

**OPTIMIZACION DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA EN LA PLANTA  
POTABILIZADORA HIDROPAEZ C.A. UBICADA EN CALABOZO, ESTADO GUARICO**

**OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF TREATMENT OF RAW(UNRIPE) WATER IN THE  
PLANT(FLOOR) POTABILIZADORA HIDROPAEZ C.A. LOCATED IN JAIL, CONDITION(STATE)  
GUARICO**

**Marín, Naroy**  
**Universidad José Antonio Páez**

**Silva, Eliana**  
**Universidad José Antonio Páez**

**Silva, Jesús**  
**Universidad José Antonio Páez**

**Resumen:** Venezuela posee de un millar de ríos, 124 de ellos poseen cuencas mayores de 1.000 Km<sup>2</sup>. Una de esas cuencas alimenta al Embalse Generoso Capilongo conocido por sus habitantes como embalse Guárico, de esta represa se sustenta toda la población del Estado Guárico cuyas aguas son tratadas y potabilizadas en la Hidrológica Páez (Hidropaez) a fin de garantizar que sea apta para el consumo humano, minimizando al máximo posible los costos de tratamiento. Situación que no sucede en la realidad pues el Embalse Guárico posee un grado considerable de contaminación que obliga a la empresa a ir más allá de la simple remoción de partículas, por cuanto el deterioro de una de sus fuentes implica mayores costos tanto en su propia recuperación como en el tratamiento de sus aguas. De lo anterior surge la necesidad de desarrollar una metodología para lograr una optimización a partir de las condiciones reales y basada en los límites socio-económicos, de tal forma que no sea indispensable el uso de nuevas tecnologías las cuales comúnmente van acompañadas de grandes inversiones de dinero.

**Palabras clave:** Tratamiento de aguas, potabilización, Hidropaez, embalse Guárico.

**Abstract:** Venezuela has a thousand rivers, 124 of them have basins larger than 1,000 km<sup>2</sup>. One of these basins feeds the Generous Capilongo Reservoir known by its inhabitants as the Guárico Reservoir. This dam sustains the entire population of the Guárico State, whose waters are treated and made drinkable at the Páez Hydrological Plant (Hidropaez) in order to guarantee that it is suitable for use. human consumption, minimizing treatment costs as much as possible. Situation that does not happen in reality because the Guárico Reservoir has a considerable degree of contamination that forces the company to go beyond the simple removal of particles, since the deterioration of one of its sources implies higher costs both in its own recovery as in the treatment of its waters. From the foregoing arises the need to develop a methodology to achieve optimization based on real conditions and based on socio-economic limits, in such a way that the use of new technologies is not essential, which are commonly accompanied by large investment of money.

**Keywords:** Water treatment, purification, Hidropaez, Guárico reservoir.

## **INTRODUCCIÓN**

El agua es uno de los recursos potencialmente más vulnerables a los cambios climáticos. A pesar del enorme volumen de agua que existe en el planeta, 1,41 mil millones de km<sup>3</sup>, sólo el 2% es agua dulce, la mayor parte de la cual (alrededor del 87%), se encuentra en capas de hielo, glaciares y aguas subterráneas, y un 13% (unos 2000 km<sup>3</sup>) es la cantidad de agua disponible, que se encuentra en ríos, lagos y otros cuerpos de agua dulce. Venezuela cuenta con abundantes recursos de aguas superficiales y subterráneas. En el caso de las aguas superficiales su distribución muestra marcadas

diferencias regionales. El territorio es drenado por más de un millar de ríos, 124 de los cuales poseen cuencas mayores de 1.000 Km<sup>2</sup>. Una de esas cuencas alimenta al Embalse Generoso Capilongo conocido por sus habitantes como embalse Guárico, de esta represa se sustenta toda la población del Estado Guárico cuyas aguas son tratadas y potabilizadas en la Hidrológica Páez (Hidropaez). Hidropaez es una planta de potabilización de agua donde se llevan a cabo procesos físico-químicos para transformar determinada calidad de agua cruda en una determinada calidad de agua tratada que sea apta para el consumo humano, de aquí que la óptima operación de estos garantice el suministro de agua en la cantidad necesaria y con las condiciones que satisfagan las normas de potabilidad establecidas, minimizando al máximo posible los costos de tratamiento.

Situación que no sucede en la realidad pues el Embalse Guárico posee un grado considerable de contaminación que obliga a la empresa a ir más allá de la simple remoción de partículas, por cuanto el deterioro de una de sus fuentes implica mayores costos tanto en su propia recuperación como en el tratamiento de sus aguas. De lo anterior surge la necesidad de desarrollar una metodología para lograr una optimización a partir de las condiciones reales y basada en los límites socio-económicos, de tal forma que no sea indispensable el uso de nuevas tecnologías las cuales comúnmente van acompañadas de grandes inversiones de dinero, siendo esto una forma de aprovechamiento de los procesos convencionales que son empleados actualmente para el tratamiento de agua potable.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el Estado Guárico funciona La Empresa Hidrológica Páez C. A. (HidroPaez) esta es una empresa pública perteneciente a Hidrológica de Venezuela (Hidroven), adscrita al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, donde el principal problema es que debido a la mala calidad del agua surtida a la población se generan múltiples reclamos de los consumidores por su inconformidad con el servicio del agua que reciben en sus hogares. Todo este problema se genera por las siguientes fallas: La inexistencia de un manual de operación, la mala selección de las competencias del personal operario, falta de motivación de los trabajadores, poco mantenimiento de los equipos, falta de calibración de los mismos y falta de supervisión del personal técnico cuando se les hace mantenimiento. De igual manera existen problemas en el almacenamiento y uso de la materia prima. Por todas estas fallas existentes es que se plantean una serie de estrategias para la optimización del proceso de potabilización de agua cruda en la planta potabilizadora HIDROPÁEZ.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN GENERAL**

Optimizar el proceso de tratamiento de agua cruda en la planta potabilizadora Hidropaez c.a. ubicada en Calabozo, Estado Guárico

## **ESPECÍFICOS**

- Determinar de los factores de máxima incidencia en el proceso de tratamiento de agua a través de la recopilación de información acerca de las condiciones físicas de operación actual de la planta de HidroPaez.
- Evaluar las etapas del proceso de tratamiento de agua cruda para la selección de la etapa más críticas del proceso.
- Formular estrategias para la optimización de la operación de la planta de tratamiento de agua de Hidropaez.

## JUSTIFICACIÓN

Con esta propuesta se pretende ofrecer a la empresa Hidropaez una alternativa para optimizar el proceso potabilización del agua cruda con el fin de garantizar que el agua que sale de la última etapa del proceso productivo tenga un máximo de 5 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez) para que sea apta para el consumo humano, estos valores son dictados por la OMS (Organización Mundial para la Salud), y en nuestro país por la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. SG-018-98. Otros de los fines que persigue la investigación es ofrecer algunas soluciones a la problemática que surge por las cantidades de sedimentos que contienen las tuberías que trasladan el agua desde la planta hasta los hogares de la población y así evitar encrustamiento que ocurren en las mismas y que impiden el correcto suministro del recurso. Siempre recordando que lo más importante es ofrecer un servicio de suministro de agua con los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos bajo norma, para evitar posibles enfermedades a la población de Calabozo de índole estomacal o intestinal.

## METODOLOGÍA

Para la adquisición del dosificador volumétrico se contacta al personal de Corporación Científica Venezolana quienes son representantes exclusivos de la marca Perkin-Helmer quienes se harán cargo de: Despacho del Equipo, Instalación del Equipo, Pruebas de Commissioning, Capacitación al personal técnico y operativo, Servicio de Garantía y Mantenimiento.

## RECURSOS TÉCNICOS

La primera necesidad que presenta el proceso de tratamiento y potabilización de agua es el Revamp (Rediseño) o el Cambio total del Dosificador de Sustancias Secas (Sulfato de Aluminio,  $Al_2(SO_4)_3$ ), el cual presenta una técnica de Dosificación de tipo volumétrica a través de por medio de un plato oscilatorio, que despacha el material a granel.

Adicionalmente, es necesario que en el filtro se chequee el tipo de carga que tiene y sustituirla por una carga que cumpla con el objetivo de la etapa de filtración que es disminuir en 19 unidades de NTU la turbidez del agua. Descripción de Equipos:

### a) Dosificador modular volumétrico Marca: Gericke.

Tipo: GAC (Dosificadora Universal Para máxima Precisión de Material a Granel).

Rango de rendimiento: De 1,3 a 27mil L/h

Accionamiento en Kwatts: 0,55kw

Altura, Anchura y Longitud (ml): 540ml, 390ml y 1260ml Peso: 90 kg.

Características especiales: homogeneizador.

Elemento Dosificador: Sin fin de hoja completa.

Recursos Materiales.

Carga recomendada para el filtro:

Arena Silicia:

Propiedades químicas de la arena silicia:

1. Humedad: 0%
  2. Dureza: 7 Mohs
  3. Densidad 2.4 gr/cm<sup>3</sup>
  4. SiO<sub>2</sub> (Oxido de Silicio): 97,5%
  5. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Oxido Férrico): 0,047%
  6. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Oxido de Aluminio): 1.18% Grava:
1. Dureza 6 Mohs
  2. Tipo: Ígneas
  3. Textura: Áspera
  4. Composición: Caliza y Basalto.

Antracita:

1. Densidad: entre 1,2 y 18 gr/cm<sup>3</sup>
2. Poder Calorífico: entre 26 y 69 MJ/Kg
3. Carbón: entre 92% y 98 %
4. Humedad: 4%

Carbón Activado:

1. Tamaño de poro: 2nm.
2. Porcentaje de cenizas entre 1 y 12(%)
3. Coeficiente de uniformidad (grano): 1,4 – 2
4. Granularidad (mm): entre 0,1 y 2
5. Densidad aparente (comprimido) (g/cm<sup>3</sup>): 0.3 – 0.7
6. Volumen de poro total (cm<sup>3</sup>/g) 0,6 – 1,8 Recursos financieros

Se contactaron proveedores de equipos dosificadores volumétricos y se anexan cotizaciones reales en el anexo A. Adicionalmente se requiere material de oficina, equipos computacionales, cámara fotográfica, entre otros. Todo esto ya se encuentra en la empresa. No se necesitaría una inversión adicional al presupuesto anual que tiene la planta potabilizadora de Calabozo.

**Cuadro 1. Hoja de Costos Estimados Unitaria**

Especificaciones de Equipos y Servicios		Cotizado por	Cantidad Requerida	Costo Unitario	Sub-total
Material de Oficina	Papelería	Papelería las Novedades	1	32,00	32,00
	Lápices		6	2,00	12,00
	Fotocopias		60	0,50	30,00
Dosificador Volumétrico de Sulfato de Aluminio		FLOWTEC SRL	1	25.000,00	25.000,00
Jornada de Charlas		Las 2 Consultores CA	3	6.000,00	18.000,00
				TOTAL	43.074,00

Fuente: Silva, Marín, Silva (2010)

## PROPUESTA

Desarrollo de estrategias para la optimización del proceso de potabilización del agua cruda de la Hidrológica Páez C.A. (HIDROPÁEZ).

## INTRODUCCIÓN

Con la optimización del proceso de potabilización del agua se logrará la concientización del operador al realizar las actividades requeridas para mejorar la calidad del agua, como lo es la calibración de los dosificadores de sulfato de aluminio, monitoreo constante. De igual manera se desea proponer que todo el proceso de la planta sea dividido en tres grandes etapas, para poder entender cuáles son los procesos vitales en la potabilización del agua y así definir las etapas más críticas del proceso. Asimismo, plantear diferentes métodos que permitan resolver los problemas por los que está pasando HidroPáez como lo

son inspecciones, mantenimiento de equipos, rediseño y compra de equipos solo cuando sea necesario y factible hacerlo.

## **OBJETIVOS GENERAL**

Optimizar el proceso de potabilización del agua en la planta potabilizadora HidroPáez, a través de un plan estratégico.

## **ESPECÍFICOS**

- Documentar el proceso de potabilización del agua en la planta modular de Calabozo, Edo. Guárico.
- Establecer un plan de adiestramiento para la concientización del personal operativo.
- Diseñar un indicador para la medición de la satisfacción de la población que recibe el servicio.

## **FINALIDAD Y ESTRUCTURA**

El propósito de la propuesta es documentar y establecer herramientas efectivas para lograr la optimización del proceso de potabilización de agua en la Hidrológica Páez C.A. Por otra parte, la concientización del personal operativo de la Empresa para lograr el más alto desempeño de las operaciones diarias para poder lograr un producto que cumpla con los estándares fisicoquímicos que por ley el agua potable debe tener.

## **ESTRUCTURA**

Esta propuesta contempla cuatro etapas que se sugiere seguir en ese orden para alcanzar el fin deseado, las etapas son las siguientes:

- a.** Documentación: Esto se logra recopilando toda la información mediante material bibliográfico, Internet y del personal operativo y técnico en planta. Luego se recurre a la norma ISO 1013:2008 para la documentación en físico del proceso.
- b.** Plan de Concientización: Se propone una serie de actividades de tipo informativo y educativo para todo el personal de la planta, que abarca encuestas charlas y reuniones orientadas a la toma de conciencia del personal y al logro de la identificación de los mismos con la organización para tratar de crear sentido de pertenencia con la misma.
- c.** Medición de la eficacia de la propuesta. Esto se hará con la aplicación de una encuesta utilizada como indicador de la satisfacción de todos los usuarios del servicio de agua potable con el producto. Esta encuesta consta de preguntas básicas y fáciles de contestar. Se pretende que sea anexada a la factura del servicio y se podrá recolectar con buzones en los lugares de pago.
- d.** Plan de Implementación. Aquí se detallan los tiempos y recursos aproximados necesarios para la aplicación de las etapas anteriores.

Desarrollo de la estructura de la propuesta

## **DOCUMENTACIÓN**

Se propone un único documento que lleva por nombre PROCEDIMIENTO OPERATIVO PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA, codificado bajo las siglas: PO0001 ya que corresponde al primer procedimiento documentado en la planta de Calabozo-Estado Guárico.

Este documento consta de una portada donde se identifica con nombre y código, las personas que lo realizaron y los espacios para la aprobación del mismo por parte de la gerencia de la organización,

seguidamente de la descripción de su propósito, alcance y personas involucradas en el logro de las actividades que son descritas de igual manera en el estricto orden que deben ser ejecutadas.

## **CONCIENCIACIÓN DEL PERSONAL OPERATIVO.**

Se proponen una serie de actividades que persiguen el fin de incorporar a todos los trabajadores dentro de la política de la empresa para así lograr su incentivo y que participen de manera más activa dentro de los procesos de la organización.

Estas actividades se resumen de la siguiente forma:

1. Realizar una evaluación de la situación actual de los operadores de la planta en cuanto a su nivel de conocimiento de la política de la organización y del grado de importancia que tienen sus labores en el logro de los objetivos, a través de una Encuesta de Diagnostico del personal operativo
2. Publicar carteles de la Filosofía de la organización (Misión, Visión, Valores y Objetivos) en lugares visibles y de fácil lectura.

## **MISIÓN**

Somos la empresa responsable de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento en el estado Guárico, bajo el principio de preservación de: la salud pública, el recurso hídrico y el ambiente. Todo ello en el marco de la Constitución Nacional, Las Leyes y sus Reglamentos, a través de un eficiente Recurso Humano, Participación Organizada de la Colectividad y de la Excelencia en la Gestión de los Procesos.

## **VISIÓN**

Ser una empresa con un modelo de gestión basado en criterios de calidad, eficiencia empresarial, confiabilidad, equidad y rentabilidad, que se consolide como una organización vanguardista en la prestación de servicios públicos en el Estado Guárico hasta convertirnos en una empresa que genere valor agregado de producción social en nuestra colectividad.

3. Crear carteleras mensuales con información relacionada con niveles de producción, índice de satisfacción del cliente, toxicología de las sustancias químicas usadas en el proceso productivo, número de accidentes laborales, entre otros.
4. Coordinar con el departamento de recursos humanos la creación de los perfiles de cargo y la debida notificación a todo el personal.
5. Informar al personal sus actividades y responsabilidades dentro del proceso por escrito, así como también el nivel de importancia que tienen sus labores para el logro de las metas de la organización.
6. Dictar charlas del manejo de sustancias peligrosas que se utilizan en el proceso, que incluya el manejo almacenaje y transporte de gas cloro y sulfato de aluminio como principales sustancias de uso diario en la planta.
7. Proporcionar charlas del impacto que tiene en la salud de la población el nivel de calidad que arroja el agua al final del proceso y el tipo de enfermedades crónicas que pudieran darse si no se cumple con los parámetros estándares.
8. Evaluación del grado de asimilación que tuvo el plan de concientización en el personal a través de una encuesta que se procederá a comparar con los resultados obtenidos en la encuesta aplicada antes de aplicar el plan de concientización. c. Medición de la eficacia de la propuesta.

La eficacia de la propuesta se verá con el Grado de conformidad que muestren los usuarios con el servicio y la calidad del agua que llega a sus hogares. Para esto se diseñó una encuesta con 5

preguntas sencillas las cuales pueden responder la población que recibe el servicio sin ningún problema.

La estrategia utilizada para poder hacer llegar la encuesta y poder así medir la satisfacción de la población de calabozo en relación al servicio de agua potable es la adición de la encuesta al recibo de agua, todo esto con la intención de que la población pueda llenar la encuesta y a través de la estadística saber que tan satisfecha esta la población con el servicio en el tiempo.

## PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Aquí se muestra las tareas que se deben realizar para llevar a cabo la propuesta junto con los recursos humanos, tecnológicos, materiales y financieros, los responsables y el tiempo estimado que podrían tomar. Eso se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 2. Plan de implementación**

Tarea	Recursos			Responsable	Tiempo estimado
	Humanos	Tecnológicos y materiales	Financieros		
Presentación del documento PO-001 a la directiva para su revisión y aprobación	Eliana Silva (Jefe de Planta)	Computadora, papelería.	HIDROPAEZ	Eliana Silva (Jefe de Planta)	1 mes
Evaluación de la situación actual de los operadores	Eliana Silva (Jefe de Planta) y operadores	Bolígrafos, papelería	HIDROPAEZ	Eliana Silva (Jefe de Planta)	1 semana
Publicar carteles de la Filosofía de la organización, y Crear cartelera de información	Eliana Silva (Jefe de Planta)	Papelería, Computadora, Cartelera	HIDROPAEZ	Eliana Silva (Jefe de Planta)	1 mes
Informar al personal sus actividades y responsabilidades y nivel de importancia	Eliana Silva (Jefe de Planta) y operadores	Perfiles de cargo	-	Eliana Silva (Jefe de Planta)	3 semanas
Charlas del manejo de sustancias peligrosas e impacto en la salud	Personal de Seguridad Industrial y operadores	Equipos de Seguridad, salones y perisología	HIDROPAEZ	Eliana Silva (Jefe de Planta)	16 horas
Evaluar el grado de asimilación que tuvo el plan de concientización	Eliana Silva (Jefe de Planta) y operadores	Bolígrafos, papelería	HIDROPAEZ	Eliana Silva (Jefe de Planta)	1 semana
Entregar la encuesta a la población, anexada al recibo de pago	Eliana Silva (Jefe de Planta) y Personal del departamento de Comercialización	Computadora, papelería.	HIDROPAEZ	Departamento de Comercialización	1 mes
Procesamiento de los resultados de la encuesta	Eliana Silva (Jefe de Planta) y operadores	Computador	HIDROPAEZ	Eliana Silva (Jefe de Planta)	3 semanas

Fuente: Silva, Marín, Silva (2010)

Humanos Tecnológicos y materiales Financieros

Entregar la encuesta a la población, anexada al recibo de pago Eliana Silva (Jefe de Planta) y Personal del departamento de Comercialización Computadora, papelería. HIDROPAEZ Departamento de Comercialización 1 mes

Procesamiento de los resultados de la encuesta Eliana Silva (Jefe de Planta) y operadores Computador HIDROPAEZ Eliana Silva (Jefe de Planta) 3 semanas

## **CONCLUSIONES**

1. Con el presente proyecto se logró ofrecer a la empresa de HidroPáez una alternativa para mejorar el proceso de potabilización del agua a través de la propuesta establecida.
2. Se documentó el proceso de potabilización del agua en la planta Hidropáez Calabozo, donde se describe las actividades a realizar el personal técnico y operativo en planta.
3. Se estableció un plan de adiestramiento para la concientización a través de charlas, carteleras informativas, y motivación al personal operativo en planta.
4. Se propuso una encuesta como indicador de la medición de satisfacción al cliente que recibe el servicio del agua potabilizada por la empresa HidroPáez.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se sugiere a la empresa HidroPáez implementar la propuesta presentada para la optimización del proceso de potabilización en la planta Calabozo.
2. Se sugiere a las demás plantas potabilizadora de HidroPáez en Guárico proponer sus estrategias para mejorar la potabilización del agua.
3. Se recomienda a los demás departamentos de la empresa HidroPáez presentar propuestas para seguir los lineamientos de un sistema de gestión de localidad.
4. Se recomienda a la empresa HidroPáez adiestrar a todo el personal administrativo y técnico sobre el sistema de gestión de calidad.
5. Se recomienda a la empresa HidroPáez seguir los lineamientos de la política de la calidad.

## **REFERENCIAS CONSULTADAS**

1. COVENIN-ISO TR 10013:2002 Directrices para la documentación de sistemas de gestión de la calidad, año 2002
2. Misión y Visión de la Empresa Hidropaez. [En línea]. [Consulta: 20 de septiembre de 2010] Disponible en: <http://www.hidropaez.gob.ve>
3. Norma ISO 9001:2008 Sistemas de gestión de la Calidad- Requisitos, año 2008
4. Nicolás J. Scenna y col. Modelado, Simulación y Optimización de Procesos Químicos, año 1999
5. Proceso de tratamiento de aguas. [En línea]. [Consulta: 19 de septiembre de 2010] Disponible en: [www.cepis.org.pe/bvsacg/fulltext/inspecciones/lec6.pdf](http://www.cepis.org.pe/bvsacg/fulltext/inspecciones/lec6.pdf)
6. Gestión de Procesos. [En línea]. [Consulta: 10 de agosto de 2010] Disponible en: [www.chospab.es/calidad/archivos/.../Gestiondeprocesos.pdf](http://www.chospab.es/calidad/archivos/.../Gestiondeprocesos.pdf)
7. Philip Kotler. Dirección de Mercadotecnia, 8va Edición, Págs. 40, 41.