

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Química



Uso de Biguanidas Polimerizadas en el Tratamiento Microbiológico en el Agua de Torres de Enfriamiento

Trabajo de graduación presentado por Bruno Alejandro
Alvarez León para optar al grado académico de Licenciado
en Ingeniería Química

Guatemala
1996

Uso de Biguanidas Polimerizadas en el
Tratamiento Microbiológico en el Agua de
Torres de Enfriamiento

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Química

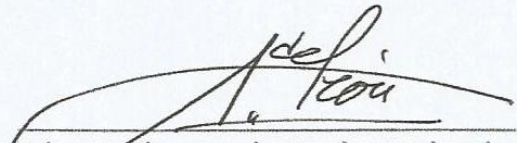


Uso de Biguanidas Polimerizadas en el Tratamiento Microbiológico en el Agua de Torres de Enfriamiento

Trabajo de graduación presentado por Bruno Alejandro
Alvarez León para optar al grado académico de Licenciado
en Ingeniería Química

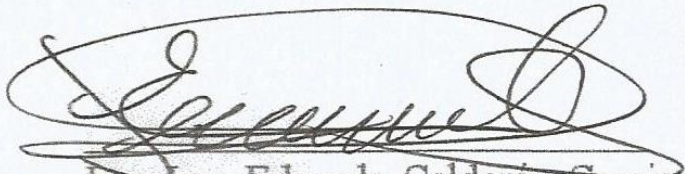
Guatemala
1996

Vo. Bo. :



Lic. Roberto de León Fajardo
Asesor


Tribunal Examinador:



Ing. Jose Eduardo Calderón García
Director del Departamento de Ing. Química



Lic. Roberto de León Fajardo
Asesor



Ing. Mauricio Mejicanos
Revisor

Fecha de aprobación: Guatemala, 5 de noviembre de 1996.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS.....	v
LISTA DE GRÁFICOS.....	vi
RESUMEN.....	vii
Capítulos	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	2
3. JUSTIFICACIÓN.....	12
4. OBJETIVOS.....	13
5. PROBLEMA PARA RESOLVER.....	14
6. METODOLOGÍA.....	15
7. RESULTADOS.....	17
8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	20
9. CONCLUSIONES.....	24
10.RECOMENDACIONES.....	25
11.BIBLIOGRAFÍA.....	26
12.APÉNDICE.....	27

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1.Uso del biocida PHMB crecimiento de bacterias.....	17
2.Uso del biocida PHMB crecimiento de hongos.....	17
3.Uso del biocida PHMB crecimiento de bacterias a 35 grados C.....	18
4.Uso del biocida PHMB crecimiento de hongos a 35 grados C.....	18

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico	Página
1.Sección de una bacteria Gram-negativa.....	8
2.Detalle de la pared celular y la estructura de la membrana de una bacteria.....	8
3.Biocida PHMB y alguicida.....	19
4.Torre de enfriamiento vista lateral.....	28
5.Torre de enfriamiento ventilador.....	28
6.Torre de enfriamiento sistema de alimentación y descarga.....	29
7.Torre de enfriamiento empaque.....	29

RESUMEN

El biocida polihexametilen-biguanida (PHMB) tiene una capacidad bactericida, que la hace útil para el control microbiológico. En las torres de enfriamiento, especialmente las que recirculan agua, es de especial interés este control. Para determinar si este biocida es efectivo para este uso se llevó a cabo una serie de experimentos. En estos se elaboraron cultivos a partir de agua de la torre de enfriamiento del laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad del Valle; en donde se utilizaron varias concentraciones de PHMB (de 0 a 60 ppm) así como operando a varias temperaturas (de 17 a 35 grados centígrados). También se elaboró su efectividad combinada con un alguicida. A partir de estos se obtuvieron resultados contundentes donde en los casos donde se agregó el biocida PHMB no hubo crecimiento significativo de bacterias, hongos y algas, mientras que en el agua sin biocida PHMB sí hubo; en cantidades elevadas, que son totalmente inaceptables. De estos resultados se concluye que el biocida polihexametilen-biguanida es un compuesto que es un buen aditivo para el control microbiológico en sistemas de enfriamiento con agua.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de enfriamiento con agua son ampliamente utilizados en la industria de procesos químicos. En los que la circulación de agua es de un solo paso o con recirculación. En el segundo caso es necesario tratar el agua contra corrosión, depósitos y ataques microbiológicos. Para un tratamiento del agua de las torres de enfriamiento se utilizan aditivos que ayudan a controlar corrosión, depósitos y ataques microbiológicos. Estas condiciones crean la necesidad de investigar compuestos que nos ayuden en el control mencionado. En este trabajo se investigó un aditivo para el control microbiológico, que es, el bactericida polihexametilenbiguanida. Se determinó la efectividad de este compuesto para la aplicación en sistemas de enfriamiento como el descrito, y, se encontró la mejor técnica de dosificación. Para este objetivo se elaboró un experimento en la torre de enfriamiento del laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad del Valle, del que se obtuvo resultados aplicables a cualquier sistema de enfriamiento con agua que sea recirculada. El experimento se basa en medir los crecimientos de microorganismos en agua contaminada a niveles máximos encontrados en torres; antes y después de dosificar el bactericida, que es suministrado en varias concentraciones para encontrar la dosis ideal. Además, también se determinó la técnica más apropiada de dosificación por medio de comparar los resultados entre diferentes puntos de alimentación del bactericida en la torre.

2. ANTECEDENTES

A.SISTEMAS INDUSTRIALES DE ENFRIAMIENTO DE AGUA

La industria usa más agua para enfriamiento que para todos sus otros usos combinados. Por lo tanto, el mantenimiento de sistemas de enfriamiento puede ser costoso a menos que el agua se trate para prevenir corrosión, depósitos y crecimientos microbiológicos. El tratamiento de agua se adapta para el tamaño y tipo del sistema de enfriamiento en particular. Los sistemas de enfriamiento con agua se dividen en dos extensos tipos: de un solo paso y de recirculación. [1]

En los sistemas de un solo paso, pasa una sola vez el agua de enfriamiento a través del equipo de intercambio de calor. No ocurre evaporación; el agua aumenta su temperatura unos 20 grados Celsius. El agua es desechada después. Este sistema es el menos deseado de los sistemas de enfriamiento con agua, por razones ambientales y de conservación. [1]

Los sistemas de recirculación usan una torre de enfriamiento para enfriar el agua por evaporación. El agua se pierde por evaporación y arrastre por el viento. Este proceso de enfriamiento tiene un problema, por la concentración de sólidos (TDS). Los sistemas de recirculación cerrados utilizan un radiador enfriado con un ventilador o, un intercambiador de calor cerrado enfriado con agua en un sistema secundario. El sistema secundario es un sistema recirculado abierto. La pérdida de agua es mínima y los sólidos no se concentran en un sistema de recirculación cerrado. En efecto, los mayores problemas de tratamiento son transferidos al sistema secundario donde la temperatura es controlada. Los sistemas de doble circulación combinan un sistema abierto y un sistema cerrado. El agua que pasa a través del circuito cerrado se encarga del enfriamiento primario. [1]

B.PRODUCTOS QUÍMICOS PARA EL AGUA DE ENFRIAMIENTO

El éxito de cualquier programa de tratamiento químico depende de muchos factores. Los más importantes de estos son: ciclos de concentración apropiados, rango de pH y un balance apropiado de agua en el sistema. [1]

Los ciclos de concentración son la razón de la cantidad de agua removida de un sistema de enfriamiento (arrastre, evaporación, etc.) y de la cantidad de agua agregada al sistema (agua de reposición).

La aplicación de un tratamiento empieza con establecer ciclos correctos de concentración y de control de pH. Esto es determinado por las características químicas del agua y del agua de reposición. El control recomendado es obtenido utilizando ácido sulfúrico para incrementar el control de pH en los ciclos. Los productos químicos agregados a un sistema industrial de enfriamiento de agua típico son: inhibidores de corrosión y depósitos, control suplemental de polímeros y control microbiano. [1]

Los inhibidores típicos de corrosión y depósitos, utilizados en la industria son organofosforados o una mezcla apropiada de ortho y polifosfato con un polímero. El polímero es usualmente un cloruro estable azol-heterocíclico. Este producto se suministra continuamente a la torre de enfriamiento manteniendo concentraciones en el agua de 10 a 15 ppm. [1]

Se emplean también polímeros suplementarios, los que utilizan un dispersante que contiene una mezcla de dispersantes polimerizados aniónicos y no aniónicos. Este producto se alimenta continuamente a la torre de enfriamiento manteniendo concentraciones en el agua de 4 a 8 ppm. [1]

Los productos químicos recomendados para control microbiológico típico se utilizan en un programa combinado de cloro y biocidas no oxidantes. Estos productos se alimentan continuamente o bien se agregan en un tratamiento de shock a la torre de enfriamiento manteniendo una concentración entre 5 y 20 ppm, y para biocidas no oxidantes, alrededor de 50 a 500 ppm. [1]

C. BIOCIDAS PARA AGUA DE ENFRIAMIENTO

El control microbiológico en sistemas industriales de agua de enfriamiento está clasificado en dos categorías: agentes oxidantes y agentes no oxidantes. [1]

En grandes sistemas de enfriamiento de agua donde existen volúmenes de 378,500 a 3,785,000 litros (100,000 a 1,000,000 galones), el uso de cloro gaseoso se ha convertido

en un standard industrial. Los agentes oxidantes más comunes son:

1. Con cloro:
 - a. Cloro gaseoso
 - b. Hipoclorito de sodio
 - c. Hipoclorito de calcio
 - d. Cianuros clorinados

2. Inhibidores de enzimas:
 - a. Bistiocianato de metileno
 - b. Metales pesados, por ejemplo: oxido (bis) tributiltino
 - c. Ditiocarbamatos

3. Toxicantes de la pared celular y citoplasma:
 - a. Compuestos de amonio cuaternario
 - b. Clorofenoles
 - c. Glutaraldehydos
 - d. Dibromonitrilopropionamida (DBNPA)
 - e. Clorometilsociazolina

En sistemas más pequeños donde el volumen total de agua es de 18,925 a 189,250 litros (5,000 a 50,000 galones), es común el uso de biocidas no oxidantes como estándar. Como estas biocidas no son tan efectivas como el cloro, dos o mas diferentes productos son necesarios para lograr un control microbiano adecuado. Las mezclas más comunes de biocidas no oxidantes son:

1. Isothianolina y compuestos de amonio/amina cuaternarios.
2. Ditiocarbamato y glutaraldehído.

La concentración de biocidas no oxidantes es de 50 a 500 ppm. Esto depende del nivel de actividad microbiana, evaporación de agua, agua de reposición y otros factores necesarios en la inspección de la torre de enfriamiento y el agua en el circuito. [1]

D. FORMA DE ADICIÓN DE BIOCIDAS EN SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO CON AGUA

Como en la alimentación de químicos en las calderas, el mezclado y alimentación inapropiada de inhibidores y dispersantes puede limitar los beneficios de un programa de tratamiento químico. Lo mismo ocurre en un sistema de enfriamiento cerrado. [2]

La localización de químicos para un acceso fácil y simplicidad en la alimentación debe de ser la primera consideración. En sistemas industriales utilitarios, tanques en bruto o contenedores deben instalarse en, o cerca, de la torre de enfriamiento misma. Esta localización provee óptimas condiciones para entregas químicas y asegura fácil instalación de tuberías para todas las líneas de alimentación química, directamente a la base de la torre o equipo de bombeo. Los derrames químicos son fácilmente contenidos por barreras y, se pueden bombear a la torre para su limpieza. [2]

Los sistemas de enfriamiento pequeños con torres instaladas en el techo o con condensadores requieren de planeación para asegurar que los sistemas de alimentación de químicos estén instalados apropiadamente. Si es ácido o blanqueador es esencial utilizar, una línea separada de cada uno de esos productos. Nunca se debe de alimentar ácido y blanqueador juntos en la misma línea o, con otros inhibidores, biocidas o dispersantes. Se recomienda líneas de acero inoxidable, y una boquilla de inyección que debe instalarse para asegurar que la mezcla y dilución sean adecuadas. Es apropiado tener alguna forma de conectar las líneas electrónicamente, para asegurar que no se sobrealimenten los químicos al sistema. [2]

Una segunda consideración es el número de químicos que se agregan al sistema de enfriamiento. A los sistemas muy grandes, usualmente se les alimenta con acero y cobre como inhibidores, dispersantes, ácido, cloro y biocidas separadamente por economía y flexibilidad en el control. Plantas más pequeñas combinan dos o más tratamientos químicos en un solo producto. Instalaciones muy pequeñas utilizan el sistema de un solo tonel para alimentar ácido y blanqueador de la alimentación. Estos sistemas se benefician del uso de donadores de cloro/bromo que sean lentos en su emanación. Los que son usualmente orgánicos y son únicos biocidas utilizados. [3]

Una decisión económica debe de hacerse durante la selección del proceso inicial, para balancear la simplicidad y el costo de un programa con un solo producto contra los

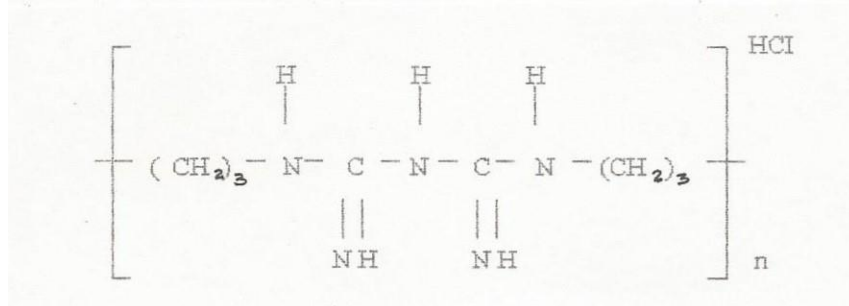
inconvenientes y controles adicionales con tratamientos multi-productos. [4]

Una regla general importante es que, en todos los sistemas de enfriamiento, los químicos que se agregan deben de ser alimentados de una forma “limpia”, directamente de el tonel contenedor original. La mezcla de varios inhibidores y dispersantes en cantidades concentradas resulta en inestabilidad del producto, causando precipitados que dificultan el bombeo y tapan las tuberías, lo que ocasiona pérdida de la alimentación química. [4]

Una última consideración es que se debe de seguir todas las normas de seguridad en el manejo y aplicación de cada compuesto químico. Si es posible, todas las alimentaciones de ácido y biocidas deben de automatizarse para evitar contacto directo. [4]

E. BIOCIDA POLIHEXAMETILENBIGUANIDA (PHMB)

La PHMB es el ingrediente activo del preservante VANTOCIL IB, manufacturado por ZENECA BIOCIDES. Este se puede representar por la fórmula general:



Donde “n” puede estar entre 10 y 13

Como el grupo biguanida existe en la forma de su sal hidrocloreto, la PHMB es esencialmente un polielectrolito y es altamente soluble en agua. [5]

La PHMB es un preservante de amplio espectro. En concentraciones relativamente bajas la acción antibacteriana es bacteriostática, a mayores concentraciones los niveles aumentan según las especies, y la acción se convierte en bactericida. [5]

La PHMB es uno de los pocos polímeros sintéticos con actividad biológica comprobada. Mientras se ha clasificado como un antibacterial activo en la membrana, su mecanismo es como sigue.

Mecanismo de actividad antimicrobial

1. Análisis de la célula bacterial

Para comprender la base de la actividad antimicrobial de la PHMB, la estructura y función de varias capas en la célula bacterial, debe de ser considerada. La Figura 1 (página 8) muestra una sección micrográfica de una célula bacterial Gram-negativo. La Figura 2 (página 8) demuestra cómo los componentes bioquímicos son asociados con las varias capas de la estructura. [5]

La membrana exterior existe solo en especies de bacterias Gram-negativas, por ejemplo, Echerichia coli o Pseudomonas aeruginosa. Esta sirve como una funda protectora de la membrana citoplasmática sensible, de las toxinas dañinas. Los compuestos bactericidas deben de penetrar esta capa para ser efectivos. Debajo de esta capa y adherida a esta, se encuentra la pared de la célula que provee fortaleza, forma a la célula y ayuda a sostener la alta presión osmótica interna. [5]

Debajo de la pared celular, o la capa peptidoglicana, está la membrana citoplasmática. Esta membrana contiene totalmente el citoplasma. Tiene propiedades de permeabilidad selectiva y mantiene la concentración de iones que se transportan electroquímicamente a la célula, debido a diferencia de pH y potencial a través de la membrana. La membrana citoplasmática es el sitio de acción de muchos agentes bactericidas, por ejemplo, ácidos grasos y fenoles. [5]

2. Técnicas

Estudios del mecanismo por el que la PHMB penetra las capas de defensa de la bacteria y fuerza su acción bactericida, involucran diferentes técnicas para estudiar cada faceta de esta interacción. [5]

Figura 1. Sección de una bacteria Gram negativa (X400,000)

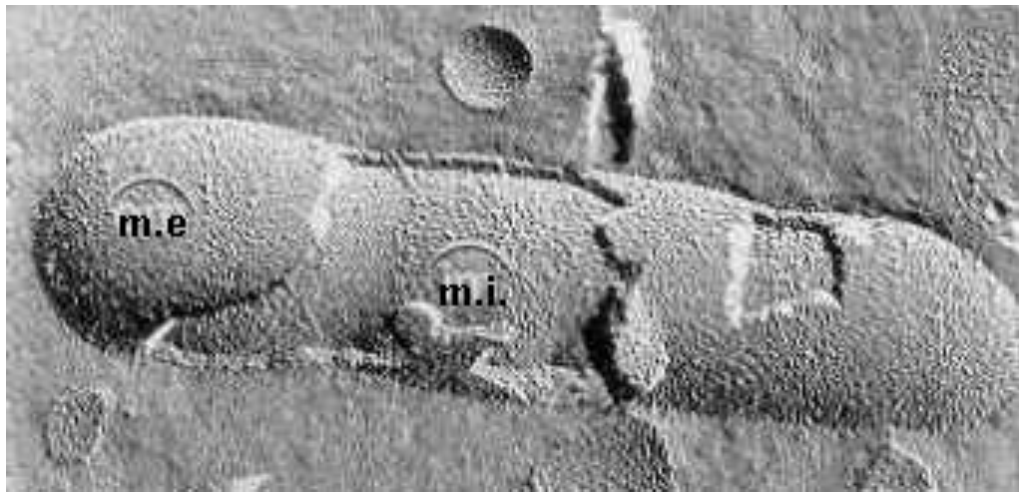
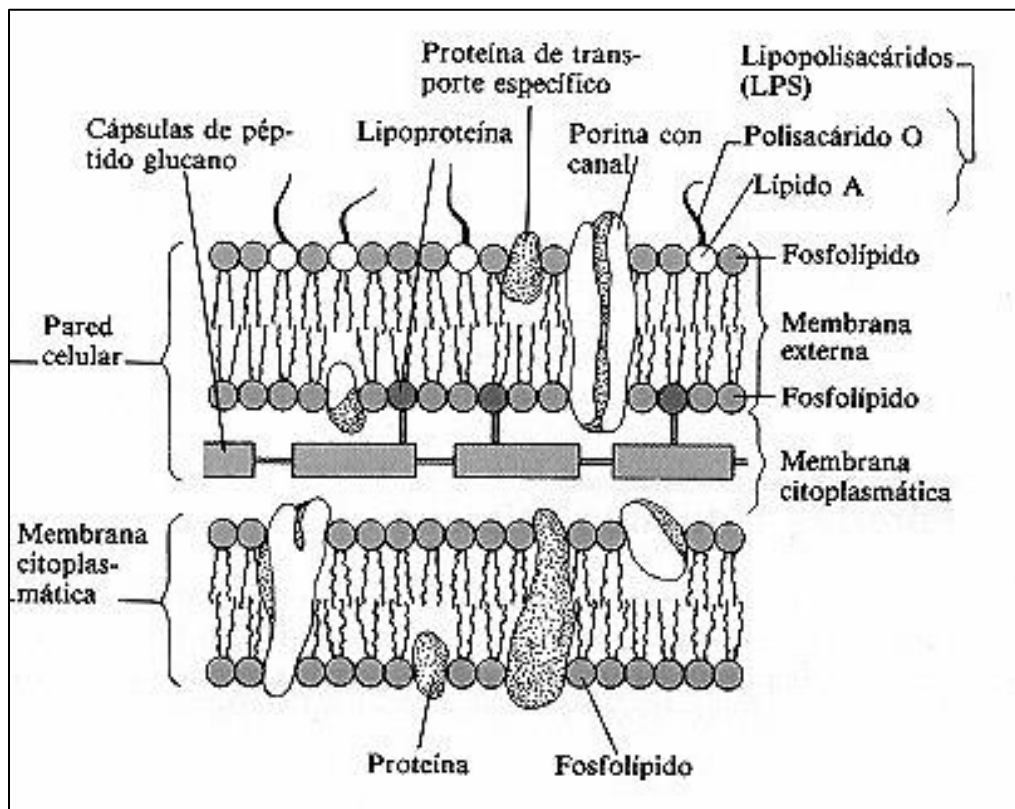


Figura 2. Detalle de la pared celular y la estructura de la membrana.



3. Interacción de la membrana bacterial externa

La célula de una bacteria está cargada negativamente, la naturaleza del grupo ion genético varía entre especies de bacterias, ha seguido una técnica de micro electroforesis. Esto demostró que con suficiente PHMB, la carga en la superficie de la célula de bacteria es neutralizada rápidamente e invertida. El grado de carga invertida es proporcional a la concentración de PHMB, y alcanza un equilibrio estable dentro de cinco minutos. Estudios de viabilidad concluidos en paralelo con medidas de cargas superficiales, demostraron que la concentración mínima letal de PHMB causa poca inversión de carga y que el químico utilizado para lograr esto es inevitablemente gastado en términos de acción letal del compuesto. La rápida atracción electrostática catiónica de la PHMB catiónico y la bacteria cargada negativamente, contribuye indudablemente a una razón de muerte rápida del microorganismo asociada con este químico. Aunque, la inversión de la carga superficial es secundario para la muerte de la célula. [5]

Micrografías electrónicas y pruebas para las características de los componentes de la membrana externa como 2-quetó-3-deoxiocianato (KDO), demuestra que concentraciones subletales de la PHMB acarrear cambios no letales en la integridad de la membrana exterior de células de bacterias Gram negativas. Un efluente de cationes divalentes, especialmente iones calcio (Ca^{2+}), ocurre previamente. Durante estos cambios de la membrana externa; EDTA (ácido etileno-diamino-tetra-acético) causa ruptura similar en los envoltorios de las bacterias Gram negativas. Se ha concluido que EDTA causa sus efectos por extraer cationes divalentes por medio de formar complejos. Estos cationes son responsables de la mayoría de los enlaces entre envoltorios y la estructura peptidoglicana. Probablemente la PHMB compite por los sitios negativos en el peptidoglicano, por lo que reemplaza cationes metálicos en vez de extraerlos por quelación. Esta ruptura, de la integridad de la membrana externa hace que la célula sea susceptible a la acción del resto de PHMB que se encuentra en la solución. [5]

4. Interacción con la membrana citoplasmática

En términos de secuencia letal, la membrana citoplasmática bacteriana es el punto importante de acción. La evidencia sugiere que la bioquímica de la membrana citoplasmática difiere un poco entre especies de bacterias, pero depende de las condiciones de crecimiento. [5]

Varios cambios indican daños a la membrana citoplasmática en el tratamiento de varias poblaciones de bacterias con niveles bacteriostáticos y bactericidas de PHMB. Fugas del contenido citoplasmático es un indicador clásico de daño en la membrana citoplasmática. La secuencia de fuga causada por exposición a crecientes concentraciones de PHMB, comienza con bajos pesos moleculares típico de los iones potasio (K⁺). Hasta un 40% del contenido de potasio en la célula, se pierde con niveles bacteriostáticos de PHMB. Células tratadas con niveles bacteriostáticos de PHMB pueden recobrase viablemente, aunque se haya perdido hasta un 40% de iones potasio, por lo que el daño bacteriostático es reversible. [5]

Una inhibición de enzimas como la ATP-asa se observa en estos niveles bacteriostáticos. Cuando la concentración de PHMB aumenta, mayores contenidos de células como nucleótidos aparecen en el fluido alrededor de la célula. En esta etapa la célula pierde su permeabilidad. Células bacterianas pueden mostrar más del 15% de pérdidas de nucleótidos que lo normal, lo que constituye daños irreversibles. Estos niveles de la PHMB son, por lo tanto, bactericidas. La razón de alteración de la membrana, y por lo tanto la razón bactericida, aumenta con mayores concentraciones de PHMB hasta un punto donde el grado de fuga del contenido citoplasmático, llega a un nivel igual al nivel sin tratamiento. [5]

5. Secuencia de cambios en la acción letal de la PHMB

Esta secuencia sugiere que la acción letal de la PHMB es una pérdida irreversible de componentes celulares esenciales como una consecuencia directa, de el daño a la membrana citoplasmática. Se ha demostrado que la secuencia letal consiste en una serie de cambios citológicos y fisiológicos, los cuales, algunos son irreversibles, que culminan en la muerte de la célula. La secuencia es como sigue:

- Una atracción rápida hacia la superficie de la bacteria
- Enlace en un sitio receptible en la superficie
- Sobrepasó a los mecanismos de defensa/exclusión de la bacteria
- Atracción hacia la membrana citoplasmática
- Fuga de componentes del citoplasma de masa molecular baja, (por ejemplo, potasio) y la inhibición de enzimas asociadas con la membrana (por ejemplo, ATP-asa) (nivel bacteriostático) – reversible.
- Extensa alteración de la membrana citoplasmática, fuga de componentes macromoleculares, por ejemplo, nucleótidos – irreversibles
- Precipitación del contenido de las células bacterianas.

F.NIVELES TÍPICOS DE CONTAMINACIÓN EN AGUA DE TORRES DE ENFRIAMIENTO

Al evaluar una variedad de sistemas de enfriamiento con agua en recirculación se encontró una contaminación promedio de microorganismos como sigue:

1. Bacterias: de 0 hasta 10,000 unidades formadoras de colonias por mililitro de agua.
2. Hongos: de 0 hasta 27 unidades formadoras de colonias por mililitros de agua.
3. Algas: de 0 hasta 1,000 partes por millón de sólidos totales con presencia de algas visibles.

[4]

3. JUSTIFICACIÓN

En los sistemas de enfriamiento con agua se debe de tomar en cuenta los efectos que esta tiene por acción de la corrosión y el deterioro. Por lo que, en muchos casos, se debe de tener un tratamiento contra corrosión, depósitos y ataques de microorganismos. En el caso específico de microorganismos, el resultado de crecimientos microbianos en sistemas de este tipo es la deterioración que puede resultar en pérdida en la producción y daños en los equipos. Por esto, es que se debe evaluar la capacidad de control microbiológico y la biguanida polimerizada (polihexametilen-biguanida), que presenta propiedades bactericidas apropiadas para sistemas con torres para enfriamiento de agua.

4. OBJETIVOS

A.OBJETIVO GENERALES

1. Determinar la efectividad de biguanidas polimerizadas (polihexametilen-biguanida) en las aguas de torres de enfriamiento.
2. Encontrar la mejor concentración de biguanidas polimerizadas (polihexametilen-biguanida) para el sistema de torre de enfriamiento del laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala.

B.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el tamaño de dosis de polihexametilen-biguanida y el mecanismo de dosificación para el agua de la torre de enfriamiento del laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala.
2. Determinar la calidad de tratamiento microbiológico obtenido en función de la acción bacteriostática y bactericida de la polihexametilen-biguanida.

5. PROBLEMA A RESOLVER

Por medio del uso de el biocida polihexametilen-biguanida se desea encontrar una forma efectiva de controlar los crecimientos microbianos que ocurren en el agua de sistemas de enfriamiento. De esta forma se lograrán evitar los daños en el sistema de enfriamiento con agua, que son ocasionados por altos niveles de bacterias en el sistema descrito.

6. METODOLOGÍA

A. ANÁLISIS PRELIMINAR

Para familiarizarse con las características del producto y las características de los equipos se elaboró un análisis preliminar, donde se determinaron los diferentes puntos de dosificación y la concentración de la PHMB a ser dosificada.

B. EXPERIMENTO

1. Se determinó la temperatura del agua de entrada de la torre y su capacidad volumétrica; se trabajó a la misma temperatura en todas las determinaciones.
2. Se contaminó el agua de la torre a niveles superiores a los niveles típicos y se dejó reposar por tres días.
3. Se tomó una muestra del agua como control. Se agregó PHMB al agua de la torre empezando con la concentración de la PHMB más baja.
4. Se puso en marcha la torre durante el tiempo necesario para que el agua saliera a temperatura ambiente.
5. Se tomó muestra del agua enfriada, y se determinó tanto la muestra como en el control lo siguiente: pH, color, Turbidez, cantidad de colonias de bacterias con 24, 48 y 72 horas de incubación a temperatura ambiente, así como crecimientos de hongos y algas.
6. Se repitieron los pasos del 1 al 4 para 6 concentraciones de la PHMB.
7. Se repitieron los pasos 1 al 5 para varios puntos de alimentación de polihexametilen-biguanida en la torre de enfriamiento.
8. A la mejor concentración en el experimento anterior, se midió. A varios intervalos de temperatura: pH, color, turbidez, cantidad de colonias de bacterias y hongos.

9. Con una muestra de agua altamente contaminada con algas se agregó una mezcla del biocida y alguicida compatible y se dejó junto a una muestra control, bajo luz ultravioleta y temperatura de 28 a 32 grados Celsius, durante 7 días.

10. Utilizando las mismas muestras obtenidas en el inciso 9, se procede a determinar también los sólidos totales para comparación entre control y el agua tratada con alguicida.

C. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta parte se llevó a cabo una recopilación e los resultados obtenidos en el experimento analizando las tendencias y variaciones de los resultados obtenidos en el experimento analizando las tendencias y variaciones de los resultados obtenidos, según diferentes concentraciones de la PHMB y según la forma de dosificación.

D. ANÁLISIS FINAL Y CONCLUSIONES

Según los datos obtenidos del análisis de resultados se encontraron conclusiones según tendencias observadas.

7. RESULTADOS

**Cuadro 1. Uso de biocida PHMB
Crecimiento de bacterias**

TIEMPO DÍAS	0 PPM PHMB 23 Grados C	10 PPM PHMB 23 Grados C
1	0	0
2	0	0
3	#####	0
4	#####	0
5	#####	0
6	#####	0
7	#####	0

0 = 0 UFC/ml

= 10,000 UFC/ml

UFC: Unidad formadora de colonias

Tomado del agua de la torre de enfriamiento

Sistema de 200 litros de agua

**Cuadro 2. Uso de biocida PHMB
Crecimiento de hongos**

TIEMPO DÍAS	0 PPM PHMB 23 Grados C	10 PPM PHMB 23 Grados C
1	0	0
2	0	0
3	#	0
4	#	#
5	#####	#
6	#####	#
7	#####	#

0 = 0 UFC/ml

= 10 UFC/ml

UFC: Unidad formadora de colonias

Tomado del agua de la torre de enfriamiento

Sistema de 200 litros de agua

**Cuadro 3. Uso de biocida PHMB
Crecimiento de bacterias a 35 C**

TIEMPO DÍAS	0 PPM PHMB 35 Grados C	10 PPM PHMB 35 Grados C
1	0	0
2	#####	0
3	#####	0
4	#####	0
5	#####	0
6	#####	0
7	#####	0

0 = 0 UFC/ml

= 10,000 UFC/ml

UFC: Unidad formadora de colonias

Tomado del agua de la torre de enfriamiento

Sistema de 200 litros de agua

**Cuadro 4. Uso de biocida PHMB
Crecimiento de hongos a 35 C**

TIEMPO DÍAS	0 PPM PHMB 35 Grados C	10 PPM PHMB 35 Grados C
1	0	0
2	#	0
3	#####	0
4	#####	0
5	#####	0
6	#####	#
7	#####	#

0 = 0 UFC/ml

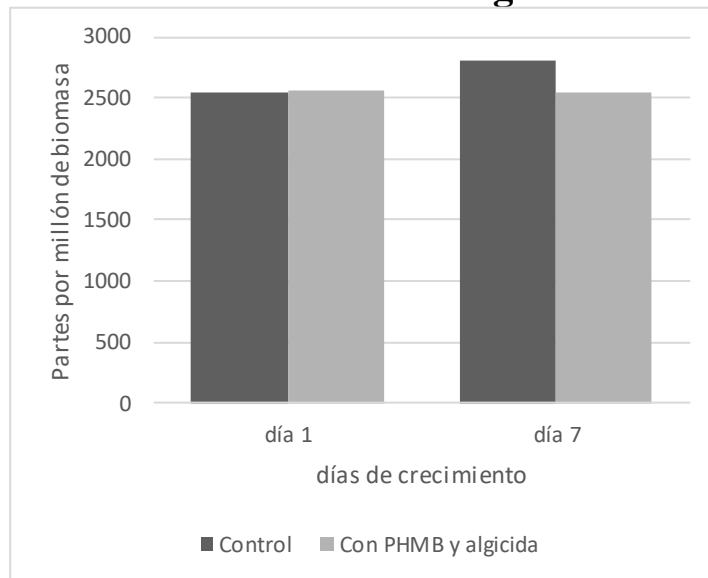
= 10 UFC/ml

UFC: Unidad formadora de colonias

Tomado del agua de la torre de enfriamiento

Sistema de 200 litros de agua

**Gráfico 3. Biocida PHMB y algicida
Crecimiento de algas**



8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El agua que se utiliza en las torres de enfriamiento varía en su nivel de contaminación microbiológica. Esto se debe a que ésta es contaminada de muchas maneras y en diversos puntos. En el experimento se utilizaron contaminaciones de 100,000 a 1,000,000 colonias de bacterias por mililitro de agua. Esta según la experiencia es una contaminación mayor a la que comúnmente se encuentra en las aguas de torres de enfriamiento (usualmente 10000 UFC/ml [4]). La razón de elaborar el experimento de esta forma es asegurar que en condiciones extremas la biguanida polimerizada (Polihexametilen-biguanida PHMB) demuestre su efectividad.

En el ensayo de dosificar diferentes concentraciones de PHMB en la torre podemos observar en los resultados que, hasta 3 días después de tomada la muestra y desarrollada en un cultivo, no se presentan ningún crecimiento. Esto nos indica que la PHMB fue efectiva. Aún después de 5 días en cultivo no presentó ningún crecimiento. Los cultivos utilizados son preparados en condiciones óptimas para el crecimiento bacteriano, mientras que en la torre nunca se encontrará condiciones tan ideales. Por esto podemos inferir directamente que la PHMB es un bactericida efectivo. Podemos ver que a partir de el día 6 se presentan crecimientos de 100 colonias de bacterias por mililitro. Del blanco podemos observar que la contaminación inicial es de 100,000 colonias por mililitro. Comparativamente a 6 días el crecimiento es mínimo.

El procedimiento original contemplaba un análisis en concentraciones de PHMB de 10, 20,40, 60, 80, 100 partes por millón. Del experimento se denotó que el PHMB produce espuma que puede ser indeseable en el proceso. A partir de más de 60 ppm la espuma llega a niveles intolerables. Esta espuma puede causar daños en los equipos por desgaste y por su volumen puede causar inundaciones. Afortunadamente de los resultados obtenidos de el crecimiento podemos notar que en concentraciones entre 10 y 60 ppm el producto es más que efectivo.

Al ver los resultados se podría estudiar los efectos de PHMB por debajo de 10 ppm, pero esto sería por debajo de la concentración mínima sugerida por el fabricante. Es probable que sea efectivo en algunos tipos de bacterias, pero no en todos. Lo que se desea es una protección confiable por lo que no sería buena práctica.

Otro microorganismo contemplado son los hongos y levaduras. Observando las tendencias de los resultados podemos observar que al igual que las bacterias no hubo crecimiento después de 3 días. Se observa también que los crecimientos en la concentración más baja aparecen a los 5 días, 1 día antes que las bacterias. Esto nos indica que el producto no es tan efectivo con los hongos y levaduras como lo es con las bacterias. Aún así presenta la protección mínima requerida. Como se conoce de las observaciones realizadas sobre el comportamiento de estos microorganismos en general, estos son más resistentes que las bacterias contra ataques de biocidas. Aún así el biocida PHMB presentó una buena alternativa para el control de estos microorganismos en concentraciones no muy altas. Si las concentraciones de hongos y levaduras son altas es mejor un tratamiento combinado con un fungicida compatible.

Al analizar las características de color y turbidez en el agua a través de 7 días podemos determinar una probable presencia de algas. El agua se mantuvo incolora y cristalina en todas las muestras obtenidas a varias concentraciones de PHMB. Esto nos indica que la presencia de algas es mínima. En los sistemas de torres de enfriamiento es muy probable encontrar contaminaciones considerables de algas, especialmente si el agua está expuesta a luz solar. Para estos casos es más adecuado tratar las algas con un alguicida compatible y efectivo. Aunque la PHMB ha presentado características alga estáticas no se recomienda como alguicida por el fabricante.

Se procedió a determinar la efectividad del PHMB combinado con un alguicida compatible. Para esto se tomó una muestra de agua con fuerte carga de algas (2592 ppm de sólidos en suspensión). Se le agregó 10 ppm PHMB y 6ppm del alguicida Dodigen 50 de Laboratorios Hoechst. En los resultados observamos que después de siete días de incubación con luz ultravioleta a una temperatura adecuada hubo un crecimiento en la muestra control de 228 ppm, que bajo las condiciones a las que se sometió, se asume que es crecimiento de biomasa en su mayoría algas. Además, presentó un color verde y turbidez característico de la presencia de estas. Esto nos demuestra que una combinación adecuada de estos dos ingredientes es apropiada para casos donde se hace presente no solo bacterias y hongos sino también algas.

Con los resultados preliminares de crecimiento de microorganismos y concentración podemos tomar como mejor opción para este trabajo una concentración de 10 partes por millón de PHMB. A esta concentración no hubo crecimientos considerables de bacterias y hongos. Se podría utilizar una mayor concentración, pero esto resulta más caro y depende del criterio económico que se emplee. En el caso de una mayor concentración de hongos es mejor una dosis de 60 ppm, pero este caso en específico 10 ppm es suficiente.

Si hay presencia de algas es necesario la dosificación de un alguicida que sea compatible.

Una característica importante en la dosificación de la PHMB es su naturaleza ácida. Esto se puede observar en los resultados; mientras mayor la concentración de PHMB disminuye el pH. Esta característica es importante para tomar en cuenta en la administración del producto. Se debe de mantener el agua de la torre dentro de un parámetro que es determinado por las necesidades del sistema, por lo que para lograr esto se debe de tomar en cuenta esta característica neutralizante. Es muy importante el monitoreo del pH puesto que un pH alcalino favorece el crecimiento de las bacterias y en general es indeseable en sistemas de enfriamiento como los estudiados.

La temperatura por encima de la temperatura ambiente (20 grados centígrados) favorece el crecimiento de microorganismos. La torre del laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala trabaja a una temperatura no mayor que 35 grados Celsius. A esta temperatura el crecimiento de las bacterias ocurre fácilmente. Por esta razón se procedió a medir la efectividad de la PHMB a varios intervalos de temperatura. De esta manera nos aseguramos de que la concentración mínima de 10 ppm es efectiva bajo todas las condiciones de operación de la torre.

Los resultados de las determinaciones de bacterias a una dosificación de 10 ppm de PHMB, a varias temperaturas, demostraron la efectividad de este biocida, puesto que no hubo crecimiento después de 6 días de incubación de los cultivos. Este resultado nos indica que la PHMB a 10 ppm es adecuada para el control de bacterias en la torre estudiada. Si observamos los resultados de hongos y levaduras, encontramos que al igual que las bacterias es efectivo para este nivel de contaminación.

Para asegurar la confiabilidad de los resultados se elaboraron análisis en un laboratorio comercial para confirmar los análisis elaborados en el laboratorio. Para esto se utilizó las mismas muestras de control y agua de la torre con una concentración de 10 ppm PHMB. Se analizó la calidad de agua según la norma guatemalteca COGUANOR 29001. Se encontró que la contaminación total de agua de control es mayor de 57,000 UFC/ml, mientras que la muestra con una concentración de 10 ppm de PHMB es de 49 UFC/ml menor de 500 UFC/ml que es la cantidad máxima aceptada.

De esta manera aseguramos la efectividad del biocida PHMB en una concentración de 10 ppm para eliminar contaminaciones bacteriológicas.

La dosificación se elaboró en función del volumen total de la torre trabajando en un sistema de recirculación cerrado. Para una aplicación donde el volumen total no es constante o su determinación es ambigua se puede utilizar un dosificador, ya que el producto se encuentra en forma líquida muy soluble, en la entrada de la alimentación de la torre. Además, se puede monitorear la concentración de PHMB por medio de un sistema colorimétrico que el fabricante proporciona. De esta forma se obtiene un control confiable y fácil de implementar en sistemas ya existentes.

9. CONCLUSIONES

1. El biocida polihexametilen-biguanida (PHMB) es efectivo en el control de bacterias en el agua de torres de enfriamiento a una concentración de 10 partes por millón.
2. El PHMB también es efectivo para pequeñas contaminaciones de hongos y levaduras (menores de 100 colonias/ml) en agua de torres de enfriamiento a una concentración de 10 partes por millón.
3. A concentraciones superiores a 60 partes por millón de PHMB en agua de torres de enfriamiento se produce espuma a niveles intolerables para esta operación.
4. Para el control microbiológico de agua de torres de enfriamiento se debe utilizar una concentración entre 10 ppm y 60 ppm de este biocida. Determinándose experimentalmente la concentración ideal. Para el caso específico de la torre de enfriamiento del laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala la mejor concentración es de 10 ppm del biocida.
5. El biocida PHMB es de naturaleza ácida por lo que tiende a bajar el pH del agua de la torre. Por lo que lo hace útil para esta aplicación.
6. La biguanida PHMB es estable a temperaturas de operación normales de las torres de enfriamiento por lo que lo hace muy útil para esta aplicación.
7. Es un producto fácil de manejar y fácil de implementar por su estado líquido y completamente soluble en agua. Además, es fácil de controlar a través de un método colorimétrico de determinación.
8. Para un control combinado de bacterias hongos y algas se puede utilizar el alguicida Dodigen 50 en una dosis de 6 ppm combinado con PHMB en una dosis de 10 ppm.

10. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que en casos donde la contaminación es en su mayoría bacterias, es adecuado una dosificación continua de 10 ppm de PHMB. Para esta dosificación se puede utilizar una bomba dosificadora en algún punto de la línea de agua; preferentemente en la entrada de la torre. Para un control de calidad se puede utilizar el equipo de análisis de PHMB colorimétrico, en el que se obtiene una lectura confiable de la concentración de PHMB en el agua.
2. Es recomendable una sobredosificación de 60 ppm de PHMB en intervalos de 3 a 6 meses para evitar proliferación de cualquier microorganismo que desarrolle una resistencia a la concentración de 10 ppm del biocida. Otra técnica es utilizar otro biocida por ejemplo cloro, para el tratamiento de shock, ya que los microorganismos desarrollan resistencia al biocida en uso constante y no son resistentes a un biocida nuevo.
3. Es importante considerar la compatibilidad del biocida con algún otro producto químico que se esté dosificando. Es necesario determinar si no se provocará alguna reacción secundaria. Para esto se puede investigar con el suplidor del biocida y los otros productos.
4. No se recomienda utilizar el biocida PHMB por debajo de una concentración de 10 ppm porque no garantiza funcionar para todos los tipos de microorganismos.
5. Se debe de regular el pH al agregar el biocida PHMB; puesto que este es de naturaleza ácida y tiende a bajar. Es importante tomar en cuenta esta propiedad en el control general de las características físicas del agua de enfriamiento.

11. BIBLIOGRAFÍA

[1] Harbol, K. 1994. *Biocides Cooling Tower Information Summary*. Revista Zeneca Biocides, Inglaterra.

[3] Jay, B. 1990. *Controlling Bacteria in a Concrete Holding Basin*. Chemtreat Notebook Case Studies in Water Treatment. Numero 115.

[2] Fahrer, D. 1990. *Guidelines For Feeding Cooling Water Biocides and Inhibitors*. Chemtreat Notebook Case Studies in Water Treatment. Numero 124.

[4] Rossmore, H. 1995. *Microbiology of Metal Working Fluids: Deterioration, Disease and Disposal*. Journal of The Society of Tribologists and Lubrication Engineers.

[5] ICI Biocides, Universidades de Manchester y Liverpool Inglaterra, 1992. *Polihexametilene Biguanide (PHMB) A Review of the Mecanism of Antimicrobial Action*. Revista Zeneca Biocides Inglaterra.

12. APÉNDICE

A. MATERIALES Y REACTIVOS

1. Torre de enfriamiento.
 - a. Baltimore Aircoil Co. Inc.
 - b. Modelo FXT-15
 - c. Serie 834426-D
 - d. Con Bacross Wet Deck Surface
 - e. Temperatura máxima de entrada de 51.6 grados centígrados.

2. Termómetro de -10 a 120 +/- 0.5 grados centígrados.

3. Medidor de pH portátil
 - a. Cole Palmer
 - b. Modelo: pH Tester-2
 - c. +/- 0.1 pH
 - d. Compensación de la temperatura automático.

4. 21 frascos de vidrio para muestras de agua de 300 ml.

5. Balanza de laboratorio de 310 gramos +/- 0.001 gramos.

6. 21 Dipsticks para medir colonias de bacterias
 - a. Zeneca Biocides
 - b. Tipo Biocount BF
 - c. Lote 8226
 - d. Febrero 1995

7. Probeta graduada de plástico de 1 litro +/- 50 ml.

8. Cubeta para manejo de agua

9. Vantocil IB (Polihexameten-biguanida al 20%)
 - a. Zeneca Biocides (Laboratorios Kendall Guatemala)
 - b. 25 kilos en envase plástico sellado.

10. Dodigen 50 (alguicida)
 - a. Laboratorios Hoechst
 - b. 50 kilos en envase plástico sellado.

Figura 4. Torre de enfriamiento vista lateral



Figura 5. Torre de enfriamiento ventilador

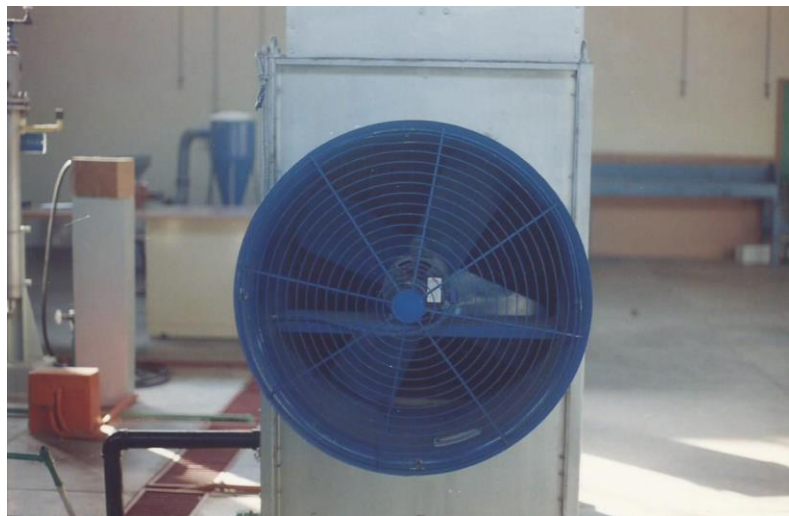


Figura 6. Torre de enfriamiento sistema de alimentación y descarga



Figura 7. Torre de enfriamiento empaque



B. DATOS DE CULTIVOS

TABLA 1

Concentración de biocida vrs datos de operación

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	pH	Turbidez 0 - 5	Temp i Centígrados	Temp. f Centígrados
0	0	0	8.6	0	23	18
50	10	0	8.4	0	19	18
100	20	0	8.3	0	19.5	18
200	40	0	8	0	18	17
300	60	0	7.8	0	18	17

TABLA 2

Características del agua día 1

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml
0	0	0	0	0	0
50	10	0	0	0	0
100	20	0	0	0	0
200	40	0	0	0	0
300	60	0	0	0	0

TABLA 3

Características del agua día 2

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml
0	0	0	0	0	1000
50	10	0	0	0	0
100	20	0	0	0	0
200	40	0	0	0	0
300	60	0	0	0	0

TABLA 4
Características del agua día 3

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml
0	0	0	0	10	100000
50	10	0	0	0	0
100	20	0	0	0	0
200	40	0	0	0	0
300	60	0	0	0	0

TABLA 5
Características del agua día 4

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml
0	0	0	0	10	100000
50	10	0	0	0	0
100	20	0	0	0	0
200	40	0	0	0	0
300	60	0	0	0	0

TABLA 6
Características del agua día 5

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml
0	0	0	0	100	100000
50	10	0	0	10	0
100	20	0	0	0	0
200	40	0	0	0	0
300	60	0	0	0	0

TABLA 7
Características del agua día 6

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml
0	0	0	0	100	100000
50	10	0	0	10	100
100	20	0	0	10	100
200	40	0	0	0	0
300	60	0	0	0	0

TABLA 8
Características del agua día 7

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml
0	0	0	0	100	100000
50	10	0	0	10	100
100	20	0	0	10	100
200	40	0	0	10	0
300	60	0	0	0	0

TABLA 9
Variación de temperatura vrs datos de operación

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	pH	Turbidez 0 - 5	Temp i Centígrados	Temp. f Centígrados
0	0	0	8.5	0	20	20
50	10	0	8.0	0	20	35
50	10	0	8.0	0	35	30
50	10	0	8.0	0	30	25
50	10	0	8.0	0	25	20
50	10	0	8.0	0	20	17

TABLA 10**Características del agua a varias temperaturas día 1**

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml	Temp. f Centígrados
0	0	0	0	0	0	20
50	10	0	0	0	0	35
50	10	0	0	0	0	30
50	10	0	0	0	0	25
50	10	0	0	0	0	20
50	10	0	0	0	0	17

TABLA 11**Características del agua a varias temperaturas día 2**

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml	Temp. f Centígrados
0	0	0	0	10	100000	20
50	10	0	0	0	0	35
50	10	0	0	0	0	30
50	10	0	0	0	0	25
50	10	0	0	0	0	20
50	10	0	0	0	0	17

TABLA 12**Características del agua a varias temperaturas día 3**

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml	Temp. f Centígrados
0	0	0	0	100	100000	20
50	10	0	0	0	0	35
50	10	0	0	0	0	30
50	10	0	0	0	0	25
50	10	0	0	0	0	20
50	10	0	0	0	0	17

TABLA 13**Características del agua a varias temperaturas día 4**

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml	Temp. f Centígrados
0	0	0	0	100	100000	20
50	10	0	0	0	0	35
50	10	0	0	0	0	30
50	10	0	0	0	0	25
50	10	0	0	0	0	20
50	10	0	0	0	0	17

TABLA 14**Características del agua a varias temperaturas día 5**

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml	Temp. f Centígrados
0	0	0	0	100	100000	20
50	10	0	0	0	0	35
50	10	0	0	0	0	30
50	10	0	0	0	0	25
50	10	0	0	0	0	20
50	10	0	0	0	0	17

TABLA 15**Características del agua a varias temperaturas día 6**

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml	Temp. f Centígrados
0	0	0	0	100	100000	20
50	10	0	0	10	0	35
50	10	0	0	10	0	30
50	10	0	0	0	0	25
50	10	0	0	0	0	20
50	10	0	0	0	0	17

TABLA 16

Características del agua a varias temperaturas día 7

Vantocil ppm	PHMB ppm	Color 0 - 5	Turbidez 0 - 5	Hongos UFC/ml	Bacterias UFC/ml	Temp. f Centígrados
0	0	0	0	100	100000	20
50	10	0	0	10	0	35
50	10	0	0	10	0	30
50	10	0	0	0	100	25
50	10	0	0	0	0	20
50	10	0	0	0	0	17

C.CULTIVOS

Cultivo de agua de la torre sin biocida PHMB 5 días



Cultivo de agua de la torre con 10 ppm de biocida PHMB 5 días



D. RESULTADOS LABORATORIO EXTERNO



agri-lab
laboratorio de análisis

11 Avenida 36-40, Zona 11
Teléfono PBX: 76 26 30 • Fax: 77 06 78
Guatemala, C. A.

Guatemala, Mayo 22, de 1996.

Señor
Bruno Alvarez
Laboratorios Kendall
Ciudad, Guatemala

Orden No. 13269

Estimado señor Alvarez,

Nos es grato informar a usted el resultado del análisis microbiológico, realizado a dos muestras de agua.

METODOLOGIA

Número más probable (NMP)

RESULTADOS

Tipo de Muestra	Coliformes Totales NMP/100ml.	Coliformes Fecales NMP/100ml.	E. coli NMP/100ml	Recuento Total UFC*/ml.
Agua 1	Menor de 2	Menor de 2	Menor de 2	49
Agua 2	Monor de 2	Monor de 2	Menor de 2	Mayor de 57,000
Límite	Menor de 2	Menor de 2	Menor de 2	Menor de 500

* UFC: unidades formadoras de colonias.

OBSERVACIONES

En base a normas guatemaltecas (CONGUANOR 29001) para análisis microbiológico de agua, la muestra de agua 2 analizada se encuentra fuera de los límites aceptables.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere no ingerir el agua 2.
- Para consumir esta agua se recomienda hervirla por 5 minutos o clorarla.
- El agua debe de contar con una concentración de cloro residual libre en los puntos mas alejados del sistema de distribución de 0,3 ppm (0,3 mg/litro).
- El Agua 1 esta en perfecto estado, y cumple con la norma microbiológica.

Atentamente,

Lic. Norma de Agreda
Gerente Div. Microbiología

"información rápida,
útil y confiable"

INFORME DE ANALISIS DE CONTROL AMBIENTAL DE AGUA

Cliente : Laboratorios Kendall
No.de Orden : 14335
Persona Responsable : Bruno Alvarez
Fecha informe : 13/09/96

DATOS DE LA MUESTRA

Tipo de Envase : Bote plástico
Tipo de muestra : Aguas
Estado de las muestras : refrigeradas
Responsable de laboratorio : Lic. Gerardo Pirir

RESULTADOS :

Código Laboratorio	Parametro	Valor
00089	Sólidos Totales(ppm)	2608 mg/L
00090	Sólidos Totales(ppm)	2836 mg/L

Mercedes Quintana
Jefe de Control de Calidad

- Metodología : En base al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WEF. 19th. ed. 1995

Los resultados del informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio.
La reproducción total o parcial del informe deberá ser aprobada por agri-lab.

11 AVENIDA 36-B, ZONA 11 • GUATEMALA • P.B. 4423402 • FAX: 477-0678



*"información rápida,
útil y confiable"*

Guatemala, 05 de septiembre de 1996.

Estimados señores:

Químicas Kendall
Guatemala, Guatemala.

Orden No. 14224

Nos es grato informarles de los resultados del análisis microbiológico realizado a las muestras de agua que nos enviaron el día 30 de agosto del año en curso:

Resultados:

Tipo de muestra	Coliformes Totales NMP/100 ml.	Coliformes Fecales NMP/100 ml.	E. Coli NMP/100 ml	Recuento Total UFC*/ml
Agua				
AL1.1/CM46	nsr	nsr	nsr	>36,000
AL1.2/CM47	nsr	nsr	nsr	<10
Límite	Menor a 2	Menor a 2	Menor a 2	Menor a 500

(*) UFC: Unidades formadoras de colonias.

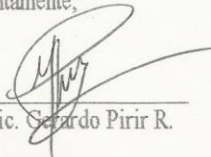
Metodología empleada:

Número más probable (NMP)

OBSERVACIONES:

Los resultados del análisis indican que la muestra AL1.2 cumple con los requisitos mínimos establecidos por la norma COGUANOR NGO-29001 para agua, no así la muestra AL1.1

Atentamente,


Lic. Gerardo Pirir R.

