

SIMPOSIO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCIONES

Mejora de los parámetros de calidad de agua mediante el mantenimiento al Tomaflot del embalse Manicaragua.

Improvement of water quality parameters through maintenance of the Tomaflot of the Manicaragua reservoir.

Ing. Yunaisy Roidriguez Correa¹, Ing. Leticia Cuevas Valdés², Ing. Ronel Medina Rodríguez³.

1. Directora Adjunta en la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Villa Clara

Correo: eah.da@vc.giat.cu Teléfono: 42205615 Móvil: 52852806.

2. Esp. Princ. en la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Villa Clara

Correo: eah.balance@vc.giat.cu Teléfono: 42282207 Móvil: 59994779

3. Director UEB Ingeniería y Mantenimiento en la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Villa Clara. Correo: eah.dm@vc.giat.cu Teléfono: 42226738 Móvil: 52098921

RESUMEN

Problemática: La necesidad de conservar y alargar la vida útil de la infraestructura, equipos, y sistemas, de forma tal, que se garantice de manera ininterrumpida y con calidad, los servicios provisión de las aguas, es una de las principales funciones de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Villa Clara. El deterioro de las piezas del flotador, tras los años de explotación dificulta la calidad del agua potable entregada a los usuarios desde el embalse Manicaragua afectando el cumplimiento de los requisitos especificados en la NC 1021: 2014 Fuentes de abastecimiento de agua – Calidad y protección sanitaria para los parámetros DBO5 y OD. El propósito fundamental de este trabajo consiste en realizar el mantenimiento a la toma flotante de la presa Manicaragua debido al deterioro de la estructura por los años de explotación y así mejorar la calidad del agua entregada para el abasto a la población. Se realizaron acciones de mantenimiento lo que permitió mejorar los parámetros de calidad del agua.

ABSTRACT

Problematic: The need to conserve and extend the useful life of the infrastructure, equipment and systems in order to guarantee uninterrupted and quality water supply services is one of the main functions of the Hydraulic Management Company of Villa Clara. The deterioration of the float parts, after years of exploitation, hinders the quality of drinking water delivered

to users from the Manicaragua reservoir, affecting compliance with the requirements specified in NC 1021: 2014 Water supply sources - Quality and sanitary protection for BOD5 and DO parameters. The main purpose of this work is to perform maintenance on the floating intake of the Manicaragua dam due to the deterioration of the structure due to years of exploitation and thus improve the quality of the water delivered to supply the population. Maintenance actions were carried out to improve water quality parameters.

Clave: vida útil de la infraestructura; fuentes de abastecimiento de agua; embalse; parámetros de calidad del agua, mantenimiento.

Keywords: *service life of infrastructure; water supply sources; reservoir; water quality parameters; maintenance.*

1. Introducción

Las tomas flotantes permiten que se extraiga agua cerca de la superficie, evitando así las cargas de sedimentos más pesadas, las cuales son transportadas más en el fondo durante inundaciones.

Se trata de una estructura tubular articulada, con un flotante en la superficie, que permite extraer el líquido siempre a una misma profundidad (entre dos y tres metros) con independencia de que el nivel de agua ascienda o descienda.

La integra con una conductora de polietileno de alta densidad, flotadores de igual características y una válvula automática, entre otros aditamentos que forman parte del esquema más representativo dependiendo el proyecto”, uno de los intereses del trabajo “es defender el uso de elementos de fácil adquisición en el país, para importar el mínimo de recursos”.

El uso de esta tecnología, aplicada con éxito, reporta notables ventajas si se tiene en cuenta que a esa profundidad hay una favorable incidencia de los rayos solares, buen grado de oxigenación en el agua y menor presencia de sedimentos, lo que facilita el posterior proceso químico para la potabilización del líquido con vistas a su consumo.

Estudios al respecto indican que con el Tomafлот se reduce en aproximadamente un 30% el empleo de sulfato de alúmina y en un 10% la aplicación de cloro-gas, con el consiguiente ahorro de unos 15 000 dólares al año.

La ejecución de esta obra se suma a un grupo de inversiones aprobadas y apoyadas de forma centralizada por el país, para atenuar la delicada situación referida al abasto de agua.

La innovación santiaguera llamada Tomafлот forma parte del embalse Manicaragua desde el año 2009 con la ejecución del proyecto (Diseño, fabricación y montaje del Tomafлот).

En las labores de diseño, fabricación y montaje participaron los trabajadores de la UEB Electromecánica de la EAH-Santiago de Cuba dirigida por el Ing. José Fernández Puebla, constructores de la brigada de izaje procedente de Santiago de Cuba y el equipo de buzos con el apoyo territorial, el deterioro del flotador debido a los años de explotación forjó la necesidad del mantenimiento.

2. Desarrollo

Revisión bibliográfica y estudio de antecedentes sobre el tema de estudio.

2.1. Ejecución de Proyecto del Tomaflot embalse Manicaragua en el 2009.

La inspección técnica a la Obra, presa Manicaragua se realizó entre los días 19 al 21 de agosto 2009 por personal especializado de la UEB. Electromecánica y de la EAH Villa Clara, en esta se localizaron los planos necesarios y se realizaron mediciones para el futuro proyecto.

La organización y planificación de los trabajos que se realizaron en el 2009, se dividieron por etapas como se muestra a continuación:

- ✚ -Inspección técnica a la Obra
- ✚ -Ejecución del proyecto
- ✚ -Fabricación
- ✚ -Montaje y puesta en marcha

Del estudio realizado a pie de obra se concluyó como idea primaria la fabricación y el montaje del Tomaflot utilizando artículos de PEAD normalizados y perfiles de acero de construcción recubiertos con pintura epóxica, con el objetivo de alargar el ciclo de mantenimiento a 15 años, otro aspecto de interés fue la modificación de la compuerta plana derecha CDW 1100x1000 con carga máxima 12 m ubicada en la obra de toma de fondo del embalse, para garantizar el acople del Tomaflot.

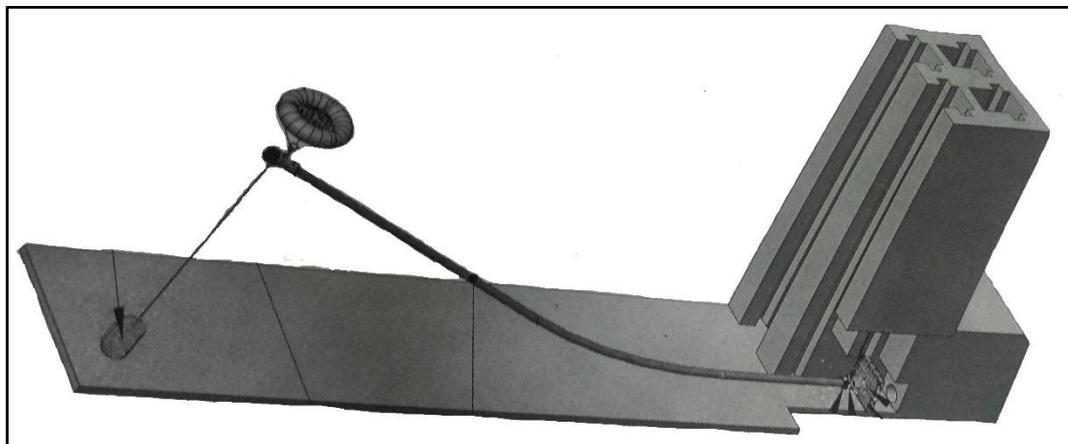


Figura 2.1: Tomaflot embalse Manicaragua.

Para facilitar los trabajos de proyecto, fabricación y montaje el conjunto se dividió en 4 subensambles, 7 artículos normalizados y uno existente en obra, como se muestra en la tabla 1 y se ilustra en la figura 1.1:

Pos.	Denominación	Observaciones
1	Lastre	Subensamblable
2	Filtro	Subensamblable
3	Flotador	Subensamblable
4	Mocheta	Subensamblable
5	Compuerta Plana CDW 1100x1000	Existente en obra
6	Válvula de Cuña DN200	Normalizado
7	Tornillo M20x120	Normalizado
8	Tuerca M20	Normalizado
9	Arandela M20	Normalizado
10	Tubo D200 PN10 PEAD	Normalizado
11	Cadena	Normalizado
12	Flanges	Normalizado

A continuación, se describe cada elemento:

1 Lastre:

El lastre tiene la función de mantener el sistema Flotador-Conducto PEAD en la posición de montaje, garantizando un rango de oscilación de 2 m de radio en dependencia de la variación del nivel de las aguas del embalse, este se une al sistema mediante cadena.

Los cálculos se realizaron para el NAM con cota de 158.93 m, está concebido en dos partes, la base y las masas como se muestra en la figura 2. La base está construida en un disco de plancha de Ac de 20 mm al que se une, mediante soldadura al pedestal con el gancho de izaje. Las masas la componen 8 discos de 600 mm de diámetro, con un peso por unidad de 65 kg y construido de hormigón armado, con un agujero central de 150 mm de diámetro utilizado como guía para su montaje, además posee tres agarraderas para su manipulación. El peso total del subensamblable es de 616.4kg.



Figura 2.2: Imagen del Lastre.

2 Filtro:

El Filtro es el encargado de evitar que pasen al conducto y al sistema de bombeo elementos que provoquen obstrucciones y averíen el sistema, además por su forma de campana garantiza el gasto adecuado para el funcionamiento. Este se posiciona a 1.5 m con respecto a la superficie del agua.

Este se fabrica de chapas de 6 mm roladas y soldadas, pletinadas de 25x6mm y barra liza de D 12 mm, las que se ensamblan por soldadura, cumpliendo los requisitos especificados en la documentación anexa al informe.

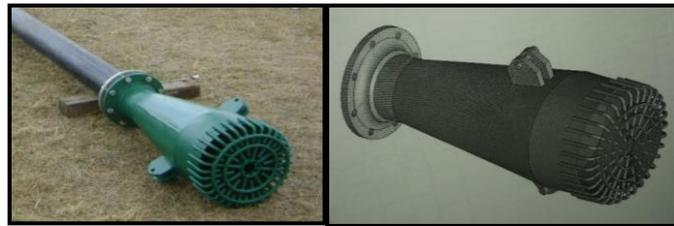


Figura 1.3: Imagen del Filtro.

3 Flotador:

El Flotador es el encargado de mantener al Filtro en el nivel prefijado por proyecto 1.5 m por debajo del nivel superficial del embalse.

Su construcción es a partir de la unión por termofusión de 6 codos normalizados de 600 de tuberías de PEAD, con diámetro 500mm, hasta lograr un aro tubular de 2m de diámetro exterior debiendo garantizar su hermeticidad. El mismo cuenta con tres abrazaderas de pletinadas de acero que soportan la parrilla de operación, en la parte inferior de las bridas se encuentran tres guatacas donde se fijan las cadenas que unen al Flotador con el Quita Vueltas.



Figura 1.4: Imagen del Flotador.

4 Mochetas:

La Mocheta tiene la función de acoplar la compuerta CDW 1100x1000m al sistema de Tomaflot. En su extremo derecho se une la compuerta y por el izquierdo a la Válvula de Cuña y al conducto del Tomaflot.

Su construcción es a partir de un tubo de 200 mm de diámetro con 4 carbonos de refuerzo y un Franjes normalizado en el extremo. La Mocheta se coloca y suelda en un agujero pasante elaborado en el centro del espejo de la compuerta.

Como trabajo previo al montaje de la Mocheta se realizó la extracción y mantenimiento de la Compuerta y los elementos de izaje relacionados (Elevador de Husillo y Eslabones de cadena), para esto deben estar en posición de cerrado la Válvula V2.

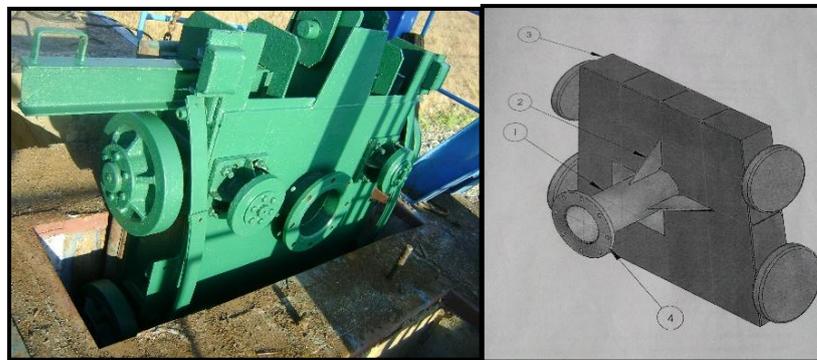


Figura 1.5: Imagen de la Mocheta.

Debido a la complejidad del mantenimiento de este sistema de Tomaflot se garantizó un ciclo de reparación no menor de 15 años, por lo que fue indispensable realizar las intervenciones necesarias a todas las partes móviles, elementos metálicos y de sellaje que consisten en:

Partes móviles: Ruedas guías, Ruedas laterales y la unión de los Eslabones de Cadena. Se recomienda la utilización de grasas atóxicas.

Elementos metálicos: Se incluyeron todas las partes metálicas de la Compuerta y el Tomaflot. Se recomendó la preparación de la superficie con Sand Blasting, y su recubrimiento con pinturas epóxicas (Hemour Mastic 45880/45881).

Sistema de sellaje: Juntas perfil plano y P, se incluye además la tornillería asociada. Se recomienda la sustitución total.

Montaje y puesta en marcha

El montaje se ejecutó con una brigada especializada de la UEB. Electromecánica y el apoyo de dos buzos profesionales del cuerpo de bomberos.

El procedimiento propuesto fue el siguiente:

Organización: Traslado a Obra de todos los elementos prefabricados y medios auxiliares. Se garantizó en la Obra 2 botes para realizar las diferentes operaciones.

Inspección: Se inspeccionó el área de montaje del Tomaflot y la Compuerta, con la participación de 2 buzos y personal auxiliar, verificar la existencia de la compuerta de madre que se encuentra por delante de la rejilla en la Obra de Toma según proyecto y modificar de ser necesario el diseño Tomaflot.

Compuerta Plana: Colocación de la compuerta en la posición de sellaje la que tiene acoplada la Mocheta y la Válvula de Cuña V1 la que tuvo que permanecer cerrada. Con la apertura de las Válvulas V2; V3 proceder a la comprobación del sellaje.

Lastre: Se trasladó la Base del Lastre con dos botes unidos entre sí con tablones hasta la posición de 25 m aguas arriba de la compuerta derecha de la Obra de Toma, sumergirlo y colocándolo en posición vertical en el fondo, auxiliado de una sogá atada al gancho de la Base del Lastre, la cual se mantuvo unida a los botones hasta la llegada del Flotador.

Flotador: Se colocó el Flotador en el agua y trasladarlo hasta los botones donde se ata a la sogá unida al lastre.

Masas: Traslado de las masas del Lastre en los botes por unidad hasta el Flotador, utilizando la sogá de la Base del Lastre como guía, pasándola por el agujero del centro de las Masas y con el auxilio de un dispositivo y sogas descenderlas hasta su posición en la base, se repitió esta operación completando las 8 unidades. La sogá quedó atada al flotador evitando que el mismo quede a la deriva.

Filtro: Colocaron el Filtro, unido al extremo del conducto, en los botes y atarlo a los mismos, pasando una sogá por dos agujeros a 1800 de la Flange ubicada en el extremo opuesto del Conducto de PEAD y sostenerla por el personal en la Obra de Toma. Trasladaron el conjunto **Filtro-Conducto-Cadena** hasta su ubicación en la posición con respecto al flotador, uniéndolo al Quita Vueltas y de sumergió en el agua, luego se unió el extremo libre de la cadena al Gancho del Lastre.

Conducto PEAD: Pasaron los dos extremos de la sogá que se encuentran unidos a la Flange del conducto, por dos agujeros del platillo de la válvula ubicados a 1800 y desde la obra de toma tirar de la sogá hasta lograr unir el extremo del conducto a la válvula y colocar los tornillos de apriete.

Puesta en marcha: Para la puesta en marcha fue en el orden siguiente:



- Cerraron la Válvula V3 y con la participación de los buzos realizar la apertura de la Válvula V1.
- Procedieron a la apertura de la Válvula V3 y evacuar el azolve de la conductora, cuando se aclare el agua cerrar V3.
- Procedieron a la apertura total de las Válvulas V4; V6 y dos vueltas del volante V5; V7 los manómetros M1 y M3 deben indicar la presión hidrostática del nivel del embalse.
- Poner en funcionamiento las Bombas B1; B2 y proceder a la apertura de las válvulas V5; V7, hasta obtener una indicación en los manómetros M2; M4 entre 0.2 a 0.4 atm.
- Comprobar el correcto funcionamiento del Sistema.

3. Características de la Zona en estudio.

La Presa Manicaragua embalsa las aguas del río Arimao, su principal uso es al abasto a la población, esta se ubica en la coordenada norte 258.20 y este 607.40, con un VAN DE 4.4 hm³, las cotas del NAM, NAN y NM son 158.93, 156.3 y 147.7 respectivamente.

Datos del embalse

Objetivo: Abasto a población.

Tipo de presa: Mixta

Cuenca: Arimao

Río: Arimao

Área de la Cuenca: 30.0 km²

Longitud del río principal: 7.6 km

Altura media de la cuenca: 210 m

Ancho de la cuenca: 300.0 m

Pendiente de la cuenca: 111.0 %

Pendiente del río: 8.7 %

Vaso: Arcilla arenosa, arena arcillosa, arena gravosa aluvial, rocoso de grava – gravilla

angulosa y rocas madres.

Cierre: Arcilla arenosa, arena arcillosa, arena aluvial, suelo rocoso de granodioritas muy

fracturada y granodioritas macizas y fuertes.

3.1 Descripción de la zona de estudio.

La zona de estudio es el embalse Manicaragua su principal uso es el abasto a la población.



Figura 3.1: Embalse Manicaragua.

3.2 Comportamiento del balance de agua en el embalse.

La elaboración del Balance de Agua se realiza según el calendario aprobado mediante resolución emitida por el Presidente del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y las indicaciones de la Dirección de Uso Racional y Productivo del Agua del INRH y por la División Tecnología de Aprovechamiento Hidráulico del GIAT.

El Balance de Agua es la relación entre la demanda y la disponibilidad de agua, se elabora con periodicidad anual con el fin de evaluar el aseguramiento de agua para las diferentes actividades económicas y sociales de acuerdo con las disponibilidades de las fuentes de abasto para el año que se planifica. Se requiere de un trabajo minucioso que permita a partir de una distribución más racional del agua y con el mínimo posible de afectaciones comenzar un proceso de análisis de las disponibilidades y estado técnico de las fuentes suministradoras y en consecuencia la discusión, fundamentación y asignación de volúmenes de agua para satisfacer las necesidades planteadas de todas las ramas de la economía y de la sociedad, representa la base legal para la operación de las fuentes de abasto, según la implementación la ley 124 de las Aguas terrestre y su Reglamento.

Breve descripción del sistema:

El Sistema Hidráulico Manicaragua fue concebido para el abasto del pueblo del mismo nombre. Fue construido en 1972 y consta de Embalse, Estación de Bombeo, Tubería de Conducción, Planta de Filtro, Tanque y Red de Distribución dentro de la ciudad. Se ubica a 2 Kms al este del poblado en el curso superior del río Arimao. Aporta un caudal de 92l/s, también abastece un centro porcino con una estación de bombeo eléctrica de 12 l/s ubicada en el vaso. La presa es de núcleo con una altura máxima de 24.5 m y longitud de cortina de 1057 m, posee aliviadero frontal recto de umbral ancho de 58 m de sección vertedora.

Posee obra de toma de fondo con captación superficial "Toma Flow".

La estación de bombeo posee 2 bombas de 46 l/s cada una con motores eléctricos.

4. Ejecución del mantenimiento al Tomaflot.

A partir del deterioro del flotador debido a los años de explotación y la capacidad oxidante del agua, se procede a ejecutar el mantenimiento a la estructura.

Se realizaron trabajos de mantenimiento y colocación de la instalación del Tomaflot en la presa Manicaragua de conjunto con los Buzos del Equipo Salvamento y Rescate en la provincia, lo cual permitió la mejora de la calidad del agua que entrega esta fuente al Acueducto del poblado de Manicaragua.

Principales tareas realizadas:

Diagnóstico del estado actual del Flotador y las piezas que lo componen:



- 1- Los buzos realizaron un reconocimiento de la estructura al tubo de \varnothing 200 mm, con una longitud de 25 m y un peso de 80 tn sin dificultad.
- 2- Se inspeccionó el lastre, concluyendo que difiere del proyecto original en cantidad de discos no en peso, la masa es la misma.



Lastre

- 3- Reconocimiento al acople del tubo de la compuerta comprobando la conservación de todos los tornillos en buen estado.



- 4- Se realizó mantenimiento al Flotador, sustituyendo las cadenas, los tornillos de las abrazaderas, cepillo y pintura antioxidante.



- 5- Pintura a todas las partes metálicas.
6- Mantenimiento de la Válvula de salida de la Toma.
7- Montaje Final del Tomaflot.

Se baja el flotador hacia el agua, alternativa de izaje del lastre, se colocaron unos tablones sobre la balsa en un yate de 3 toneladas para proceder a levantar el tubo.

Luego de instalado el flotador, se procede a la abertura de la válvula de desagüe para limpieza de la conductora.



5. Evaluación de la calidad de agua antes y después de ejecutado el mantenimiento al flotador.

Un Tomaflot se instala con el objetivo de tomar el agua de las capas intermedias en el embalse donde su calidad es mejor, por lo que el mantenimiento es indispensable para su correcto funcionamiento. Al ocurrir la rotura del mismo, las características físico-químicas del agua fueron precarias.

Según comentarios de los propios pobladores del municipio que son abastecidos por esta fuente, el agua suministrada contenía grandes cantidades de sólidos disueltos, mal olor y sabor, a raíz de que el filtro se encontraba en el fondo del embalse donde estaba extrayendo la materia orgánica existente en el mismo.

El Oxígeno disuelto (OD) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) son parámetros fundamentales en la caracterización del grado de contaminación de un cuerpo de agua, por lo que, si observamos los Gráficos 1y 2, podemos ver el comportamiento de ambos parámetros antes y después del mantenimiento.

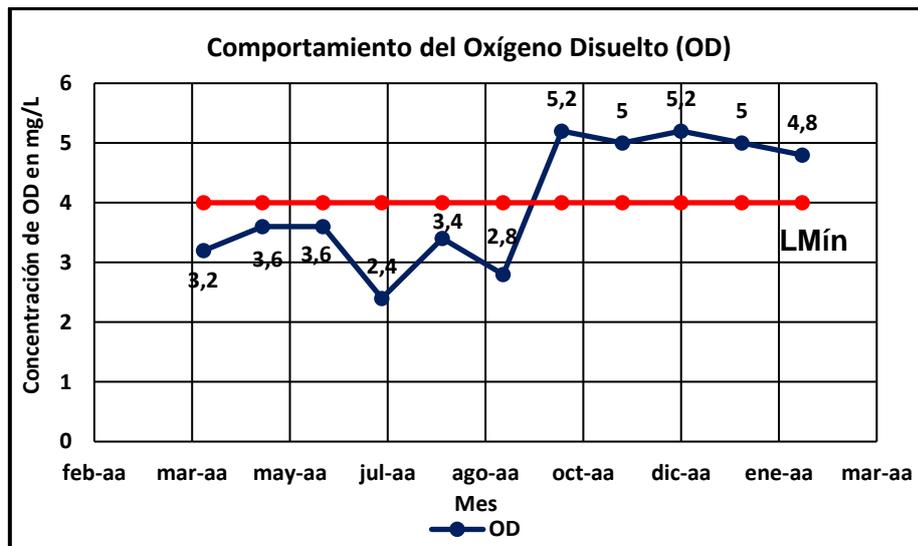


Gráfico #1: Comportamiento del Oxígeno Disuelto (OD) en mg/L

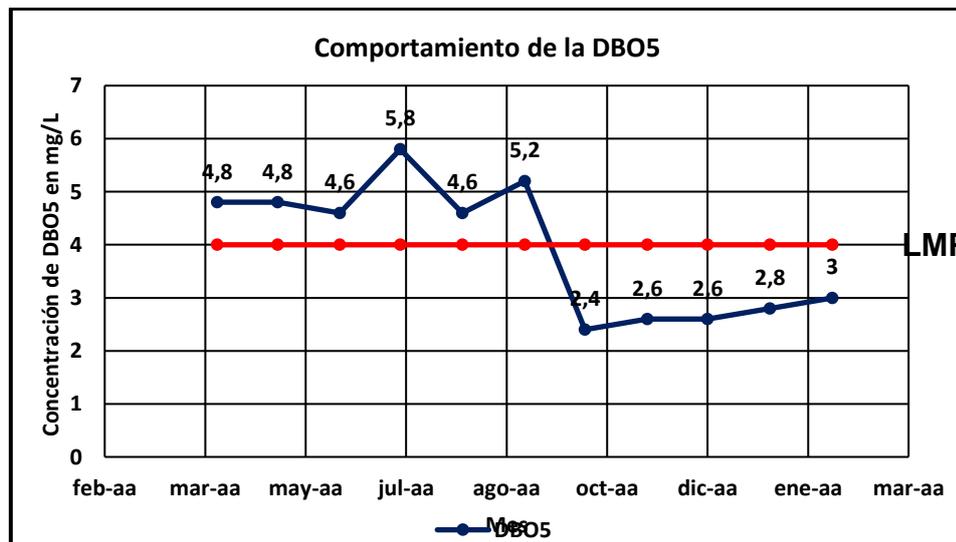


Gráfico #2: Comportamiento de la DBO5 en mg/L

Como es de observarse luego del mantenimiento ambos parámetros se mantuvieron en Norma lo que reafirma la necesidad del mismo para el correcto funcionamiento del Tomaflot y su importancia en la Calidad del agua.



6. Conclusiones

- 1- El mantenimiento oportuno de la estructura del Tomaflot garantiza su durabilidad y correcto funcionamiento.
- 2- La evaluación de los parámetros de calidad de las aguas, forma parte de uno de los indicadores que se mide para la gestión del encargo estatal en las Empresas de Aprovechamiento Hidráulico, tarea indispensable para el servicio de abasto a la población.
- 3- Adaptar los diseños a nuestras condiciones, es una de las principales iniciativas que forman parte del esquema más representativo de un proyecto.

7. Recomendaciones

1. Continuar los trabajos de mantenimiento, al filtro y reparar el quita vueltas para obtener la durabilidad, seguridad, eficiencia máxima y mantener las características estéticas de instalación de la estructura.
2. Defender el uso de elementos de fácil adquisición en el país, para importar "el mínimo de recursos".
3. La factibilidad de construir obras de toma flotantes en los embalses Minerva y Palmarito, responsables de gran parte del abasto de agua a la ciudad de Santa Clara.

8. Referencias bibliográficas

- a- Ambroggi, P. P. (Ed.) (1980) Water. New York, EE. UU.: Sci. American, 166 pp.
- b- Armengol, J. y Prat, N. (Eds.) (1979) Els embassaments. New York, EE. UU. Quad Ecology.
- c- Bollman, H. A., Carneiro, C. y Pergorini, E. S. 2005. (Cap. 7 Qualidade da Água e Dinâmica de Nutrientes). En: Bollman, H. A., Carneiro, C. y Pergorini, E. S. (Eds.) Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados. pp. 500. Curitiba, Brasil: Gráfica Capital, LTDA.
- d- Esteves, F. A. (Ed.) (2011) Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro, Brasil: Interciência, 826 pp.
- e- Hutchison, E. G. (Ed.) (1957) A treatise on Limnology Nueva York, EE. UU.: Wiley Interscience Publication.
- f- INSMET. 2019. Clima, Santa Clara [En línea]. Disponible desde: <http://www.insmet.cu> [Consultado: 23 de mayo]



- g- Jaime-Jáquez, C., Arreguin-Cortés, F. I., Campos-López, J., Cantú-Suárez, M. A., Herrera-Toledo, C., Ramos-Valdes, C. O., Coll-Carabias, C. L. y Pinzón-Lizárraga, S. (Eds.) (2002) Obras de toma. Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Mexico: Comisión nacional del agua, 189 pp.
- h- Margaleff, R. (Ed.) (1983) Limnología. Barcelona, España: Inv. Ciencia, 915 pp.
- i- Martinez-Menez, M., Fernandez-Reynoso, D., Uribe-Chavez, D. Y., Jimenez-Vazquez, G. y Medina-Martinez, A. (Eds.) (2009) Obras de toma para aprovechamientos hidráulicos.
- j- Moss, B. (Ed.) (1980) Ecology of fresh waters. Oxford, Reino Unido: Blackwell Scientific Publications.
- k- Oficina-Nacional-de-Normalización (2012) NC 827 Agua Potable — Requisitos Sanitarios. NC: 827-2012: 12 pp. La Habana, Cuba: Oficina Nacional de Normalización (NC).
- l- OMS (2006) Guías para la calidad del agua potable. OMS, 408 pp. Génève, Suiza:OMS. Porto, M. F. A., Branco, S. M. y Luca, S. J. (Eds.) (1991) Caracterização da Qualidade da Água. São Paulo, Brasil: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- m- Silva-Pereira, A. E. (2008) Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. Acta Amazonica, 38: 734.
- n- Souza, P. A. 2001. (Importância do uso de bioindicadores de qualidade: o caso específico das águas.). En: Felicidade, N. (Ed.) Uso e Gestão dos recursos hídricos no Brasil. pp. 55-66. Sao Carlos, Brasil: Rima.
- o- Takasu, S. y Hirose, T. 2002. (Water intake structures for surface and subsurface waters.). En: Takasu, S. y Hirose, T. (Eds.) Water storage, transport and distribution. pp. 1-6. Tokio, Japon: University of Tokio.
- p- Tundisi, J. G. y Matsumura-Tundisi, T. (Eds.) (2008) Limnologia. São Paulo, Brasil: Oficina de Textos.