

SISTEMA PURIFICADOR DE AGUAS CONTAMINADAS CON ARSÉNICO Y OTROS CONTAMINANTES

Carlos Cali, Marcelo Gaggino

Tutor: Ing. Cesar Espinoza

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires

INGENIERIA ELECTRONICA

Cátedra Proyecto Final: Ing. Silvio Tapino, Ing. Basilio Robinio, Ing. Juan Pablo Gonzales, Dr. Matías Hampel, Ing. Alejandra Gutierrez



Objetivo

Diseñar un sistema que pueda tratar el agua de pozo, convirtiendo la misma en agua apta para consumo humano. El equipo hace foco en la contaminación de arsénico, pero como el mismo viene acompañado por otros contaminantes que además de afectar su composición impactan en el sabor y olor, el mismo se complementa con una etapa que elimina bacterias y otros contaminantes que perjudican la salud de los seres vivos.

Según la OMS, la concentración máxima de arsénico permitida es de 0,1ppm.

El equipo en cuestión, está destinado a la población que se encuentra lejos de las ciudades, sitios inhóspitos en donde no se encuentra la red eléctrica y tampoco la red de agua potable.

La interacción del usuario es mínima para la realización de un proceso de tratado de agua. El sistema es autónomo en cuanto a la energía, ya que cuenta con paneles solares que cargan sus baterías (no requiere red eléctrica). Por otro lado es configurable para distintas concentraciones de contaminantes.

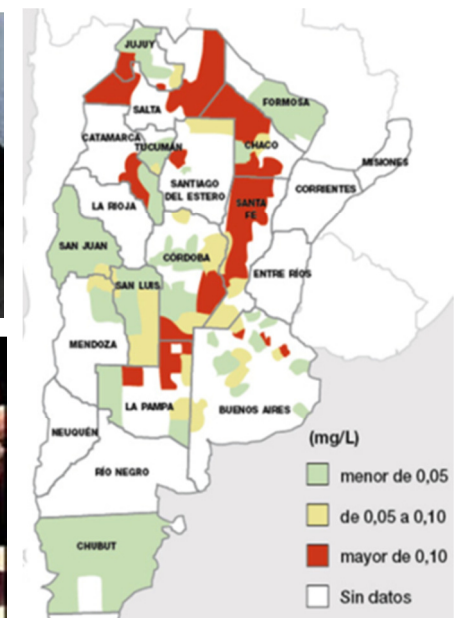


Contexto

El arsénico es un elemento ampliamente disperso en la corteza terrestre, constituyendo el vigésimo elemento en abundancia, es también un contaminante geogénico que está presente de forma natural en aguas subterráneas de diversas regiones del mundo. El consumo de aguas contaminadas con As puede ocasionar la aparición de enfermedades en la piel y cáncer, lo que ha llevado a que la OMS fije un límite máximo en aguas para consumo humano de 10 microgramos/litro, estimándose en más de 226 millones de personas la población mundial expuesta.

En nuestro país los primeros casos de envenenamiento por consumo de agua con As reportados datan de hace un siglo, relacionándose su consumo con el Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE), enfermedad que se manifiesta por lesiones de la piel y pueden derivar en cáncer. El riesgo asociado al consumo de agua con arsénico ha hecho que en años recientes se haya ajustado su concentración máxima permitida por el Código Alimentario Argentino (CAA) de 50 a 10 microgramos/litro.

La contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico afecta entre 2 y 8 millones de personas en Argentina, especialmente en regiones rurales o en núcleos de población dispersa no conectada a redes de agua potable, y por lo general de escasos recursos económicos. El impacto causado por la contaminación de aguas por arsénico ha llevado al desarrollo y mejora de procesos de tratamientos de aguas que sean aptos para remover este contaminante. Dentro de estos procesos se destacan, la coagulación-precipitación, adsorción, el intercambio iónico y la filtración por membranas y ósmosis inversa.

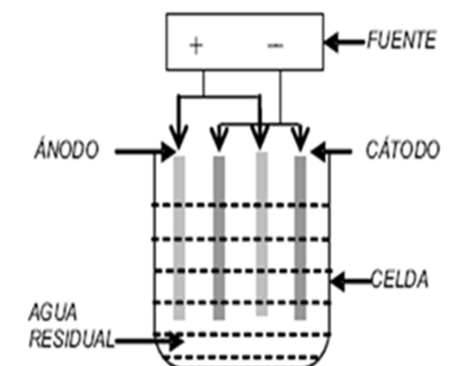


Marco teórico

Método de Remoción de arsénico utilizado: Electrocoagulación

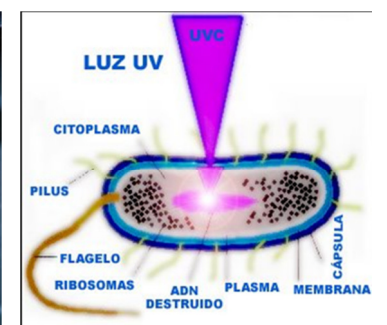
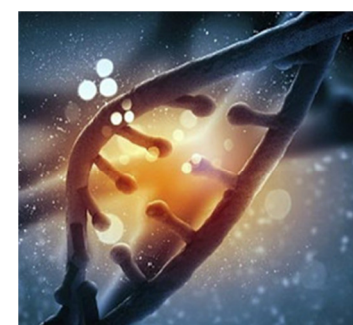
La electrocoagulación es un proceso que utiliza la electricidad para eliminar contaminantes en el agua que se encuentran suspendidos, disueltos o emulsificados. La técnica consiste en inducir corriente eléctrica en el agua residual a través de placas metálicas, comúnmente paralelas, de diversos materiales, dentro de los más comúnmente utilizados están el hierro y el aluminio. Es así que los contaminantes presentes en el medio acuoso forman agregados, produciendo partículas sólidas que son menos coloidales y menos emulsificadas (o solubles) que en estado de equilibrio.

Cuando esto ocurre, los contaminantes forman componentes insolubles que se precipitan y/o flotan y se pueden remover fácilmente por algún método de separación de tipo secundario.



Método germicida: Radiación UV-C

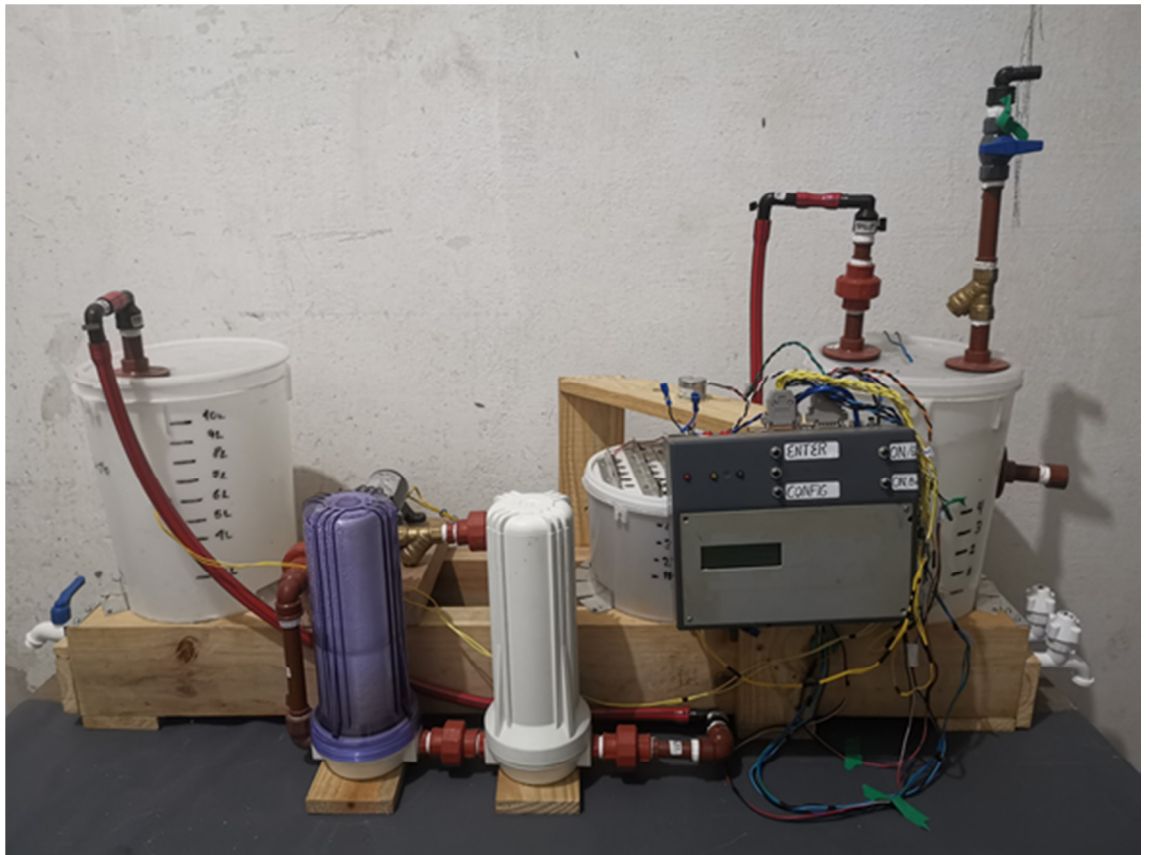
La radiación UV-C actúa impactando en la molécula de los microorganismos indeseados (bacterias, hongos y esporas, protozoos, virus, y levaduras), esto produce el efecto de rompimiento de las cadenas de los aminoácidos de proteínas, causando una disrupción metabólica afectando su mecanismo reproductivo y logrando así su inactivación. Este rompimiento del enlace del ADN se debe a la absorción de los fotones UV causando una reacción fotoquímica irreversible, la cual inactiva y destruye las células por la modificación electrónica de los átomos (la luz incidente genera la liberación de electrones por efecto fotoeléctrico). Esta técnica ofrece una desinfección segura, limpia, eficiente, ambientalmente adecuada y con el mejor costo beneficio.



Implementación y funcionamiento

El equipo está compuesto por tres bateas. En la primera de ellas ingresa el agua y se ejecuta la etapa bactericida a través de cuatro leds UV-C de 280 nm. Junto con una bomba revolvente trabajan en conjunto para lograr que toda la masa de agua ingresante se exponga de manera pareja a la radiación. Una vez finalizada esta etapa, configurable en tiempo acorde a la concentración de los contaminantes que tiene el agua (previo a un análisis bacteriológico de la misma), con una bomba de trasvase se pasa el agua a la segunda batea donde se realizará la etapa de electrocuagulación para eliminar el arsénico. La misma cuenta de planchuelas de hierro que cumplen la función de electrodos y una hélice para que el proceso se realice uniformemente. Finalizada esta etapa, también configurable en tiempo en función de la concentración de arsénico que tenía el agua; se activará la bomba de presión que hace pasar el agua por la última etapa del equipo, el filtrado final, para luego depositarse en la tercer batea de agua lista para ser usada. Esta etapa de filtrado cuenta de dos filtros, el primero filtra sólidos como arenillas, óxido, o cualquier otra partícula mayor a 5 micrones; el segundo, un filtro de carbón activado con el fin de eliminar resto de contaminantes orgánicos (naturales y sintéticos) que afectan el sabor y el olor con el fin de que el agua potable sea más agradable.

El usuario interactuará con el equipo a través de un panel, donde el display presente allí irá guiando el paso a paso desde el encendido del mismo hasta que haya finalizado un ciclo completo de purificado, dejando al equipo listo para otro proceso.



Resultados y conclusiones

Se realizó la infraestructura íntegra del equipo: cálculo y conexión de bateas, bombas de agua, filtros de 5 micrones, carbón activado, luz UV-C, diseño completo del software y el hardware de control con micro LPC1769, fuente switching, fuente de carga de batería para 12 volt, sistema de conmutación de modo de funcionamiento de baterías (modo carga de baterías con panel solar y modo flote), driver de sensado de niveles, driver de actuadores para el manejo de bombas, fuente de corriente regulable por el microcontrolador, salida de Display con leyenda del estado del equipo, leds indicadores de estado, pulsadores de manejo para el usuario, conexión a USB para la configuración de los tiempos de proceso como también así la corriente de suministro.

El prototipo en cuestión cumple con el objetivo propuesto. A pesar que no se pudieron hacer pruebas reales con agua contaminada por estar los laboratorios de la facultad cerrados, la versatilidad con la que se concibió el equipo permite ajustar los tiempos de las distintas etapas purificadoras de agua alargando los tiempos de manera tal de reducir tanto como se quiera los contaminantes, de manera tal que el agua sea apta para consumo humano.

Referencias

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Ars%C3%A9nico>

<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-18284-21841>

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000200103

<http://ingenieroandreotti.blogspot.com/2014/03/arsenico-en-el-agua-en-argentina.html>

<https://www.msn.com/es-ar/noticias/argentina/los-pueblos-de-chaco-formosa-y-santiago-del-estero-que-conviven-con-el-ars%C3%A9nico-en-el-agua-que-consumen/ss-AADsrau?%252520ocid=slider>

<http://www.periferienciencia.com.ar/noticia.php?n=544>

<https://es.dreamstime.com/stock-de-ilustraci%C3%B3n-diagrama-de-la-electr%C3%B3lisis-del-agua-image94216247>

<http://agua-purificacion.blogspot.com/2010/01/tratamiento-de-agua-por-rayos.html>

Modelado de un Proceso Electroquímico y de su Consumo Energético para la Remoción de Arsénico en Aguas, utilizando el Método de Superficie de Respuesta; por Paula Sarmiento, Verónica Frossasco, Graciela Marín, Diego Semprini, Miguel Rosa

