

Planta potabilizadora «Santa Isabel» en el acueducto Bayamo: manual de explotación en multimedia

INTRODUCCIÓN

Este Manual en MULTIMEDIA tiene un Menú Principal con 9 botones donde se facilita el acceso a información necesaria para que el operador tenga una visión general de forma interactiva a todo el proceso de tratamiento¹⁻¹⁰. Además, se incluyen sugerencias sobre el mantenimiento de la obra. La novedad del trabajo es que es una tecnología nueva y amena, de fácil comprensión, al alcance de todos. Le concede a las Empresas de Acueducto una herramienta de trabajo útil para la explotación de las plantas en general, hoy dotadas con maquinas computadoras facilitándole el uso de este manual.

Novedad: es el primer manual de este tipo y con estas características que se ha hecho hasta hoy en el organismo.

Impacto: por su interfaz de uso facilita un mejor entendimiento del procesos de tratamiento por lo que resulta de gran utilidad para los operadores de las plantas de tratamiento lo cual se transfiere en ahorro de tiempo y por ende, en eficiencia de los trabajos de explotación de estas obras.

La operación de las plantas de tratamiento puede clasificarse en los siguientes tipos:

- a. Operación para puesta en marcha.
- b. Operación normal.
- c. Operación especial o eventual.
- d. Operación en emergencia.

En este manual solo se evaluará la operación normal, la cual se realiza una vez concluidas las operaciones de puesta en marcha, la planta entra entonces en la etapa denominada operación normal.

Resumen / Abstract

Se aborda la operación de una planta diseñada para purificar 300 L/s con un diagrama de flujo convencional compuesto por tamizado, cloración, coagulación y clarificación por contacto. Regularmente el manual de explotación no se elabora, situación que incide negativamente en la puesta en marcha y explotación de las obras. El presente manual tiene como objetivo servir de guía general para que el ingeniero encargado de la planta desarrolle instrucciones precisas a los operadores de manera que la operación se ejecute de forma eficiente y se alcance el objetivo primordial: la producción de un agua apta para el consumo humano al menor costo y de manera segura.

Palabras clave: potabilización, plantas, operación, manual.

The paper deals with the operation of a plant designed for purification of 300 L/s with a conventional flow diagram including screening, chloration, coagulation and contact clarification. In practice the operation manual is seldom included with the project which negatively influences on the plant setup and start as well as on general plant behavior. The operation manual hereby presented is intended as a guide to the engineer in charge of the plant so he can develop detailed instructions to operators in such a way that plant operation is accomplished efficiently and attaining its primary objective: production of high quality water for human consumption at the least cost and the safest way.

Keywords: potabilization, plants, operation, manual.

En la operación normal las actividades más comunes son:

- Medición de caudales.
- Medición de parámetros de calidad del agua cruda: turbiedad, color, pH, alcalinidad, etc.
- Preparación de soluciones de productos químicos.
- Ajuste de dosificadores.
- Lavado de filtros.
- Medición de cloro residual en el agua trata y otros parámetros básicos.
- Limpieza de obras complementarias y mantenimiento de zonas verdes.
- Control de la calidad.
- Preservación del entorno.

Estas actividades se detallan en el ejemplo del Manual de Explotación, que se presenta a continuación.

■ EL MANUAL

Este documento se considera de gran importancia para que tanto el ingeniero jefe y los operadores dispongan de la información correcta sobre la planta de tratamiento. En el presente trabajo se presentan detalles del manual de operación o explotación. En el caso del mantenimiento, consúltese la referencia bibliográfica.

Para la elaboración del manual de operación de la planta, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Las instrucciones deben ser directas y simples, evitando muchos conceptos teóricos.
- Hacer uso de la terminología usual de los operadores.
- Emplear diagramas, esquemas y tablas para facilitar la comprensión de los procedimientos de operación.
- Incluir formularios y modelos para que el operador registre los datos que recopile de la operación de la planta.
- Efectuar un inventario de los equipos y válvulas que el operador deberá manipular.

En la elaboración del manual en MULTIMEDIA se tomaron en cuenta los aspectos anteriores y se programo con la utilidad del software **AUTHOWARE** el cual quedó estructurado como se indica a continuación.

■ EXPLICACIÓN DEL MANUAL

Objetivo.

El presente manual tiene como objetivo dar las pautas generales para que el ingeniero supervisor o encargado, oriente y de las instrucciones correctas a los operadores de manera que la operación se ejecute de forma eficiente y con esto se alcance el objetivo primordial: producción de agua apta para el consumo humano al menor costo y de manera segura. No debe considerarse como un ma-

nual definitivo, el cual debe ser elaborado por los profesionales a cargo del sistema con base en las evaluaciones y experiencias que se obtengan en el futuro próximo.



Figura 1. Menú Principal

Operación normal.

Por medio del menú principal (figura 1) se podrá acceder al contenido del manual de forma jerárquica, dando clic en cualquier botón se desplegará su contenido y el usuario podría escuchar y/o leer toda la información referida a él, además, podrá regresar a la ventana al principal o terminar la presentación.

Descripción general.

La Planta está constituida por los 8 objetos de obra, ver figura 2 siguiente. Su funcionamiento se basa en la coagulación por contacto, con capacidad de entrega de 300 l/s y una garantía de operación en función de la calidad del agua cruda en el canal.

Objetos de obra.

En la ventana de la figura 2, al dar click sobre cada objeto, se despliega otra ventana con su esquema y todos los datos que lo caracterizan.

1) Obras de captación.

Finalidad: Captar el agua cruda del canal Bayamo y conducirla hasta la cámara de succión pasándola por un proceso de acondicionamiento para separar el material grueso y el Plantón contenido en ella.

Composición:

- Canal Bayamo.
- Obra de Entrada y rejas.
- Conductos de entrada.
- Desarenador y microfiltros.
- Cámara de succión.

2) Edificio de química.

Finalidad: Elevar el agua hasta el segundo nivel donde se le agregará y mezclará con una solución de coagulante, además de servir de soporte para el tanque elevado de lavado de los clarificadores.

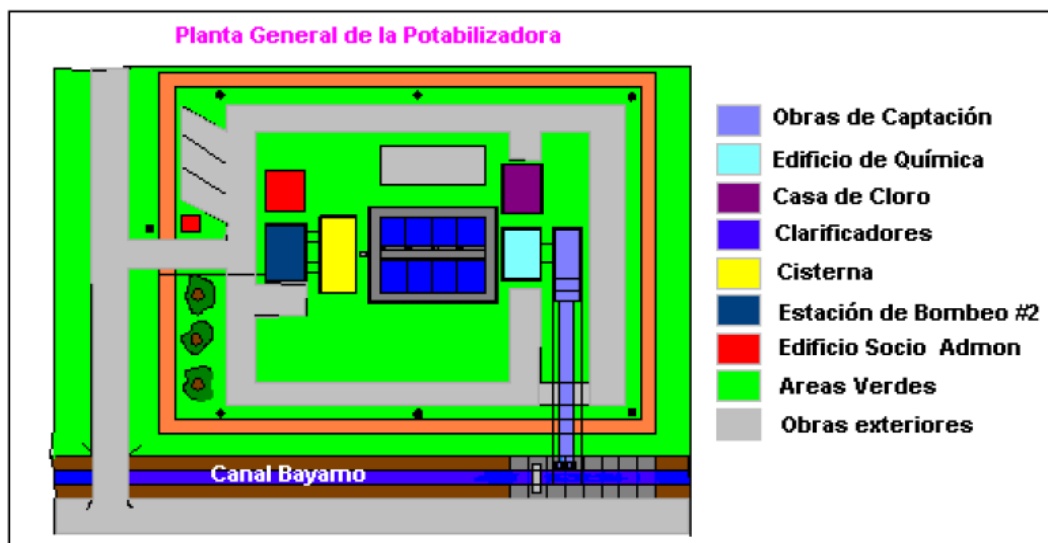


Figura 2. Objetos de obra

Composición:

- Estación de Bombeo.
- Dosificador mezclador.
- Almacén de reactivo.
- Tanque de lavado.
- Tanque de cebado.

3) Casa de cloro.

Finalidad: Almacenar los Cilindros de Cloro Gas y proporcionar las dosis requeridas en la re y post cloración.

Composición:

- Equipos cloradores (4 u).
- Almacén de cilindros.
- Cisterna de neutralización.

4) Clarificadores de contacto.

Finalidad: Intensificar por medio del proceso de coagulación por contacto, la adhesión de las pequeñas partículas a las superficies de los granos y la detención de las partículas grandes entre los poros del lecho filtrante.

Composición:

- Tubería de lavado.
- Tubería de agua cruda.
- Galería de distribución.
- Lecho filtrante.
- Canaleta de lavado.
- Canal colector y drenaje.

5) Cisterna de agua tratada.

Finalidad: Decepcionar el agua tratada y servir de cámara de contacto para la post cloración, además de ser el depósito de succión de la estación de bombeo # 2.

Composición:

- Registro colector.
- Cisterna.

6) Estación de rebombeo.

Finalidad: Impulsar el agua tratada hacia los consumidores y hasta el tanque de lavado de los clarificadores de contacto.

Composición:

- Tanque de cebado.
- Sala de Bombas.

7) Edificio socio administrativo.

Finalidad: En él radican la dirección, el laboratorio de Química y microbiología del agua y los baños sanitarios de la instalación.

Composición:

- Oficina.
- Laboratorio.

8) Obras exteriores.

Finalidad: Facilitar el funcionamiento de la infraestructura de la Planta, así como su terminación estética, para que se cumplan sus objetivos de diseño.

Composición:

- Canal de Drenaje.
- Cerca Perimetral.
- Vial Interior.
- Áreas verdes.
- Tendido Eléctrico y Alumbrado.
- Alcantarillado.

DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETOS

Obra de captación.

La obra de captación se inicia en el canal Bayamo con un muro vertedor de 87 cm de altura, donde se colocarán dos compuertas de madera, cuando el flujo en el canal esté por debajo de lo requerido, lográndose así elevar el tirante.

El agua captada pasa a través de las rejillas tipo Irving de tragantes pluviales, continuando por dos tuberías de HPC con diámetro de 600 mm y una longitud de 39 m (una de trabajo y otra de reserva), hasta el registro Desarenador, donde se decantan los sólidos sedimentables, este dispone de dos compuertas y dos microfiltros.

Terminando en la cámara de succión de la estación de bombeo # 1, de 2 x 3 x 10 metros, para un volumen de 60 metros cúbicos, en ésta se aplica la precloración.

Edificio de química.

El edificio es de tres plantas, de mampostería, en la planta baja están instaladas en paralelo tres electrobombas horizontales, con caudal de 150 l/s y carga de 10 m cada una (dos de trabajo y una de reserva), que impulsan el agua de la cámara de succión al segundo nivel.

En el segundo nivel, se almacenará el reactivo coagulante (Alúmina), en un área de 28 m² para 1311 sacos por dos meses, también se encuentran dos tanques, Agitador y Dosificador, del tipo de orificio de carga constante, con un volumen de 5.7 m³ cada uno, la dosis máxima de coagulante a aplicar es de 33 mg/l, lo que representa 1 005 kg /día de reactivo.

A estos les sigue el mezclador hidráulico de tabiques, de 1.2 x 1.2 x 5.9 metros, desde donde se distribuye el agua a los clarificadores.

En el tercer nivel, está el tanque de lavado con capacidad de 160 m³, pero como se necesitan 215 m³ para un lavado, el resto (55 m³) se aportan por bombeo directo durante ocho minutos. Al lado del edificio se ubica un tanque con capacidad de 5 m³, para el cebado de las bombas.

Casa de cloro.

Dividida en dos locales, el primero de almacenamiento, con capacidad para siete cilindros de cloro de 1 t. con su cisterna de neutralización de 12 m³, el segundo dispone de cuatro equipos cloradores, dos para la precloración (dosis de 5 mg/l) y dos para la postcloración (dosis de 3 mg/l). En ésta se encuentran las caretas antigases, para casos de averías en los tanques.

Clarificadores de contacto.

Es el objeto fundamental de la Planta, donde ocurre la clarificación del agua cruda, se compone de ocho unidades de 32 m² de área cada una, sus dimensiones son de 4.0 x 8.0 x 4.0 metros. El corazón de los clarificadores lo constituye su lecho filtrante, y debe ser un material duradero (preferiblemente arena sílice).

Cisterna de agua tratada.

Está compuesta por un depósito de 412 m³, con dos compartimientos para garantizar el tiempo de contacto de la post-cloración, en ella se recibe el agua tratada proveniente de los clarificadores y sirve de cámara de succión de la Estación de Bombeo # 2.

Estación de bombeo # 2.

En ella están instaladas 5 electrobombas que toman el agua de la cisterna, de las cuales 3 son de salida hacia los usuarios (dos de trabajo y una de reserva) con un gasto de 150 l/s y una carga de 25 m por unidad y 2 para el lavado (una de trabajo y otra de reserva) con un gasto de 115 l/s y una carga de 15 m. En su parte posterior lleva un tanque de 5.0 m³ para el cebado de las bombas.

Edificio socio – administrativo.

Local para la dirección y administración de la planta, el que además posee el laboratorio de

química del agua y los baños sanitarios. Aledaña a éste se encuentra la garita del guardia de protección y vigilancia de la planta. En el laboratorio se realizan todos los ensayos físico-químicos y bacteriológicos tanto del agua cruda como del agua tratada, por lo cual se determina la eficiencia del proceso de tratamiento.

Obras exteriores.

Dentro de éstas están comprendidas toda infraestructura necesaria para la explotación de la

obra, por medio de las cuales se facilita el acceso del personal y vehículos al interior de la planta, así como el abastecimiento de agua para el consumo propio y evacuación de residuales y otros desechos desde la misma, abastecimiento de energía eléctrica, iluminación exterior, cerca perimetral, etc. Este conjunto de obras garantiza el cuidado y protección de la obra en su conjunto, así como la estética, belleza y acabado.

FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LA PLANTA. (FLUJO DEL AGUA)

Filtración.

El agua cruda captada del canal Bayamo entra por la obra de entrada donde es cribada, sigue por la tubería de entrada hasta llegar al registro desarenador donde se encuentran las compuertas que al abrirlas permite pasar el agua por el microfiltro y entrar a la cámara de succión donde se le aplica la precloración. De aquí el agua es extraída y elevada hasta el segundo nivel del edificio por medio de las bombas donde se le agrega la dosis de coagulante y es mezclada saliendo por la tubería de agua cruda hasta llegar a los clarificadores de contacto, donde entran por su parte inferior por la galería de distribución pasando a los laterales perforados los que la distribuirán uniformemente por todo el lecho filtrante, el cual ascenderá granulométricamente en orden decreciente hasta verter en las canaletas de lavado desde donde verterán al canal colector, del canal sale por las tuberías de recolección hasta llegar al registro colector donde se le aplicará la postcloración y de éste continúa hasta la cisterna de agua tratada donde será bombeada para el tanque de lavado y hacia los consumidores.

Lavado.

Inmediatamente después del manejo de las válvulas para aislar el clarificador se enciende la bomba de lavado y se abre lentamente la válvula de entrada del agua de lavado para permitir que entre al fondo del lecho por la galería de distribución y laterales con la intensidad suficiente para expandir el lecho filtrante y desalojar el sedimento para que ascienda entre los granos hasta las canaletas de lavado donde se recolecta y cae al canal colector del agua, sale por medio de la válvula de pie cayendo en el canal de drenaje por lo que se evacua hasta verterla al canal Bayamo.

■ EXPLOTACIÓN

Pasos para la puesta en marcha

1. Coordinar con la Dirección Provincial de recursos Hidráulicos el régimen de operación del canal. Evaluar la calidad del agua cruda y compararla con la exigida por la planta.
2. Preparar la mezcla de reactivos y calibrar el dosificador.
3. Revisar que las compuertas y válvulas estén en la posición correcta de operación.
4. Conectar las bombas de la Estación de Bombeo No. 1.
5. Instalar la precloración y luego la postcloración.
6. Conectar la Estación de Bombeo No. 2 cuando la cisterna alcance su nivel máximo y llenar el tanque de lavado.
7. Regular las bombas de salida para recuperar el nivel máximo de la cisterna. Conectar la bomba de lavado durante el lavado del clarificador.
8. Verificar periódicamente la calidad del agua en los puntos requeridos.

Filtración

Manejo de válvulas: Abiertas — B y C. Cerradas - A, D y E.

Durante esta operación, el agua cruda coagulada entra por la válvula C, asciende a través del lecho filtrante, cae a las canaletas de lavado, se recoge en el canal colector y sale por la válvula B hacia la cisterna de agua tratada.

Lavado

Debido al atascamiento gradual de los poros del medio filtrante se incrementa la resistencia contra el flujo de agua ascendente. Esto reduce la carrera de filtración lo cual es compensado con un descenso del nivel de agua sobre el lecho filtrante hasta no cae en las canaletas, no se deberá llegar hasta este instante para sacar fuera de servicio el clarificador y lavarlo.

La duración del período de servicio entre lavados se fija con arreglo a la pérdida de carga a través del lecho o por la calidad del líquido clarificado, este período constituye un factor importante en la economía de la filtración.

Si estos ciclos de trabajo son muy cortos, la cantidad de agua necesaria para el lavado, que luego se desperdicia, crece de un modo anormal y ocasiona mayores gastos en la explotación de la instalación. El período de servicio se determina principalmente por la eficacia del tratamiento previo, la velocidad de filtración y la naturaleza de la arena.

■ PERSONAL

Distribución del personal

Estará constituido por 32 obreros para trabajar en 3 turnos diarios, distribuidos de la forma que aparece en el organigrama.

Condiciones que debe reunir.

Si no se puede emplear personal con la preparación técnica apropiada se debe capacitar a los operarios en el adiestramiento del servicio del trabajo cotidiano, organizar cursos en alguna planta de tratamiento importante donde puedan adquirir una formación más completada con demostraciones y trabajos prácticos.

Tareas e instrucciones especiales.

Como los manuales sobre el funcionamiento de las instalaciones suelen ser complicados, conviene reproducir y exponer en lugares apropiados órdenes e instrucciones más sencillas que sirvan de orientación a los operarios de turno.

■ COMENTARIOS

La Planta Potabilizadora Santa Isabel I surge como respuesta a lo solicitado en la Tarea de Proyección Estación de Bombeo Santa Isabel I, Bayamo de fecha 14 de Octubre. 1994, donde se pedía esta solución con vista a recuperar la capacidad de conducción de la conductora de Malvango, la que estaba limitada por su mal estado técnico, además de haber salido fuera de servicio cuatro de los nueve pozos existentes en la zona y por la falta de algunos aditamentos como arrancadores magnéticos, pizarras eléctricas, etc. de difícil adquisición, los que se requerían para recuperar la explotación de los pozos desactivados.

Esta Estación de Bombeo tomaría el agua del Canal Bayamo, con un prefiltrado en la obra de toma, y al final, se utilizarían filtros a presión y en una segunda etapa una estación de cloración para el tratamiento del agua. Esta obra trabajaría hasta tanto se solucione la fuente de abasto definitiva para el acueducto de la ciudad planteada en el E.T.E. Fuente de Abasto Futura. Acueducto Bayamo, actualmente en proceso de análisis por el I.N.R.H.

Después de haber estudiado los resultados de los análisis de laboratorio del agua del canal y luego de varios

consejos técnicos, se determinó que el tratamiento antes planteado no garantizaba adecuar el agua del canal a los requerimientos del agua potable, por lo que se determinó que era necesario intensificar el tratamiento, pero por cuestiones económicas fuera del tipo no convencional y utilizándose para su diseño y construcción materiales de bajo consumo en la medida que se pudiera, entonces se planteó y aprobó la utilidad de un proceso con clarificadores de contacto, donde el agua inicial primero es cribada y filtrada en rejillas y microfiltro para remover la materia gruesa en suspensión y el plancton, luego se alimenta con reactivos (alumbre) en un mezclador horizontal. Entonces es filtrada en los clarificadores de contacto donde es completamente clarificada y decolorada debido a la coagulación por contacto. Se previó una pre y post-cloración para la desinfección del agua, la cual luego de tratada se almacena en una cisterna desde donde y por medio de la Estación de Bombeo No. 2 es enviada al acueducto a través de la conductora existente.

El diagrama de flujo antes descrito ocupa una pequeña porción de área superficial a la orilla del canal Bayamo, éste fue calculado para purificar 300 l/s. Este proceso se caracteriza por ser un simple y confiable diseño y operación. Una esencial desventaja es que, tiene una limitada aplicación debido a los rígidos requerimientos de la calidad del agua inicial, la cual debe tener una turbiedad menor de 150 mg/l, un color menor de 150 grados y un número de coliformes menor de 3000/100 ml en períodos prolongados, con valores mayores que éstos, el proceso de tratamiento no es eficiente.

Debido a la poca disponibilidad de materiales y recursos constructivos existentes en esta etapa la planta se diseñó estructuralmente de mampostería en su generalidad en contraposición a lo tradicional de hormigón armado abaratándose así en gran medida su costo de construcción y montaje, pero disminuyendo su vida útil. Esto ha traído como consecuencia el surgimiento de algunas dificultades como son: la impermeabilización de las paredes de los clarificadores y su techado, lo cual aún está en proceso de solución; además de esto se han encontrado pequeños problemas en los pases de tuberías por las paredes de bloque.

Otra de las dificultades encontradas ha sido con el material filtrante (arena + grava de sílice) el cual estaba previsto traerlo de los yacimientos de Gerona en Isla de Juventud cuyo precio actual es \$ 320.00 Dólares más \$ 250.00 pesos el metro cúbico, por lo que se encarece más el proyecto. Para solucionar este problema se realizó una investigación por nuestra empresa en unos yacimientos de arena silíceas en Las Tunas y en nuestra provincia, como resultado se tuvo que aunque esto no reunía todos los parámetros técnicos para ser usadas como medio

filtrante; se valorara a través de pruebas hidráulicas si este pudiese en realidad utilizarse o no.

Esta obra como desarrollo del Acueducto Bayamo no estaba incluida en el E.T.E. Fuente de

Abasto Futura antes mencionado, por lo que su inversión no se centralizó, asumiéndose por la provincia su construcción y montaje con la ayuda del I.N.R.H. en el financiamiento en divisas.

Su construcción se inicia a principios de 1996 pero debido a causas objetivas y subjetivas su terminación se ha visto prolongarse en el tiempo, lo que ha traído como consecuencia que su inversión inicial sobrepase los valores estimados de \$ 600 000 en moneda nacional y \$ 200 000 en moneda libremente convertible. Hasta el mes de Enero de 1999 aunque se cuenta con gran parte de su equipamiento su obra civil se encuentra alrededor del 85 %.

Hoy día es de gran expectativa por la población Bayamesa la puesta en marcha de esta planta con la cual se espera disminuir el déficit de agua existente en la ciudad, la cual se está abasteciendo con un gasto de unos 420 l/s y la población beneficiada con la red de acueducto necesitaría 670 l/s lo cual genera un déficit de 250 l/s.

CONCLUSIONES

Para un operador tener que leer todo lo anterior a cada momento sería algo tedioso y aburrido por lo que con la utilidad de esta amena herramienta se les facilita una mejor comprensión del trabajo a realizar permitiéndole memorizar con mayor facilidad.

Uno de los problemas afrontados hoy en día con los diseños es que los proyectistas no adjuntan el instructivo de puesta en marcha y operación normal de las obras. Esto ha traído como consecuencia que el personal de operación generalmente sin capacitación previa ni experiencia en la actividad, actué simplemente por intuición, lo que afecta la eficiencia del proceso.

La investigación y el desarrollo son, de hecho, responsabilidades importantes de los operadores, ingenieros y dirigentes de las plantas de aguas y aguas residuales. Independientemente del tamaño de estas, deberán realizarse estudios operacionales.

No deben construirse nuevas plantas sin investigaciones previas de laboratorio, y experiencias adquiridas en la operación de plantas piloto. De esta forma se prueba la validez de los proyectos y se logran los progresos en la práctica. («El mejor diseño puede fracasar si la explotación no se realiza correctamente»).

■ REFERENCIAS

- 1- **Castagnino, W. (1961).** «Recomendaciones sobre normas de diseño de Plantas de Tratamiento», La Habana, Cuba.
- 2- **Cox, Charles, R. (1979).** Práctica y Vigilancia de las Operaciones de Tratamiento de Agua. Editorial Científico Técnica, La Habana, Cuba.
- 3- **Fair, G.M., Geyer, J.C. & Okun, D.A. (1976).** Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales, Vol. II, Editorial LIMUSA, México.
- 4- **Kawamura, S., Pacheco, L., De Sousa, P. & Omori, M. (1991).** Management and operations: more and better water for thirsty, Sao Paulo, Brazil.
- 5- **Macías, J.M. y Rossié, A.H. (1997).** «Ingeniería Sanitaria: prácticas de laboratorio». C.I.H, ISPJAE, La Habana, Cuba.
- 6- **Nikoladze, G.M., Kastalsky, A. (1989).** Water Treatment for Public and Industrial Supply, MIR, Moscow.
- 7- **OPS/CEPIS/PUB/05.113. (2005).** Tratamiento del Agua para Consumo Humano. Plantas de Filtración Rápida. Manual IV: Operación, Mantenimiento y Control de Calidad, Lima.
- 8- **Prado, C.E. (1997).** «Operación de Abastecimiento de Agua Potable», Capítulo II, La Habana, Cuba.
- 9- **Perez, J.M. (1978).** Evaluation of «El Imperial» Water Treatment Plant: Final Report. Lima, OPS, CEPIS.
- 10- **Steel, E.W. & McGhee, T.J. (1979).** Water Supply and Sewerage, 5th ed., McGraw-Hill International Book Company, New York.

Diciembre de 2010