

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**Análisis de la calidad del agua procedente de la planta purificadora utilizada en el Hospital  
Nacional Pedro de Bethancourt de la Aldea San Felipe de Jesús, Antigua Guatemala**

Informe de tesis

Presentado Por:

Marcos Avendaño Vásquez

Para optar al título de

Químico Farmacéutico

Guatemala, Noviembre 2012

## JUNTA DIRECTIVA

Oscar Cobar Pinto Ph.D	Decano
Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto	Secretario
Licda. Liliana Vides de Urizar	Vocal I
Dr. Sergio Alejandro Melga Valladares	Vocal II
Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli	Vocal III
Br. Fausto Rene Beber García	Vocal IV
Br. Carlos Francisco Porras López	Vocal V

## DEDICATORIA

- A dios: Por darme la vida, y la salud necesaria para lograr mis objetivos.
- A mi madre: Luisa Vásquez Soto, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor, madre sin ti esto un hubiera sido posible.
- A mi padre: Enrique Avendaño, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que ha influido siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor
- A mis hermanas: Virginia e Inés por su apoyo incondicional a lo largo de todas las etapas de mi vida.
- A mis hermanos: Carlos, Isaac, Benjamín, Adolfo, Noemí, Adolfo y Enrique por brindarme siempre su apoyo.
- A mis amigos: por compartir los buenos y malos momentos y apoyarme en mi formación profesional, gracias dios por haberlos conocido.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haber dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A la universidad de san Carlos por ser mi casa de estudios y en especial a la facultad de ciencias químicas y farmacia por la formación de mi carrera profesional.

Al hospital Pedro de Betacourth, antigua Guatemala y en especial al personal de la farmacia interna por brindarme su apoyo incondicional en esa tesis.

A mi asesora Licda. Julio Amparo García Bolaños y a mi co-asesora Licda. Roxana Dardon.

A mi Revisora Mabel Rosado por su valioso tiempo apoyo.

## ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>III.</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>5</b>
<b>A.</b>	<b>El agua.....</b>	<b>5</b>
<b>B.</b>	<b>Agua potable.....</b>	<b>5</b>
<b>C.</b>	<b>Propiedades Físicas del Agua.....</b>	<b>5</b>
<b>D.</b>	<b>Contaminación del Agua .....</b>	<b>7</b>
<b>1.</b>	<b>Agentes patógenos.....</b>	<b>7</b>
a)	<b>Desechos que requieren oxígeno .....</b>	<b>7</b>
b)	<b>Los nutrientes vegetales .....</b>	<b>7</b>
c)	<b>Sustancias químicas orgánicas .....</b>	<b>7</b>
d)	<b>Partículas insolubles de suelo).....</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>Hidrocarburos .....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>Los insecticidas .....</b>	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b>Fertilizantes inorgánicos.....</b>	<b>8</b>
<b>5.</b>	<b>Metales.....</b>	<b>9</b>
<b>6.</b>	<b>Isótopos radiactivos .....</b>	<b>9</b>
<b>7.</b>	<b>Calor. ....</b>	<b>11</b>
<b>E.</b>	<b>Proceso de purificación de agua en planta purificadora del Hospital Nacional Pedro de Bethancourt Antigua Guatemala.....</b>	<b>11</b>
<b>1.</b>	<b>Sistema de purificación.....</b>	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>La cloración.....</b>	<b>12</b>
a)	<b>Acción de la cloración sobre los agentes patógenos.....</b>	<b>12</b>
<b>3.</b>	<b>Filtros AG para sedimentos.....</b>	<b>13</b>
<b>4.</b>	<b>Carbón activado .....</b>	<b>13</b>
<b>5.</b>	<b>Función de la Luz Ultravioleta (UV) .....</b>	<b>14</b>
<b>6.</b>	<b>Ventajas de la luz UV.....</b>	<b>16</b>
<b>7.</b>	<b>Factores que afectan la luz UV .....</b>	<b>16</b>
i.	<b>Sólidos Suspendidos.....</b>	<b>16</b>
ii.	<b>Hierro y Manganeso. ....</b>	<b>16</b>

iii.	Dureza.....	16
iv.	Sustancias Disueltas.....	16
v.	Temperatura .....	17
vi.	Flujo .....	17
c)	Componentes de un sistema de luz UV.....	17
i.	Reactor o Cámara de contacto .....	17
ii.	Lámpara. ....	17
iii.	Cuarzos .....	17
iv.	Balaustra-Control .....	17
d)	Ozono.....	17
F.	Pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas para determinar agua purificada. ....	18
1.	Carbono Orgánico Total (TOC).....	18
2.	Conductividad Del Agua .....	19
3.	Microbiología del Agua purificada .....	20
IV.	JUSTIFICACIÓN.....	22
V.	OBJETIVOS .....	23
A.	General.....	23
B.	Específicos:.....	23
VI.	HIPÓTESIS.....	24
VII.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
A.	Materiales: .....	25
B.	Cristalería:.....	25
C.	Reactivos:.....	26
D.	Métodos:.....	26
1.	Metodología de muestreo:.....	26
a)	Recolección.....	26
2.	Almacenamiento y Transporte. ....	26
3.	Preparación de muestras.....	27
4.	Análisis Fisicoquímicos.....	27
a)	Carbono orgánico total (TOC).....	28
i.	Reactivos.....	28

ii. Equipo.....	28
b) Conductividad del agua.....	28
i. Procedimiento .....	28
c) Test de coliformes en el agua.....	29
i. Método de los tubos múltiples de fermentación.....	30
5. Diseño de la Investigación: .....	30
i. Análisis de resultados para las tres variables binomiales:.....	31
<b>VIII. RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
<b>IX. DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
<b>X. CONCLUSIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>XI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>39</b>
<b>XII. REFERENCIAS.....</b>	<b>40</b>
<b>XIII. ANEXOS.....</b>	<b>41</b>
Hospital Nacional Pedro de Bethancourt.....	42
COGUANOR.....	44

## I. RESUMEN

En el actual trabajo de investigación se estableció la calidad del agua procedente de la planta purificadora, ubicada en el Hospital Nacional Pedro de Bethacourt, aldea San Felipe de Jesús, Antigua Guatemala, dicha agua se utiliza para varias necesidades del nosocomio, entre ellas la elaboración de soluciones antisépticas, elaboración de alimentos, limpieza de áreas y para el consumo humano.

Para el análisis del agua se utilizó como fundamento las normas COGUANOR 29001 (Comité guatemalteco de normas) para análisis microbiológico, se analizó coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*, además según las normas COGUANOR se utilizaron los parámetros de la USP 32 (farmacopea estadounidense) para analizar TOC (carbono orgánico total) y la conductividad del agua; ya que en la normativa COGUANOR no existen parámetros específicos para agua purificada, para cada análisis se tomaron un total de 20 muestras, una muestra diaria por cuatro semanas, las muestras fueron tomadas en la planta purificadora de agua con los procedimientos establecidos; para análisis microbiológico se utilizó un recipiente estéril, al tomar la muestra se enfriaba y se trasladaba a la ciudad en cadena de frío para su análisis; además de ello, para los análisis fisicoquímicos (TOC y conductividad del agua) se utilizó un recipiente de polietileno de alta densidad para ser transportadas a la ciudad para su análisis, sin alterar su calidad.

Los análisis, tanto microbiológicos como fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio de análisis fisicoquímico y microbiológico (LAFYM) de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En los análisis microbiológicos de coliformes totales todas las muestras cumplieron con las normas COGUANOR 29001, en los análisis de coliformes fecales todas las muestras cumplieron con la normativa COGUANOR 29001 y de igual forma en los resultados de *Escherichia coli* todas las muestras cumplieron con los parámetros de la normativa COGUANOR 29001.

Respecto a los análisis fisicoquímicos, se realizaron 20 repeticiones, por cada análisis, los cuales dieron como resultado en la prueba de carbono orgánico total que todas las muestras



cumplieron con las especificaciones de la USP 32 por tanto se puede afirmar que el agua procedente de la planta purificadora no contiene trazas de de carbono orgánico.

En los resultados que se obtuvieron de la prueba de conductividad, todas las muestras no cumplen con las especificaciones de la USP 32, entonces según los resultados se puede afirmar que el agua procedente de la planta purificadora del hospital no cumple con las especificaciones para ser denominada agua purificada, ya que no cumple con los parámetros de conductividad, según la USP 32.

El objetivo principal de este estudio es demostrar la calidad del agua purificada procedente de la planta del hospital, para ello se utilizo los parámetros fisicoquímicos de la USP 32 para agua purificada los cuales son conductividad y carbono orgánico total, además de ello para complementar los análisis de carbono orgánico total en cuanto a contaminación bacteriana, se realizaron los análisis microbiológicos de bacterias indicadoras de contaminación que son coliformes totales, coliformes fecales y *eschecricha coli*, utilizando los parámetros de COGUANOR 29001.

El estudio se realizó con un diseño de hipótesis binomial, con un tamaño de muestra de 20 repeticiones, una repetición diaria, esto se realizó con el fin de que el estudio sea estadísticamente significativo, los resultados fueron en su totalidad un no cumplimiento, por tanto se excedió los límites de error, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula.

## II. INTRODUCCIÓN

El uso de agua potable en los hospitales de Guatemala es de suma importancia, ya que como en el hogar es vital para innumerables actividades de higiene y de la vida diaria, al usar el agua que cumpla los requisitos de agua potable establecidos en el país, se puede formar una base sólida para garantizar el éxito de las actividades que requieran el uso de la misma, dentro de los nosocomios, por lo que se debe aseverar un suministro estable de agua así como la calidad de la misma, de modo que se necesita el equipo adecuado para purificar el agua y para mantenerla inocua, así como el correcto uso del equipo mediante la capacitación del personal que opera el mismo.

En este estudio se efectuó el análisis de calidad del agua procedente de la planta purificadora del Hospital Nacional Pedro de Bethacourt (HNPB) situado en la Aldea San Felipe de Jesús, Antigua Guatemala. El agua que suministra dicha planta se utiliza para el consumo humano, fabricación de soluciones antisépticas en el área de farmacia interna y limpieza de áreas, por lo que se evaluó si cumple con las especificaciones para agua purificada utilizando las la metodología de la Farmacopea de los estados unidos para el análisis fisicoquímico, el cual consta de dos parámetros a analizar Carbono Orgánico Total (TOC) y conductividad del agua, además se analizara la cantidad de coliformes totales, coliformes fecales y *Eschericha coli* utilizando los parámetros COGUANOR para el análisis microbiológico. Edición 32(USP-32) (Comité Guatemalteco de Normas, 2011) (Convention, 2008)

Para esta investigación se utilizo el estudio experimental de tipo variable binomial para establecer si el agua cumple con las normativas anteriormente mencionadas (Comité Guatemalteco de Normas, 2011) (Convention, 2008)

Con la presente estudio se da continuidad al estudio realizado en este nosocomio titulado “Análisis de la calidad del agua utilizada para la dilución de las soluciones antisépticas del Hospital Nacional Pedro De Bethancourt Aldea San Felipe de Jesús, Antigua Guatemala, en donde se determinó que el agua del hospital no cumplía con las normas COGUANOR 29-001 (Pineda, 2010); por lo que se tomo la acción correctiva implementando la planta purificadora.

Para lograr determinar la situación del agua purificada, se evaluó la calidad del agua siguiendo la normativa COGUANOR 29-001 para análisis de coliformes fecales, totales y *Escherichia coli* y se utilizará la farmacopea estadounidense para los análisis fisicoquímicos (TOC y Conductividad) con estos parámetros se determinará la calidad del agua. (COGUANOR, 2003)

### III. ANTECEDENTES

#### A. El agua

Sustancia líquida, inodora, insípida e incolora, que está formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno

#### B. Agua potable.

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales. (Comité Guatemalteco de Normas, 2011)

#### C. Propiedades Físicas del Agua

El agua químicamente pura es un líquido inodoro e insípido; incoloro y transparente en capas de poco espesor, toma color azul cuando se mira a través de espesores de seis y ocho metros, porque absorbe las radiaciones rojas. Sus constantes físicas sirvieron para marcar los puntos de referencia de la escala termométrica Centígrada.

El agua posee las siguientes propiedades físicas:

- 1) Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
  - 2) Color: incolora
  - 3) Sabor: insípida
  - 4) Olor: inodoro
  - 5) Densidad: 1 g./c.c. a 4°C
  - 6) Punto de congelación: 0°C
  - 7) Punto de ebullición: 100°C
  - 8) Presión crítica: 217,5 atm.
  - 9) Temperatura crítica: 374°C
- (Chang, 1999)

Mientras que el hielo funde en cuanto se calienta por encima de su punto de fusión, el agua líquida se mantiene sin solidificarse algunos grados por debajo de la temperatura de cristalización (agua subenfriada) y puede conservarse líquida a  $20^{\circ}\text{C}$  en tubos capilares o en condiciones extraordinarias de reposo. La solidificación del agua va acompañada de desprendimiento de 79,4 calorías por cada gramo de agua que se solidifica. Cristaliza en el sistema hexagonal (Tiene la misma simetría que un prisma regular con una base hexagonal) y adopta formas diferentes, según las condiciones de cristalización. (Chang, 1999)

A consecuencia de su elevado calor específico y de la gran cantidad de calor que pone en juego cuando cambia a cualquiera de sus estados, el agua funciona de excelente regulador de temperatura en la superficie de la Tierra y más en las regiones marinas, así como de enfriador de uso industrial.

El agua se comporta anormalmente; su presión de vapor crece con rapidez a medida que la temperatura se eleva y su volumen ofrece la particularidad de ser mínimo a la de  $4^{\circ}\text{C}$ . A dicha temperatura la densidad del agua es máxima, y se ha tomado por unidad. A partir de  $4^{\circ}\text{C}$  no sólo se dilata cuando la temperatura se eleva, sino también cuando se enfría hasta  $0^{\circ}\text{C}$ : a esta temperatura su densidad es 0,99980 y al congelarse desciende bruscamente hacia 0,9168, que es la densidad del hielo a  $0^{\circ}\text{C}$ , lo que significa que en la cristalización su volumen aumenta en un 9 %.

Las propiedades físicas del agua se atribuyen principalmente a los enlaces por puente de hidrógeno, los cuales se presentan en mayor número en el agua sólida, en la red cristalina cada átomo de la molécula de agua está rodeado tetraédricamente por cuatro átomos de hidrógeno de otras tantas moléculas de agua y así sucesivamente es como se conforma su estructura. (CENTO, 2008)

## D. Contaminación del Agua

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino más bien nociva. El agua puede estar contaminada por diferentes sustancias nocivas como los que se mencionan a continuación:

### 1. Agentes patógenos

Bacterias, virus, protozoarios, parásitos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos.

**a) Desechos que requieren oxígeno.** Los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradables. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas. (Lenntech, 2008-2011)

**b) Los nutrientes vegetales.** Pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies marinas (zona muerta). (Lenntech, 2008-2011)

**c) Sustancias químicas orgánicas.** Petróleo, plásticos, plaguicidas, detergentes que amenazan la vida. Sedimentos o materia suspendida. (Lenntech, 2008-2011)

**d) Partículas insolubles de suelo** este tipo de partículas enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación. Sustancias radiactivas que pueden causar defectos congénitos y cáncer. (Lenntech, 2008-2011)

### 2. Hidrocarburos

Estos son enlaces carbono-hidrógeno. Pueden dividirse en dos grupos, estando el primero formado por alcanos de enlace simple, alquenos de enlace doble y alquinos

de triple enlace (gases o líquidos) y el segundo por los hidrocarburos aromáticos, que contienen estructuras de anillo (líquidos o sólidos). Los hidrocarburos aromáticos tales como los PAH's (Hidrocarburos aromáticos policíclicos) son mucho más reactivos que cualquiera de los del primer grupo de hidrocarburos.

Los PCB's (policlorobifenilos) son fluidos estables y no reactivos que son utilizados como fluidos hidráulicos, fluidos refrigerantes o de aislamiento en transformadores y plastificadores en pinturas. Existen muchos PCB's diferentes. Ninguno de ellos es soluble en agua. En muchos países los PCB's están restringidos. (Lenntech, 2008-2011)

### **3. Los insecticidas**

Los insecticidas tales como el DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano) son muy peligrosos porque se acumulan en los tejidos grasos de los animales inferiores y se introducen en la cadena alimentaria. Han sido restringidos desde hace décadas. (Lenntech, 2008-2011)

### **4. Fertilizantes inorgánicos**

Algunos contaminantes inorgánicos no son particularmente tóxicos, pero aun así son un peligro para el medio ambiente porque son usados extensivamente. Estos incluyen fertilizantes, tales como nitratos y fosfatos. Los nitratos y fosfatos provocan auge algal global en las aguas superficiales, lo que hace que el nivel de oxígeno en el agua disminuya. Esto provoca una tensión oxigénica debido a la toma de oxígeno por parte de los microorganismos descomponedores de algas. A esto se le llama eutrofización. (Lenntech, 2008-2011)

## 5. Metales

Los metales son buenos conductores de la electricidad y generalmente participan en las reacciones químicas como iones positivos, conocidos como cationes. Los metales son sustancias naturales que se han formado por meteorización de minerales, allí donde fueron depositados durante la actividad volcánica. Pueden ser vueltos a poner en situación de causar serios peligros medioambientales. Algunos ejemplos de metales son: plomo, zinc, manganeso, calcio y potasio. Se pueden encontrar en aguas superficiales en sus formas iónicas estables. Los metales artificiales pueden ser muy peligrosos, porque a menudo provienen de reacciones nucleares provocadas por los hombres y pueden ser fuertemente radiactivos.

Los metales pueden reaccionar con otros iones para formar productos peligrosos. A menudo están implicados en reacciones de transferencia electrónica en las que el oxígeno está presente. Esto puede llevar a la formación de oxiradicales tóxicos.

Los metales pueden formar metaloides y luego unirse a compuestos orgánicos para formar sustancias lipófilas que a menudo son altamente tóxicas y que pueden ser almacenadas en las reservas de grasas de los animales y humanos. Los metales también pueden unirse a macromoléculas celulares en el cuerpo humano.

Los metales pesados son los metales más peligrosos. Tienen una densidad mayor de  $5 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  y es por eso que se les llama pesados. Los metales no pueden ser rotos en componentes menos peligrosos, porque no son biodegradables. La única oportunidad que tienen los organismos contra los metales es almacenarlos en tejidos corporales donde no puedan causar ningún daño.

Los microorganismos necesitan metales, ya que son esenciales para su salud y a menudo son componentes esenciales de los enzimas. (Lenntech, 2008-2011)

## 6. Isótopos radiactivos

Probablemente sea menos conocida la función que desempeña la radiación en la industria, la agricultura y la investigación. La inspección de soldaduras, la detección



de grietas en metal forjado o fundido, el alumbrado de emergencia, la datación de antigüedades y la preservación de alimentos son algunas de sus numerosas aplicaciones. En promedio, la industria nuclear representa menos del 0,1% de la radiación total que el hombre recibe.

Sigue habiendo discusiones sobre si los beneficios de la energía nuclear exceden a los peligros de la radiactividad. Cuando un átomo de una sustancia radiactiva se descompone, puede producir cuatro tipos de partículas: alfa, beta, gamma y neutrones. Las partículas alfa solo pueden viajar una corta distancia a través del aire y los tejidos humanos, pero pueden ser muy dañinas si colisionan con células debido a su enorme masa. Están cargadas positivamente. Las partículas beta son más penetrantes, pero producen muchos menos daños que las partículas alfa.

Están cargadas negativamente. Los rayos gamma son altamente penetrantes, el daño que producen es similar al que producen los rayos beta. Los neutrones son liberados por radiaciones y reaccionan con otros elementos al colisionar con ellos. Son la base de la fisión nuclear en un reactor, la radiactividad de una sustancia se mide en becquerels, pero esto no expresa la cantidad de tejido que la radiación daña. La cantidad de radiación que hace que 1 kg de tejido absorba 1 Julio de energía se expresa en grays. Diferentes tipos de radiación causan diferentes tipos de daños, porque la energía se imparte de diferente forma en los tejidos. Esto se expresa en sieverts. Una cierta cantidad de radiación alfa puede causar veinte veces más daño que la misma cantidad de radiación beta. Cada material radiactivo debe ser almacenado durante un periodo de tiempo diferente, con el objeto de eliminar su peligro. Las vidas medias y las formas de descomposición de los isótopos radiactivos determinan su peligrosidad para los humanos. El tiempo durante el cual tiene que ser almacenado depende de la vida media de los isótopos, es decir, del tiempo que tardan en descomponerse la mitad de los átomos del isótopo radiactivo. (Lenntech, 2008-2011)

## **7. Calor.**

Ingresos de agua caliente que disminuyen el contenido de oxígeno y hace a los organismos acuáticos muy vulnerables. (Lenntech, 2008-2011)

## **E. Proceso de purificación de agua en planta purificadora del Hospital Nacional Pedro de Bethancourt Antigua Guatemala**

### **1. Sistema de purificación.**

El sistema de filtración con el que cuenta el HNPB está compuesto por varios mecanismos, los cuales se integran para lograr la purificación del agua que entra a este sistema; la esterilización por medio de Cloración es un paso que se realiza antes de entrar a la planta purificadora, este se realiza desde el momento que el agua es extraída de los pozos del hospital, allí por medio de dosificadores se agrega la cantidad de cloro requerida, luego ingresa a las tuberías del hospital, donde llega a la planta purificadora donde da inicio el proceso ya en la planta en sí, en el primer paso se encuentra un medio filtrante (Filter AG) el cual se utiliza para eliminar los sedimentos que pueda contener el agua, al no contener dentro del agua partículas no solubles se puede continuar con el siguiente paso, este es la remoción de olores, colores y sabores del agua, esto se realiza por medio de filtros de Carbón Activado (para eliminar color, olor, sabor). Luego se esteriliza utilizando lámparas Ultra Violeta eliminando patógenos del agua, este métodos es eficiente ya que no deja pirógenos dentro de la misma, y el último paso es la estabilización del agua por ozono, este párrafo menciona a grandes rasgos la manera en que funciona la planta a continuación se describirá a mayor detalle el funcionamiento de cada sistema. (Valdez, 2011)

## 2. La cloración

Es el procedimiento de desinfección de aguas mediante el empleo de cloro o compuestos clorados. Se puede emplear gas cloro, pero normalmente se emplea hipoclorito de sodio (lejía) por su mayor facilidad de almacenamiento y dosificación. En algunos casos se emplean otros compuestos clorados, como dióxido de cloro, hipoclorito de calcio o ácido cloroisocianúrico.

**a) Acción de la cloración sobre los agentes patógenos:** Las células bacterianas dosificadas con cloro liberan ácidos nucleicos, proteínas y potasio; y las funciones de la membrana resultaban afectadas por el cloro.

La cloración causa alteraciones físicas, químicas y bioquímicas en la pared de toda célula, de esta forma se destruye la barrera protectora de la misma dejándola indefensa, disminuyendo sus funciones vitales hasta llevarla a la muerte; como conclusión, el cloro no permite que la bacteria crezca, se reproduzca o cause ninguna enfermedad.

Los beneficios del cloro sobre el agua son muchos y son justamente ellos los que exaltan el uso de este, ante todo se debe destacar que es un germicida potente ya que reduce el nivel de microorganismos patógenos en el agua hasta niveles que son casi imposibles de medir. La cloración permite el control de gusto y olores reduciéndolos, esto se debe que el cloro oxida sustancias que se presentan naturalmente, mayormente las secreciones de algas malolientes y olores de vegetación que se encuentra en proceso de descomposición; el cloro le otorga al agua atributos inodoros y modifica favorablemente su sabor.

La cloración conlleva también un control biológico y químico, con respecto al primero, señalamos que su acción germicida elimina bacterias, mohos y algas, controla los microorganismos molestos que suelen crecer transmitir por el agua. El control químico es aquél que se encarga de destruir el sulfuro de hidrógeno y eliminar el amoníaco como otros compuestos nitrogenados que generan sabores desagradables y obstaculizan cualquier tipo de desinfección. (**Science, s.f**)

### **3. Filtros AG para sedimentos.**

Este tipo de filtro es utilizado para la reducción de sólidos en suspensión. Sus bordes fracturados y superficie irregular proporciona una gran área además la ruta de flujo compleja es eficaz para la eliminación de la materia en suspensión en todo el lecho del filtro, por lo general la reducción de sólidos en suspensión llega hasta el rango de 20-40 micrones. El filtro es más grande que el tamaño de las partículas esto genera una menor pérdida de presión a través del filtro y permite una penetración más profunda de sedimentos en el lecho del filtro. La forma grande e irregular impide la detención y el endurecimiento de los sedimentos en la parte superior en varios centímetros del lecho filtrante, como ocurre en el filtro de arena típica, de esta forma se impide una rápida acumulación y pérdidas de carga y problemas de obstrucción. (Clack corporation, 2009)

### **4. Carbón activado.**

El carbón activado está diseñado para la reducción de los sabores, olores y productos químicos orgánicos disueltos en el suministro de agua. La activación es controlada cuidadosamente para producir área de la superficie interna excepcionalmente alta con un tamaño de poro óptimo para la absorción de una amplia gama de contaminantes de alto y bajo peso molecular orgánica.

Una de las aplicaciones más comunes de carbón es la reducción de los sabores y olores indeseables presentes en muchos sistemas de abastecimiento de agua clorada.

El producto final es agua limpia y fresca, sin sabor desagradable o las características de olor, se puede utilizar para una variedad de aplicaciones de tratamiento de agua que requiere la reducción de cloro, sabores y olores.

Para obtener la máxima eficiencia del carbón activado en el proceso de adsorción, es deseable tener la mayor superficie posible en el menor volumen práctico. Esto es necesario porque la tasa de absorción es proporcional a la cantidad de superficie de los medios de comunicación medio de adsorción. El agua que se filtra de preferencia deben estar libres de aceite y partículas en suspensión y debe estar relativamente libre de hierro y la turbiedad de la vida útil máxima. (Clack, 2009)

## **5. Función de la Luz Ultravioleta (UV)**

El proceso de esterilización del agua mediante rayos ultravioleta está plenamente comprobado en el mundo, considerado como una de las mejores tecnologías para el proceso de purificación del agua, por su alta efectividad y por no emplear subproductos o productos químicos. (División de tratamiento de agua, s.f)

El tratamiento mediante rayos UV, es un proceso físico extremadamente rápido, consiste en un reacomodo molecular en el material genético de las células conocidas como ADN de los microorganismos. Los microorganismos tienen la facultad de auto reproducirse y por lo tanto deformar colonias. Debido a su distinta composición cada microorganismo requiere distinto nivel de energía UV. Este nivel de energía para la destrucción es conocido como Dosificación. (División de tratamiento de agua, s.f)

Sus limitaciones son las siguientes: Solamente limpian el área en donde se encuentra el UV y no el factor de ensuciamiento de las tuberías por donde pasa el agua posteriormente. Si el agua contiene turbiedad o color no opera adecuadamente. Su funcionamiento se aplica a una longitud de onda de 254 nm, la cual penetra en la pared celular y la estructura RNA y DNA de la bacteria se altera, destruyendo la capacidad de reproducción por lo que se consideran muertos los organismos. (División de tratamiento de agua, s.f)

La acción UV es frecuentemente aplicada al agua superficial desechada en hogares y productoras. El proceso ultravioleta es efectivo para destruir potencialmente una amplia gama de bacterias y virus, la acción UV causa una estrategia de eliminación con los organismos afectando las células y el ADN de los mismos. La UV es más efectiva cuando el flujo de agua es turbulento porque los organismos reciben más uniformidad en la exposición. No afecta el pH, es generalmente innovada como un proceso químico de desinfección. Para que este proceso se lleve a cabo con éxito el agua debe estar libre de metales y total de sólidos disueltos. (División de tratamiento de agua, s.f)

La fuente de ultravioleta es básicamente una fusión de un tubo de silicio cuarzo, típicamente de con un diámetro comprendido entre 15mm y 25mm y con una longitud que va desde 100mm hasta 1200mm. El gas inerte con el cual el tubo es llenado proporciona la descarga primaria y la acción necesaria para excitar y vaporizar los minúsculos depósitos de mercurio. (División de tratamiento de agua, s.f)

La baja presión de la lámpara UV es solo capaz de producir líneas entre 185nm y 254nm. Un aumento en el suministro presente causa que la lámpara de UV se caliente rápidamente aumentando la presión del mercurio para producir la típica presión media espectral de salida.

La dosis UV es el producto de la intensidad de UV (expresado como energía por unidad de área)

Por lo que:-  $DOSIS = I \times T$

Esto es comúnmente expresado como  $1\text{mj}/\text{cm}^2 = 2 \text{ micro vatio segundo}/\text{cm}^2$   
(División de tratamiento de agua, s.f)

**a) Ventajas de la luz UV**

- No necesita emplear productos químicos.
- Instalación muy sencilla, solo requiere conectar entrada y salida de agua y la conexión eléctrica.
- No emplea partes móviles que puedan fallar.
- Desinfección inmediata, no requiere tiempos de contacto o tanques especiales.
- La UV no tiene impacto en el sabor, olor, pH o conductividad del agua.
- Muy bajo consumo de energía eléctrica, con menos de lo que emplea un foco de 40 W,
- Podemos trabajar 8 gal/min.
- Bajo costo de inversión.

(División de tratamiento de agua, s.f)

**b) Factores que afectan la luz UV**

**i. Sólidos Suspendidos:** estos pueden actuar como cubiertas protectoras para los microorganismos en formas de paraguas, permitiendo el paso de los mismos a través del sistema sin daños. Los sólidos suspendidos deben ser removidos del agua típicamente por procesos físicos como la filtración.

**ii. Hierro y Manganeso:** estos forman decoloración por precipitación en el tubo de cuarzo que protege la lámpara, teniendo un importante efecto en la reducción y capacidad de transmisión de los rayos a través del sistema, además estos contaminantes absorben la energía UV.

**iii. Dureza:** cuando el agua tiene dureza eventualmente se va a precipitar formando sarro en el tubo de cuarzo que protege la lámpara, este sarro evita que los rayos UV pasen a través del cuarzo y por lo tanto realicen su trabajo correspondiente.

**iv. Sustancias Disueltas:** otras sustancias orgánicas e inorgánicas disueltas en el agua pueden reducir la efectividad germicida de la luz UV, estas deben ser pre tratadas con métodos adecuados antes de la luz UV.

v. **Temperatura:** la temperatura promedio es de 40°C, el tubo de cuarzo minimiza las fluctuaciones.

vi. **Flujo:** el flujo es muy importante para garantizar el tiempo de contacto y por lo tanto la dosificación del diseño. (División de tratamiento de agua, s.f)

### c) Componentes de un sistema de luz UV.

i. **Reactor o Cámara de contacto:** el reactor o la cámara es donde se alojan la lámpara y el tubo de cuarzo, es fabricado en acero inoxidable, puede ser lateral o axial y es diseñado para generar un flujo uniforme con una dosificación uniforme, pueden electro pulido y pasivados.

ii. **Lámpara:** provee energía suficiente para la desinfección, son típicamente lámparas de vapor de mercurio de baja presión, poseen una vida útil promedio de un año y no está inmersa en el agua.

iii. **Cuarzo:** diseñado para evitar choques térmicos en la lámpara y se puede limpiar con ácido cítrico al 8% y posee una vida útil promedio de 5 años.

iv. **Balastro-Control:** provee una energía a la lámpara UV, el balastro ofrece corriente constante a la lámpara, cuenta con un display que ofrece información al sistema, lleva un control de la vida de lámpara y contiene una alarma audible de aviso de cambio de lámpara. (División de tratamiento de agua, s.f)

### d) Ozono.

El ozono, un eficaz agente oxidante se produce dentro de una cámara sellada de acero inoxidable. Cuando el aire se proyecta a través de la cámara, las moléculas de oxígeno se recombinan para crear ozono. Los contaminantes de ozono se oxidan muy rápidamente y las hojas que son recogidos por el filtro son inofensivas. Ozono natural se disipa de nuevo en oxígeno puro en unos 20 minutos. Es de forma alotrópica del oxígeno que tiene tres átomos en



cada molécula, y cuya fórmula es O<sub>3</sub>. Es un gas azul pálido de olor fuerte y altamente venenoso.

El ozono líquido es de color azul intenso, y fuertemente magnético. El ozono se forma al pasar una chispa eléctrica a través de oxígeno, produce un olor detectable en las inmediaciones de maquinaria eléctrica. El método comercial de obtención consiste en pasar oxígeno frío y seco a través de una descarga eléctrica silenciosa. El ozono es mucho más activo químicamente que el oxígeno ordinario y es mejor como agente oxidante. Se usa para purificar el agua. (División de tratamiento y filtración de agua., s.f)

El Sistema de Generación de Ozono Ultravioleta es de la era espacial para reducir sustancialmente la necesidad de eliminar productos químicos fuertes y corrosivos como el cloro y el bromo. (División de tratamiento y filtración de agua., s.f)

## **F. Pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas para determinar agua purificada.**

La Farmacopea de los Estados Unidos enlista dos pruebas para determinar si el agua está correctamente purificada estas son las siguientes: carbono orgánico total y conductividad del agua además de esto en este estudio se realizaran las pruebas de coliformes fecales, coliformes totales y *Escherichia coli* tomando los parámetros de la normativa COGUANOR. (Comité Guatemalteco de Normas, 2011)

### **1. Carbono Orgánico Total (TOC)**

La introducción de materia orgánica en los sistemas de abastecimiento no solamente ocurre a partir de los organismos vivos y de la materia en descomposición de las aguas de manantial, sino también de los materiales de los sistemas de purificación de agua y de distribución. Puede existir una relación entre endotoxinas,

crecimiento microbiano y el desarrollo de biopelículas en las paredes de las tuberías y crecimiento de biopelículas en los sistemas de distribución. Se cree que existe una correlación entre concentraciones de COT y niveles de endotoxina y microorganismos. El mantenimiento de bajos niveles de TOC ayuda a controlar los niveles de endotoxinas y microorganismos y así prevenir el desarrollo de biopelículas. La United States Pharmacopoeia (USP), European Pharmacopoeia (EP) y la *Japanese Pharmacopoeia* (JP) consideran el TOC como una prueba requerida para el agua purificada y para el agua para inyectables. Por esta razón, el TOC ha sido aceptado como un atributo de control de procesos en la industria de la biotecnología para monitorizar el rendimiento de las unidades operativas como las de los sistemas de purificación y distribución. (Morrillo, 2009)

## 2. Conductividad Del Agua

La conductividad de una sustancia se define como "la habilidad o poder de conducir o transmitir calor, electricidad o sonido" (Lenntech, 2008-2011)

La corriente eléctrica resulta del movimiento de partículas cargadas eléctricamente y como respuesta a las fuerzas que actúan en estas partículas debido a un campo eléctrico aplicado. Dentro de la mayoría de los sólidos existe un flujo de electrones que provoca una corriente, y a este flujo de electrones se le denomina conducción, electrónica. (Lenntech, 2008-2011)

En general el agua es un semiconductor de electricidad y su conductividad aumenta dependiendo de la cantidad de sustancias que se encuentren disueltas en ella y que aumenten su capacidad de conducción (Lenntech, 2008-2011)

La conductividad eléctrica depende en gran medida del número de electrones disponibles para participar en el proceso de conducción. La mayoría de los metales son buenos conductores de electricidad, debido al gran número de electrones libres que pueden ser excitados en un estado de energía vacío y disponible. Por lo anterior se puede llegar a conocer la cantidad de metales que se encuentren en el agua dependiendo de la conductividad que esta muestra (Lenntech, 2008-2011)

### 3. Microbiología del Agua purificada

El agua, es una sustancia esencial para la vida, frecuentemente actúa como vehículo de transmisión de microorganismos. La materia fecal puede accidentalmente alcanzar una fuente de abastecimiento, siendo la forma más común el ingreso a través de los sistemas de pozo ciego a las aguas subterráneas que son las que regularmente utilizamos.

El ministerio de salud pública y asistencia social (MSPS), la Organización Mundial de la Salud (OMS) en sus Guías para la calidad del agua potable, la Directiva 98/83/CE1 y otras normas internacionales, establecen o recomiendan requisitos de calidad para el agua de consumo humano. (Comité Guatemalteco de Normas, 2011) En general, la normativa establece que el agua es apta bacteriológicamente para consumo si se encuentra exenta de microorganismos patógenos de origen entérico y parasitario intestinal. Ellos transmiten enfermedades tales como salmonelosis (*Salmonella*), shigelosis (*Shigella*), cólera (*Vibrio Cholerae*), amebiasis (*Entamoeba histolytica*), alteraciones gastrointestinales (*Aeromonas mesófilas*, *Helicobacter pylori*, *Campylobacter*); giardiasis (*Giardia lamblia*), criptosporidiosis (*Cryptosporidium*), esquistosomiasis (*Schistosoma*), desórdenes hepáticos (virus de hepatitis), etc. La presencia de microorganismos patógenos en el agua de bebida es un riesgo sin disponibilidad de agua potable. La seguridad que un agua contaminada puede ser causal de enfermedades, ha conducido a la necesidad de controlar rutinariamente la calidad microbiológica de muestras de diversos orígenes. Los controles rutinarios de la totalidad de los microorganismos hídricos, potencialmente riesgosos para la salud, resultan difíciles de llevar a cabo debido a la gran variedad de bacterias patógenas cultivables, a la complejidad de los ensayos de aislamientos y a la presencia en baja concentración de varias especies altamente agresivas, sin que el orden detallado indique prioridad. Por esta razón, los análisis bacteriológicos apuntan a la búsqueda de microorganismos indicadores de contaminación fecal y se centralizan en la cuantificación de coliformes. Este grupo está integrado por enterobacterias, siendo *Escherichia coli* el indicador universal de contaminación fecal.

Las características bacteriológicas para agua purificada estipulan el número permisible de microorganismos coliformes fecales en términos de las porciones normales de volumen y del número de porciones que se examina. Con el propósito de determinar la presencia de coliformes fecales en el agua, se establecen varias alternativas o métodos, en esta investigación se utilizara lo que nos recomienda las normas vigentes que es la de tubos múltiples para análisis de agua purificada. (Comité Guatemalteco de Normas, 2011)

#### IV. JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso de vital importancia para todas las actividades que se realizan dentro de un hospital, por lo que es imperativo garantizar un suministro estable así como una calidad constante de la misma.

En el Hospital Nacional Pedro de Bethacourt, en un estudio anterior se determinó que el agua que se estaba utilizando dentro del hospital, presentaba un alto grado de contaminación bacteriana, por tanto, no cumplía con los requerimientos mínimos para el consumo humano; y como se sabe dentro de un hospital el agua se utiliza para todas las actividades desde la higiene de las áreas hasta la preparación de alimentos tanto a pacientes como al personal, de modo que se tomaron acciones correctivas para erradicar el problema, implementando una planta purificadora de agua y un sistema de cloración de agua acoplado al suministro de agua del hospital.

Con el fin de garantizar un suministro estable y de calidad de agua purificada para el hospital, se determinó si esta cumple con los requerimientos fisicoquímicos establecidos en cuanto a la cantidad de carbono orgánico total y conductividad del agua según la farmacopea estadounidense y los microbiológicos tales como coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* según las normas COGUANOR 29-001.

## V. OBJETIVOS

### A. General

Realizar el análisis de calidad del agua proveniente de la planta purificadora, del Hospital Nacional Pedro de Betancourt, situado en la aldea San Felipe de Jesús, Antigua Guatemala.

### B. Específicos:

1. Determinar si el agua cumple con los parámetros de agua purificada según la Farmacopea estadounidense (USP 32.)
2. Establecer si el agua cumple con la prueba de carbono orgánico total especificada en la USP 32.
3. Comprobar si el agua cumple con la prueba de Conductividad especificada en la USP 32.
4. verificar si el agua cumple con la pruebas de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* especificada en la norma COGUANOR 29-001

## VI. HIPÓTESIS

El agua procedente de la planta purificadora en el Hospital Nacional Pedro De Bethacourt, ubicada en la Aldea San Felipe de Jesús, Antigua Guatemala cumple con los parámetros COGUANOR 29-001 para coliformes fecales, coliformes toles y *Eschericha coli* y cumple con los parámetros de la USP 32 en cuanto a conductividad y carbono orgánico total.

## VII. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Materiales:

1. Recipiente de acero inoxidable de 500 mL.
2. Envase polietileno Tereftalato (PET)
3. Guantes
4. Cámara de enfriamiento
5. Beaker de enfriamiento
6. Hielera
7. Baterías de enfriamiento
8. Varilla de agitación
9. Vasos de precipitados
10. Beaker de plástico
11. Termómetro
12. Conductivímetro HANNA, HI 8820.
13. Balanza analítica.
14. Campana de extracción de gases.
15. Gradilla para tubos de ensayo.
16. Soporte de metal.
17. Analizador TOC.

### B. Cristalería:

1. Beaker
2. Balones volumétricos de 1000mL.
3. Balones volumétricos de 500mL.
4. Erlenmeyers
5. Frascos de vidrio color ámbar.
6. Pipetas volumétricas.
7. Pipetas
8. Probetas
9. Termómetro



10. Tubos de ensayo
11. Varilla de Agitación

**C. Reactivos:**

1. 1,4-Benzoquinona – Estándar USP.
2. Sucrosa – Estándar USP.
3. Agua Purificada – Grado USP.
4. Cloruro de Potasio – Grado ACS.
5. Agua Purificada – Grado USP.

**D. Métodos:**

**1. Metodología de muestreo:**

**a) Recolección:** Se coleccionarán las muestras de agua de la llave de llenado de la planta purificadora, abriéndola durante un minuto, antes de tomar la primer muestra, dejando que el agua fluya descartándola en el drenaje, previamente a esto se debe encenderá el equipo de purificación compuesto por las lámparas de UV y el ozonificador, estos deben estar encendidos durante diez minutos antes de empezar a purificar el agua, esto se debe hacer para que el equipo esté en condiciones óptimas para la purificación. Antes de realizar el muestreo se desinfectará la llave de llenado con alcohol etílico al 70 % luego se flameara la llave con un algodón humedecido con el mismo, esto para que no contamine las muestras que se recolectarán (Lenore S. Clescerl, 1999)

**2. Almacenamiento y Transporte.**

Para un correcto el almacenamiento y transporte es necesario utilizar envases de plástico estériles con tapadera, ya que este tipo de envases libera una menor cantidad de partículas dentro de la muestra, además este envase deberá ser de color ámbar,

para que la luz no ocasione variaciones por la descomposición que esta pueda ocasionar dentro de la muestra. Los envases de muestreo deberán ser estériles y deberán adquirirse en un empaque que certifique su inocuidad hasta el momento ser abiertos para tomar la muestra, luego de esto debemos garantizar la inocuidad de la muestra colocando la muestra dentro de una bolsa de plástico con un cierre hermético; previamente a esto rotular el envase con un marcador indeleble con los datos de la muestra por ejemplo número de muestra, fecha y hora que se tomó la muestra y la persona que muestreo, también en la bolsa se debe colocar el número de muestra (Lenore S. Clescerl, 1999)

El transporte se basa en cadena de frío, esto para evitar la proliferación bacteriana dentro de la muestra, si este fuera el caso, por lo que la muestra será tomada en la Antigua Guatemala en la planta purificadora del Hospital y se colocará dentro de una hielera con baterías, para bajar la temperatura, luego será transportada al laboratorio donde se realizarán los análisis. (Lenore S. Clescerl, 1999)

### **3. Preparación de muestras.**

La muestra solo será enfriada, luego de eso no tendrá ningún tipo de transformación química o física, ya que no es necesario, la temperatura a alcanzar debe ser menor a 10 grados centígrados evitando la congelación, la muestra debe ser analizada en un periodo no mayor a cuatro horas luego de ser recolectada. (Lenore S. Clescerl, 1999)

### **4. Análisis Físicoquímicos.**

Para el análisis fisicoquímico se seguirán la monografía de agua purificada de la farmacopea estadounidense, la que menciona las siguientes pruebas

- a) TOC, Total Organic Carbon (Carbono orgánico total).
- b) Conductividad del agua.

Al cumplir con estas pruebas se puede considerar el agua como purificada. (Comité Guatemalteco de Normas, 2011)

**a) Carbono orgánico total (TOC)**

**i. Reactivos,**

- 1,4-Benzoquinona – Estándar USP. Tóxico por inhalación y por ingestión, irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.
- Sucrosa – Estándar USP. Producto no peligroso.
- Agua Purificada – Grado USP. Producto no peligroso

**ii. Equipo**

Analizador TOC con un límite de detección inferior de 0.05 mg de carbono por litro (0.05 ppm de carbono).

**b) Conductividad del agua**

**i. Procedimiento**

1. Determinar la temperatura del agua y la conductividad del agua usando un Conductímetro. La medición se debe realizar en un recipiente adecuado.
2. Usando la tabla 1(ver anexos) encontrar el valor de la temperatura que no debe ser mayor a la temperatura media, utilizar la temperatura inferior siguiente. El valor de la conductividad correspondiente en esta tabla es el límite.
3. Si la conductividad medida no es mayor que el valor de la tabla, el agua se encuentra con los requisitos de la prueba de conductividad. Si la conductividad es mayor que el valor de la tabla, proceda con el paso 4.
4. Transferir una cantidad suficiente de agua (100 ml o más) a un recipiente adecuado, agitar la muestra. Ajustar la temperatura, si es necesario y mientras se mantiene a  $25 \pm 1$  °C, comience agitar vigorosamente la muestra de ensayo, mientras que periódicamente observa de la conductividad. Cuando el cambio

en la conductividad (debido a la absorción de dióxido de carbono atmosférico) es menor que un  $0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$  por 5 minutos, tomar en cuenta la conductividad.

5. Si la conductividad no es mayor que  $2.1 \mu\text{S}/\text{cm}$ , el agua cumple con los requisitos de la prueba para conductividad. Si la conductividad es mayor que  $2.1 \mu\text{S}/\text{cm}$ , proceder a la al paso 6.

6. Realice esta prueba dentro de aproximadamente 5 minutos de la determinación de la conductividad en el paso 5, mientras se mantiene la temperatura de la muestra a  $25 \pm 1^{\circ} \text{C}$ . Se añade una solución saturada de cloruro potásico a la misma muestra de agua (0.3 ml por 100 ml de la muestra de ensayo) y determinar el pH con una precisión de 0.1 unidades de pH.

- **Equipo**

Conductivímetro HANNA, HI 8820

Termómetro precisión de  $0.5^{\circ} \text{C}$

**c) Test de coliformes en el agua.**

Grupo coliforme total. Son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a  $35^{\circ} \text{C} \pm 0.5^{\circ} \text{C}$  en un periodo de 24 h - 48 h, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación.

Grupo coliforme fecal . Son las bacterias que forman parte del grupo coliforme total, que fermentan la lactosa con producción de gas a  $44^{\circ} \text{C} \pm 0.2^{\circ} \text{C}$  en un periodo de 24 h a 12 h cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación.

*Escherichia coli*. Son las bacterias coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a 44°C a 44.5°C con producción de gas, y que también producen indol a partir de triptófano.

**i. Método de los tubos múltiples de fermentación**

Prueba de 15 tubos. Se examinan 5 tubos con porciones de 10 mL, 5 tubos con porciones de 1 mL y 5 tubos con porciones de 0.1 mL, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 2 coliformes en 100 mL de agua, lo que se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad.

**5. Diseño de la Investigación:**

**a) Universo y muestra**

- i. Universo:** Agua proveniente de la planta purificadora del Hospital.
- ii. Muestra:** Alícuotas representativas del universo, tomadas al azar durante 20 días, 5 veces por semana para obtener un total de 20 muestras diferentes.

**b) Cálculo de la muestra:**

Con el fin de que nuestra muestra sea representativa se tomará las muestras para analizar los todos los días en las horas que está en operaciones la planta purificadora (lunes a viernes).

Para lograr representatividad se tomarán cinco muestras por semana de 500 mL por 20 días para tomar un total de 20 muestras logrando así una muestra representativa.

**c) Diseño estadístico.**

Tipo de variable: Binomial para las tres variables a medir (conductividad, carbono orgánico total, esterilidad)

Días de producción de agua: cinco veces (lunes a viernes).

Replicas: veinte análisis fisicoquímicos y microbiológicos (carbono orgánico total, conductividad, Esterilidad).

**d) Análisis de resultados****i. Análisis de resultados para las tres variables binomiales:**

Se quiere probar la hipótesis;

Ho:  $P=0.5$ : (El agua proveniente de la plata purificadora del hospital no cumple con los parámetros COGUANOR 29001.)

Ha:  $P>0.5$ : (El agua proveniente de la plata purificadora del hospital cumple con los parámetros COGUANOR 29001.)

Para una probabilidad de 0.5 según la tabla de distribución binomial y para un nivel de significancia de 0.01 % 20 muestras son suficientes; esperando como mínimo 16 muestras que cumplan.

El análisis es experimental se estima para un nivel de  $\alpha =0.01$  trabajando bajo un nivel de confianza del 99%. (American Public Health Association, 1992)

## VIII. RESULTADOS

**Tabla No. 1 Resultado de análisis de Carbono Orgánico total**

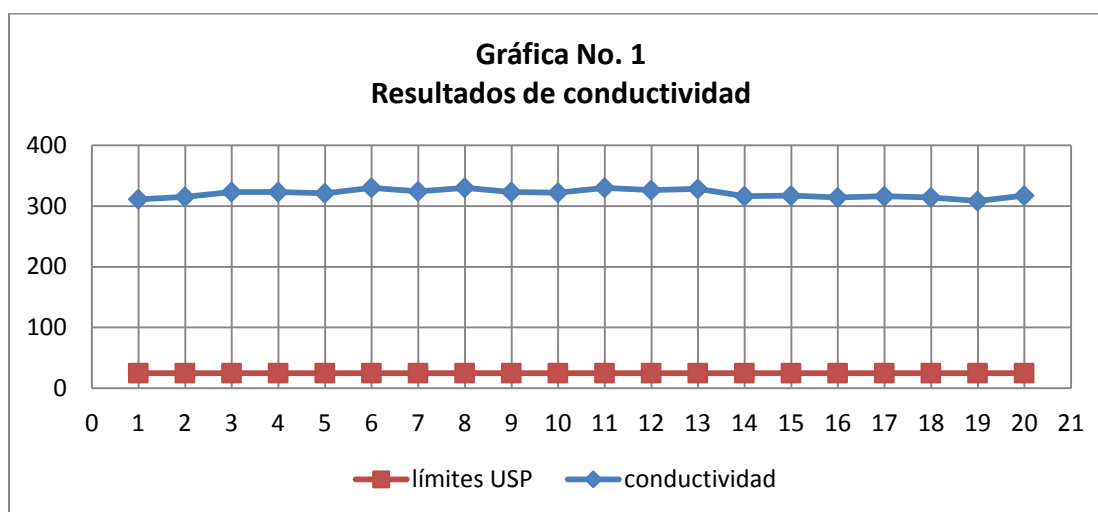
<b>Número de muestra</b>	<b>Carbono Orgánico Total (TOC)</b>	<b>Dictamen</b>
1	0.00 mg/L	Cumple
2	0.00 mg/L	Cumple
3	0.00 mg/L	Cumple
4	0.00 mg/L	Cumple
5	0.00 mg/L	Cumple
6	0.00 mg/L	Cumple
7	0.00 mg/L	Cumple
8	0.00 mg/L	Cumple
9	0.00 mg/L	Cumple
10	0.00 mg/L	Cumple
11	0.00 mg/L	Cumple
12	0.00 mg/L	Cumple
13	0.00 mg/L	Cumple
14	0.00 mg/L	Cumple
15	0.00 mg/L	Cumple
16	0.00 mg/L	Cumple
17	0.00 mg/L	Cumple
18	0.00 mg/L	Cumple
19	0.00 mg/L	Cumple
20	0.00 mg/L	Cumple

Fuente: Datos Experimentales: Resultados de análisis de carbono orgánico total en los cuales todos cumplen con la USP 32

**Tabla No. 2 Resultado de análisis de conductividad.**

Número de muestra	Conductividad	Parámetro USP	Dictamen
1	311.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
2	315.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
3	315.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
4	323.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
5	321.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
6	330.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
7	324.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
8	330.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
9	323.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
10	322.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
11	330.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
12	326.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
13	328.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
14	316.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
15	317.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
16	314.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
17	316.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
18	314.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
19	308.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple
20	317.00 $\mu\text{S/cm}$	<25 $\mu\text{S/cm}$	No cumple

Fuente: Datos Experimentales: resultados de conductividad en los cuales ninguna muestra cumple con los parámetros de la USP 32



Fuente: Datos Experimentales. Resultados de conductividad en los cuales ninguna muestra cumple con los parámetros de la USP 32



**Tabla No. 3 Resultado de análisis de coliformes totales, coliformes fecales y E. coli**

Número de muestra	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	Dictamen <sup>1</sup>
1	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
2	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
3	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
4	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
5	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
6	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
7	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
8	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
9	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
10	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
11	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
12	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
13	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
14	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
15	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
16	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
17	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
18	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
19	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple
20	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	<2NMP/100mL	Cumple

Fuente: Datos Experimentales todas las muestras cumplieron con los análisis microbiológicos especificados en la normativa (COGUANOR-29001) **1.parámetros** COGUANOR: Coliformes totales <2NMP/100mL, Coliformes fecales <2NMP/100mL *escherichia coli* <2NMP/100mL

**Tabla No.4 Análisis estadístico.**

Análisis	Cumple	No cumple	P
Carbono Orgánico total	20	0	p>0.5
conductividad	0	20	P<0.5
coliformes totales	20	0	p>0.5
coliformes fecales	20	0	p>0.5
E. coli	20	0	p>0.5

Fuente: Datos Experimentales.

## IX. DISCUSIÓN

La investigación actual se realizó en la planta purificadora del Hospital Nacional Pedro de Bethacourth, aldea San Felipe de Jesús, Antigua Guatemala; con el fin de establecer la calidad del agua purificada, ya que esta es utilizada en el nosocomio para diversas actividades, por lo cual se debe garantizar que el agua sea de calidad.

Para determinar la calidad del agua se utilizaron, para los parámetros fisicoquímicos, las especificaciones de la USP 32 (carbono orgánico total y conductividad) y para los análisis microbiológicos las Normas COGUANOR 29001, para establecer los límites en cuanto a coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*; estos análisis se efectuaron en esta investigación y los resultados se discutirán a continuación.

En la tabla número 1 se enlista los resultados del análisis para carbono orgánico total, en la que se observa que las 20 muestras cumplen con los parámetros de la USP 32, por lo que se puede afirmar que el agua de la planta purificadora, no contiene trazas de carbono orgánico, la contaminación de una fuente de agua no solamente ocurre por organismos vivos sino que también de materiales que componen el sistema de purificación y distribución de agua, por lo que puede ocurrir un crecimiento bacteriano a lo largo del sistema de distribución o filtración; por esta razón se ha establecido en la industria farmacéutica, así como en otras industrias el uso del análisis de carbono orgánico total, para determinar la presencia de trazas de carbono orgánico, ya que se cree que la cantidad de carbono orgánico total está directamente relacionado con la presencia de endotoxinas y crecimiento bacteriano en el agua, de modo que se puede relacionar los resultados de la tabla 1 (TOC) con los de la tabla número 3 la cual analiza el crecimiento de bacterias indicadoras las cuales son coliformes fecales, coliformes totales y *escherichia coli* y corrobora que no existe ningún crecimiento bacteriano por tanto el carbono orgánico total es cero, al analizar los resultados de la tabla numero 1 se puede afirmar con una  $p > 0.5$ , que el agua de la planta purificadora cumple con la USP 32 en cuanto a la cantidad de carbono orgánico total.

La tabla número 2 expone los resultados de la conductividad del agua de las muestras tomadas de la planta purificadora, como se puede observar los resultados en la totalidad de las

muestras, éstas se encuentran fuera de los límites establecidos por la USP 32, por tanto se puede concluir que el agua procedente de la planta purificadora no cumple con los parámetros USP 32 en cuanto a conductividad.

Con los resultados de conductividad se puede sospechar qué tipo de contaminantes están presentes en el agua y realizar un análisis confirmatorio dependiendo de los resultados de la misma. Como se sabe las sustancias inorgánicas son buenas conductoras de la electricidad por ejemplo los iones y las sales aumentan la conductividad al disociarse en el agua; por el contrario moléculas orgánicas por ejemplo aceites, fenoles, alcoholes y azúcares no se disocian en agua y no son buenos conductores de la electricidad, por lo tanto al estar presentes en el agua la conductividad se ve disminuida.

En este caso la planta cuenta con dos dosificadores de hipoclorito de sodio localizados al inicio de la tubería del hospital, estos agregan cierta cantidad de hipoclorito en el agua antes de entrar al sistema de distribución del hospital, estos dosificadores no cuentan con un control adecuado, en cuanto a la cantidad de hipoclorito agregado, este factor puede afectar la cantidad de cloro disuelto en el agua y perturbar la medición de conductividad aumentándola.

En la tabla número 3 se enlistó los resultados de los análisis microbiológicos, se analizó la presencia de tres indicadores de contaminación bacteriana, los cuales son coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*.

La presencia de microorganismos intestinales son indicadores de contaminación fecal y se utilizan como indicadores de contaminación para microorganismos patógenos y es aceptado para la vigilancia de sistema de abastecimiento de aguas, ya que al haber presencia de estos microorganismos, es altamente probable que dentro del agua que se analiza, se encuentren microorganismos patógenos, de igual manera si hay ausencia de los microorganismos se puede afirmar que no hay presencia de microorganismos patógenos.

En el estudio realizado a la planta purificadora, se realizaron 20 análisis por cada parámetro a medir, los resultados indican una población bacteriana es menor de 2 NMP (número más probable) en cada 100 mL para coliformes totales, menor de 2 NMP en cada 100 mL para coliformes fecales y menor de 2 NMP en cada 100 mL para *Escherichia coli* por lo que se puede

afirmar con un  $p > 0.5$  que el agua procedente de la planta purificadora cumple con los parámetros COGUANOR 29001 para coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*.

Se puede relacionar los datos de la tabla número 1 y la tabla número 3, ya que se puede observar que en la tabla número 1 la cantidad de carbono orgánico es baja, por lo tanto indica ausencia de materia orgánica y esto se puede comprobar al analizar los resultados de la tabla número 3 donde se observa población baja de microorganismos, menor a 2 NMP por cada 100 mL.

Entonces luego de realizar los análisis y examinar los resultados se puede afirmar que el agua proveniente de la planta purificadora no cumple con los parámetros de calidad, ya que para una probabilidad de 0.5 según la tabla de distribución binomial y un nivel de significancia de 0.01 se espera que cumplan 16 de las 20 muestras analizadas, por lo cual no puede considerarse agua purificada y no puede rechazarse la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Aunque cumplió con la mayoría de los parámetros, no cumplió con la conductividad en ninguna de las muestras, como se mencionó en párrafos anteriores esto podría deberse a la cantidad de hipoclorito de sodio disuelto en el agua, ya que no hay ningún tipo de control en proceso, ni control de calidad del producto terminado, por lo que esta variable afecta la calidad del agua.

Este inconveniente puede corregirse al realizar e implementar procedimientos estándar de operación, en cuanto al manejo de la planta purificadora, así como un control de calidad periódico del producto final y un monitoreo del producto en proceso, el cual constaría en una prueba química que cuantifique la cantidad del cloro disuelto en el inicio de la tubería de la planta purificadora, para así poder disminuir la cantidad de éste al variar los dosificadores.

## X. CONCLUSIONES

- A. El agua procedente de la planta purificadora del Hospital Nacional Pedro de Bethacourt, cumple con la prueba de carbono orgánico total especificada en la USP 32.
- B. El agua procedente de la planta purificadora del Hospital Nacional Pedro de Bethacourt, no cumple con la prueba de Conductividad especificada en la USP 32.
- C. El agua procedente de la planta purificadora del Hospital Nacional Pedro de Bethacourt, cumple con la pruebas de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* especificada en la norma COGUANOR 29-001.
- D. El agua procedente de la planta purificadora del Hospital Nacional Pedro de Bethacourt, no cumple con los parámetros del agua purificada especificados en la USP 32, por tanto no puede ser considerada agua purificada.
- E. La prueba de hipótesis binomial indica el no cumplimiento de la totalidad de las muestras, da como resultado una no significancia, por tanto la hipótesis nula no se puede rechazar.

## **XI. RECOMENDACIONES**

- A.** Realizar un procedimiento estándar de operación e implementarlo, para el manejo de la planta purificadora de agua ubicada en el Hospital Nacional Pedro de Bethacourt, aldea San Felipe de Jesús Antigua Guatemala.
- B.** Realizar un procedimiento estándar de operación e implementarlo, para realizar control de calidad en proceso en la planta purificadora de agua ubicada en el Hospital Nacional Pedro de Bethacourt, aldea San Felipe de Jesús Antigua Guatemala.
- C.** Realizar un procedimiento estándar de operación e implementarlo, para realizar un monitoreo periódico en la planta purificadora de agua ubicada en el Hospital Nacional Pedro de Bethacourt, aldea San Felipe de Jesús Antigua Guatemala.
- D.** Capacitar al personal que opera la planta en cuanto a los procedimientos estándar de operación.
- E.** Realizar análisis de calidad del agua purificada en proceso, en cuanto a la cantidad de cloro.
- F.** Realizar análisis de control de calidad según COGUANOR, con una periodicidad no mayor a tres meses para verificar el buen funcionamiento de la planta purificadora.
- G.** Establecer un calendario para indicar el mantenimiento preventivo de cada una de las partes que forman la planta purificadora.
- H.** Sensibilizar al personal sobre la importancia de cumplir con los procedimientos estándar de operación para garantizar la calidad del agua.

## XII. REFERENCIAS

- Alvares Cáceres, R. (1995). *El Método Científico en las Ciencias de la Salud*. Madrid: Dias Santos.
- American Public Health Association. (1992). *Metodós Normalizados Para Análisis De Aguas Residuales*. Madrid: Ediciones santos.
- American Society for testing and Materials. (1994). *Annual book of Standards 1994* .
- CENTO. (13 de 5 de 2008). *ATL el portal de agua desde México*. Recuperado el 08 de 10 de 2011, de ATL el portal de agua desde México:  
[http://www.atl.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=293:fisic%09a&catid=72:ciencias-naturales&Itemid=480](http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=293:fisic%09a&catid=72:ciencias-naturales&Itemid=480)
- Chang, R. (1999). Química. En C. Raymond, *Química* (pág. 993). México: McGRALL HILL INTERAMERICA EDITORES S.A.
- Clack corporation. (14 de 1 de 2009). High Activity Carbon (HAC). windsor, wisconsin, Estados Unidos.
- Comisión Guatemalteca de Normas, Subgerencia de Informática. (2009). *Comisión Guatemalteca de Normas*. Recuperado el 10 de 01 de 2012, de <http://www.coguanor.gob.gt/index.php?id=1>
- Comité Guatemalteco de Normas. (21 de 10 de 2011). *Comisión guatemalteco de normas 29-001*. Recuperado el 10 de 10 de 2011, de [www.coguanor.gob.gt](http://www.coguanor.gob.gt)
- Convention, U. S. (2008). USP-32. En U. S. Convention, *USP-32* (pág. 1381). United States Pharmacopeial Convention, 2008.
- División de tratamiento de agua. (s.f de s.f de s.f). manual de operación y hoja técnica de luz ultravioleta. Guatemala, guatemala, guatemala.
- División de tratamieto y filtracion de agua. (s.f). MANUAL DE OPERACIÓN INSTALACIÓN Y HOJA TÉCNICA DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN CON OZONO. GUATEMALA, Guatemala, Guatemala.
- Galvin Marin, R., & Rodriguez Mellado, M. (1999). *Fisicoquímica de las aguas*. Madrid, España: Editorial Diaz Santos.
- Galvin, R. M. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos ( Tratamiento y control de calidad de aguas)*. Madrid: Editorial diaz santos.
- GRAY, N. F. (1996). *Calidad del agua potable: problemas y soluciones*. Zaragoza, Espana: Acribia.
- Hospital Nacional Pedro de Bethacourth. (2010). *Hospital Nacional Pedro de San José de Bethancourt*. Recuperado el 06 de 01 de 2012, de <http://www.actiweb.es/hospital-nacional-psjb/>

- J.M Juran, R. B. (1976). *Manual de Control de Calidad*. Barcelona: Editorial Reverte.
- LANZ, K. (1997). *El libro del agua*. Madrid: debate.
- Lenntech. (2008-2011). *water treatment solutions*. Recuperado el 1 de 10 de 2011, de <http://www.lenntech.es/aplicaciones/ultrapura/conductividad/conductividad-agua.htm>
- Lenore S. Clescerl, A. E. (1999). *Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington D.C., Washington D.C., EEUU: American Public Health Association.
- Marvin Garcia, M. L., & Aragon Revuelta, P. *Análisis Químico de suelos y agua*. Valencia: Editoria Universidad Politecnica de Valencia.
- Morrillo, J. (06 de 2009). Determinación de carbono orgánico total. Sevilla, España.
- Pineda, F. (2010). *Análisis de la calidad del agua utilizada para la dilución de las soluciones antisépticas del Hospital Nacional Pedro De Bethancourt Aldea San Felipe De Jesús, Antigua Guatemala. (Tesis) Universidad De San Carlos De Guatemala. Guat.* Guatemala: Universidad de San Carlos De Guatemala.
- Primus labs. (s.f). *Primus labs*. Recuperado el 2011 de 10 de 21, de [http://www.primuslabs.com/spanish/services/guia\\_de\\_muestreo\\_para\\_aguas.pdf](http://www.primuslabs.com/spanish/services/guia_de_muestreo_para_aguas.pdf)
- R. Genaro, A. (2000). *Remington Farmacia*. Argentina: Panamericana.
- Remington, J. p. (2003). *REMYNTOF FARMACIA (T. II) (20ª ED.)*. MADRID: EDITORIAL MEDICA PANAMERICANA.
- Ronald, E. W. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. México: Prentice-Hall Hispanoamerica.
- Salud, O. M. (1995). *Guía para la calidad del agua potable*. ginebra.
- Science, n. a. (s.f). *El agua potable segura es esencial*. Recuperado el 1 de 10 de 2011, de <http://drinking-water.org/html/es/Treatment/Chemical-Disinfection-Oxidants-technologies.html>
- United States Pharmacopeia Convention . (2009). *United States Pharmacopeia Edición 32*. MICHIGAN.
- Valdez, J. (20 de 08 de 2011). Diseño de Planta de Hospital de Nacional de Antigua Guatemala. Guatemala, Guatemala, Guatemala.



### **XIII. ANEXOS**

#### **Hospital Nacional Pedro de Bethancourt**

En 1630, procedentes de México arribaron a la Muy Noble y Muy Leal ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala, hermanos hospitalarios de la Orden San Juan de Dios, bajo la dirección del Padre Fray Carlos Cívico de la Cerda, así como otros religiosos, su objetivo fue el de presentar la solicitud de administrar el hospital de la ciudad.

A la solicitud se acompañó no sólo la promesa de asistir a enfermos y la atención del hospital, sino la de cumplir con lo dispuesto por el Rey de España en 1632, de tratar con servicios médicos a los habitantes de América, como a españoles. Por lo tanto la fundación del Hospital fue a partir de 1663, como Hospital San Juan de Dios, y después de los Terremotos de Santa Marta en 1773 y 1774, fue trasladado juntamente con la Ciudad al Valle de la Ermita, hoy Ciudad de Guatemala, y continuo el Hospital en la Ciudad Colonial Patrimonio de la Humanidad Declarada por la Unesco en el año 1,979 con el Nombre de Hospital Nacional Pedro de Bethancourt, en honor a las obras realizadas por el Hermano Pedro de Bethancourt, quien también prestó servicios de Salud en el Hospital de Belén de esta ciudad.

Después del terremoto de 1976 el edificio que ocupaba el hospital en el Centro de la Ciudad de La Antigua Guatemala en la 2avenida y 6ta.calle esquina, actualmente las instalaciones están siendo utilizadas por Obras Sociales del Hermano Pedro, sufrió severos daños y fue necesario declararlo inhabitable, por lo que en forma improvisada se atendió la emergencia en carpas que se instalaron el Estadio Pensativo, luego fue acomodado el Hospital en el Edificio del Hotel "Rancho Nimajay", para que el hospital regularizara la prestación de servicios.

En 1980 se inició la construcción del Edificio, situado en la Aldea San Felipe de Jesús a un Kilómetro de la Antigua Guatemala, donde se encuentra actualmente, iniciando sus funciones en el mes de Febrero de 1993, a la fecha prestando los servicios de Salud a la Comunidad de Sacatepéquez y extendiéndose hacia todo el país.

A partir del año 2008 se implementó el primer Banco de Leche Materna siendo el primer Banco de Leche a nivel Nacional y Centro Americano modelo para los actuales bancos de leche que impulsa el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social apoyados por los programas de la Organización panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) el Programa Nacional de salud. En el año 2009 se implementa la clínica integral de VIH/SIDA, y con fondos propios la Clínica del Diabético, de Neumología, de Cardiología, de Terapia Respiratoria, de Nutrición, de Gastroenterología, de Hematología, Nefrología y Video Cirugía.

El hospital Nacional Pedro de Bethancourt de la Antigua Guatemala, catalogado como un hospital departamental hasta en el año 2010, con el manejo de 176 a 186 camas pero debido al aumento de la demanda de atención se incrementó a 202 camas a partir de enero del año 2011, se reciben pacientes de toda Guatemala, principalmente pacientes de Chimaltenango Escuintla y Ciudad Capital por ser adyacentes, por el volumen de cartera que maneja este hospital debería estar siendo considerado como Hospital Regional con su respectivo presupuesto, lo que le daría mayor capacidad de respuesta al incremento de egresos un 5.4% emergencias 4% sala de operaciones 3% labor y partos un 4% etc. de demanda que se proyecta para cada año.

Entre las potencialidades que se han desarrollado ya es un hospital escuela con pre-grado y pos-grado universitario de Medicina Interna, Traumatología, Gineco-Obstetricia y Pediatría egresando 4 especialistas de Medicina Interna en el año 2010, esperando a partir en el año 2011 una producción de 20 especialistas cada año, quedando pendiente de iniciar su programa de pos-grado. Cirugía y Anestesia, en otras disciplinas se cuenta con estudiantes de la Licenciatura en Psicología, Químico Biólogo, Nutricionistas, Químico Farmacéutico, Enfermería Profesional y Auxiliares de Enfermería.

Se ubica en la Aldea San Felipe de Jesús Antigua Guatemala, Sacatepéquez Latitud Norte 14° 35'25.4", longitud oeste 90° 43'37.0", área física de 58,750mts.<sup>2</sup>, altura de

1,554msnm. y genera 667 puestos de trabajo. (Hospital Nacional Pedro de Bethacourth, 2010)

## **COGUANOR**

De conformidad con lo que establece el artículo 1 del Decreto No. 1523, la Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR- es el Organismo Nacional de Normalización, adscrito al Ministerio de Economía, lo cual se ratifica en el Decreto No. 78-2005, Ley del Sistema Nacional de la Calidad. La principal función de COGUANOR es desarrollar actividades de Normalización que contribuyan a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y elevar la calidad de los productos y servicios que dichas empresas ofertan en el mercado nacional e internacional. Su ámbito de actuación abarca todos los sectores económicos. Las normas técnicas que COGUANOR elabora, publica y difunda, son de observancia, uso y aplicación voluntarios. (Comision Guatemalteca de Normas, Subgerencia de Informática, 2009)

### **Estructura de COGUANOR**

El artículo 5 se refiere a que la Comisión Guatemalteca de Normas está integrada por una Secretaría Ejecutiva y una Unidad Técnica que actúa como apoyo de los Comités Técnicos de Normalización (CTN), que se formen de manera temporal o permanente. El Decreto No. 78-2005 menciona que el Consejo Nacional de Normalización se integra con un representante titular y un suplente de las entidades siguientes:

- Cámara de Industria de Guatemala.
- Cámara de Comercio de Guatemala.
- Cámara Guatemalteca de la Construcción.
- Cámara del Agro.
- Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales.
- Foro de Rectores de las Universidades de Guatemala.
- Asamblea de Presidentes de los Colegios Profesionales.

- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
- Ministerio de Energía y Minas.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

El Secretario Ejecutivo de la Comisión Guatemalteca de Normalización actuará como Secretario del Consejo. (Comisión Guatemalteca de Normas, Subgerencia de Informática, 2009)

### **Función de COGUANOR**

El artículo 6 del Decreto No. 78-2005 menciona las funciones de COGUANOR; se detallan las más importantes a continuación:

- Elaborar, adoptar y promover la utilización de normas técnicas en el territorio nacional.
- Elaborar y promover la aplicación del programa anual de normalización, acorde a los requerimientos del sector productivo nacional.
- Fomentar la transparencia, armonización y eficacia en la elaboración de las normas.
- Revisar las normas en uso e introducir las modificaciones necesarias a medida que la experiencia, el progreso científico y tecnológico y el mercado nacional e internacional lo exijan.
- Asegurar que en el proceso de elaboración de los reglamentos técnicos se utilicen las normas técnicas nacionales, regionales o internacionales.

**Tabla. No 5. Requisitos de temperatura y conductividad**

Temperature	Conductivity Requirement ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
0	0.6
5	0.8
10	0.9
15	1.0
20	1.1
25	1.3
30	1.4
35	1.5
40	1.7
45	1.8
50	1.9
55	2.1
60	2.2
65	2.4
70	2.5
75	2.7
80	2.7
85	2.7
90	2.7
95	2.9
100	3.1

Fuente: farmacopea estadounidense (USP32)

**Fotografía 1:** filtros de sedimentos



**Fotografía 2:** Luz ultravioleta y ozonificador.



**Fotografía 3:** Planta purificadora.



**Fotografía 4:** Exterior de planta purificadora.



<b>HOSPITAL NACIONAL PEDRO DE BETANCOURTH ANTIGUA GUATEMALA</b>	<b>Código: PEO-001</b>	
<b>PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE OPERACION</b>	<b>Fecha de emisión:</b>	28 de agosto de 2012
<b>MANEJO DE LA PLANTA PURIFICADORA</b>	<b>Próxima revisión:</b>	Agosto de 2013
	<b>Versión:</b>	01
	Página 1 de 4	

## 1. OBJETIVO

Establecer un procedimiento estándar de la forma en que se tiene que manejar la planta purificadora.

## 2. ALCANCE

Este procedimiento involucra al personal de la farmacia interna del hospital y al personal que maneja la planta. Al ser el agua una de las materias primas más importantes en los procesos de manufactura de la farmacia interna así como las actividades cotidianas del hospital, el seguimiento de este procedimiento es esencial.

## 3. RESPONSABLES

- Un auxiliar del hospital designado por la jefatura del hospital.
- La jefatura de la farmacia interna será responsable de verificar el mantenimiento del sistema de purificación de agua.

## 4. DEFINICIONES

- **Dosificador:** aparato electrónico que mide y agrega una cantidad establecida de un fluido o solido.
- **Medio filtrante:** El dispositivo que discrimina uno o varios elementos determinados de algo que fluye a través de él
- **filtros de Carbón Activado:** filtros a base de carbón en polvo o gránulos que tienen la capacidad de retener ciertas partículas (productos orgánicos, gases disueltos, cloros, etc), muchas de las cuales producen olores y/o sabores indeseados en el agua.
- **lámparas Ultra Violeta:** lámpara de Luz Ultravioleta de onda Corta (UV-C 254 nm) para la eliminación de virus y bacterias que se encuentran en el agua.
- **Ozinificador:** es capaz de producir ozono -una molécula triatómica que contiene tres átomos de oxígeno- artificialmente, mediante la generación de una alta tensión eléctrica (llamada "Efecto corona") que produce ozono.

## 5. PROCEDIMIENTO

### 5.1 LIMPIEZA DE AREA

- 5.1.1 abastecerse de implementos necesarios para la limpieza de área desinfectante (solución de glutaraldehido) toallas secas, cepillo, mopa, bolsas de basura y atomizador.



<b>HOSPITAL NACIONAL PEDRO DE BETANCOURTH ANTIGUA GUATEMALA</b>	<b>Código: PEO-001</b>	
<b>PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE OPERACION</b>	<b>Fecha de emisión:</b>	28 de agosto de 2012
<b>MANEJO DE LA PLANTA PURIFICADORA</b>	<b>Próxima revisión:</b>	Agosto de 2013
	<b>Versión:</b>	01
	Página 2 de 4	

- 5.1.2 Utilizar equipo de protección necesario (bata, cofia, guates, mascarilla y zapatos desechables para ingresar al área)
- 5.1.3 Con el cepillo retirar todos los residuos sólidos que estén en el piso y colocarlos dentro de una bolsa de basura.
- 5.1.4 Con el atomizador esparcir desinfectante dejar actuar por 30 segundos luego con un movimiento en una sola dirección y retirarlo de la superficie aplicada (evitar movimientos circulares)

## **5.2 ENCENDIDO DEL EQUIPO**

- 5.2.1 Colocarse el equipo de protección necesario (bata, cofia, guates, mascarilla y zapatos desechables para ingresar al área)
- 5.2.2 Encender lámpara ultravioleta en el interruptor situado dentro de la planta (30 minutos antes de iniciar operaciones)
- 5.2.3 Encender ozonificador en el interruptor situado dentro de la planta (30 minutos antes de iniciar operaciones)
- 5.2.4 Esperar 30 minutos
- 5.2.5 Verificar que estén encendidos los dosificadores de cloro.
- 5.2.6 Verificar si hay flujo de agua.
- 5.2.7 Abrir la llave de ingreso a la planta.
- 5.2.8 Abrir llave de salida de agua dentro de la planta purificadora.
- 5.2.9 Dejar correr el agua al drenaje por no menos de 15 minutos.
- 5.2.10 Iniciar llenado de garrafones.
- 5.2.11 Finalizar llenado de garrafones.
- 5.2.12 Sacar del área los garrafones

## **5.3 APAGADO DE EQUIPO**

- 5.3.1 Cerrar llave de salida dentro de la planta.
- 5.3.2 Cerrar llave de ingreso a la planta.
- 5.3.3 Apagar ozonificador.
- 5.3.4 Apagar lámpara ultravioleta.

- 6. PERIODICIDAD:** cada vez que se utilice la planta purificadora.

<p align="center"><b>HOSPITAL NACIONAL PEDRO DE BETANCOURTH ANTIGUA GUATEMALA</b></p>	<p align="center"><b>Código: PEO-001</b></p>	
<p align="center"><b>PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE OPERACION</b></p>	<p><b>Fecha de emisión:</b></p>	<p>28 de agosto de 2012</p>
<p align="center"><b>MANEJO DE LA PLANTA PURIFICADORA</b></p>	<p><b>Próxima revisión:</b></p>	<p>Agosto de 2013</p>
	<p><b>Versión:</b></p>	<p>01</p>
<p align="center">Página 3 de 4</p>		

**7. ANEXOS**



<b>HOSPITAL NACIONAL PEDRO DE BETANCOURTH ANTIGUA GUATEMALA</b>	<b>Código: PEO-001</b>	
<b>PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE OPERACION</b>	<b>Fecha de emisión:</b>	28 de agosto de 2012
<b>MANEJO DE LA PLANTA PURIFICADORA</b>	<b>Próxima revisión:</b>	Agosto de 2013
	<b>Versión:</b>	01
	Página 4 de 4	

## 8. REFERENCIAS

- Ramos, Marco (2012) . Agua para uso farmacéutico, comentarios al informe 39, anexo 3 de la OMS y la USP 24. Guatefarma, año 4, No.9. Guatemala. Pp.16-21.
- United States Pharmacopeia Convention . (2009). *United States Pharmacopeia Edición 32*. MICHIGA
- Valdez, J. (20 de 08 de 2011). Diseño de Planta de Hospital de Nacional de Antigua Guatemala. Guatemala, Guatemala, Guatemala

Elaborado por Marcos Avendaño EPS Químico Farmacéutico	Revisado y aprobado por Licda. Claudia García Subjefe de Farmacia interna.
Firma	Firma
Fecha	Fecha

<b>HOSPITAL NACIONAL PEDRO DE BETANCOURTH ANTIGUA GUATEMALA</b>	<b>Código: PEO-002</b>	
<b>PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE OPERACION</b>	<b>Fecha de emisión:</b>	28 de agosto de 2012
<b>MONITOREO PERIÓDICO EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA UBICADA EN EL HOSPITAL NACIONAL PEDRO DE BETHACOURT</b>	<b>Próxima revisión:</b>	Agosto de 2013
	<b>Versión:</b>	03
Página 1 de 2		

#### 1. OBJETIVO

Establecer un procedimiento estándar de la forma en que se tiene llevar a cabo el monitoreo en la planta purificadora.

#### 2. ALCANCE

Este procedimiento involucra al personal de la farmacia interna del hospital y al personal que maneja la planta. Al ser el agua una de las materias primas más importantes en los procesos de manufactura de la farmacia interna así como las actividades cotidianas del hospital es necesario establecer un procedimiento de análisis en proceso, el seguimiento de este procedimiento es esencial.

#### 3. RESPONSABLES

- Un auxiliar del hospital designado por la jefatura del hospital.
- La jefatura de la farmacia interna será responsable de verificar el monitoreo periódico del sistema de purificación de agua.

#### 4. DEFINICIONES

- **Muestreo:** Es la técnica para recoger una muestra a partir de una población o un subgrupo de esta el objetivo es estimar parámetros

#### 5. PROCEDIMIENTO

##### 5.1 Muestreo.

- 5.1.1 Colocarse el equipo de protección necesario (bata, cofia, guates, mascarilla y zapatos desechables para ingresar al área)
- 5.1.2 Encender lámpara ultravioleta en el interruptor situado dentro de la planta (30 minutos antes de iniciar operaciones)
- 5.1.3 Encender ozonificador en el interruptor situado dentro de la planta (30 minutos antes de iniciar operaciones)
- 5.1.4 Esperar 30 minutos
- 5.1.5 Verificar que estén encendidos los dosificadores de cloro.
- 5.1.6 Verificar si hay flujo de agua.
- 5.1.7 Abrir la llave de ingreso a la planta.
- 5.1.8 Abrir llave de salida de agua dentro de la planta purificadora.
- 5.1.9 Dejar correr el agua al drenaje por no menos de 15 minutos.
- 5.1.10 Antes de realizar el muestreo se desinfectará la llave de llenado con alcohol etílico al 70%.
- 5.1.11 luego flamear la llave con un algodón humedecido en alcohol etílico al 70 %.

<b>HOSPITAL NACIONAL PEDRO DE BETANCOURTH ANTIGUA GUATEMALA</b>	<b>Código: PEO-002</b>	
<b>PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE OPERACION</b>	<b>Fecha de emisión:</b>	28 de agosto de 2012
<b>MONITOREO PERIÓDICO EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA UBICADA EN EL HOSPITAL NACIONAL PEDRO DE BETHACOURT</b>	<b>Próxima revisión:</b>	Agosto de 2013
	<b>Versión:</b>	03
	Página 2 de 2	

5.1.12 Tomar muestra para análisis microbiológico (coliformes totales, coliformes fecales y eschericha coli) en recipiente estéril de vidrio.

5.1.13 Tomar muestra para análisis fisicoquímico(carbono orgánico total y conductividad del agua) en recipiente de polietileno.

#### 6. TRANSPORTE:

6.1 la muestra microbiológica debe ser transportada en cadena de frio a menos de 8 grados centígrados.

6.2 enviar las muestras al laboratorio nacional de salud donde serán analizadas.

7. **PERIODICIDAD:** cada tres meses.

#### 8. REFERENCIAS

Comité Guatemalteco de Normas. (21 de 10 de 2011). *Comisión guatemalteco de normas 29-001.*

Recuperado el 10 de 10 de 2011, de [www.coguanor.gob.gt](http://www.coguanor.gob.gt)

Galvin, R. M. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos ( Tratamiento y control de calidad de aguas)*. Madrid: Editorial diaz santos.

Elaborado por Marcos Avendaño EPS Químico Farmacéutico	Revisado y aprobado por Licda. Claudia García Subjefe de Farmacia interna.
Firma	Firma
Fecha	Fecha

<b>HOSPITAL NACIONAL PEDRO DE BETANCOURTH ANTIGUA GUATEMALA</b>	<b>Código: PEO-003</b>	
<b>PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE OPERACION</b>	<b>Fecha de emisión:</b>	28 de agosto de 2012
<b>CONTROL DE CALIDAD EN PROCESO EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA</b>	<b>Próxima revisión:</b>	Agosto de 2013
	<b>Versión:</b>	01
	Página 1 de 3	

## 1. OBJETIVO

Establecer un procedimiento estándar de la forma en que se le tiene llevar a cabo el control de calidad en proceso en la planta purificadora.

## 2. ALCANCE

Este procedimiento involucra al personal de la farmacia interna del hospital y al personal que maneja la planta. Al ser el agua una de las materias primas más importantes en los procesos de manufactura de la farmacia interna así como las actividades cotidianas del hospital es necesario establecer un procedimiento de análisis en proceso, el seguimiento de este procedimiento es esencial.

## 3. RESPONSABLES

- Un auxiliar del hospital designado por la jefatura del hospital.
- La jefatura de la farmacia interna será responsable de verificar el mantenimiento del sistema de purificación de agua.

## 4. DEFINICIONES

- **Cloro:** El cloro, utilizado solo o en forma de hipoclorito sódico, actúa como un potente desinfectante. Añadido al agua destruye rápidamente las bacterias y otros microbios que pueda contener, lo que garantiza su potabilidad y ayuda a eliminar sabores y olores. La mayor parte del suministro de agua potable en Europa occidental depende de la cloración.
- **ppm:** es una unidad de medida de concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia (agente, etc) que hay por cada millón de unidades del conjunto, en química un miligramo por cada litro.

## 5. PROCEDIMIENTO

- 5.1 Utilizar equipo de protección necesario (bata, cofia, guates, mascarilla y zapatos desechables para ingresar al área)
- 5.2 Añada 5 gotas de reactivo 1 y 3 gotas del reactivo 2 al recipiente para comparar el color
- 5.3 Llene el recipiente para comparar el color con la muestra de agua hasta la marca de los 5 ml.
- 5.4 Cierre la tapa y mézclelo cuidadosamente, moviendo el recipiente en pequeños círculos, e inviértalo de vez en cuando.

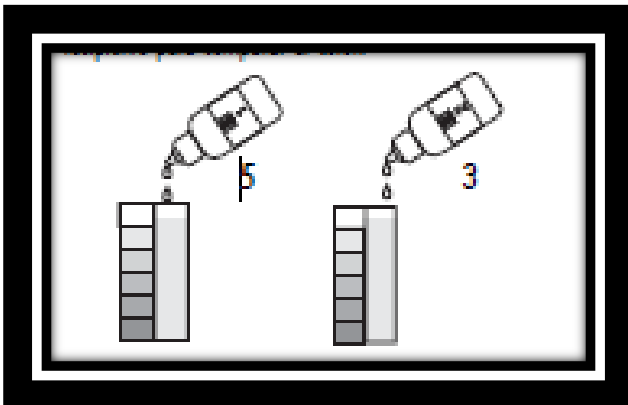
<p align="center"><b>HOSPITAL NACIONAL PEDRO DE BETANCOURTH ANTIGUA GUATEMALA</b></p>	<p align="center"><b>Código: PEO-003</b></p>	
<p align="center"><b>PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE OPERACION</b></p>	<p><b>Fecha de emisión:</b></p>	<p>28 de agosto de 2012</p>
<p align="center"><b>CONTROL DE CALIDAD EN PROCESO EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA</b></p>	<p><b>Próxima revisión:</b></p>	<p>Agosto de 2013</p>
	<p><b>Versión:</b></p>	<p>01</p>
	<p align="center">Página 2 de 3</p>	

5.5 Determine a qué color de la banda se ajusta la solución del recipiente y registre el resultado en mg/l (ppm) de cloro libre.

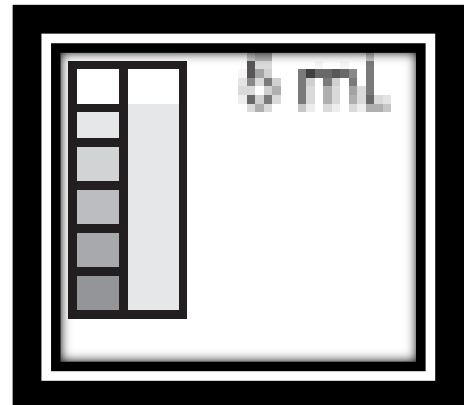
5.6 La cantidad de cloro debe ser menor a dos partes por millón.

6. **PERIODICIDAD:** cada vez que se utilice la planta.

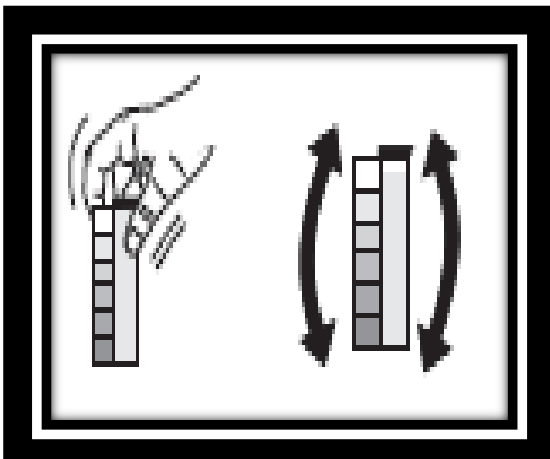
7. **ANEXOS**



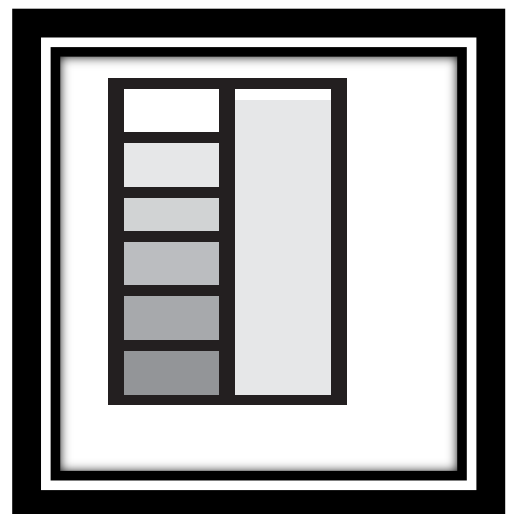
Paso 5.1



Paso 5.2



Paso 5.3



Paso 5.4

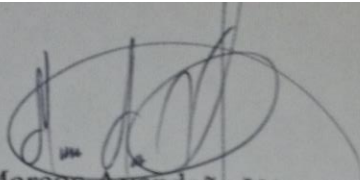
<b>HOSPITAL NACIONAL PEDRO DE BETANCOURTH ANTIGUA GUATEMALA</b>	<b>Código: PEO-003</b>	
<b>PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE OPERACION</b>	<b>Fecha de emisión:</b>	28 de agosto de 2012
<b>CONTROL DE CALIDAD EN PROCESO EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA</b>	<b>Próxima revisión:</b>	Agosto de 2013
	<b>Versión:</b>	01
	Página 3 de 3	

## 8. REFERENCIAS

- Manual de Instrucciones TEST KIT DE CLORO LIBRE HI 3831F

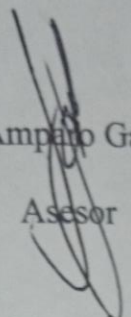
Elaborado por Marcos Avendaño EPS Químico Farmacéutico	Revisado y aprobado por Licda. Claudia García Subjefe de Farmacia interna.
Firma	Firma
Fecha	Fecha





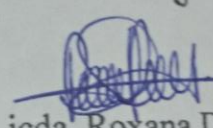
Br. Marcos Avendaño Vásquez

Autor



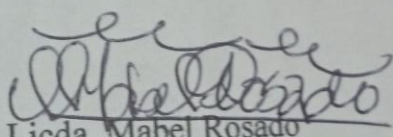
Licda. Julia Amparo García Bolaños

Asesor



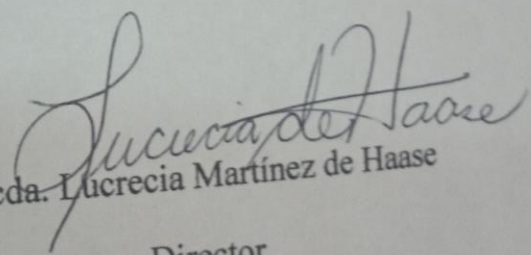
Licda. Roxana Dardón

Co- Asesor



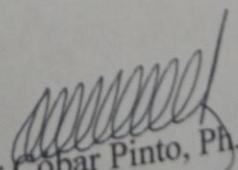
Licda. Mabel Rosado

Revisor



Licda. Lucrecia Martínez de Haase

Director



Oscar Cobar Pinto, Ph.D

Decano