> (minutos)                   | - | -     | - |
| 3) P descarga (PSI)                          | - | -     | - |
| 4) L tubería [m] / ø" int.tub.               | - | -     | - |
| 5) N° codos / válv. descarg.                 | - | -     | - |
| 6) N° codos / válv. succión                  | - | -     | - |
| EQUIPO SELECCIONADO / OBSERVACIONES          |   |       |   |
| Bomba  | - | -     | - |
| ø impulsor [mm]                              | - | -     | - |
| rpm bomba                                    | - | -     | - |
| Eficacia %                                   | - | -     | - |
| Potencia al eje (KW)                         | - | -     | - |
| Material de carcasa                          | - | -     | - |
| Material del Impulsor                        | - | -     | - |
| Material del Eje                             | - | -     | - |
| Modelo de Sello / caras                      | - | -     | - |
| Presión máx. trabajo                         | - | [psi] | - |
| Motor requerido [KW]                         | - | [KW]  | - |



## X. TÉCNICAS DE DEPURACIÓN

La reutilización de aguas grises se plantea teniendo en cuenta la conocidas premisas desarrolladas por el Ecologismo de que "el mejor residuo es el que no se produce" o el que es eliminado " in situ".



En la actualidad, a los sistemas de alcantarillado se les dota de estaciones de depuración aerobia de aguas residuales (EDAR), con el objeto de evitar la contaminación ambiental y poder reutilizar las aguas residuales, pero esta solución, no deberían considerarse como la única opción posible. La separación en origen, de las aguas grises de las negras y el tratamiento, también en origen, de las mismas, pueden contribuir también, a resolver los problemas ambientales causados por las aguas residuales.

### A. TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de aguas residuales (o agua residual, doméstica o industrial, etc.) incorpora procesos físicos químicos y biológicos, los cuales tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos introducidos por el uso humano cotidiano del agua. El objetivo del tratamiento es producir agua ya limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente, y un residuo sólido o fango también convenientes para los futuros propósitos o recursos.

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Esto puede ser tratado dentro del sitio en el cual es generado (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o recogido y llevado mediante una red de tuberías y eventualmente bombas a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para



colectar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetos a regulaciones y estándares locales, estatales y federales (regulaciones y controles). Recursos industriales de aguas residuales, a menudo requieren procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales es alcanzado por la separación física inicial de sólidos de la corriente de aguas domésticas o industriales, seguido por la conversión progresiva de materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida, el agua tratada puede experimentar una desinfección adicional mediante procesos físicos o químicos. Este efluente final puede ser descargado o reintroducidos de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial o subsuelo) etc. Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.



Generalmente al construir se piensa poco en la disposición de las aguas residuales, por este motivo se suele recurrir a referencias de última página en los manuales de construcción o se enfrenta uno a una variedad de recetas y métodos en los que no existe una verdadera comprensión de los procesos que se promueven y que se presentan como soluciones infalibles. Por otra parte algunos sistemas bien diseñados para condiciones específicas medioambientales no se adaptan a otras condiciones o son interpretados y adaptados de manera poco escrupulosa. Un ejemplo claro de esta situación es el de las fosas sépticas.

Es importante comprender que el sistema de tratamiento más adecuado debe ser el que considere las condiciones específicas del medio ambiente e incluso de las culturales. La instalación de los sistemas de tratamiento no solo debe contemplar eficacia en sí de la depuración, sino también debe analizar la relación de los elementos circundantes, las



necesidades particulares, el costo, el mantenimiento, el rehúso, y la utilización o disposición de los subproductos de la depuración.

## **B. APROVECHAMIENTO DIRECTO.**

Una de las maneras en que pueden ser utilizadas las aguas grises requiere el concurso de instalaciones de aprovechamiento directo o descentralizado. Dichas instalaciones conectan entre si diferentes puntos de producción con los puntos de consumo. Gracias a estas instalaciones es posible reducir los primeros tramos de desagüe de las redes de saneamiento edificatorio, así como de conseguir los pertinentes ahorros en abonos en jardinería, recursos hídricos y energéticos.

En las soluciones de aprovechamiento directo que se ofrecen a continuación, es posible encontrar combinaciones entre fregaderos, lavamanos e inodoros y urinarios.

Como se insiste, tanto o más importante, es conseguir gracias al empleo de estas instalaciones, una simplificación de los trazados de las redes como el consiguiente ahorro de materias y recursos.

Los sistemas de aprovechamiento directo, tienden a ofrecer recursos necesarios cuando así lo exige la demanda puntual en cada momento, ello conlleva la necesidad de diseñar sistemas con grados de complejidad determinados por el nivel de optimización requerido.

## **C. OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DIRECTO.**

Los objetivos prioritarios con los que se plantean estos sistemas son los siguientes:

- Todas las aguas grises deben recircularse hacia inodoros y urinarios.
- Las conexiones en origen y destino deben realizarse, en principio, en el mismo local o en dependencias muy próximas.

De lo expuesto se deduce que son los cuartos de baños, los lugares donde deben organizarse las instalaciones de estos sistemas.



A los sistemas de aprovechamiento directo, a fin de optimizar su funcionamiento, se les debe dotar de capacidad de retención.

Cuanto mayor sea esa capacidad, mayor será la disponibilidad para atender importantes demandas puntuales

#### **D. TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS URBANAS**

- Pre tratamientos. Busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos tales como rejillas, tamices, desarenadores y desengrasadores.
- Tratamiento primario o tratamiento físico-químico: busca reducir la materia suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química —poco utilizada en la práctica, salvo aplicaciones especiales, por su alto coste.
- Tratamiento secundario o tratamiento biológico: se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos físico-químicos. Suele aplicarse tras los anteriores. Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica —en sus diversas variantes de fangos activados, lechos de partículas, lagunas de oxidación y otros sistemas— o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen fangos en mayor o menor medida que, a su vez, deben ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final.
- Tratamiento terciario, de carácter físico-químico o biológico: desde el punto de vista conceptual no aplica técnicas diferentes que los tratamientos primarios o secundarios, sino que utiliza técnicas de ambos tipos destinadas a pulir o afinar el vertido final, mejorando alguna de sus características. Si se emplea intensivamente pueden lograr hacer el agua de nuevo apta para el abastecimiento de necesidades agrícolas, industriales, e incluso para potabilización (reciclaje de efluentes).



## **E. SISTEMAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO**

Los objetivos del tratamiento biológico son tres: (1°) reducir el contenido en materia orgánica de las aguas, (2°) reducir su contenido en nutrientes, y (3°) eliminar los patógenos y parásitos. Estos objetivos se logran por medio de procesos aeróbicos y anaeróbicos, en los cuales la materia orgánica es metabolizada por diferentes cepas bacterianas.

## **F. ESTANQUES DE LODOS ACTIVOS**

El tratamiento se proporciona mediante difusión de aire por medios mecánicos en el interior de tanques. Durante el tratamiento los microorganismos forman floculos que, posteriormente, se dejan sedimentar en un tanque, denominado tanque de clarificación. El sistema básico comprende, pues, un tanque de aireación y un tanque de clarificación por los que se hace pasar los lodos varias veces.

Los dos objetivos principales del sistema de lodos activados son (1°) la oxidación de la materia biodegradable en el tanque de aireación y (2°) la floculación que permite la separación de la biomasa nueva del efluente tratado. Este sistema permite una remoción de hasta un 90% de la carga orgánica pero tiene algunas desventajas: en primer lugar requiere de instalaciones costosas y la instalación de equipos electromecánicos que consumen un alto costo energético. Por otra parte produce un mayor volumen de lodos que requieren de un tratamiento posterior por medio de reactores anaeróbicos y/o su disposición en rellenos sanitarios bien instalados.

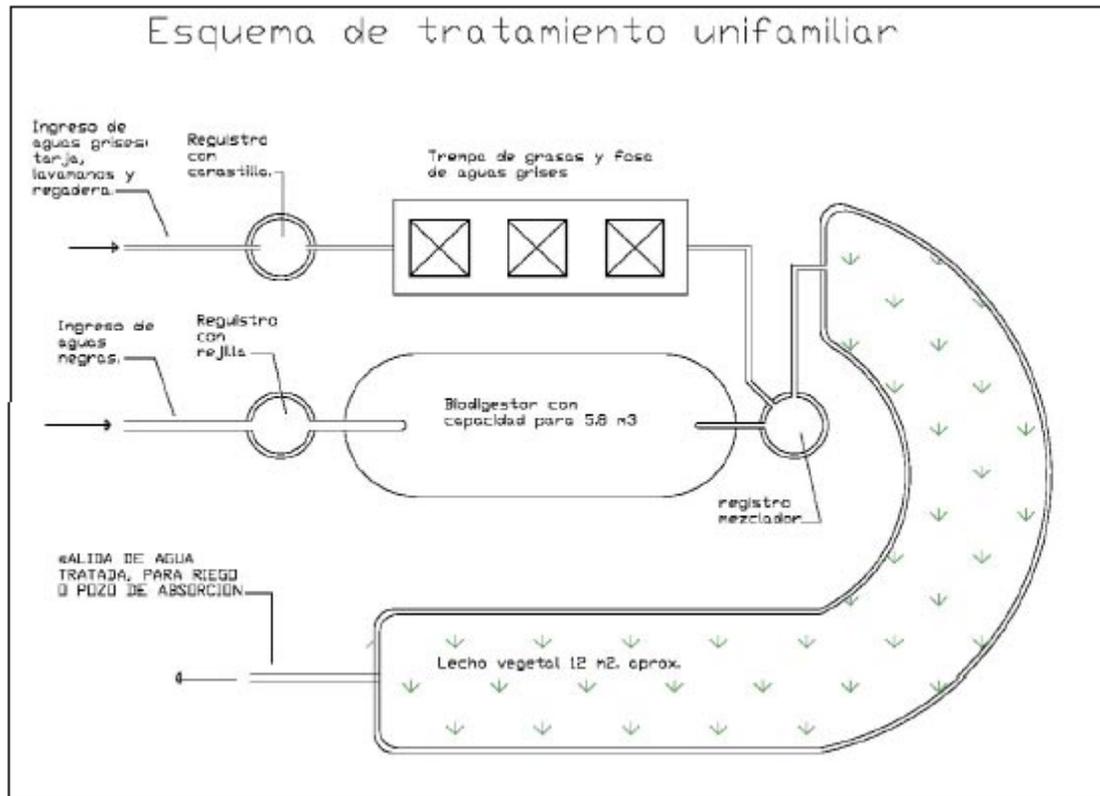
## **G. TRATAMIENTO ANAEROBIO**

Consiste en una serie de procesos microbiológicos, dentro de un recipiente hermético, dirigidos a la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Es un proceso en el que pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos pero que está dirigido principalmente por bacterias. Presenta una serie de ventajas frente a la digestión aerobia: generalmente requiere de instalaciones menos costosas, no hay necesidad de suministrar oxígeno por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético es menor. Por otra parte se produce una menor cantidad de lodo (el 20% en comparación con un sistema de lodos activos), y además este último se puede disponer como abono y mejorador de suelos. Además es posible producir un gas útil.

Para el tratamiento anaerobio a gran escala se utilizan rectores de flujo ascendente o U.S.B. (Por sus siglas en ingles) con un pulimento aerobio en base de filtros percoladores y humedales.



Fig. 15



AUTOMATIZACION DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.



## **XI. FILTRACIÓN**

La filtración de arena remueve gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración remueve las toxinas residuales

### **B. FILTROS DE DESBASTE**

Los filtros de desbaste son utilizados para tratar particularmente cargas orgánicas fuertes o variables, típicamente industriales, para permitirles ser tratados por procesos de tratamiento secundario. Son filtros típicamente altos, filtros circulares llenados con un filtro abierto sintético en el cual las aguas residuales son aplicadas en una cantidad relativamente alta. El diseño de los filtros permite una alta descarga hidráulica y un alto flujo de aire. En instalaciones más grandes, el aire es forzado a través del medio usando sopladores. El líquido resultante está usualmente con el rango normal para los procesos convencionales de tratamiento.

### **C. FILTROS AIREADOS BIOLÓGICOS**

Filtros aireados (o anóxicos) biológicos (BAF) combinan la filtración con reducción biológica de carbono, nitrificación o desnitrificación. BAF incluye usualmente un reactor lleno de medios de un filtro. Los medios están en la suspensión o apoyados por una capa en el pie del filtro. El propósito doble de este medio es soportar altamente la biomasa activa que se une a él y a los sólidos suspendidos del filtro. La reducción del carbón y la conversión del amoníaco ocurre en medio aerobio y alguna vez alcanzado en un sólo reactor mientras la conversión del nitrato ocurre en una manera anóxica. BAF es también operado en flujo alto o flujo bajo dependiendo del diseño especificado por el fabricante.

### **D. FILTRACIÓN DOMÉSTICA**

#### **E. FILTRO AUTOLIMPIANTE**

Filtro autolimpiante manual para la eliminación de arenillas y materia en suspensión, de tamaño superior a 80 micras.

- Cabezal construido en latón.
- Vaso transparente en Trogramid-T.
- Conexión en línea para instalación en tuberías horizontales.
- Presión de rotura 35 bar.
- Temperatura de trabajo 0 °C a 40 °C.
- Eficacia filtración 90 µm.



- Caudal de 3,2 a 8 m<sup>3</sup>/h
- Sistema de limpieza de accionamiento manual por barrido de la superficie del cartucho e inversión del flujo de agua
- Presión máxima de trabajo 10 bar

**Fig.16**



#### **F. FILTRO 125 BIOLAN PARA AGUAS GRISES**

El filtro 125 de Biolan para aguas grises es una pequeña planta de purificación para el tratamiento de aguas grises. El filtro para aguas grises limpia las aguas resultantes de lavado, sauna, lavavajillas y lavadoras de un edificio. Toda el agua residual de un lavabo se puede recoger, por ejemplo, en un depósito cerrado independiente.

El filtro 125 para aguas grises, equipado con un cable calentador o instalado en un espacio calefactado, es adecuado para utilizarlo todo. **aguas grises**

**Fig. 18**





## **G. FILTRO DE ARENA WABE DE LIMPIEZA CONTÍNUA.**

El filtro de arena WABE es un avance muy importante en la tecnología del filtrado para procesos generales de aguas residuales y tratamiento de agua potable.

Sus características únicas son la capacidad de limpiar continuamente mientras mantiene una capa de arena graduada por donde el agua pasa a través de arena progresivamente mas fina según fluye de la entrada a la salida.

### **a) Aplicaciones**

- Filtración de aguas residuales
- Filtración de aguas de refrigeración
- Filtración de aguas de proceso
- Filtración de agua dulce
- Filtración de agua subterráneas

### **b) Características técnicas y de ingeniería**

- No contiene partes móviles
- Formato compacto
- Fácil de instalar
- Proporciona una solución fiable y consistente
- No requiere bombas de lavado trasero ni tanques asociados
- Fregado y sopladores del aire no requeridos
- Puede funcionar por alimentación gravitatoria

El filtro de arena WABE de limpieza continua combina los beneficios de la filtración continua, la filtración multimedia y la construcción modular.

### **c) Beneficios de la filtración continua con filtros de arena WABE**

- Se consigue una filtración mas sutil
- Maneja cargas de alimentación variables y elevadas
- La capa de arena se gradúa y limpia continuamente
- Las partículas capturadas son liberadas de la arena por la acción del levantamiento del aire

### **d) Características del proceso**

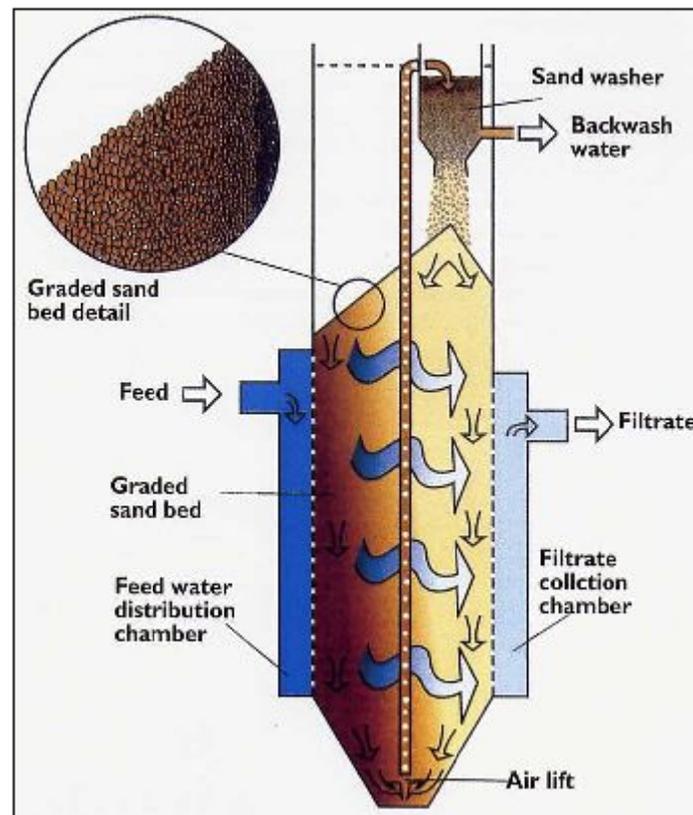
- Funcionamiento continuo
- Permanece conectado durante el lavado trasero
- Requiere un volumen de agua de lavado trasero significativamente menor
- Formación de escamas (“caking”) y acanalamiento (“channeling”) no pueden ocurrir



e) **Beneficios económicos**

- Reducción de los costes de funcionamiento
- Poca necesidad de mantenimiento
- No se requieren unidades de repuesto
- Se consigue calidad

**Fig. 19**



El filtro de arena WABE consta de un tanque rectangular con un cono en el fondo, una cámara de distribución del agua entrante, una cámara de recolección del filtrado, una bomba de levantamiento de aire y una lavadora de arena.



## XII. PLC.

El término PLC proviene de las siglas en inglés para Programmable Logic Controller, que traducido al español se entiende como “Controlador Lógico Programable”. Se trata de un equipo electrónico, que, tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación.

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los preaccionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo.

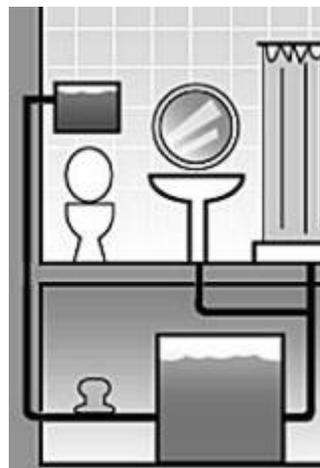


Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLCs, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

### XIII. BENEFICIOS

Reutilizar las “aguas grises” generadas en nuestros hogares se corresponde a una nueva forma de pensar en el agua, en lugar de tener un agua residual pasamos a obtener una fuente de recursos hídricos. Si reutilizamos las aguas grises, protegemos las reservas de aguas subterráneas, reducimos la carga de las aguas residuales y conseguimos una disminución importante en el gasto de agua potable.

Los sistemas de reutilización de aguas grises pueden conseguir el ahorro de entre un 30% y un 45% de agua potable.



Consumo de agua SIN sistema de reutilización de aguas grises en un año

Una persona                      Familia 4 personas

54.750 litros                      219.000 litros

Consumo de agua CON sistema de reutilización de aguas grises en un año

Una persona                      Familia 4 personas



27.375 litros

109.500 litros

#### A. VENTAJAS E INCONVENIENTES

Los **beneficios** de la reutilización de las aguas grises incluyen un menor uso de las aguas frescas, un menor caudal a las fosas sépticas o plantas de tratamiento, una purificación altamente efectiva, una solución para aquellos lugares en donde no puede utilizarse otro tipo de tratamiento, un menor uso de energía y químicas por bombeo y tratamiento, la posibilidad de sembrar plantas donde no hay otro tipo de agua, o la recuperación de nutrientes que se pierden.

Ahora bien, los sistemas de reutilización de aguas no pueden utilizarse en cualquier lugar, puesto que es necesario un espacio suficiente que permita desarrollar el proceso del tratamiento del agua y que reúna las condiciones climáticas adecuadas. Hay que tener en cuenta que aunque las aguas grises normalmente no son tan peligrosas para la salud o el medio ambiente como las **aguas negras**, provenientes de los retretes, poseen cantidades significativas de nutrientes, materia orgánica y bacterias, por lo que si no se realiza un tratamiento eficaz previo a su descarga o reutilización, causan efectos nocivos a la salud, contaminación del medio y mal olor.

#### XIV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ahora bien ¿Cuál es el problema?. Nuestro problema principal es el desperdicio del agua que se realiza en una casa habitación.

¿En donde ocurre este desperdicio?. Principalmente el desperdicio ocurre en el baño, cuando tomamos una ducha o cuando nos lavamos las manos y dientes; inclusive cuando se lavan los trastos o la ropa:

Se estima que el consumo de agua que puede ocuparse en un año es el siguiente de acuerdo a las personas que habiten la vivienda.

Una persona

Familia 4 personas

54.750 litros

219.000 litros

¿Cómo es posible resolverlo?. Para atacar este problema y reducir el consumo de este vital líquido, se pretende atacar el problema con un sistema de reutilización de aguas grises. El cual mas que nada consiste en recolectar todo el fluido que se desecha en regadera, lavamanos, fregaderos e inclusive lavadoras; para después depurarlo y reutilizarlo en el WC lugar donde ocupamos demasiada agua potable.





## XV. SOLUCION DEL PROBLEMA

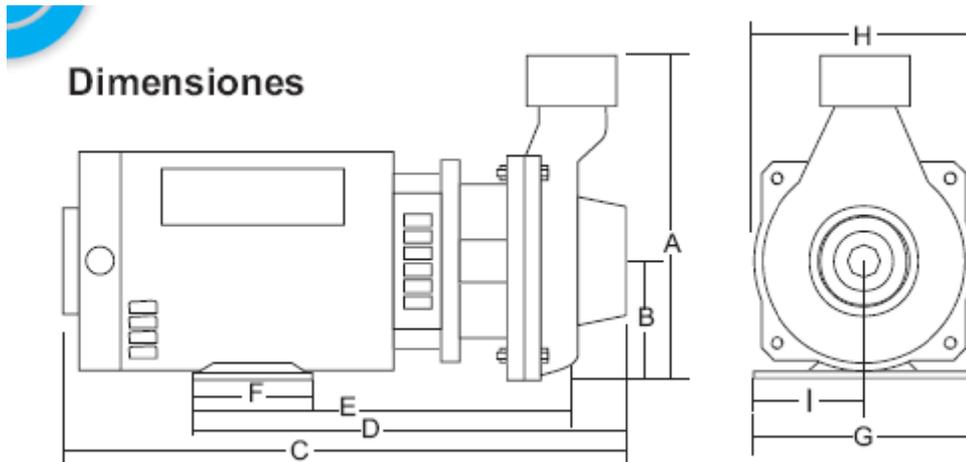
Como se a dicho anteriormente lograremos utilizar el agua tratada, para ser utilizada en el wc, el agua tratada también puede ser usada para el riego del jardín o la limpieza de los exteriores. En donde también proponemos utilizar tecnología como son los PLC'S para automatizar nuestro proyecto.

### **Selección de bomba a utilizar.**

Bombas centrifugas se ocuparan dos bombas de 1hp, esta selección fue hecha porque la bomba centrifuga además de un bajo costo y sus características que posee se adecua para la implementación de este proyecto.

Los datos de la bomba a utilizar son los siguientes:

- Marca: Evans
- Modelo: 4102MEAS
- Potencia: 1 HP
- Motor eléctrico de 2 polos
- Voltaje: Monofásico 127/220v
- Succión: 2"
- Descarga: 1 1/2"
- Material: Cuerpo hierro gris, impulsor hierro gris ASTM-48
- Carga dinámica: 30 metros
- Flecha: Acero al carbón AISI-C1045
- Sello mecánico: Cerámica y carbono.
- Peso: 25Kg.
- Con un lpc (corriente a plena carga)=9amp.



| Datos electricos y dimensiones |          |                       |      |           |             |           |         |                            |   |    |    |    |    |    |    |   |
|--------------------------------|----------|-----------------------|------|-----------|-------------|-----------|---------|----------------------------|---|----|----|----|----|----|----|---|
| Tipo de bomba                  | HP Motor | Factor servicio Motor | Fase | Volts     | NEMA Amazon | Des-carga | Succion | Dimensiones en centimetros |   |    |    |    |    |    |    |   |
|                                |          |                       |      |           |             |           |         | A                          | B | C  | D  | E  | F  | G  | H  | I |
| 4-100                          | 1.0      | 1.15                  | 3    | 220 - 440 | 143         | 1 1/2"    | 2"      | 25                         | 8 | 35 | 30 | 23 | 10 | 16 | 16 | 8 |

### Selección del filtro.

- Marca: Wabe
- Modelo: 3K 3000
- El filtro que nosotros seleccionamos es el tipo de filtro WABE lo seleccionamos para nuestro proyecto por la capacidad de limpiar continuamente mientras mantiene una capa de arena que es por donde pasa el agua a través de arena progresivamente mas fina.
- Dentro de sus ventajas con los otros tipos de filtros tenemos que no contiene partes móviles, tiene un formato compacto fácil de instalar, proporciona una solución fiable en este caso el agua que nosotros necesitamos para nuestro proyecto.

### Selección de la tubería.

- Marca:



- Material: Polipropileno
- Para la succión la tubería el diámetro de 2”
- Para la descarga que en este caso sería el traslado de nuestra agua gris será de 1 ½”

Este punto es muy delicado ya que es fundamental para nuestro proyecto la selección de la tubería ya que debido a la corrosión que puede sufrir esta debido a la sustancia a transportar.

Se selecciono un material de plástico llamado (polipropileno) este tipo de material es muy resistente a la corrosión ya que es a lo que va estar expuesto gradualmente, este tipo de tubería es mucho más grueso que el tubo normal para este tipo de instalación.

La gran ventaja de este es que debido al espesor que tiene su vida útil es muy grande, comparada con la tubería normal lo único es que es mucho más caro que el normal pero a largo plazo se ve reflejado esto en un mejor funcionamiento sin corrosión, sin que se tape la tubería debido a esta corrosión y a demás que el agua que nosotros vamos a transportar este completamente limpia libre de oxido.

- Durabilidad
- Alta resistencia ala abrasión y a la corrosión
- Rechaza las incrustaciones de sarro
- Garantía de calidad por 50 años
- Máxima resistencia a la presión
- Máxima resistencia a la temperatura
- Excelente relación costo-beneficio
- Menor pérdida de carga por rozamiento
- Pureza en le traslado de sustancias

Una de las ventajas de estos tubos es su **fácil colocación**, reduciendo el tiempo de la mano de obra. Lo más notable de este tipo de tuberías es su forma de soldadura, producida por medio de la **fusión**, que hace que el conducto se convierta en una única pieza, sin juntas, que siempre son más inestables.

Para su instalación, primero se realiza un corte limpio en el tubo, señalando en su extremo el lugar donde hay que realizar la unión. A continuación se calienta con el equipo de soldadura junto con la pieza a la que se quiere ensamblar. Cuando las partes han adquirido la temperatura adecuada, se retiran rápidamente y se unen, manteniéndolas juntas durante unos minutos.



Durante esta parte del proceso hay que tener especial cuidado para no introducir el tubo más allá de la señal marcada, porque puede dar lugar a deformaciones. Por otro parte, es importante **no girar las piezas** ya que la soldadura no se producirá correctamente. Una vez realizada la unión, ésta es **irreversible**, proporcionando una alta seguridad.



En este caso el espesor de nuestra tubería depende en gran medida de la bomba por lo que para este proyecto necesitamos por las características de la bomba lo siguiente:

- Para la succión la tubería de de ser de 2”
- Para la descarga que en este caso sería el traslado de nuestra agua gris será de 1 ½”

**Nota:** Para este punto no se puede decir cuantos metros de tubería necesitamos, porque eso depende en gran medida de donde va a estar nuestra instalación.

#### **Protección para la bomba y conductores.**

- a) Protección para bomba termo magnéticos

$$I=2.5I_{pc}$$

Donde  $I_{pc}$ = Corriente a plena carga 9

$$I=2.5(9)= 22.5\text{Amp.}$$

**Interruptor termo magnético= 30Amp.**

- b) Calculo del alimentador de la bomba

$$I=1.25I_{pc}$$

$$I=1.25(9)= 11.25\text{Amp.}$$

**Calibre por calculo # 14**

**Calibre del conductor por norma para motores# 12**



c) Calculo del fusible para la bomba

$$I=1.15I_{pc}$$

$$I= 1.15(9)= 10.35 \text{ Amp.}$$

**15 amp.**

d) Calculo del alimentador general

$$I=1.25I_{pc}+\sum I_{pc}$$

$$I=1.25(9)+(9)$$

$$I=20.25 \text{ Amp.}$$

**Calibre del alimentador general del # 10**

e) Calculo de la protección del alimentador

$$I=2.5I_{pc}+\sum I_{pc}$$

$$I=2.5(9)+(9)$$

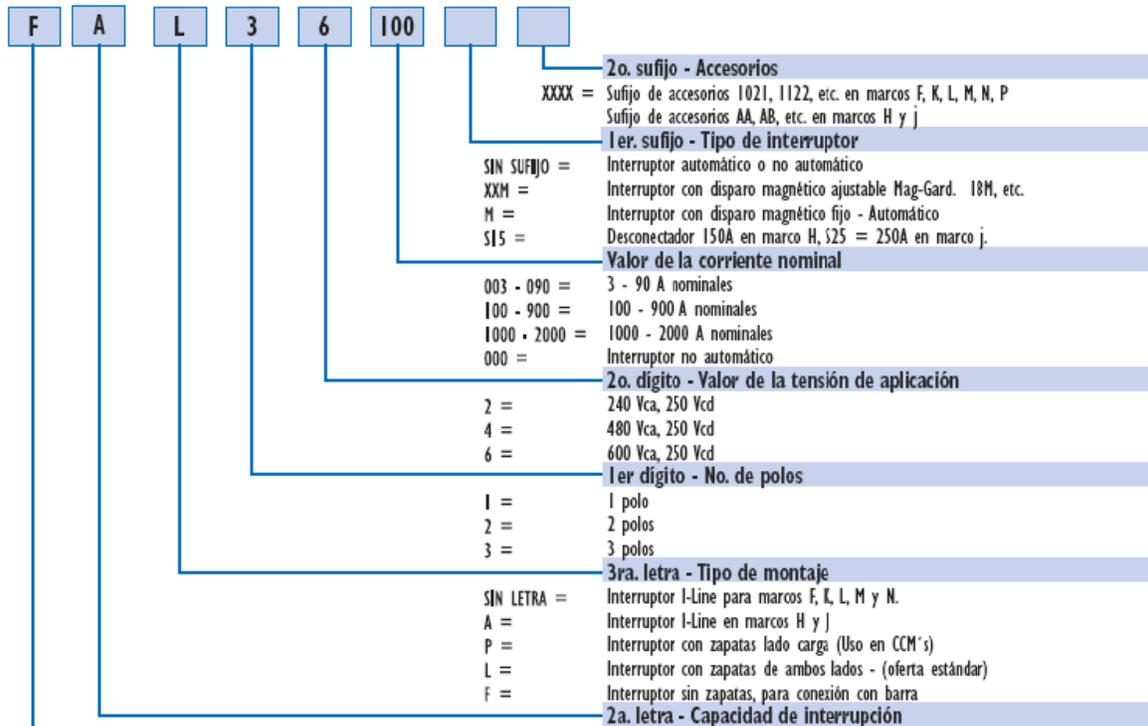
$$I=31.5 \text{ Amp.}$$

**Proteccion del alimentador 35Amp.**



## Lógica del número de catálogo

### Lógica del número de catálogo para interruptores termomagnéticos



| Tensión de aplicación | Capacidad de interrupción en kA simétricos (3P) |    |    |     |                |    |    |     |                |    |    |     |                |    |    |     |     |
|-----------------------|---|----|----|-----|----------------|----|----|-----|----------------|----|----|-----|----------------|----|----|-----|-----|
|                       | Marco F - 100A                                  |    |    |     | Marco H - 150A |    |    |     | Marco K - 225A |    |    |     | Marco J - 250A |    |    |     |     |
| A (240V c.a.)         | A   | H  | C  | I   | D              | G  | J  | L   | A              | H  | C  | I   | D              | G  | J  | L   |     |
| 240V c.a.             | 10  | 25 | 65 | 100 | 200            | 25 | 65 | 100 | 125            | 42 | 65 | 100 | 200            | 25 | 65 | 100 | 125 |
| 480V c.a.             |   | 18 | 25 | 65  | 200            | 18 | 35 | 65  | 100            | 25 | 35 | 65  | 200            | 18 | 35 | 65  | 100 |

| Tensión de aplicación | Capacidad de interrupción en kA simétricos (3P) |    |     |     |                 |    |                 |     |                 |     |     |  |
|-----------------------|---|----|-----|-----|-----------------|----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----|--|
|                       | Marco L - 400A / 600A                           |    |     |     | Marco M - 1000A |    | Marco N - 1200A |     | Marco P - 2500A |     |     |  |
| A                     | H   | C  | I   | A   | H               | A  | C               | A   | H               | C   | I   |  |
| 240V c.a.             | 42  | 65 | 100 | 200 | 42              | 65 | 100             | 125 | 65              | 125 | 125 |  |
| 480V c.a.             | 30  | 35 | 65  | 200 | 30              | 65 | 50              | 100 | 50              | 100 | 100 |  |

Para otras tensiones y mayor detalle, verificar la tabla de la hoja siguiente.

| 1ra. letra - Tamaño del marco |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| F =                           | Marco 100 A     |
| H =                           | Marco 150 A     |
| K =                           | Marco 225 A     |
| J =                           | Marco 250 A     |
| L =                           | Marco 400/600 A |
| M =                           | Marco 1000 A    |
| N =                           | Marco 1200 A    |
| P =                           | Marco 2500 A    |

AUTOMATIZACION DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.



### **Tinaco de almacenamiento.**

Para implementar nuestro proyecto se deben contar con dos tanques de almacenamiento uno para agua limpia y otro para agua tratada o agua gris se selecciono para este propósito un Rotoplas de 1100L ya que nuestros cálculos este tipo rotoplas es para una familia mediana de 4 a 6 personas . La selección de este tipo de almacenamiento fue por las siguientes ventajas:

- Con plásticos AB Antibacterias.
- Tapa Click con cierre perfecto.
- Con filtro que impide el paso de arena y sedimentos.
- Tricapa con una capa extra color beige que le da mayor resistencia.
- Equipado con los mejores accesorios.
- Capa interior blanca que permite ver la claridad del agua.

### **Cisterna de almacenamiento.**

Para poder implementar nuestro proyecto es necesario una cisterna de almacenamiento que en este caso debe de estar dividida en dos partes:

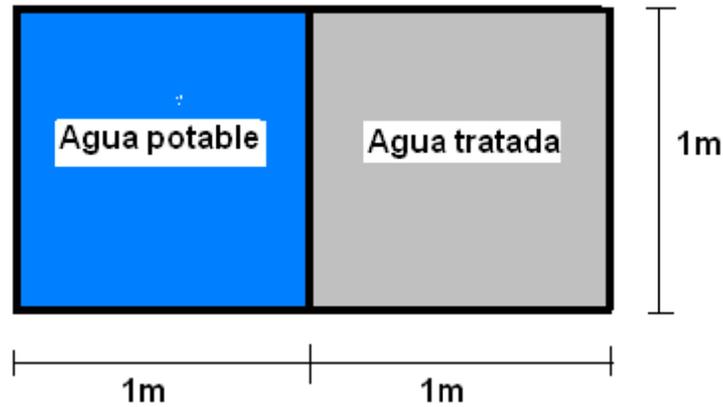
- Almacenamiento de agua potable
- Almacenamiento de agua tratada.

El tamaño que debe de tener nuestra cisterna es de  $1\text{m}^3$  por lado para la implementación del proyecto.

Una familia de 4 personas al año sin la implementación de este proyecto gasta 219000 litros de agua, por lo que por mes gasta 18250 litros, por semana gastaría 4562 litros, y por día gastaría 652 litros.

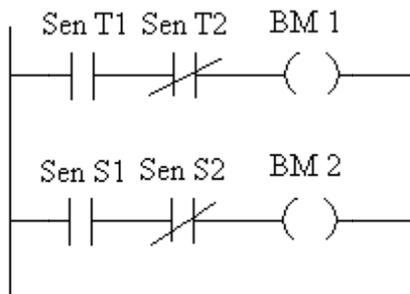


Con base en esta estadística podemos seleccionar una cisterna de almacenamiento de 1000 litros, que estaría un poco sobrada, porque este cálculo está realizado sin la implementación del proyecto, con la implementación del proyecto sería una cisterna de  $1/2\text{m}^3$ , pero este margen que tenemos de un 50% es para prever la falta de agua.



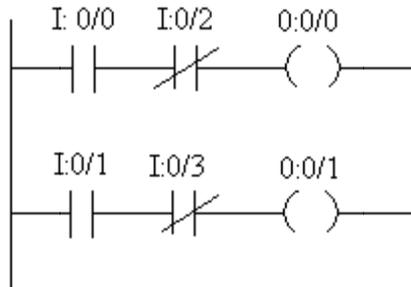
### PLC

Nuestro PLC es el modelo Allen Bradley SLC 500, por medio de este vamos a controlar las bombas para que los tinacos de almacenamiento estén siempre llenos. El nivel de los tinacos se va a controlar por medio de flotadores, por lo que no es necesario utilizar ningún otro dispositivo. El programa para nuestro proyecto es el siguiente:



Simbología normal

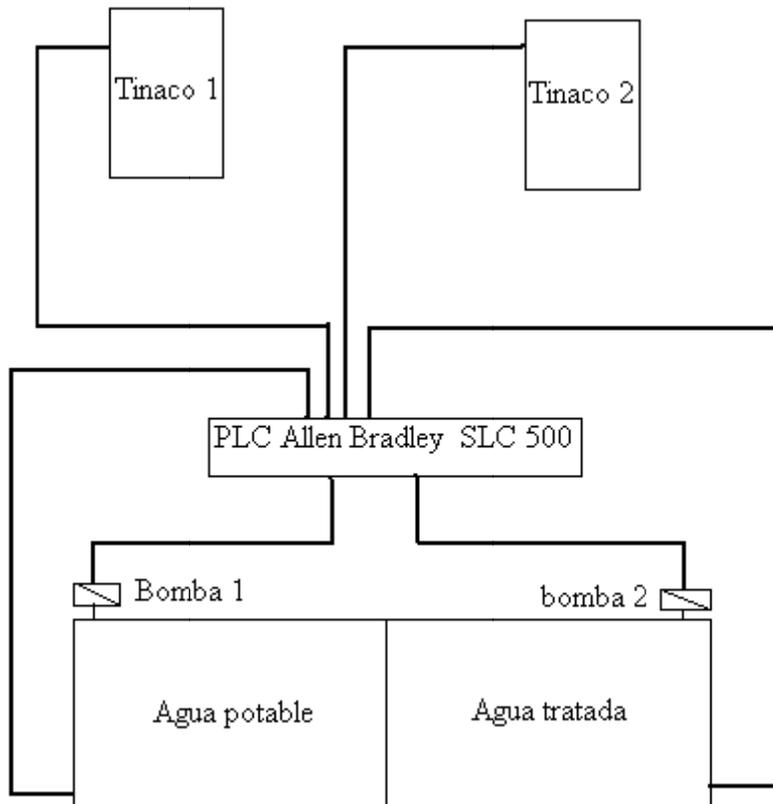
|                      |        |         |
|----------------------|--------|---------|
| Sensor de Tinaco 1   | Sen T1 | Entrada |
| Sensor de Tinaco 2   | Sen T2 | Entrada |
| Sensor de cisterna 1 | Sen S1 | Entrada |
| Sensor de cisterna 2 | Sen S2 | Entrada |
| Bomba de motor 1     | BM 1   | Salida  |
| Bomba de motor 2     | BM 2   | Salida  |



Simbología Allen Bradley

|                      |       |         |
|----------------------|-------|---------|
| Sensor de Tinaco 1   | I:0/0 | Entrada |
| Sensor de Tinaco 2   | I:0/1 | Entrada |
| Sensor de cisterna 1 | I:0/2 | Entrada |
| Sensor de cisterna 2 | I:0/3 | Entrada |
| Bomba de motor 1     | O:0/0 | Salida  |
| Bomba de motor 2     | O:0/1 | Salida  |

## DIAGRAMA DE ALAMBRADO





## XVI. COSTO DE LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

| COSTO DE EQUIPO |  |                    |
|-----------------|--|--------------------|
| Cantidad        | Descripción  | Costo              |
| 2               | Bomba Evans  | \$7,400.00         |
| 1               | Tubería de polipropileno de 2" (por metro lineal)          | \$45.00            |
| 1               | Tubería de polipropileno de 2" (por metro lineal)          | \$35.00            |
| 1               | Caja de 100m cable del # 10                                | \$650.00           |
| 1               | Caja de 100m cable del # 12                                | \$420.00           |
| 2               | Interruptores termo magnéticos Square Tipo: D HACR 30 Amp. | \$360.00           |
| 2               | Interruptores termo magnéticos Square Tipo: D HACR 35 Amp. | \$400.00           |
| 2               | Fusibles Square 15 Amp.                                    | \$15.00            |
| 2               | Tinacos rotoplas 1100L                                     | \$3,300.00         |
| 1               | Cisterna de almacenamiento                                 | \$7,500.00         |
| 1               | Filtro Wabe  | \$5,700.00         |
| 1               | Accesorios ( válvulas, codos, etc)                         | \$1,500.00         |
| 1               | PLC Allen Bradley SLC 500                                  | \$4,500.00         |
| <b>TOTAL</b>    |  | <b>\$31,825.00</b> |

| COSTO DE MANO DE OBRA           |                  |
|---------------------------------|------------------|
| Descripción                     | Costo            |
| Ranurar metro lineal de loza    | \$ 120.00        |
| Ranurar metro lineal de piso    | \$ 115.00        |
| Metro cuadrado para la cisterna | \$ 80.00         |
| <b>Total</b>                    | <b>\$ 315.00</b> |

Nota: El precio de mano de obra es por metro lineal, dependiendo de donde se va a implementar el proyecto será el costo.



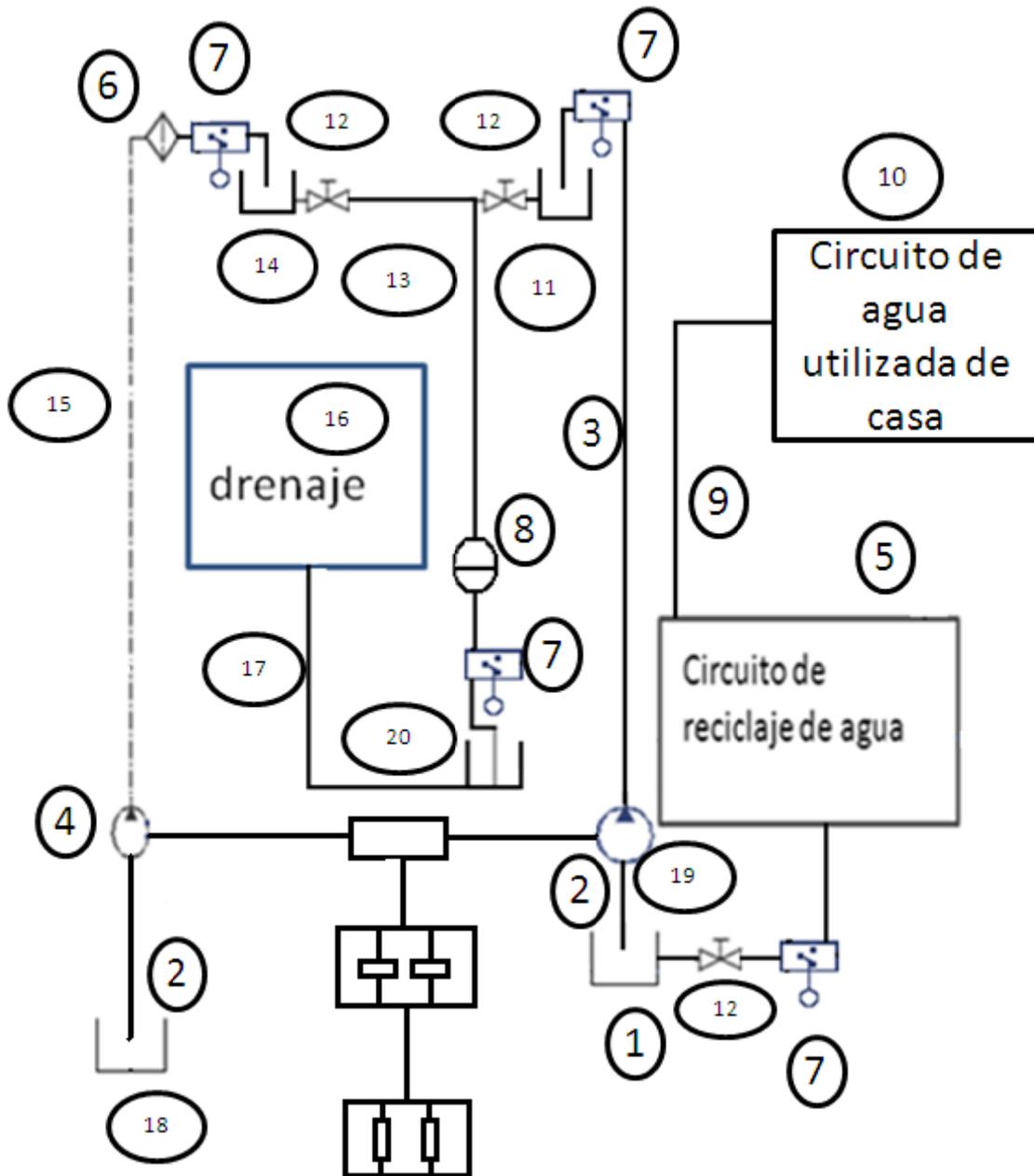
## XVII. AMORTIZACION

| Amortización |                 |                 |                              |                              |                                    |                    |                    |             |
|--------------|-----------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| Mes          | Consumo mensual | Consumo semanal | Metro cubico de agua potable | metro cubico de agua tratada | Consumo promedio en metros cubicos | Costo sin proyecto | Costo con proyecto | Ahorro      |
| Enero        | 18250 litros    | 4563 litros     | 5.17 pesos                   | 2.082 pesos                  | 78.86                              | 407.7062           | 164.18652          | 243.51968   |
| Febrero      | 18250 litros    | 4563 litros     | 5.17 pesos                   | 2.082 pesos                  | 78.93                              | 408.0681           | 164.33226          | 243.73584   |
| Marzo        | 18250 litros    | 4563 litros     | 5.17 pesos                   | 2.082 pesos                  | 80.25                              | 414.8925           | 167.0805           | 247.812     |
| Abril        | 18250 litros    | 4563 litros     | 5.17 pesos                   | 2.082 pesos                  | 90.24                              | 466.5408           | 187.87968          | 278.66112   |
| Mayo         | 18250 litros    | 4563 litros     | 5.17 pesos                   | 2.082 pesos                  | 89.15                              | 460.9055           | 185.6103           | 275.2952    |
| Junio        | 18250 litros    | 4563 litros     | 5.17 pesos                   | 2.082 pesos                  | 75.2                               | 388.784            | 156.5664           | 232.2176    |
| Julio        | 18250 litros    | 4563 litros     | 5.17 pesos                   | 2.082 pesos                  | 65.53                              | 338.7901           | 136.43346          | 202.35664   |
| Agosto       | 18250 litros    | 4563 litros     | 5.17 pesos                   | 2.082 pesos                  | 80                                 | 413.6              | 166.56             | 247.04      |
| Septiembre   | 18250 litros    | 4563 litros     | 5.17 pesos                   | 2.082 pesos                  | 79                                 | 6201.5             | 164.478            | 6037.022    |
| Octubre      | 18250 litros    | 4563 litros     | 5.17 pesos                   | 2.082 pesos                  | 78.5                               | 405.845            | 163.437            | 242.408     |
| Noviembre    | 18250 litros    | 4563 litros     | 5.17 pesos                   | 2.082 pesos                  | 78.69                              | 406.8273           | 163.83258          | 242.99472   |
| Diciembre    | 18250 litros    | 4563 litros     | 5.17 pesos                   | 2.082 pesos                  | 70                                 | 361.9              | 145.74             | 216.16      |
|              |                 |                 |                              |                              |                                    | \$ 10,675.36       | \$1,966.14         | \$ 8,709.22 |

Con la implementación de nuestro proyecto el ahorro sería de \$ 8, 709.22 pesos por año, con lo que la inversión se recuperaría en un plazo de 4 años, dependiendo de donde se va a instalar sería la mano de obra, por lo que podría subir un poco la instalación, pero la inversión fuerte sería en un plazo de 4 años, por lo que resulta muy rentable ya que además de pagarse en ese tiempo, el beneficio se queda permanente.



Diagrama de la instalación.



AUTOMATIZACION DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.



Partes del diagrama de instalación.

|    |   |
|----|---|
| 1  | cisterna de agua reutilizada                            |
| 2  | tubería de succión de la bomba de 2" con pichancha      |
| 3  | tubería de agua reutilizable de polipropileno de 1 1/2" |
| 4  | bomba evans de agua limpia                              |
| 5  | circuito de reciclaje de agua                           |
| 6  | filtro wabe   |
| 7  | dispositivos de nivel                                   |
| 8  | sensor de nivel   |
| 9  | tubería de agua reciclada                               |
| 10 | circuito de agua utilizada de casa                      |
| 11 | tinaco capacidad 1100lts de agua reutilizable           |
| 12 | válvula check   |
| 13 | tubería de agua para wc                                 |
| 14 | tinaco capacidad 1100lts de agua limpia                 |
| 15 | tubería de agua limpia                                  |
| 16 | drenaje   |
| 17 | tubería de drenaje                                      |
| 18 | cisterna de agua limpia                                 |
| 19 | bomba evans de agua reutilizable                        |
| 20 | deposito del wc   |
| 21 | caja de fusibles que alimenta las bombas                |
| 22 | cable de No.10  |
| 23 | protección termo magnética de las bombas                |
| 24 | cable No.12   |
| 25 | plc   |
| 26 | cable No.12   |



## CONCLUSIONES

En la actualidad en nuestro país la falta de agua es un tema que apenas comienza a surgir. Aun siendo así la reutilización de las aguas grises es algo que aun no adquiera la importancia debida en las personas. En países europeos estos sistemas ya son implementados en la mayoría de las construcciones.

No solo es el hecho de que ya no hay agua, y hay que aprovecharla al máximo. Ya que hay mas implicaciones como por ejemplo el calentamiento global, que se está dando cada vez mas fuerte debido a la contaminación que nosotros generamos.

Este tipo de proyecto es de gran utilidad ya que además de ahorrar en un 50% el agua es muy rentable, ya que el beneficio que vamos a obtener con la implementación de este proyecto es permante, ya que el mayor desperdicio de agua que hay en una casa es por el wc, por lo que este proyecto tiene como objetivo minimizar ese gasto y aprovechar ese dinero que se gasta por desperdicio, para otra cosa, además tendremos un doble beneficio utilizar el agua adecuadamente y gastar menos dinero.

Nuestro proyecto al ser implementado, también tiene mas ventajas, una de las mas notoria seria que este proceso seria de forma automática, sin estar prendiendo la bomba cada determinado tiempo, haciendo así mas cómoda nuestra estancia.

Desgraciadamente todavía no tenemos la cultura, para no desperdiciar el agua ya que en este momento en algunos lugares todavía no se percibe la falta de este vital liquido, por lo que hacemos caso omiso sobre este tema.

Este tipo de sistemas realmente no es caro si vemos el costo beneficio, ya que esto será permanente. El costo se puede elevar un poco si tomamos en cuenta una casa demasiado grande ya que se gastara mas en material y mano de obra, pero si vemos precios, la inversión inicial, se recupera en 4 años, por lo que la automatización del tratamiento de aguas residuales domesticas es una excelente opción.



ANEXO

TABLA 1

| LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS                 |                           |         |                        |         |                                   |         |                           |         |                        |         |   |         |                |         |               |         |                           |         |                         |         |    |
|--|---------------------------|---------|------------------------|---------|-----------------------------------|---------|---------------------------|---------|------------------------|---------|---|---------|----------------|---------|---------------|---------|---------------------------|---------|-------------------------|---------|----|
| PARAMETROS<br>(en miligramos por litro, excepto cuando se especifique) | RIOS                      |         |                        |         | EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES |         |                           |         |                        |         | AGUAS COSTERAS                                    |         |                |         | SUELO         |         |                           |         |                         |         |    |
|  | Uso en riego agrícola (A) |         | Uso público urbano (B) |         | Protección de vida acuática (C)   |         | Uso en riego agrícola (B) |         | Uso público urbano (C) |         | Explotación pesquera, navegación y otros usos (A) |         | Recreación (B) |         | ESTUARIOS (B) |         | Uso en riego agrícola (A) |         | HUMEDALES NATURALES (B) |         |    |
|  | P.M.                      | P.D.    | P.M.                   | P.D.    | P.M.                              | P.D.    | P.M.                      | P.D.    | P.M.                   | P.D.    | P.M.  | P.D.    | P.M.           | P.D.    | P.M.          | P.D.    | P.M.                      | P.D.    | P.M.                    | P.D.    |    |
| Temperatura °C (1)   | N.A.                      | N.A.    | 40                     | 40      | 40                                | 40      | 40                        | 40      | 40                     | 40      | 40  | 40      | 40             | 40      | 40            | 40      | 40                        | N.A.    | N.A.                    | 40      | 40 |
| Gases y Aceites (2)  | 15                        | 25      | 15                     | 25      | 15                                | 25      | 15                        | 25      | 15                     | 25      | 15  | 25      | 15             | 25      | 15            | 25      | 15                        | 25      | 15                      | 25      |    |
| Materia Flotante (3)   | ausente                   | ausente | ausente                | ausente | ausente                           | ausente | ausente                   | ausente | ausente                | ausente | ausente   | ausente | ausente        | ausente | ausente       | ausente | ausente                   | ausente | ausente                 | ausente |    |
| Sólidos Sedimentables (mM)   | 1                         | 2       | 1                      | 2       | 1                                 | 2       | 1                         | 2       | 1                      | 2       | 1   | 2       | 1              | 2       | 1             | 2       | N.A.                      | N.A.    | 1                       | 2       |    |
| Sólidos Suspendedos Totales  | 150                       | 200     | 75                     | 125     | 40                                | 60      | 75                        | 125     | 40                     | 60      | 150   | 200     | 75             | 125     | 75            | 125     | N.A.                      | N.A.    | 75                      | 125     |    |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno  | 150                       | 200     | 75                     | 150     | 30                                | 60      | 75                        | 150     | 30                     | 60      | 150   | 200     | 75             | 150     | 75            | 150     | N.A.                      | N.A.    | 75                      | 150     |    |
| Nitrógeno Total  | 40                        | 60      | 40                     | 60      | 15                                | 25      | 40                        | 60      | 15                     | 25      | N.A.  | N.A.    | N.A.           | N.A.    | 15            | 25      | N.A.                      | N.A.    | N.A.                    | N.A.    |    |
| Fósforo Total  | 20                        | 30      | 20                     | 30      | 5                                 | 10      | 20                        | 30      | 5                      | 10      | N.A.  | N.A.    | N.A.           | N.A.    | 5             | 10      | N.A.                      | N.A.    | N.A.                    | N.A.    |    |

(1) Estándar de

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NOM-AA-006.

P. D. = Promedio Diario; P.M. = Promedio Mensual;

N.A. = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derecho

AUTOMATIZACION DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.



## BIBLIOGRAFIA

[http://www2.csostenible.net/es\\_es/tclave/agua/recuperacionagua/Pages/Reutilizacioaiguesgrises.aspx](http://www2.csostenible.net/es_es/tclave/agua/recuperacionagua/Pages/Reutilizacioaiguesgrises.aspx)

[http://www.consumer.es/web/es/economia\\_domestica/servicios-y-hogar/2006/05/11/151850.php](http://www.consumer.es/web/es/economia_domestica/servicios-y-hogar/2006/05/11/151850.php)

[http://www.consumer.es/web/es/economia\\_domestica/servicios-y-hogar/2006/05/11/151850.php](http://www.consumer.es/web/es/economia_domestica/servicios-y-hogar/2006/05/11/151850.php)

[http://www.nacobre.com.mx/Man\\_Cu\\_09-%20Instalaciones%20Hidr%C3%A1ulicas.asp](http://www.nacobre.com.mx/Man_Cu_09-%20Instalaciones%20Hidr%C3%A1ulicas.asp)

[www.genomaf.com/documentacion/SEMARNAT\\_6ene97-1.doc](http://www.genomaf.com/documentacion/SEMARNAT_6ene97-1.doc)