



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Química**

**“EVALUACIÓN DE UN MÉTODO EFICAZ Y EFICIENTE DE  
LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN, PARA LA INDUSTRIA DE BEBIDAS  
CARBONATADAS”**

**Oliver Luis Alejandro Tello Monzón**

**Asesorado por: Ingeniera Telma Maricela Cano Morales**

**Guatemala, febrero de 2009**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE UN MÉTODO EFICAZ Y EFICIENTE DE LIMPIEZA Y  
DESINFECCIÓN, PARA LA INDUSTRIA DE BEBIDAS CARBONATADAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**OLIVER LUIS ALEJANDRO TELLO MONZÓN**

ASESORADO POR: INGENIERA TELMA MARICELA CANO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2009



GUATEMALA, FEBRERO DE 2009  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



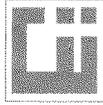
**NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar
EXAMINADOR	Inga. Hilda Palma de Martini
EXAMINADOR	Ing. Carlos Reinoso
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas





CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Guatemala, 14 de agosto de 2008

Ingeniero  
William Álvarez  
Director de la escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Su oficina

Estimado Ingeniero:

El motivo de la presente es para darle a conocer que he revisado el informe final del trabajo de graduación del estudiante: OLIVER LUIS ALEJANDRO TELLO MONZÓN, con carné número 96-30286, titulado: "EVALUACIÓN DE UN MÉTODO EFICAZ Y EFICIENTE DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN, PARA LA INDUSTRIA DE BEBIDAS CARBONATADAS."

Habiendo encontrado el informe final del trabajo de graduación satisfactorio, lo remito a su consideración para proceder a la respectiva revisión.

Atentamente,

  
Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales  
Colegiado 433  
Asesora del Trabajo de Graduación  
Supervisora del Laboratorio de Química Industrial / CI







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

Guatemala, 12 de noviembre de 2008  
Ref. EI.Q.343.2008

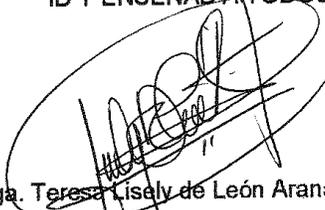
Ingeniero  
**Williams Guillermo Álvarez Mejía**  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-091-08-B-IF le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERO QUÍMICO al estudiante universitario **OLIVER LUIS ALEJANDRO TELLO MONZÓN**, identificado con carné No. **1996-30286**, titulado: "EVALUACIÓN DE UN MÉTODO EFICAZ Y EFICIENTE DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN, PARA LA INDUSTRIA DE BEBIDAS CARBONATADAS", el cual ha sido asesorado por la Ingeniera Química **Telma Maricela Cano Morales**, como consta en el Acta.

Habiendo encontrado el referido informe final **satisfactorio**, se procede a recomendarle autorice al estudiante **Tello Monzón** proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Inga. Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.

COORDINADORA  
Tribunal que revisó el informe final  
Del trabajo de graduación



ESCUELA DE  
INGENIERIA QUIMICA

C.c.: archivo





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

---

El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía, M.Sc. Después de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el trabajo de graduación del estudiante **Oliver Luis Alejandro Tello Monzón** titulado: **"EVALUACIÓN DE UN MÉTODO EFICAZ Y EFICIENTE DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN, PARA LA INDUSTRIA DE BEBIDAS CARBONATADAS"**, procede a la autorización del mismo, ya que reúne rigor, coherencia y calidad requeridos.

Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía M.Sc.  
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA





**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE UN MÉTODO EFICAZ Y EFICIENTE DE LIMPIEZA Y  
DESINFECCIÓN, PARA LA INDUSTRIA DE BEBIDAS  
CARBONATADAS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 05 de julio de 2008.

  
**Oliver Luis Alejandro Tello Monzón**



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por su infinita misericordia al permitirme culminar hoy un sueño.
<b>Mis padres</b>	Por haberme dado la oportunidad de vivir y superarme, gracias por sus enseñanzas.
<b>Mi hija</b>	Alejandra, por ser mi luz y fuente de inspiración para mi vida, gracias por existir.
<b>Mi esposa</b>	Por haberme dado lo mejor.
<b>Mis hermanos</b>	Por su apoyo incondicional, gracias y muchas bendiciones.
<b>Mis abuelos</b>	Por su amor y sus sabias enseñanzas.
<b>Mis primos y tíos</b>	Por su cariño y por estar conmigo en cada momento.
<b>Mis amigos</b>	Por su amistad, entusiasmo y apoyo brindado durante todo este tiempo.



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>XIII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XV</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIX</b>
<b>HIPOTESIS</b>	<b>XXI</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XXIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXV</b>

## **1 MARCO TEÓRICO**

1.1. Bebidas Carbonatadas	1
1.2. Microbiología	4
1.3. Algas	4
1.4. Protozoos	5
1.5. Virus	6
1.6. Bacterias	6
1.7. Hongos	7
1.8. Mohos	8
1.9. Levaduras	9

1.3 Control microbiano	11
1.3.1 Esterilización	12
1.3.2 Desinfectante	12
1.3.3 Antiséptico	12
1.3.4 Saneamiento	12
1.3.5 Germicida	13
1.3.6 Bactericida	13
1.3.7 Bacteriostasis	13
1.3.8 Agentes microbianos	13
1.3.9 Muerte bacteriana	13
1.3.10 Condiciones que influyen en la acción microbiana	14
1.3.11 Temperatura	14
1.3.12 Clases de microorganismos	14
1.3.13 Estado fisiológico de las bacterias	14
1.3.14 Calor	15
1.3.15 Calor húmedo	15
1.3.16 Calor seco	16
1.3.17 Radiaciones ionizantes	18
1.3.18 Radiaciones ultravioletas	18
1.3.19 Control por agentes químicos	17
1.3.20 Agentes iónicos y anfóteros	18
1.3.21 Órgano Mercuriales	19
1.3.22 Peróxido de hidrógeno	19
1.3.23 Colorantes	19
1.3.24 Aldehídos	19
1.3.25 Compuestos fenólicos	20
1.3.26 Óxido de Etileno	20

1.4	Cloro	21
1.4.1	Abundancia y estado natural	21
1.4.2	Propiedades	21
1.4.3	Aplicaciones	25
1.4.4	Eliminación de agentes patógenos	26
1.4.5	Características	27
1.4.6	El futuro de la desinfección con cloro	28
1.5	Ozono	29
1.5.1	Propiedades	30
1.5.2	Toxicidad del ozono	34
<b>2</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>35</b>
1.	Recursos	35
2.	Activación de desinfectantes	36
3.	Identificación de microorganismos	39
4.	Porcentaje de eliminación	41
5.	Proceso de limpieza y desinfección	41
5.1	Enjuague de suciedad	43
5.2	Limpieza	43
5.3	Enjuague del limpiador	43
5.4	Desinfección	44
5.5	Enjuague de desinfectante	44
5.6	Enjuague final	44
5.7	Mediciones de proceso	44
5.8	Mediciones microbiológicas	45
5.9	Limpieza simple	45
5.10	Limpieza CIP	46

6.	Factibilidad económica	46
7.	Costo de desinfección con hipoclorito	47
8.	Costo de desinfección con ozono	47
9.	Análisis de inversión	48
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>49</b>
1.	Activación de la muestra con hipoclorito, bacterias	49
2.	Activación de la muestra con ozono, bacterias	58
3.	Activación de la muestra con hipoclorito, levaduras	67
4.	Activación de la muestra con ozono, levaduras	76
5.	Porcentaje de eliminación, de bacterias	85
6.	Porcentaje de eliminación, de levaduras	86
7.	Resultados microbiológicos de la desinfección con hipoclorito	105
8.	Resultados microbiológicos de la desinfección con ozono	115
9.	Resultados de ATP, desinfección con hipoclorito	125
10.	Resultados de ATP, desinfección con ozono	126
11.	Costo anual de desinfección con hipoclorito	127
12.	Costo anual de desinfección con ozono	127
13.	Tiempos óptimos de desinfección	128
14.	Ahorro de tiempo de producción	128
15.	Valor presente	129
<b>4</b>	<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>131</b>
<b>5</b>	<b>MÉTODO DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN RECOMENDADO</b>	<b>137</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>141</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>143</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>145</b>
	<b>APÉNDICES</b>	<b>147</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Cloro Biatómico	22
2	Fases del método de limpieza	42
3	Activación de cloro (bacterias) a 25ppm.	51
4	Activación de cloro (bacterias) a 50ppm.	54
5	Activación de cloro (bacterias) a 100ppm.	57
6	Activación de ozono (bacterias) a 0.1ppm.	60
7	Activación de ozono (bacterias) a 0.25ppm.	63
8	Activación de ozono (bacterias) a 1ppm.	66
9	Activación de cloro (levaduras) a 25ppm.	69
10	Activación de cloro (levaduras) a 50ppm.	72
11	Activación de cloro (levaduras) a 100ppm.	75
12	Activación de ozono (levaduras) a 0.1ppm.	78
13	Activación de ozono (levaduras) a 0.25pm.	81
14	Activación de ozono (levaduras) a 1ppm.	84
15	Porcentaje de eliminación de cloro (bacterias) a 8 min y 20°C.	87
16	Porcentaje de eliminación de cloro (bacterias) a 15 min y 20°C.	88
17	Porcentaje de eliminación de cloro (bacterias) a 8 min y 50°C.	89
18	Porcentaje de eliminación de cloro (bacterias) a 15 min y 50°C.	90
19	Porcentaje de eliminación de ozono (bacterias) a 8 min y 20°C.	91

20	Porcentaje de eliminación de ozono (bacterias) a 15 min y 20°C.	92
21	Porcentaje de eliminación de ozono (bacterias) a 8 min y 50°C.	93
22	Porcentaje de eliminación de ozono (levaduras) a 15 min y 50°C.	94
23	Porcentaje de eliminación de cloro (levaduras) a 8 min y 20°C.	97
24	Porcentaje de eliminación de cloro (levaduras) a 15 min y 20°C.	98
25	Porcentaje de eliminación de cloro (levaduras) a 8 min y 50°C.	99
26	Porcentaje de eliminación de cloro (levaduras) a 15 min y 50°C.	100
27	Porcentaje de eliminación de ozono (levaduras) a 8 min y 20°C.	101
28	Porcentaje de eliminación de ozono (levaduras) a 15 min y 20°C.	102
29	Porcentaje de eliminación de ozono (levaduras) a 8 min y 50°C.	103
30	Porcentaje de eliminación de ozono (levaduras) a 15 min y 50°C.	104
31	Tanque de agua, hipoclorito (levaduras).	106
32	Tanque de jarabes, hipoclorito (levaduras).	107
33	Tanque Mezclador, hipoclorito (levaduras).	108
34	Válvulas de llenado, hipoclorito (levaduras).	109
35	Tanque de agua, hipoclorito (levaduras).	111
36	Tanque de jarabe, hipoclorito (levaduras).	112
37	Tanque Mezclador, hipoclorito (levaduras).	113
38	Válvulas de llenado, hipoclorito (levaduras).	114
39	Tanque de agua, ozono (bacterias).	116
40	Tanque de jarabes, ozono (bacterias).	117
41	Tanque, ozono (bacterias).	118

42	Válvulas de llenado, ozono (bacterias).	119
43	Tanque de agua, ozono (levaduras).	121
44	Tanque de jarabe, ozono (levaduras).	122
45	Tanque Mezclador, ozono (levaduras).	123
46	Válvulas de llenado, ozono (levaduras).	124
47	Diagrama de Flujo, Método de Limpieza.	138
48	Descripción de la simbología del diagrama.	177
49	Diagrama de equipo.	179

## TABLAS

I	Propiedades del cloro	24
II	Reactividad del cloro	25
III	Propiedades del ozono	30
IV	Concentraciones de hipoclorito, a 50 °C	37
V	Concentraciones de hipoclorito, a 20 °C	37
VI	Concentraciones de ozono, a 50 °C	38
VII	Concentraciones de ozono, a 20 °C	38
VIII	Bacterias totales, con hipoclorito 25ppm a 8 min y 20 °C	49
IX	Bacterias totales, con hipoclorito 25ppm a 15 min y 20 °C	50
X	Bacterias totales, con hipoclorito 25ppm a 8 min y 50 °C	50
XI	Bacterias totales, con hipoclorito 25ppm a 15 min y 50 °C	51
XII	Bacterias totales, con hipoclorito 50ppm a 8 min y 20 °C	52
XIII	Bacterias totales, con hipoclorito 50ppm a 15 min y 20 °C	52
XIV	Bacterias totales, con hipoclorito 50ppm a 8 min y 50 °C	53
XV	Bacterias totales, con hipoclorito 50ppm a 15 min y 50 °C	53
XVI	Bacterias totales, con hipoclorito 100ppm a 8 min y 20 °C	55
XVII	Bacterias totales, con hipoclorito 100ppm a 15 min y 20 °C	55

XXVIII	Bacterias totales, con hipoclorito 100ppm a 8 min y 50°C	56
XIX	Bacterias totales, con hipoclorito 100ppm a 15 min y 50°C	56
XX	Bacterias totales, con ozono 0.1ppm a 8 min y 20°C	58
XXI	Bacterias totales, con ozono 0.1ppm a 15 min y 20°C	58
XXII	Bacterias totales, con ozono 0.1ppm a 8 min y 50°C	59
XXIII	Bacterias totales, con ozono 0.1ppm a 15 min y 50°C	59
XXIV	Bacterias totales, con ozono 0.25ppm a 8 min y 20°C	61
XXV	Bacterias totales, con ozono 0.25ppm a 15 min y 20°C	61
XXVI	Bacterias totales, con ozono 0.25ppm a 8 min y 50°C	62
XXVII	Bacterias totales, con ozono 0.25ppm a 15 min y 50°C	62
XXVIII	Bacterias totales, con ozono 1.0ppm a 8 min y 20°C	64
XXIX	Bacterias totales, con ozono 1.0ppm a 15 min y 20°C	64
XXX	Bacterias totales, con ozono 1.0ppm a 8 min y 50°C	65
XXXI	Bacterias totales, con ozono 1.0ppm a 15 min y 50°C	65
XXXII	Levaduras, con hipoclorito 25ppm a 8 min y 20°C	67
XXXIII	Levaduras, con hipoclorito 25ppm a 15 min y 20°C	67
XXXIV	Levaduras, con hipoclorito 25ppm a 8 min y 50°C	68
XXXV	Levaduras,, con hipoclorito 25ppm a 15 min y 50°C	68
XXXVI	Levaduras, con hipoclorito 50ppm a 8 min y 20°C	70
XXXVII	Levaduras, con hipoclorito 50ppm a 15 min y 20°C	70
XXXVIII	Levaduras, con hipoclorito 50ppm a 8 min y 50°C	71
XXXIX	Levaduras, con hipoclorito 50ppm a 15 min y 50°C	71
XL	Levaduras, con hipoclorito 100ppm a 8 min y 20°C	73
XLI	Levaduras, con hipoclorito 100ppm a 15 min y 20°C	73
XLII	Levaduras, con hipoclorito 100ppm a 8 min y 50°C	74
XLIII	Levaduras, con hipoclorito 100ppm a 15 min y 50°C	74
XLIV	Levaduras, con ozono 0.1ppm a 8 min y 20°C	76
XLV	Levaduras, con ozono 0.1ppm a 15 min y 20°C	76

XLVI	Levaduras, con ozono 0.1ppm a 8 min y 50°C	77
XLVII	Levaduras, con ozono 0.1ppm a 15 min y 50°C	77
XLVIII	Levaduras, con ozono 0.25ppm a 8 min y 20°C	79
XLIX	Levaduras, con ozono 0.25ppm a 15 min y 20°C	79
L	Levaduras, con ozono 0.25ppm a 8 min y 50°C	80
LI	Levaduras, con ozono 0.25ppm a 15 min y 50°C	80
LII	Levaduras, con ozono 1.0ppm a 8 min y 20°C	82
LIII	Levaduras, con ozono 1.0ppm a 15 min y 20°C	82
LIV	Levaduras, con ozono 1.0ppm a 8 min y 50°C	83
LV	Levaduras, con ozono 1.0ppm a 15 min y 50°C	83
LVI	Porcentaje de Eliminación, hipoclorito (bacterias)	85
LVII	Porcentaje de Eliminación, ozono (bacterias)	86
LVIII	Porcentaje de Eliminación, hipoclorito (levaduras)	95
LIX	Porcentaje de Eliminación, ozono (levaduras)	96
LX	Bacterias, proceso industrial con hipoclorito a 50ppm	105
LXI	Bacterias, proceso industrial con hipoclorito a 100ppm	106
LXII	Levaduras, proceso industrial con hipoclorito a 50ppm	110
LXIII	Levaduras, proceso industrial con hipoclorito a 100ppm	110
LXIV	Bacterias, proceso industrial con ozono 0.25ppm	115
LXV	Bacterias, proceso industrial con ozono a 1.0ppm	115
LXVI	Levaduras, proceso industrial con ozono a 0.25ppm	120
LXVII	Levaduras, proceso industrial con ozono a 1.0ppm	120
LXVIII	Resultados de ATP, desinfección con hipoclorito	125
LXIX	Resultados de ATP, desinfección con ozono	126
LXX	Costo anual de proceso, hipoclorito de sodio	127
LXXI	Costo anual de proceso, ozono	127
LXXII	Tiempos óptimos de desinfección	128
LXXIII	Ahorro de tiempo de producción, ozono	128
LXXIV	Valor presente, análisis de inversiones	129

LXXV	Activación de la muestra, hipoclorito a 25ppm	147
LXXVI	Activación de la muestra, hipoclorito a 50ppm	148
LXXVII	Activación de la muestra, hipoclorito a 100ppm	149
LXXVIII	Activación de la muestra, ozono a 0.1ppm	150
LXXIX	Activación de la muestra, ozono a 0.25ppm	151
LXXX	Activación de la muestra, ozono a 1.0ppm	152
LXXXI	Bacterias totales, hipoclorito a 50ppm	153
LXXXII	Bacterias totales, hipoclorito a 100ppm	154
LXXXIII	Levaduras, hipoclorito a 50ppm	155
LXXXIV	Levaduras, hipoclorito a 100ppm	156
LXXXV	Bacterias totales, ozono a 0.25ppm	157
LXXXVI	Bacterias totales, ozono a 1.0ppm	158
LXXXVII	Levaduras, ozono a 0.25ppm	159
LXXXVIII	Levaduras, ozono a 1.0ppm	160
LXXXIX	Promedio de microorganismos, hipoclorito de sodio a nivel laboratorio	171
XC	Promedio de microorganismos, ozono a nivel laboratorio	172
XCI	Parámetros estadísticos, hipoclorito de sodio a nivel laboratorio, bacterias	173
XCII	Parámetros estadísticos, hipoclorito de sodio a nivel laboratorio, levaduras	174
XCIII	Parámetros estadísticos, ozono a nivel laboratorio, bacterias	174
XCIV	Parámetros estadísticos, ozono a nivel laboratorio, levaduras	175



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
\$	Signo de dólar
%	Porcentaje
%E	Porcentaje de eliminación
°C	Temperatura en grados Celsius
µm	Micras
Å	Amstrongs
atm	Atmósferas
ATP	Adenosín Trifosfato
cc	Centímetros cúbicos
CD	Grupo sulfhídrico
CFC's	Cloro Fluorocarbonados
CF <sub>o</sub>	Inversión inicial
CF <sub>t</sub>	Valor presente de sus flujos positivos de efectivo
CG	Costo de generación
CHS	Costo de hipoclorito de sodio por proceso de limpieza
CIP	Proceso de limpieza en sitio
cm <sup>3</sup>	Centímetros cúbicos
Cp	Medida estadística, indica la capacidad de un proceso
CTD	Costo de transporte y disolución
Desviación Std	Desviación estándar, medida de dispersión estadística
DNA	Del inglés. DNA, sigla de deoxyribonucleic acid
F <sub>l</sub>	Equipo de llenado.
g	Medida de masa en SI, gramos
H <sub>2</sub> O	Símbolo químico, agua

HCl	Símbolo químico, ácido clorhídrico
J	Joule.
K	Grados Kelvin, medida de temperatura SI.
kg	Medida de masa en SI, kilogramos
kJ	Kilojulios
Lev	Levaduras
m	metros, SI
M <sub>x</sub>	Equipo de mezcla.
m-Endo	Medio de cultivo, especial para detectar coliformes
m-Green	Medio de cultivo, especial para detectar levaduras
min.	Medida de tiempo en SI, minutos
mL	Mililitros
mm	Milímetros
mol	Medida de la cantidad de sustancia en el SI
NaOH	Hidróxido de sodio
O <sub>2</sub>	Oxígeno
O <sub>3</sub>	Ozono
OMS	Organización Mundial de la Salud
pH	Sigla de potencial de Hidrógeno
ppm	Partes por millón
PVC	Cloruro de polivinilo
RNA	Sigla del inglés. ribonucleic acid
RT	Cantidad de bacterias totales,
TGE	Medio de cultivo, especial para detectar bacterias totales
tm	Toneladas métricas
UFC	Unidades formadoras de colonias
URL	Unidades relativas de luz.
VPN	Valor presente neto

## GLOSARIO

Agua de válvulas	Agua tratada proveniente de la válvulas de la llenadora.
Ameboideos	Tipo de amebas.
Bacterias	Microorganismo unicelular procarionte
Bacterias Aciduricas	Bacterias que crecen en medios ácidos.
Botella falsa	Instrumento que permite la limpieza completa de las válvulas de la llenadora.
Catabolizar	Degradar sustancias.
Cloraminas	Tipo de aminas.
Cloro alcanos	Compuestos orgánicos de enlace simple.
Coliformes	Microorganismo patógeno.
Desodorante	Suprime olores.
Desinfectante	Destruye microorganismos.
Difterianas	Formación de membranas.
Eficaz	Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.
Eficiente	Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.
Enjuague	Limpieza con agua.
Esporoogonias	Con esporas.
Fermentación	Degradación enzimática, que da a productos sencillos, como el alcohol etílico.
Fungi imperfecti	Relativo a hongos.
Glutaldehído	Compuesto orgánico derivado de los aldehídos.
Hipoclorito de sodio	Compuesto inorgánico, conocido como sal común.

Incubación	Temperatura controlada que promueve determinado crecimiento en microorganismos.
Jarabe	Mezcla de agua con concentrados de bebidas.
Levaduras	Nombre genérico de ciertos hongos unicelulares, de forma ovoidea, que se reproducen por gemación o división.
Llenadora	Equipo que se utiliza para llenar las botellas en la industria embotelladora.
Luminómetro	Equipo que mide unidades relativas de luz y aproxima la cantidad de ATP.
Medio de cultivo	Alimento para el cultivo de microorganismos.
Metabolizadoras	Relativo a metabolismo.
Microorganismos	Seres microscópicos, capaces de reproducirse.
Mixer	Equipo de mezclado, utilizado en la industria de bebidas.
Molécula biatómica	Molécula que posee dos átomos.
Oxidante	Que oxida o sirve para oxidar.
Ozono	Alotrópico del oxígeno, producido por la electricidad, de cuya acción resulta un gas muy oxidante, de olor fuerte a marisco y de color azul cuando se liquida.
Ozonólisis	Relativo a ozono.
Polarizabilidad	Relativo a polarización.
Pululan	Que se multiplica rápidamente.
Rinser	Equipo que se utiliza para enjuagar envases, común en la industria de bebidas.
Sala de Jarabes	Lugar en donde se fabrican y almacenan jarabes.
Solvólisis	Capacidad de disolución.

Temperatura	Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente.
Tiempo de activación	Tiempo óptimo de eliminación de microorganismos.
Tiempo de eliminación	Tiempo necesario para matar microorganismos
Tubería	Conducto formado por tubos, que transportan fluidos.
Válvulas	Elementos de llenado, en máquina llenadora.
Velocidad de flujo	Cantidad de fluido en un determinado lapso de tiempo.



## RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se recomienda un método alternativo de limpieza y desinfección para la industria de bebidas carbonatadas. Con características fundamentales como la efectividad de eliminación de microorganismos y la optimización de tiempo de productividad. Fundamentalmente el estudio se centro en la parte de la desinfección.

Se realizaron diversos ensayos en los que se encontró la concentración y tiempo óptimo de eliminación para dos tipos de desinfectantes, el hipoclorito de sodio y el ozono. Para el hipoclorito de sodio se tiene una concentración de 100ppm y 15 minutos. Para el ozono la concentración óptima es 1ppm y un tiempo óptimo de eliminación de 8 minutos.

Se encontró que el método de desinfección que cumple con las características de eficaz y eficiente, incluye al ozono como desinfectante, pues además de eliminar microorganismos hasta su reducción a límites permisibles, necesita de menos tiempo de desinfección, aumentando la productividad de cualquier línea de producción en donde se utilice.

La utilización de ozono en el método de limpieza y desinfección en lugar del empleo de hipoclorito de sodio, permite un ahorro de US \$19 916.10, referente a disminución del tiempo muerto de producción en un período base de 3 años.



## HIPÓTESIS

- $H_0$ : El ozono como desinfectante es superior al hipoclorito de sodio en características de eliminación y además proporciona una ventaja económica al utilizarlo, disminuyendo el tiempo total de duración del proceso de limpieza y desinfección.
- $H_1$ : El hipoclorito de sodio como desinfectante es superior al ozono de sodio en características de eliminación y además proporciona una ventaja económica al utilizarlo, disminuyendo el tiempo total de duración del proceso de limpieza y desinfección.



# OBJETIVOS

## GENERAL

Evaluar y seleccionar un método de limpieza y desinfección en la industria de bebidas, que sea eficaz en la eliminación de microorganismos, y que minimice los costos de productividad, aumentando el tiempo efectivo de producción.

## ESPECÍFICOS:

- 1 Evaluar a nivel laboratorio, la capacidad germicida del cloro a distintas temperaturas y distintos tiempos de exposición.
- 2 Evaluar a nivel laboratorio, la capacidad germicida del ozono al variar temperaturas y tiempos de exposición.
- 3 Comparar la capacidad desinfectante del hipoclorito de sodio contra el ozono.
- 4 Encontrar la concentración y tiempo óptimos de eliminación de microorganismos, utilizando hipoclorito de sodio y ozono como desinfectantes.
- 5 Seleccionar para el proceso de limpieza y desinfección, al germicida que permita aumentar el tiempo efectivo de producción y disminuya los costos de productividad.



## INTRODUCCIÓN

Las bebidas carbonatadas, así como sus procesos de manufactura proporcionan un medio ambiente ideal para el crecimiento y desarrollo de microorganismos. Para controlar y eliminar a los mismos se utiliza el proceso de limpieza y desinfección, en donde tradicionalmente el desinfectante es hipoclorito de sodio.

En el presente trabajo de graduación se encontró un método de limpieza eficaz en la eliminación de microorganismos, que no produce sustancias indeseables con efectos mutación y carcinogénicos. Además no afecta las características fisicoquímicas y sensoriales de las bebidas carbonatadas.

Se determinó la concentración y tiempo óptimo de eliminación para el ozono y para el cloro. Ambos desinfectantes fueron sometidos a prueba en diferentes ensayos para encontrar al germicida más eficaz.

Se encontró que el método de limpieza y desinfección con características óptimas de eliminación y disminución de tiempos muertos de producción, debe incluir al ozono como desinfectante con características especiales de concentración y tiempo de activación, que se recomiendan en este estudio.



# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. Bebidas carbonatadas.

Una bebida carbonatada por definición es una mezcla de los siguientes componentes:

- Agua tratada
- Gas Carbónico
- Edulcorantes
- Concentrados
- Empaques

### 1.1.1. Manufactura de bebidas carbonatadas.

Para manufacturar bebidas carbonatadas es necesario contar con una serie de tratamientos específicos, que permitan garantizar en todo momento, la calidad de los productos y fundamentalmente la garantía de la inocuidad de los mismos.

En forma muy general se cuentan dos tipos de tratamientos, los de materiales y los de equipos de manufactura. Entre los materiales que tienen que pasar por un tratamiento previo antes de la elaboración de bebidas están: el agua, edulcorantes, y el gas carbónico.

Los componentes químicos y de fórmula deben garantizar desde su origen, la calidad inherente y una completa inocuidad.

En lo referente a los equipos de manufactura, para garantizar su limpieza, estos deben ser sometidos a un tipo de limpieza especializada denominada proceso de limpieza y desinfección o proceso de saneamiento. En este proceso se limpian y desinfectan completamente todas las tuberías, válvulas, depósitos, tanques, y accesorios que están en contacto íntimo con componentes, pasos intermedios y el producto final de una bebida carbonatada.

Básicamente los equipos que son tomados como críticos en un proceso de limpieza y desinfección son los siguientes.

- Tanque de agua: equipo en el que se almacena agua tratada que se utiliza para la mezcla final de una bebida carbonatada.
- Tanque de Jarabes: equipo que almacena la mezcla de componentes de fórmula y edulcorantes que forman parte de la mezcla final de una bebida carbonatada.
- Tanque mezclador: equipo que tiene como función primordial mezclar los componentes de una bebida carbonatada, el agua, el jarabe (componentes de fórmula y edulcorante) y el gas carbónico.
- Válvulas de llenado de producto: Elementos que son los encargados de llenar directamente las botellas de producto terminado de una bebida carbonatada, son parte fundamental del equipo llenador, denominado típicamente en la industria de bebidas como llenadora.

Las bebidas carbonatadas y los procesos para manufacturarlas, son un medio ambiente excelente para el crecimiento de microorganismos.

Agua + nutrientes + pH  $\longrightarrow$  Crecimiento Microbiano (Ec.1)

La forma en que los microorganismos causan daño a las bebidas carbonatadas son las siguientes:

- Mal sabor.
- Sedimentos.
- Olores.
- Producción de dióxido de carbono.

## **1.2. Microbiología**

La microbiología es el estudio de los microorganismos y sus actividades, su forma, estructura, reproducción, fisiología e identificación. Cómo están distribuidos en la naturaleza, sus relaciones con otros seres, los efectos benéficos o perjudiciales que ejercen sobre los seres humanos y las alteraciones físicas y químicas que provocan en su medio. La microbiología estudia los organismos de tamaño microscópico, entre los que se encuentran.

### **1.1.1. Algas.**

Grupo de organismos de estructura simple que producen oxígeno al realizar el proceso de la fotosíntesis. Aunque la mayoría de algas son unicelulares y microscópicas, algunas de 1 ó 2 micrómetros de diámetro, muchas son visibles como el verdín de las charcas, alfas marinas, la marea roja, las manchas verde azuladas de las paredes de los acuarios, las capas verdes sobre los árboles y la nieve roja. Muchos géneros de algas tienen representantes que viven en simbiosis con hongos y forman líquenes. Ciertas algas se diferencian de los briofitos (musgos y hepáticas), que también carecen de tejidos complejos, en que sus células reproductoras se originan en estructuras unicelulares y no pluricelulares. El estudio de las algas se llama ficología (del griego *phykos*, que significa “alga de mar”). Las formas de algas macroscópicas suelen fijarse a una superficie firme u crecen en abundancia como algas marinas en las zonas inter-mareal y submareal, a una profundidad de hasta 268m, según la penetración de la luz solar.

También crecen sobre rocas que e encuentran en agua dulce estancada o corriente y por lo general, se desprenden y floran formando el verdín de las charcas.

Las formas de las algas macroscópicas son en su mayoría pluricelulares y constituyen una parte esencial de la cadena alimenticia de todos los seres acuáticos.

### **1.2.2. Protozoos.**

Nombre que se aplica a todos los organismos animales unicelulares, algunos los cuales pueden formar colonias. Los protozoos se incluyen en el reino Protistas, junto con otros organismos unicelulares cuyo núcleo celular está rodeado de una membrana. Los protozoos no tienen estructuras internas especializadas a modo de órganos o si las tienen, están muy poco diferenciadas.

Entre los protozoos se suelen admitir varios grupos: los flagelados del grupo de los zoomastiginos, con muchas especies que viven como parásitos de plantas y animales; los ameboideos del grupo Sarcodinos que incluyen a los foraminíferos y radiolarios y que son componentes importantes del plancton; los cilióforos que son ciliados, con diversos representantes que poseen estructuras especializadas que recuerdan a la boca y al ano de los organismos reptiles, anfibios y los Esporozoos, con diversas especies parásitas de animales y también de seres humanos.

Se conocen más de veinte mil especies de protozoos, que incluyen organismos tan conocidos como los paramecios y las amebas. Muchas especies viven en un hábitat acuático como océanos, lagos, ríos y charcos.

Su tamaño varía desde 70 micrómetros. Los protozoos se alimentan de bacterias, productos de desecho de otros organismos, algas y otros protozoos.

Muchas especies son capaces de moverse utilizando diversos mecanismos: flagelos, estructuras propulsoras con forma de látigo; cilios de aspecto piloso, o por medio un movimiento ameboideo, un tipo de locomoción que implica la formación de pseudópodos (extensiones a modo de pie).

### **1.2.3. Virus.**

Virus (en latín, “veneno”), entidades orgánicas compuestas tan sólo de material genético, rodeado por un envuelta protectora. El término virus se utilizó en la última década del siglo XIX para describir a los agentes causantes de enfermedades más pequeños que las bacterias. Carecen de vida independiente, pero se pueden replicar en el interior de las células vivas, perjudicando en muchos casos a su huésped en este proceso. Los cientos de virus conocidos son causa de muchas enfermedades distintas en los seres humanos, animales, bacterias y plantas.

### **1.2.4. Bacterias.**

Bacteria (del griego bacteria “*bastón*”) nombre que reciben los organismos unicelulares y microscópicos, que carecen de núcleo diferenciado y se reproducen por división celular sencilla. Las bacterias son muy pequeñas, entre 1 y 10 micrómetros de longitud y muy variables en cuanto al modo de obtener la energía y el alimento. Están en casi todos los ambientes: en el aire, el suelo y el agua, desde el hielo hasta las fuentes termales incluso en las grietas hidrotermales de las profundidades de los fondos marinos pueden vivir bacterias metabolizadoras del azufre. También se pueden encontrar algunos alimentos o viviendo en simbiosis con plantas, animales y otros seres vivos.

#### **1.2.4.1. Bacterias Patógenas.**

Casi 200 especies de bacterias son patógenas para el ser humano, es decir causantes de enfermedades, el efecto patógeno varía mucho en función de las especies y depende tanto de la virulencia de la especie en particular como de las condiciones del organismo huésped. Entre las bacterias más dañinas están las causantes del cólera, del tétanos, de la gangrena gaseosa, de la lepra, de la peste, de la disentería bacilar, de la tuberculosis, de la sífilis, de la fiebre tifoidea, de la difteria, de la fiebre ondulante o brucelosis y de muchas formas de neumonía.

#### **1.2.5. Hongos.**

Grupo diverso de organismos unicelulares o pluricelulares que se alimentan mediante la absorción directa de nutrientes, los alimentos se disuelven mediante enzimas que secretan los hongos, después se absorben a través de la fina pared de la célula y se distribuyen por difusión simple en el protoplasma. Junto con las bacterias los hongos son los causantes de la putrefacción y de la descomposición de toda la materia orgánica. Hay hongos en cualquier parte en que existan otras formas de vida. Algunos son parásitos de organismos vivos y producen graves enfermedades en plantas y animales. La disciplina científica que estudia a los hongos se llama micología.

Los hongos figuraban en las antiguas clasificaciones como una división del reino Plantas, se pensaba que eran plantas carentes de tallos y de hojas que en el transcurso de su transformación en organismos capaces de absorber su alimento, habían perdido la clorofila y con ello su capacidad para realizar la fotosíntesis. Sin embargo, en la actualidad los científicos los consideran un grupo completamente separado, que evolucionó a partir de los flagelados sin pigmentos.

Ambos grupos se incluyen dentro del reino Protistas, o bien se coloca a los hongos como un reino aparte.

Hay unas cien mil especies conocidas de hongos, se cree que los grupos complejos se derivan de los tipos más primitivos, los cuales tienen células flageladas en alguna etapa de su ciclo vital.

### **1.2.6. Mohos.**

El término moho se usa con poca precisión debido a que tienen el mismo significado que el término medio (de la vida).

Fisiológicamente, los mohos se adaptan a condiciones más severas que los otros microorganismos, por ejemplo, se desarrollan en sustratos con concentraciones de azúcares que las bacterias no pueden tolerar, ya que los mohos no son tan sensibles a la presión osmótica elevada toleran y se desarrollan en concentraciones de acidez relativamente elevadas. Soportan escalas de pH entre 2.0 a 9.0, pero el pH óptimo para casi todas las especies es 5.6. Aunque necesitan humedad para su desarrollo y pueden obtener agua de la atmósfera y del medio pueden sobrevivir en ambientes deshidratados que serían inhibidores para la mayor parte de las bacterias diferentes a las formadoras de esporas. Cuando el medio se deseca, los hongos producen esporas o pasan al estado de resistencia.

Casi todos los mohos son estrictamente aerobios, su crecimiento lo incrementa la presencia de abundante oxígeno, se desarrollan en condiciones de temperatura muy variadas, pero entre 22 °C a 30 °C es la óptima para la mayor parte de las especies, los termófilos se desarrollan a 62°C.

La glucosa es una fuente de carbono muy aprovechada por los mohos, otros azúcares, sobre todo la maltosa y la sacarosa, así como muchos compuestos de carbono orgánico más complejos como el almidón y la celulosa. Para su desarrollo necesitan pequeñas cantidades de hierro, fósforo, potasio, zinc, cobre, manganeso y molibdeno.

Los mohos son capaces de catabolizar y utilizar una gran variedad de sustratos, son altamente eficientes en transformar material nutritivo en sustancia celular. En medios en los que el material nutritivo está en cantidades moderadas la mayor parte de los sustratos son sintetizados en sustancias celulares, pero si el alimento abunda, se acumula como reserva en el micelio y muchos productos del catabolismo son excretados en el medio. En las condiciones apropiadas los mohos transforman carbohidratos a alcoholes y ácidos orgánicos.

#### **1.2.6. Levaduras.**

Las levaduras lo mismo que los mohos son hongos, pero se distinguen de los mohos porque se forma dominante es unicelular.

Generalmente se reproducen por gemación, como células solas crecen y se reproducen más aprisa que los mohos filamentosos y en proporción a su peso, son más aptas para efectuar cambios químicos porque tienen mayor área superficial en relación a su volumen. Son diferentes de las algas porque no realizan fotosíntesis; tampoco son protozoos, puesto que tienen una pared celular rígida. Con facilidad se diferencian de la mayor parte de las bacterias por su tamaño relativamente grande y su morfología. No obstante la dicho, las levaduras no forman un grupo bien definidos, en otras palabras no son una entidad taxonómica natural aunque guardan uniformidad morfológica y así por lo escaso de este criterio.

Las especies de las levaduras se diferencian menos en base a su morfología que a sus características fisiológicas. Algunas son esporogonias y se les reconoce como miembros de los *Fungi imperfecti*, otras forman esporas sexuales y de esta manera muestran relación clara con los ascomicetos o los basidiomicetos. Hay aproximadamente 350 especies de levaduras, separadas en 39 géneros. En comparación con otros grupos de microorganismos las levaduras son pocas pues las algas, las bacterias y los protozoos suman varios miles de especies.

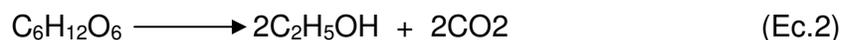
La morfología de las levaduras es general, las células son más grandes que la mayor parte de las bacterias, pero las más pequeñas no son tan grandes como las bacterias. Las levaduras varían considerablemente de tamaño, pudiendo tener entre 1.5 micras de ancho por 5 a 30 micras de largo, generalmente son ovoides, si bien algunas son esféricas y otras alargadas, cada especie tiene su aspecto característico.

La citología de las levaduras, como los hongos son organismos eucarióticos y las estructuras que las forman son básicamente las mismas de los otros eucariotas, la forma y estructura de las levaduras varía según la especie.

Las levaduras se reproducen por esporulación, gemación o fisión, el método más común es la gemación.

Fisiológicamente en un grupo de microorganismos tan grande y diverso como el de las levaduras se puede encontrar una gran variedad de reacciones fisiológicas, aspectos morfológicos y mecanismos de reproducción, aunque siempre hay muchas similitudes que permiten hacer algunas generalidades. El catabolismo de azúcares como la glucosa es anaerobio (fermentación) o aerobio (respiración).

El proceso más típico de catabolismo anaeróbico, también conocido como fermentación alcohólica, los productos finales son alcohol etílico y dióxido de carbono.



En la respiración, la oxidación completa de la glucosa produce dióxido de carbono y agua mientras que la oxidación incompleta da lugar a la acumulación de ácidos entre otros productos intermedarios.

Las levaduras obtienen el nitrógeno que requiere su metabolismo para la síntesis de proteínas de fuentes orgánicas e inorgánicas y casi todas las especies pueden utilizar el ion amonio. La diferencia es la capacidad de usar nitratos y nitritos para diseminar aminoácidos. Las necesidades de azufre en la levaduras se satisface por la disponibilidad sulfatos en el sustrato pero algunas se favorecen del azufre orgánico, otros minerales necesarios para el desarrollo de las levaduras son el potasio, magnesio, sodio y calcio. Variedades osmofílicas de levaduras son capaces de desarrollarse en altas concentraciones de sal o azúcar que restringen la disponibilidad de humedad. Las levaduras también son capaces de crecer en un amplio margen de temperatura desde 0 a 47°C, algunas no se desarrollan a más 15°C, aunque otras puedan hacerlo a mucho menores temperaturas. La óptima para la mayor parte está entre 20 y 30°C.

En general se sostiene que las levaduras se desarrollan mejor en medio con reacción ácida, crecen bien en medios con el pH ajustado entre 3.5 y 3.8, en donde se inhiben casi todas las bacterias. El grado de tolerancia a los ácidos varía según la cepa y la especie, desde pH 2.2 a 8. El oxígeno en abundancia incrementa el desarrollo de los cultivos de levaduras en el laboratorio. Muchos medios de cultivo bacteriológicos usuales son satisfactorios.

### **1.3. Control Microbiano.**

Los microorganismos se eliminan, inhiben o matan por medio de agentes físicos o agentes químicos. Se cuenta con una gran variedad de técnicas y agentes que actúan de maneras muy diferentes y cada uno en la práctica tiene sus propias limitaciones. Los procedimientos reciben los siguientes nombres.

### **1.3.1. Esterilización.**

Es el proceso de destruir todas las formas de vida microbiana, un objeto esterilizado, en el sentido microbiológico, está libre de microorganismos vivos. Los términos esterilizar y esterilización se refieren a la ausencia o destrucción completa de los microorganismos y no se usan en sentido relativo, una sustancia u objeto están estériles o no están estériles.

### **1.3.2. Desinfectante.**

Es un agente por lo regular químico capaz de matar las formas en desarrollo, pero no necesariamente las esporas resistentes de microorganismos patógenos.

### **1.3.3. Antiséptico.**

Toda sustancia que se opone a la sepsis o impide el desarrollo o acción de los microorganismos ya sea por destruirlos o inhibir su crecimiento y actividad, generalmente se refiere a sustancias aplicadas al cuerpo.

### **1.3.4. Saneamiento.**

Consiste en reducir la población microbiana a niveles no peligrosos por medio de un agente, según los requerimientos de Salud Pública.

### **1.3.5. Germicida (Microbicida).**

Agente que mata las formas en desarrollo pero no forzosamente las esporas resistentes, en la práctica un germicida es casi lo mismo que un desinfectante, aunque los germicidas se utilizan para todo tipo de gérmenes y en cualquier tipo de aplicación.

### **1.3.6. Bactericida**

Agente que mata bacterias, de manera similar los términos funguicida, virucida y esporicida se refieren a agentes que matan hongos, virus y esporas respectivamente.

### **1.3.7. Bacteriostasis.**

Es la suspensión del desarrollo de bacterias, de la misma manera los fungistáticos se refieren a los hongos.

### **1.3.8. Agentes Antimicrobianos.**

Son los que interfieren en el crecimiento y actividad de los microbios, en el lenguaje corriente el término antimicrobiano denota inhibición del desarrollo, si se refiere a grupos determinados se emplean los términos antibacteriano o anti fúngico.

### **1.3.9. Muerte Bacteriana.**

El término muerte se define microbiológicamente como la pérdida irreversible de la capacidad de reproducción, los microorganismos vivos tienen la capacidad de multiplicarse, en cambio los muertos no se multiplican ni se desarrollan.

### **1.3.10. Condiciones que influyen en la acción antimicrobiana.**

Los microorganismos no son simplemente blancos físicos, muchas de sus características biológicas influyen en la proporción en que son muertos o inactivados por diversos agentes. En la aplicación de un agente físico o químico usado para inhibir o destruir poblaciones microbianas hay que considerar muchos factores. No es posible elegir un procedimiento que desinfecte o esterilice todo tipo de materiales.

### **1.3.11. Temperatura.**

Un aumento de la temperatura como otro agente, que puede ser químico, apresura la destrucción de los microorganismos.

### **1.3.12. Clases de microorganismos.**

Las especies de microorganismos difieren en su susceptibilidad a los agentes químicos y físicos. Las células vegetativas en desarrollo de las especies que forman esporas, son mucho más susceptibles que las esporas, en cambio éstas son muy resistentes, son las formas orgánicas más resistentes pues son capaces de sobrevivir en condiciones físicas o químicas muy adversas.

### **1.3.13. Estado fisiológico de las bacterias.**

Este influye en la susceptibilidad a los agentes antimicrobianos, las células jóvenes, por tener intenso metabolismo, son más vulnerables que las viejas, de menor actividad metabólica en el caso de un agente que cause daño por interferir en esa función, este tipo de agente no afectará las células que no estén en desarrollo.

Otras diferencias en cuanto a la resistencia se explican por cambios en la membrana celular porque el envejecimiento afecta la permeabilidad de esta.

#### **1.3.14. Calor.**

Todos los microorganismos son susceptibles en distinto grado a la acción del calor. El calor provoca desnaturalización de proteínas, fusión y desorganización de las membranas y/o procesos oxidativos irreversibles en los microorganismos.

La efectividad del calor como método de esterilización depende de la temperatura y del tiempo de exposición.

#### **1.3.15. Calor húmedo.**

El calor húmedo produce desnaturalización y coagulación de proteínas, el agua es una especie química muy reactiva y muchas estructuras biológicas (DNA, RNA, proteínas, etc.) son producidas por reacciones que eliminan agua. Por lo tanto, reacciones inversas podrían dañar a la célula a causa de la producción de productos tóxicos. Además las estructuras secundarias y terciarias de las proteínas se estabilizan mediante uniones puentes de hidrógeno intermoleculares que pueden ser reemplazadas y rotos por el agua a altas temperaturas.

El vapor de agua posee un coeficiente de transferencia de calor más elevado que el aire, por lo que los materiales húmedos conducen el calor más rápidamente que los materiales secos debido a la energía liberada durante la condensación.

Entre las principales ventajas del calor húmedo se encuentran las siguientes.

- Rápido calentamiento y penetración.
- Destrucción de bacterias y esporas en corto tiempo.
- No deja residuos tóxicos.
- Hay un bajo deterioro del material expuesto.
- Económico.

Entre las desventajas del calor húmedo se encuentran las siguientes.

- No permite esterilizar soluciones que formen emulsiones con el agua.
- Es corrosivo sobre ciertos instrumentos metálicos.

#### **1.3.16. Calor seco.**

El calor seco produce desecación de la célula, efectos tóxicos por niveles elevados de electrolitos, proceso oxidativos y fusión de membranas. Estos efectos se deben a la transferencia de calor desde los materiales a los microorganismos que están en contacto con éstos. El aire es mal conductor del calor y el aire caliente penetra más lentamente que el vapor de agua en materiales porosos. La acción destructiva del calor sobre proteínas y lípidos requiere mayor temperatura cuando el material está seco o la actividad del agua del medio es baja. Esto se debe a que las proteínas se estabilizan mediante uniones puente de hidrógeno intermoleculares que son más de romper el calor seco. Entre las principales ventajas del calor seco se encuentran que no es corrosivo para metales e instrumentos y que permite la esterilización de sustancias en polvo y no acuosas. Entre las desventajas se tiene que requiere mayor tiempo de esterilización, respecto al calor húmedo debido a la baja penetración del calor.

Existen otras formas de eliminar microorganismos por calor seco, la incineración se utiliza para destruir material descartable contaminado. La acción directa de la llaman elimina a los microorganismos cuando se lleva al rojo el material de metal como hazas, lancetas, agujas de disección.

#### **1.3.17. Radiaciones Ionizantes.**

Producen iones y radicales que alteran las bases de los ácidos nucleicos, estructuras proteicas y lepidias. Tienen gran penetrabilidad y se les utiliza para esterilizar materiales termolábiles.

#### **1.3.18. Radiaciones Ultravioletas.**

Afectan a las moléculas de DNA de los microorganismos debido a que forman dímeros de pirimidinas adyacentes que inducen errores en la duplicación y por lo tanto la pérdida de viabilidad de las células. Son escasamente penetrantes y se utilizan para superficies.

#### **1.3.19. Control por Agentes Químicos.**

Gran número de compuestos químicos en concentraciones apropiadas son capaces de matar o inhibir los microorganismos. Dentro de los compuestos químicos podemos encontrar agentes esterilizantes, desinfectantes y antisépticos.

La concentración varía con el tipo de agente y de microorganismos, pues una misma concentración del agente puede producir un efecto diferente en distintos microorganismos.

El tiempo, los microorganismos no son susceptibles a un agente en la misma forma, por lo que no todos los microorganismos mueren al mismo tiempo.

El pH afecta tanto a los microorganismos como a los agentes químicos, el aumento de pH por encima de 7 incrementa la carga negativa de los microorganismos afectando la concentración del agente sobre la célula. El pH determina el grado de disociación y la efectividad del agente químico, pues a menor disociación mayor permeabilidad y mayor efectividad.

Los alcoholes lesionan la membrana celular de los microorganismos y desnaturalizan proteínas celulares, desorganizan la estructura fosfolípida, no destruyen esporas y tienen una acción germicida lenta, los alcoholes de cadena corta tienen un efecto nocivo mayor que los de la cadena larga.

Se utilizan en concentraciones del 50 al 70%, los más utilizados son el etanol y el isopropílico.

El yodo es un agente oxidante que modifica grupos funcionales de proteínas y ácidos nucleicos, inactiva proteínas y enzimas por oxidación de los grupos de azufre, pudiendo atacar también grupos amino, índoles, etc. Se utiliza como desinfectante de la piel aunque es irritante, es efectivo contra esporas en una concentración de 1600ppm de yodo libre.

### **1.3.20. Agentes iónicos y anfóteros.**

Son sustancias que lesionan la membrana celular debido a que desordenan la disposición de las proteínas y de los fosfolípidos, por lo que se liberan metabolitos desde la célula, se interfiere con el metabolismo energético y del transporte activo. No son esporicidas ni tuberculicidas aún en altas concentraciones. Sus principales ventajas se hallan en que son inodoros, no tiñen, no son corrosivos de metales, estables, no tóxicos y baratos.

### **1.3.21. Órganos mercuriales.**

Estos tipos de compuestos se combinan con los grupos SH de las proteínas, inactivando enzimas. Dentro de los mercuriales orgánicos se encuentran el metafen y el mertiolate.

### **1.3.22. Peróxido de hidrógeno.**

Es un antiséptico débil, con capacidad oxidante y formadora de radicales libres, actualmente el peróxido de hidrógeno gaseoso se está utilizando como desinfectante de superficies o des contaminante de gabinetes biológicos debido a que no posee las propiedades tóxicas y cancerígenas del óxido del etileno y formaldehído.

### **1.3.23. Colorantes.**

Interfieren en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas o interfieren en la síntesis de la pared celular. La acrimina se inserta entre dos bases sucesivas del DNA separándolas físicamente. Esto provoca errores en la duplicación del DNA. Los derivados del trifenilmetano bloquean la conversión del ácido UDP-acetilmurámico en UDP-acetilmuramil-péptido. Los más comunes y baratos para su uso industrial son los desinfectantes o esterilizantes.

### **1.3.24. Aldehídos.**

Son agentes alquilantes que actúan sobre proteínas, lo que provoca modificación irreversible de enzimas e inhibición de la actividad enzimática. El glutataldehido es el único esterilizante efectivo en frío. El formaldehído como gas se utiliza para descontaminar edificios, ambientes, etc.

### **1.3.25. Compuestos Fenólicos.**

Son desinfectantes que provocan lesiones en la membrana citoplasmática porque desordenan la disposición de las proteínas y fosfolípidos. Esto causa filtración de compuestos celulares, inactivación de enzimas y lisis.

### **1.3.26. Óxido de Etileno.**

Es un agente alquilante que se une a compuestos con hidrógenos lábiles como los que tienen grupos carboxilos, amino, sulfhidrilos, hidroxilos, etc. Es utilizado en la esterilización gaseosa, generalmente en la industria farmacéutica. Entre los principales desinfectas están el cloro y el ozono.

## **1.4. Cloro.**

El cloro se aisló por primera vez en estado libre en 1774 por Schelle tratando dióxido de manganeso con ácido clorhídrico, aunque con anterioridad Van Helmont, había observado el desprendimiento de un gas amarillo verdoso al calentar una mezcla de ácidos nítrico y clorhídrico que podría ser cloro. En cualquier caso, tanto un como otro consideraron que se trataba de un compuesto.

En 1810 David Gay Lussac y Thenard demostraron que se trataba de un elemento, su nombre procede del latín y significa verde claro.

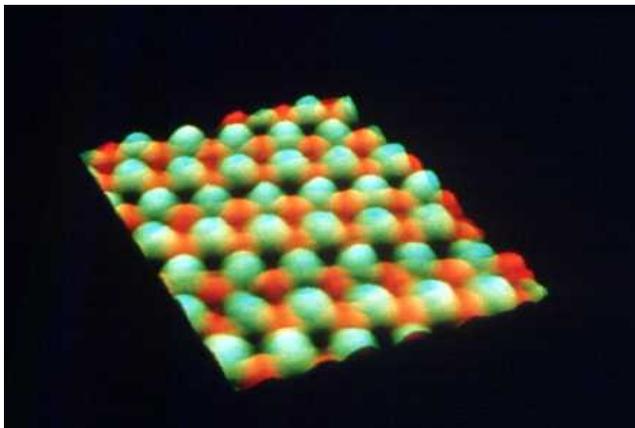
### **1.4.1. Abundancia y Estado Natural.**

El cloro libre no se encuentra en la naturaleza pero sus compuestos son minerales comunes y es el No. 20 en el orden de abundancia en la corteza terrestre.

### **1.4.2. Propiedades.**

El cloro es un gas amarillo verdoso de olor penetrante e irritante, denso y venenoso que puede licuarse fácilmente a la presión de 6.8 atmósferas y a 20C. El cloro gaseoso se disuelve bastante bien en agua al a presión atmosférica y a 0C, 1litri de agua disuelve aproximadamente 5 litros de cloro gaseoso dando una disolución que se conoce como agua de cloro de la que puede cristalizarse un hidrato.

**Figura 1. Cloro Biatómico.**



**Fuente: Bibliografía.**

Es extremadamente oxidante y forma cloruros con la mayoría de elementos, cuando se combina con el hidrógeno para dar cloruro de hidrógeno en presencia de luz difusa se produce una reacción lenta pero si se combinan bajo luz solar directa se produce una explosión y se desprende una gran cantidad de calor.

El cloro también se combina con los compuestos hidrogenados como amoníaco y ácido sulfhídrico formando ácido clorhídrico con el hidrógeno de estos, descompone muchos hidrocarburos pero si se controlan las condiciones de la reacción se consigue la sustitución parcial del hidrógeno por el cloro. El cloro reacciona reversiblemente con el vapor de agua formando ácido clorhídrico y liberando oxígeno.

En frío y en presencia de la luz, reacciona lentamente con el agua dando ácido clorhídrico y ácido hipocloroso, que se descompone a su vez para formar oxígeno. Al ello se debe el poder oxidante del agua de cloro. Puede formar cloruros con la mayor parte de los metales aunque en diferentes condiciones y con distinta intensidad.

Por ejemplo, con el sodio en frío reacciona lentamente, pero si se calienta arde con llama muy brillante formándose cloruro de sodio.

Reacciona también con el hierro y el cobre, pero si se encuentra completamente seco y no tiene lugar la reacción. Por ello puede guardarse en cilindros de acero o de hierro. El agua de cloro puede disolver al oro al platino que son metales muy resistentes a los agentes químicos. Si se disuelve en sustancias que proporcionan una gran concentración de iones hidroxilo se forma una mezcla de cloruro e hipoclorito. Por ejemplo con el hidróxido de sodio da una mezcla de cloruro e hipoclorito. El cloro se combina directamente con la mayoría de los elementos no metálicos, a excepción del carbono, nitrógeno y oxígeno. Por ejemplo con el fósforo se combina formando tricloruro de fósforo y pentacloruro de fósforo si hay cloro en exceso.

**Tabla I. Propiedades del Cloro.**

Masa atómica	354527 uma
Punto de fusión	-100.98C
Punto de ebullición	-34.6C
Densidad	0.0032g/cm <sup>3</sup>
Potencial estándar de electrodo	+ 1.36v 1/2Cl <sub>2</sub> /Cl <sup>-</sup>
Conductividad térmica	0.01 J/msC
Conductividad eléctrica	0.0
Calor específico	484.88J/kgK
Calor de fusión	6.4kJ/mol
Calor de vaporización	20.4kJ/mol
Estados de oxidación	-1, +1, +2, +3, +4, +5, +6, +7
1 <sup>a</sup> Energía de Ionización	1251.1 kJ/mol
Radio atómico	0.97 Å
Radio covalente	0.99 Å
Radio iónico	Cl <sup>-</sup> = 1.8199 Å Cl <sup>+7</sup> = 0.2699 Å
Volumen atómico	22.7 cm <sup>3</sup> /mol
Polarizablilidad	2.2 99 Å <sup>3</sup>
Electronegatividad	3.16

Fuente: Bibliografía.

### 1.4.3. Reactividad.

Tabla II. Reactividad del cloro.

Con H <sub>2</sub> O	Suave $\longrightarrow$ HOCl; Cl <sup>-</sup> ; Cl <sub>2(aq)</sub>
Con HCl 6M	Suave $\longrightarrow$ HOCl; Cl
Con HNO <sub>3</sub> , 15M	Suave $\longrightarrow$ HClO <sub>x</sub> ; NO <sub>x</sub> Cl; NO <sub>x</sub>
Con NaOH 6M	Suave $\longrightarrow$ OCl; Cl

Fuente: Bibliografía.

### 1.4.4. Aplicaciones.

Su uso principal está en el blanqueo de materiales como la pasta de papel, el algodón y el lino. Se transforma en ácido clorhídrico o para la industria. El hipoclorito de sodio se utiliza en el tratamiento de las aguas como desinfectante, también sirve para la preparación de cloruros muy importantes, como los de estaño, carbono, fósforo, aluminio, titanio y de compuestos orgánicos clorados: disolventes como los cloro alcanos utilizados para la limpieza en seco, diversos tipos de insecticidas, fabricación de polímeros como el PVC, fármacos, etc. Su uso en los CFC's se está reduciendo gracias a los límites impuestos para el uso de los mismos. El cloro ya sea como gas en ciertas combinaciones químicas, representa uno de los desinfectantes de uso más común. El gas comprimido a la forma líquida se emplea casi de manera universal para la purificación de los suministros de agua potable. El gas cloro es difícil de manejar a menos que se cuente con equipo especial. Por ello, la utilización del cloro en estado gaseoso se limita principalmente a operaciones a gran escala como plantas purificadoras de agua.

La cloración ha desempeñado una función crítica al proteger los abastecimientos de agua potable de las enfermedades infecciosas transmitidas por agua durante casi un siglo.

Se ha reconocido ampliamente a la cloración del agua potable como uno de los adelantos más significativos en la protección de la Salud Pública.

La filtración y cloración prácticamente han eliminado las enfermedades transmitidas por agua, como el cólera, tifoidea y otras.

#### **1.4.5. Eliminación de los agentes patógenos por medio del cloro.**

En 1881 el bacteriólogo alemán Robert Koch demostró bajo condiciones controladas de laboratorio que los cultivos puros de bacterias podrían ser destruidos por hipoclorito. El grueso de la investigación sobre desinfección de cloro realizada desde los años cuarenta a los setenta con un énfasis en bacterias, proporcionó observaciones sobre la manera en que el cloro mata al microorganismo. Las células bacterianas dosificadas con cloro liberan ácidos nucleicos, proteínas. Y las funciones de la membrana, tales como la respiración y transporte activo, son más afectadas por el cloro que los procesos citoplasmáticos, dirigen la atención de investigadores a la superficie de la célula bacteriana. La hipótesis fue que la pared de células bacterianas, bajo estrés ambiental, podría interactuar con el cloro. La exposición del cloro parece causar alteraciones físicas, químicas y bioquímicas en la pared de la célula. Por lo tanto destruye la barrera protectora de la célula, con lo que concluyen las funciones vitales y da lugar a la muerte del microorganismo.

Una posible secuencia de los casos durante la cloración sería, la interrupción de la barrera de la pared de célula mediante reacciones del cloro con sitios proyectados en la superficie celular. Descarga de elementos constitutivos celulares vitales de la célula.

Terminación de las funciones asociadas con membrana y terminación de las funciones celulares dentro de la célula, durante el curso de esta secuencia de casos, el microorganismo muere lo que significa que ya no es capaz de crecer o causar enfermedad alguna.

#### **1.4.6. Características del cloro.**

Existen varias características que posee el cloro, que hacen que sea uno de los desinfectantes preferidos universalmente.

Es un germicida potente, reduce el nivel de microorganismo en el agua potable que causan enfermedades a niveles casi imposibles de medir.

Entre sus cualidades residuales el cloro produce una acción sostenida de desinfección residual, única entre los desinfectantes disponibles de agua en gran escala. La superioridad del cloro como un desinfectante residual sigue siendo válido hasta hoy, la presencia de un residuo sostenido mantiene la higiene del agua potable final de la planta de tratamiento al grifo del consumidor.

La potente acción germicida del cloro elimina las bacterias, mohos y algas de limo, el cloro controla estos microorganismos molestos que por lo general crecen en reservorios, paredes de cañerías de transmisión de agua y tanques de almacenamiento.

El cloro en el tratamiento de agua destruye el sulfuro de hidrógeno y extrae amoníaco y otros compuestos nitrogenados que tienen sabores desagradables que obstaculizan la desinfección.

En el mercado hay muchos compuestos de cloro que pueden ser manejado más convenientemente que el cloro libre, los cuales en condiciones de uso adecuadas son igualmente activos como desinfectantes, entre los cuales se pueden citar los hipocloritos y las cloraminas.

El hipoclorito de calcio y el de sodio son los compuestos ampliamente más utilizados en la industria y el hogar, existen diferentes presentaciones,

en polvo, soluciones líquidas y a distintas concentraciones, dependiendo del uso que se les pueda dar. Productos que contienen entre el 5 y el 70% de hipoclorito de calcio son usados para desinfectar equipos de red alimenticia.

Las cloraminas representan otra categoría de compuestos clorados que se usan como desinfectantes, agentes de desinfectantes, agentes de saneamiento y antisépticos. Químicamente se caracterizan porque uno o más de los átomos de hidrógeno de los grupos amino de esos compuestos está sustituido por el cloro. El más sencillo de estos es la monocloramina, una de las ventajas de las cloraminas es su estabilidad, son más estables que los hipocloritos en términos de liberación prolongada de cloro. La acción germicida del cloro y sus compuestos deriva de la formación de ácido hipocloroso. El ácido hipocloroso que se forma en cualquiera de los casos después se descompone.

El oxígeno que se desprende de esta reacción es agente oxidante muy energético y por la acción que ejerce sobre los constituyentes celulares destruye los microorganismos. La muerte de los microorganismos por el cloro y sus compuestos también se debe en parte a la combinación directa del cloro con las proteínas de las membranas celulares y las enzimas.

#### **1.4.7. El Futuro de la desinfección con cloro.**

El debate de subproductos de desinfección ha llevado a algunas personas a pensar que disminuirá el uso de cloro en el tratamiento de agua potable. Esto altamente improbable, los desinfectantes alternativos también crean subproductos, hay otras manera más apropiadas de reducir los subproductos de desinfección, como las tecnologías de remoción de precursores.

Además el cloro es el desinfectante preferido para el agua potable por varias razones, cualquier otro tipo de desinfectante no puede proporcionar la amplia variedad de beneficios del cloro. Los desinfectantes que contienen

cloro proporcionan el residuo más eficaz y confiable en los sistemas de distribución, este residuo es una parte importante del enfoque para prevenir las enfermedades transmitidas por agua.

### 1.5. Ozono

El OZONO fue descubierto por el científico holandés VON MARUM en el año 1.783 trabajando con máquinas electrostáticas. Así mismo le sucedió a CIUKSHANK en el año 1.801 haciendo la electrólisis del agua. Finalmente en el año 1.840 el científico SCHONBEIN logró detectar y clasificar al **OZONO** dándole el nombre ya conocido por todos hoy en día (**OZONO**). Palabra que procede del griego (*ozein*) y que su significado es olor.

Es una variedad alotrópica del oxígeno, su molécula triatómica ( $O_3$ ) se genera por la activación de la molécula biatómica ( $O_2$ ) del oxígeno. Esta activación puede ser provocada por la acción de una descarga eléctrica o por la energía irradiada de los rayos ultravioleta. El ozono es un componente natural del aire limpio y seco, como el nitrógeno, oxígeno, argón, etc. En una proporción de 0.000002% en volumen, existiendo en la atmósfera ( $190 \times 10000000$  tm). Algunos gases que componen el aire tienen una misión específica que cumplir, en el caso del ozono es la de eliminar los agentes contaminantes que no formen parte del aire limpio y seco. A partir de todo lo anteriormente expuesto, se establecen las reglas de oro para una adecuada Ozonización pudiendo beneficiarse de este preciado gas personas y animales. Las normas de la OMS han sido tenidas en cuenta para la elaboración de la norma, recientemente aprobada.

**Tabla III. Propiedades del Ozono.**

Fórmula empírica	O <sub>3</sub>
Presión de vapor	7*10 <sup>6</sup>
Umbral de olor	0.01 a 0.02 ppm
Solvólisis	En agua: 490ml a 25 °C
Factores de conversión.	1 mg/m <sup>3</sup> = 0.51 ppm; 1 ppm
Peso Molecular	48
Temperatura de condensación	-112 °C
Temperatura de fusión	-192.5 °C
Temperatura Crítica	-12.1 °C
Densidad (líquido a 182 °C)	54 atm
Peso del litro de gas a 0 °C y atm	1.572 gr/cm <sup>3</sup>
1.3 veces más que el aire.	2.144 gr

**Fuente: Bibliografía.**

Con temperaturas normales ozono se encuentra en estado gaseoso en disolución inestable en el aire descomponiéndose relativamente rápido y convirtiéndose nuevamente en oxígeno, virucida, fungicida y de odorante destruyendo con gran rapidez estreptococos, estafilococos, colibacilos, etc., así como las más enérgicas toxinas difterianas y tetánicas.

El ozono es una forma de oxígeno, compuesta por tres átomos del mismo y que se representa como O<sub>3</sub> a diferencia del oxígeno normal atmosférico, compuesto por dos átomos de oxígeno y representado por O<sub>2</sub>.

Se produce de manera natural en altas capas de la atmósfera mediante la acción de los rayos ultravioletas sobre el oxígeno atmosférico, formando la llamada ozonósfera o capa de ozono, cuya misión es precisamente filtrar, absorber y reflejar la radiación ultravioleta procedente del sol. Las características químicas del ozono, nos la presentan como un gas inestable, es precisamente gracias a esta inestabilidad a la que se debe su rapidez de actuación y su capacidad de convertirse nuevamente en oxígeno normal. Sus propiedades altamente oxidantes y su capacidad para romper moléculas con doble enlace y anillos aromáticos mediante el mecanismo denominado ozonólisis, hacen que el ozono tenga tantas aplicaciones como se le atribuyen hoy día.

#### **1.5.1. Propiedades del ozono.**

El ozono introducido en un ambiente cualquiera realiza tres acciones fundamentales.

La acción microbicida es quizás la propiedad más importante del ozono y por que más aplicaciones se le atribuyen. El concepto microbio, es toda forma de vida que no puede ser vista por el ojo humano, y que requiere el uso de un microscopio. Estos seres vivos permanecen a veces sobre todo tipo de superficies, en todo tipo de fluidos, o bien floran en el aire asociados a pequeñas motas de polvo, minúsculas gotas de agua en suspensión de todo tipo de enfermedades contagiosas, especialmente en sitios cerrados donde haya un gran número de personas y el aire se remueve lentamente. En el control de algunos de estos microorganismos llamados patógenos el ozono debido a sus propiedades oxidantes, puede ser considerado como uno de los agentes microbicidas más rápido y eficaz que se conoce, su acción posee un amplio espectro que engloba la eliminación de bacterias, virus, hongos y esporas.

El efecto bactericida es bien conocido desde principios de siglo, donde se empezó a usar para el tratamiento de agua, actualmente no

servimos de él, tanto para el tratamiento de todo tipo de aguas como para tratar ambientes e incluso directamente sobre el organismo humano con fines terapéuticos. Una de las ventajas del ozono con respecto a otros bactericidas es que este efecto se pone de manifiesto a bajas concentraciones (0.01ppm o menos) y durante períodos de exposición muy cortos, incluso a concentraciones ínfimas de ozono es ya perfectamente observable un efecto bacteriostático. La diferencia entre un efecto bactericida y uno bacteriostático es que el primero es capaz de matar bacterias y el segundo no llega a matarlas pero si les impide reproducirse, frenando rápidamente el crecimiento de sus poblaciones.

Los virus son pequeñas partículas hoy consideradas frontera entre los seres vivos y la materia inerte que no son capaces de vivir ni reproducirse sin no es parasitando células a las que ocasiona su destrucción. A diferencia de las bacterias, los virus siempre son nocivos y provocan enfermedades a todo organismo que atacan, el ozono actúa sobre ellas oxidando las proteínas de su envoltura y modificando su estructura tridimensional, al ocurrir esto el virus no puede anclarse a ninguna célula hospedadora por no reconocer su punto de anclaje y al encontrarse el virus desprotegido y sin poder reproducirse, muere. La acción virucida es observable a concentraciones de ozono inferiores a la acción bactericida. Esto es debido a que la complejidad de la envoltura vírica es inferior a la de la pared bacteriana.

Existen ciertos tipos de hongos que tienen capacidad de provocar enfermedades al ser humano, otros muchos son capaces de ocasionar alteraciones en nuestros alimentos, haciéndolos inaceptables para su consumo, como es el caso, entre otros, de los mohos.

Debido a esto, resulta interesante controlar y eliminar estas formas patógenas cuyas esporas pululan por todo tipo de ambientes, el ozono nos ofrece la posibilidad de eliminarlas mediante su acción oxidante que provoca un daño celular irreversible.

Otro tipo de hongos y bacterias que cuando las condiciones son adversas para su desarrollo, fabrican una gruesa envoltura alrededor de ellas, y paralizan su actividad metabólica, permaneciendo en estado de latencia. Cuando las condiciones para la supervivencia vuelven a ser favorables, vuelven a su forma normal y su metabolismo recupera su actividad. Estas formas de resistencia se conocen como esporas y son típicas de bacterias patógenas. El ozono a concentraciones ligeramente superiores a las usadas para el resto de las bacterias, es capaz de acabar con la resistencia de las esporas.

El ozono posee la propiedad de destruir los malos olores atacando directamente sobre la causa que los provoca y sin añadir ningún otro olor, para lograr esto resulta extremadamente necesario no exceder la concentración fuerte de ozono presente en el aire y se percibiría un cierto olor.

El ozono por su mayor poder oxigenante contribuye a mejorar la eficiencia de las células de los organismos superiores en cuanto al aprovechamiento del oxígeno disponible, mediante la estimulación de varias enzimas que intervienen en estos procesos.

El ozono tiene distintas y variadas aplicaciones en medicina como desinfección y desodorización del aire, esterilización por diálisis, etc.

Para la purificación del agua y el aire, se necesita producir ozono *in-situ*. Debido a su corta vida media, el ozono decaerá pronto cuando sea producido. La vida media del ozono en el agua es de alrededor de 30 minutos, lo que significa que cada media hora la concentración de ozono será reducida a la mitad de su concentración inicial. Por ejemplo, cuando se tienen 8 g/l, la concentración se reduce cada 30 minutos como sigue: 8; 4; 2; 1; etc. En la práctica la vida media es más corta porque existen muchos factores que pueden influir la vida media. Los factores son temperatura, pH, concentración y algunos solutos.

Debido a que el ozono reacciona con todo tipo de componentes, la concentración de ozono se reducirá rápidamente. Cuando la mayor parte de

los componentes están oxidados, el ozono residual permanecerá, y la concentración de ozono se reducirá más despacio.

### **1.5.2 Toxicidad del ozono.**

Según la concentración y la duración del episodio, el ozono puede causar diferentes efectos; irritaciones en la faringe, irritaciones en el cuello, en los ojos, dificultades respiratorias, disminución del rendimiento, empeoramiento de la función pulmonar, síntomas de malestar en general. Hay que tener en cuenta que estos síntomas también pueden tener otras causas y que difícilmente se pueden distinguir de las perturbaciones generales del estado de la salud, por otra parte, la sensibilidad al ozono puede variar mucho de persona a persona, aquello que es nocivo para una persona puede no tener ningún efecto sobre otra. El ozono es irritante para las mucosas de los ojos, nariz y garganta, pero las lesiones más severas se producen en las vías respiratorias. La toxicidad del ozono se debe en parte a la descomposición oxidativa de ácidos grasos saturados en el organismo. En el agua cuando aumenta el pH, también aumenta la velocidad con que el ozono se descompone en una solución acuosa, en presencia de agua el ozono oxida todos los metales hasta el grado máximo.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Recursos.**

#### **2.1.1. Ubicación**

- Laboratorio de Aseguramiento de Calidad, Embotelladora la Mariposa.
- Laboratorio de la Sección de Química Industrial de Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### **2.1.2. Recursos Humanos.**

- Ingeniera Química Telma Maricela Cano Morales.
- Oliver Luis Tello Monzón
- Personal del laboratorio de calidad de la embotelladora.

#### **2.1.3. Duración del Experimento.**

Cada corrida se llevó a cabo durante un período aproximado de cada 2 horas, siendo un total de 72 horas.

## **2.2. Activación de los desinfectantes.**

### **2.2.1. Material requerido.**

- Tres muestras de agua infestada con bacterias, levaduras y mohos respectivamente.
- Tres tubos de cultivo grandes.
- Tres frascos conteniendo diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio a 10ppm, 25ppm y 100ppm.
- Tres frascos más, conteniendo ozono a 0.1ppm, 0.25ppm y 1.0ppm.
- Setenta y dos tubos de medio de crecimiento.
- Setenta y dos monitores estériles.
- Pipetas estériles de 1cc.
- Pipetas estériles de 10cc.

### **2.2.2. Procedimiento.**

- Por medio de una pipeta, colocar 10cc de la muestra de agua, en cada uno de los tubos de cultivo (Bacterias y levaduras). Colocar cada uno de los tubos de cultivo 1cc de las diferentes concentraciones de cloro. Mezclar y marcar los tubos con las soluciones.
- Dejar actuar el cloro durante un tiempo de contacto de 5 minutos.
- Variar la temperatura y el tiempo según la tabla posterior.
- Efectuar el método de membranas de filtración para la identificación de microorganismos.

- Efectuar el mismo procedimiento desde el inicio para las diferentes concentraciones de ozono, verificar la tabla que posteriormente se presenta.

**Tabla IV. Concentraciones del Hipoclorito (ppm), tres repeticiones por tiempo a 50 °C.**

Microorganismo	Temperatura(°C)	20	20	20	20	20	20
	Tiempo (min.)	5	20	5	20	5	20
Levaduras mohos		10	10	25	25	100	100
Bacterias		10	10	25	25	100	100

Fuente: Diseño Experimental.

**Tabla V. Concentraciones del Hipoclorito (ppm), tres repeticiones por tiempo a 20 °C.**

Microorganismo	Temperatura(°C)	50	50	50	50	50	50
	Tiempo (min.)	5	20	5	20	5	20
Levaduras mohos		10	10	25	25	100	100
Bacterias		10	10	25	25	100	100

Fuente: Diseño Experimental.

**Tabla VI. Concentraciones del Ozono (ppm), tres repeticiones por tiempo a 50°C.**

Microorganismo	Temperatura(°C)	50	50	50	50	50	50
	Tiempo (min.)	5	20	5	20	5	20
Levaduras mohos		0.1	0.1	0.25	0.25	1	1
Bacterias		0.1	0.1	0.25	0.25	1	1

**Fuente: Diseño Experimental.**

**Tabla VII. Concentraciones del Ozono (ppm), tres repeticiones por tiempo a 20°C.**

Microorganismo	Temperatura(°C)	50	50	50	50	50	50
	Tiempo (fin)	5	20	5	20	5	20
Levaduras mohos		0.1	0.1	0.25	0.25	1	1
Bacterias		0.1	0.1	0.25	0.25	1	1

**Fuente: Diseño Experimental.**

## 2.3. Identificación de Microorganismos.

### 2.3.1. Material y equipo requerido.

- Monitores de 47 mm o 55mm.
- Bomba de vacío.
- Medios de cultivo.
- Incubadoras (25°C y 35°C)
- Membranas de 0.45µm.

### 2.3.2. Procedimiento.

- Tomar la muestra asépticamente.
- Colocar el monitor en el sistema de vacío.
- Filtrar la muestra a través del monitor, usando vacío.
- Añadir el medio de cultivo.
- Remover la caja del monitor e incubar.
- Identificar el crecimiento (usar el microscopio si es necesario).
- Contar el número de colonias presentes.

### 2.3.3. Tiempos de incubación.

Prueba	Temperatura	Tiempo
Bacterias	35°C +/- 1°C	48 horas +/-3
Coliforme (confirmativo)	35°C +/- 1°C	24 horas +/- 3
Levaduras	25°C +/- °C	72/120 horas +/- 3

#### 2.3.4. Medios de cultivo.

Prueba	Tipo de Medio	Descripción
Bacterias	TGE Crecimiento (recuento total)	No Selectivo. Medio nutriente para uso general con técnica de filtración por membrana.
Coliforme	m-Endo (presuntivo)	Selectivo. Medio diferencial usado con técnica de filtración por membrana. Las colonias muestran brillo verde metálico típico.
Levaduras/Mohos	m-Green para mohos y levaduras	No Selectivo. Medio para uso general que determina mohos y levaduras. En este medio pueden crecer bacterias acidúricas y mohos.

## **2.4. Porcentaje de eliminación.**

Se define como porcentaje de eliminación, a la cantidad que representa a los microorganismos que un germicida pudo eliminar, y se calcula de la siguiente forma.

- %E, porcentaje de eliminación
- Mo, unidades formadoras de colonias al inicio de la muestra.
- Mf, unidades formadoras de colonias luego de la acción del germicida.

$$\%E = \frac{100 - (Mf * 100)}{Mo} \quad (\text{Ec.3})$$

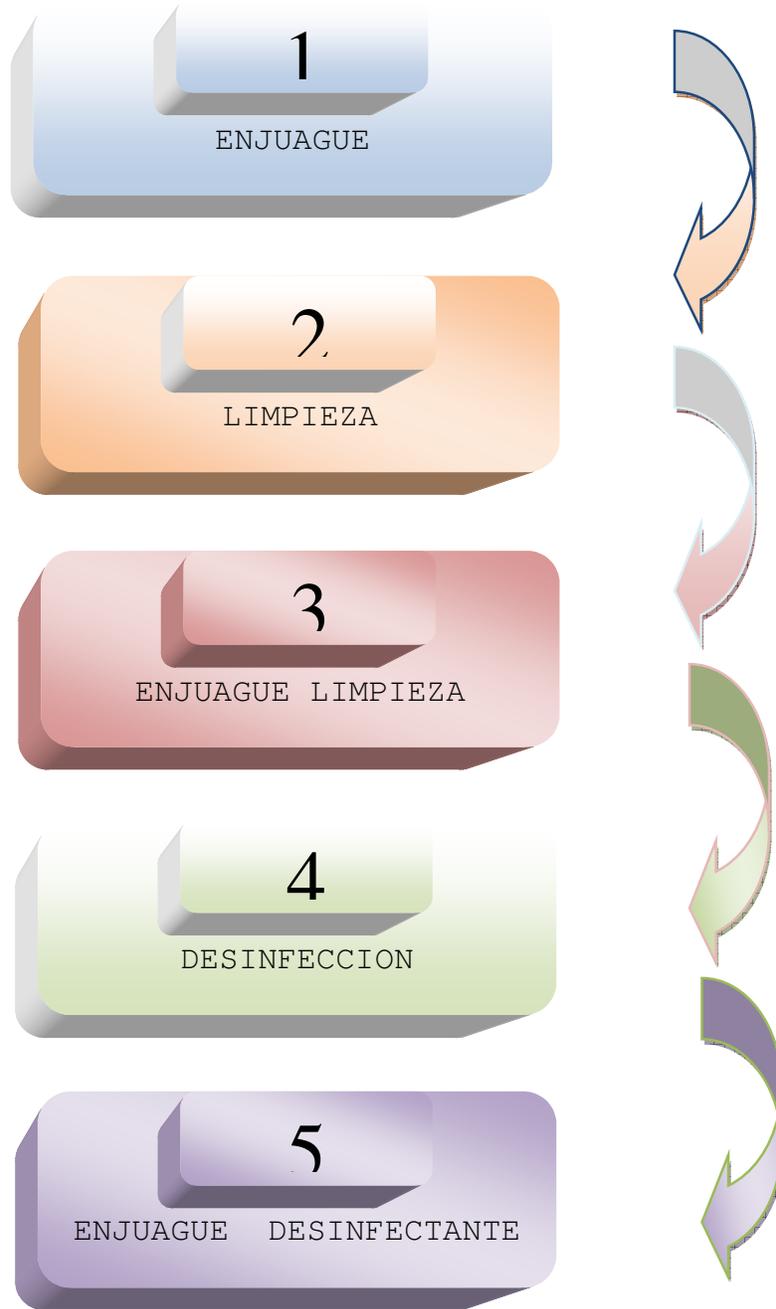
## **2.5. Proceso de limpieza y desinfección.**

El proceso de limpieza pretende como tal eliminar la suciedad, así como destruir los microorganismos, evitando condiciones no sanitarias, descomposición del producto, daños al empaque y una contaminación cruzada.

En general en la industria de bebidas carbonatadas los problemas de saneamiento pueden tener serios efectos negativos en la aceptación de la bebida en el mercado. La forma de evitar los problemas de saneamiento es mantener la planta bebida, el equipo de producción, el proceso y los ingredientes tan saneados como sea posible.

A continuación se describe específicamente las partes del proceso, consta de cinco etapas fundamentales.

**Figura 2. Fases del método de limpieza y desinfección.**



**Fuente: Diseño Experimental.**

### **2.5.1 Enjuague de suciedad.**

En esta primera etapa se pretende eliminar a la suciedad no adherida y aflojar la adherida, así como mejorar la eficiencia de la solución limpiadora.

Entre los tipos principales de suciedad que se remueve en esta etapa se encuentran:

- Orgánicos: Los edulcorantes y jugos.
- Inorgánicos: Incrustaciones y película alcalina.
- Carbohidratos: Aceites y grasas.
- Microbianos: Bacterias, levaduras y hongos.

### **2.5.2 Limpieza.**

En esta etapa se pretende remover la suciedad, mediante la acción química, física, consta de la remoción de toda la suciedad del equipo, dispersión de la suciedad dentro de la solución limpiadora y prevención del re-depósito de la suciedad en las superficies limpias. Hay dos tipos fundamentales de limpiadora, en los que se encuentran.

- Alcalinos: Fosfato tri sódico, soda cáustica.
- Ácidos: Ácido fosfórico y ácido per acético.

### **2.5.3 Enjuague del limpiador.**

En esta etapa se pretende remover por completo a la solución limpiadora y cualquier residuo que haya quedado, de igual forma se pretende preparar al equipo para el saneamiento. Para garantizar la completa aplicación y efectividad de la segunda etapa es importante remover todo el limpiador en esta y asegurarse que no quede ningún rastro pues podría inhibir la capacidad del germicida.

#### **2.5.4 Desinfección.**

Tratamiento de una superficie limpia, mediante el cual mueren los microorganismos, su eficiencia depende de:

- Concentración
- Temperatura
- Tiempo de contacto.

#### **2.5.5 Enjuague del Desinfectante.**

El objetivo de este enjuague, es eliminar por completo el desinfectante, y estabilizar térmicamente los equipos y tuberías si se utilizó calor en el paso anterior.

#### **2.5.6 Mediciones de Proceso.**

Se llevan a cabo durante el proceso, las más comunes son las siguientes:

- Concentraciones de los compuestos químicos.
- Temperaturas.
- Velocidades de los flujos.
- Tiempos de Contacto.

### **2.5.7 Puntos críticos de control.**

Específicamente estos puntos se refieren a lugares fundamentales para la manufactura de las bebidas los cuales tienen que ser limpiados y desinfectados adecuadamente para garantizar la inocuidad de las bebidas, en general se consideran los siguientes:

- Tanque de agua.
- Tanque de jarabe
- Tanque mezclador
- Válvulas de llenado de producto.

### **2.5.8 Mediciones Microbiológicas.**

Estas garantizan que el proceso fue aplicado correctamente en pocas palabras, califican el buen desempeño o no del proceso de limpieza.

- Aguas de enjuague.
- Superficies (Análisis de ATP)
- Producto terminado.

### **2.5.9 Limpieza simple.**

Aquí se utilizarán fundamentalmente tanques adicionales a los del equipo a sanear, su transporte se efectuará por medio de bombeo hacia el mismo y las soluciones que se preparen se efectuarán a temperatura ambiente. Así como en ninguna parte del proceso existirá recirculación, el flujo es totalmente unidireccional.

### **2.5.10 Limpieza CIP**

En este proceso, el flujo de saneamiento es continuo, se tienen recirculación, lo que permite mayor tiempo de contacto de las soluciones limpiadoras con el equipo, además se pueden manejar soluciones a diferentes tipos de temperaturas, según sea la necesidad, tanto de que tipo de microorganismos, como de tipos de suciedades que se adapten al proceso.

### **2.6. Factibilidad económica.**

Para poder decidir sobre que germicida es el óptimo es necesario, además de comprobar la capacidad de eliminación, la factibilidad económica que permita obtener mejores costos de operación.

#### **2.6.1. Costo de proceso de limpieza con hipoclorito de sodio.**

Costo de Proceso = Costo Disolución + Costo del Hipoclorito + Costo de mantenimiento de equipo. (Ec.4)

##### **2.6.1.1 Costo de disolución; CD**

$CD = (\text{Potencia de la bomba}) * (\text{Tiempo de disolución}) * (\text{Costo de Energía}).$   
(Ec.5)

##### **2.6.1.2. Costo de Hipoclorito de sodio por proceso de limpieza, CHS**

$CHS = (\text{costo del hipoclorito por galón}) * (\text{galones de hipoclorito}).$  (Ec.6)

### **2.6.1.3. Costo de mantenimiento de equipo.**

Costo anual del mantenimiento del equipo encargado de la disolución del hipoclorito.

### **2.6.2. Costo de proceso de limpieza con ozono.**

Costo de Proceso = Costo Generación + Costo de transporte y disolución  
+ Costo de mantenimiento de equipo. (Ec.7)

#### **2.6.2.1 Costo de generación, CG**

$CG = (\text{Potencia del generador}) * (\text{Tiempo de disolución}) * (\text{Costo de Energía}).$   
(Ec.8)

#### **2.6.2.2. Costo de transporte y disolución, CTD**

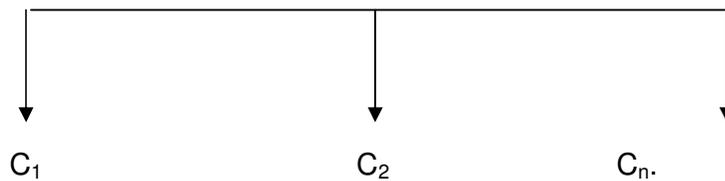
$CTD = (\text{Potencia de bomba de transporte y disolución}) * (\text{Tiempo de transporte y disolución}) * (\text{Costo de Energía}).$  (Ec.9)

### **2.6.2.3. Costo de mantenimiento de equipo.**

Costo anual del mantenimiento del equipo encargado de la disolución del hipoclorito.

### 2.6.3. Valor presente de la opción de desinfección con hipoclorito de sodio.

Se calcula el valor presente neto para un período determinado con flujos anuales, con un costo de capital del 10%.



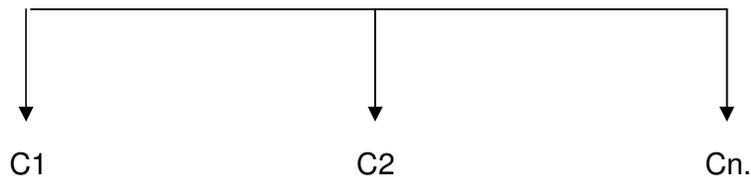
Donde:  $C_n$  es el costo anual del proceso de limpieza utilizando hipoclorito de sodio como germicida.

$$VPN = \sum(CF_t/(1 + k)^t) - CF_0 \quad (\text{Ec.9})$$

- $CF_0$ : Inversión inicial
- $CF_t$ : Valor presente de sus flujos positivos de efectivo.
- $K$ : Costo de capital.

### 2.6.4. Valor presente de la opción de desinfección con ozono.

Se calcula el valor presente neto para un período determinado con flujos anuales, con un costo de capital del 10%.



Donde:  $C_n$  es el costo anual de proceso de limpieza utilizando ozono.

$$VPN = \sum(CF_t/(1 + k)^t) - CF_0 \quad (\text{Ec.10})$$

### 3. RESULTADOS

**3.1 Activación de la muestra infestada con cloro, bacterias totales (UFC). A nivel laboratorio.**

**3.1.1 Concentración de cloro y temperatura constante, 25ppm y 20 °C respectivamente.**

**Tabla VIII. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 8 minutos con hipoclorito de sodio a 25ppm, a 20 °C.**

Tiempo Contacto (min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
8	25	45
8	25	33
8	25	12
Promedio		30

**Fuente: Datos Originales.**

**Tabla IX. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 15 minutos con hipoclorito de sodio a 25ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
15	25	27
15	25	25
15	25	25
Promedio		25.67

Fuente: Datos Originales.

**3.1.2 Concentración de cloro y temperatura constante, 25ppm y 50°C respectivamente.**

**Tabla X. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 8 minutos con hipoclorito de sodio a 25ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
8	25	31
8	25	31
8	25	24
Promedio		28.67

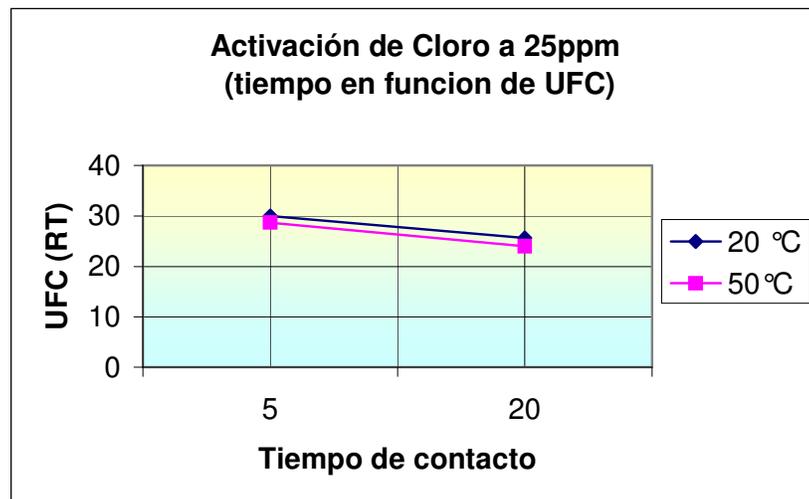
Fuente: Datos Originales.

**Tabla XI. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 15 minutos con hipoclorito de sodio a 25ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
15	25	32
15	25	20
15	25	20
Promedio		24

Fuente: Datos Originales.

**Figura 3. Gráfico que relaciona el tiempo de contacto en función de la cantidad de Bacterias totales existentes después de la aplicación de hipoclorito a 25ppm y a distintas temperaturas, a nivel de laboratorio.**



Fuente: Datos Calculados.

**3.1.3 Concentración de cloro y temperatura constante, 50ppm y 20°C respectivamente.**

**Tabla XII. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 8 minutos con hipoclorito de sodio a 50ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
8	50	20
8	50	15
8	50	15
Promedio		16.67

Fuente: Datos Originales.

**Tabla XIII. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 15 minutos con hipoclorito de sodio a 25ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
15	50	18
15	50	10
15	50	10
Promedio		13.33

Fuente: Datos Originales.

**3.1.4 Concentración de cloro y temperatura constante, 50ppm y 50°C respectivamente.**

**Tabla XIV. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 8 minutos con hipoclorito de sodio a 50ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
8	50	18
8	50	15
8	50	15
Promedio		14.67

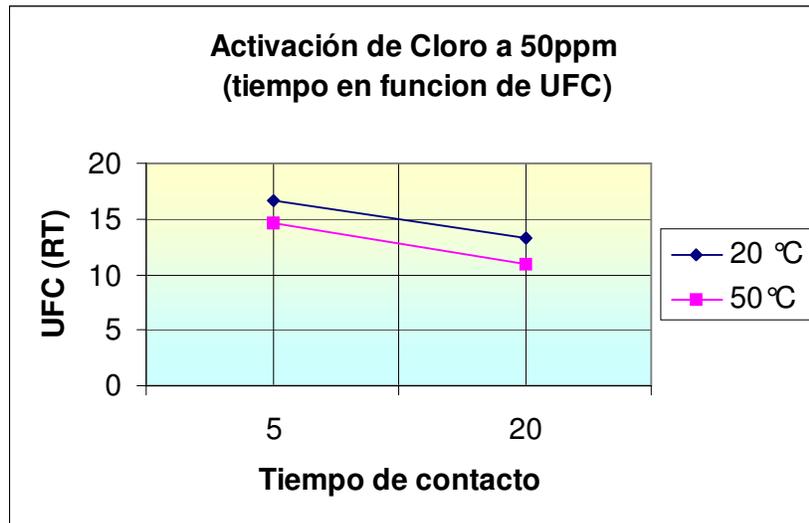
Fuente: Datos Originales.

**Tabla XV. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 15 minutos con hipoclorito de sodio a 50ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
15	50	11
15	50	15
15	50	7
Promedio		11

Fuente: Datos Originales.

**Figura 4. Gráfico que relaciona el tiempo de contacto en función de la cantidad de Bacterias totales existentes después de la aplicación de hipoclorito a 50ppm y a distintas temperaturas, a nivel de laboratorio.**



Fuente: Datos Calculados.

**3.1.5 Concentración de cloro y temperatura constante, 100ppm y 20°C respectivamente.**

**Tabla XVI. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 8 minutos con hipoclorito de sodio a 100ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
8	100	12
8	100	11
8	100	6
Promedio		9.67

Fuente: Datos Originales.

**Tabla XVII. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 15 minutos con hipoclorito de sodio a 100ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
15	100	8
15	100	8
15	100	2
Promedio		6

Fuente: Datos Originales.

**3.1.6 Concentración de cloro y temperatura constante, 100ppm y 50°C respectivamente.**

**Tabla XVIII. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 8 minutos con hipoclorito de sodio a 100ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
8	100	8
8	100	4
8	100	5
Promedio		5.67

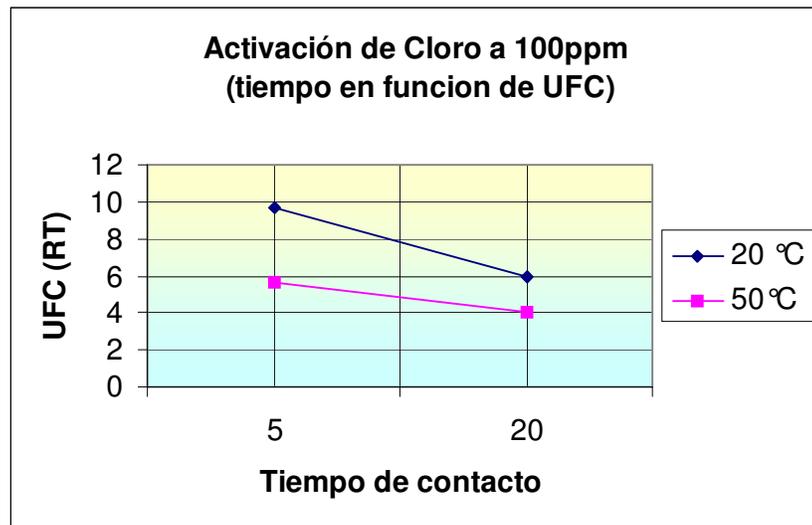
Fuente: Datos Originales.

**Tabla XIX. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 15 minutos con hipoclorito de sodio a 100ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
15	100	4
15	100	3
15	100	5
Promedio		4

Fuente: Datos Originales.

**Figura 5. Gráfico que relaciona el tiempo de contacto en función de la cantidad de Bacterias totales existentes después de la aplicación de hipoclorito a 100ppm y a distintas temperaturas, a nivel de laboratorio.**



Fuente: Datos Calculados.

### 3.2 Activación de la Muestra Infestada con Ozono, Bacterias totales (URL). A nivel laboratorio.

#### 3.2.1 Concentración de ozono y temperatura constante

**Tabla XX. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 8 minutos con ozono a 0.1ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
8	0.1	25
8	0.1	23
8	0.1	12
Promedio		20

Fuente: Datos Originales.

**Tabla XXI. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 15 minutos con ozono a 0.1ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
15	0.1	12
15	0.1	8
15	0.1	8
Promedio		9.33

Fuente: Datos Originales.

### 3.2.2 Concentración de ozono y temperatura constante

**Tabla XXII. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 8 minutos con ozono a 0.1ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
8	0.1	15
8	0.1	12
8	0.1	5
Promedio		10.67

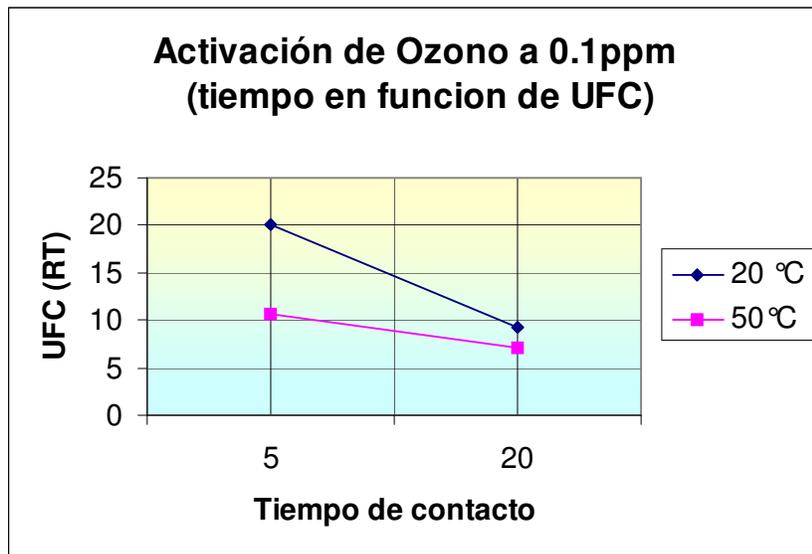
Fuente: Datos Originales.

**Tabla XXIII. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 15 minutos con ozono a 0.1ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
15	0.1	5
15	0.1	8
15	0.1	8
Promedio		7

Fuente: Datos Originales.

**Figura 6. Gráfico que relaciona el tiempo de contacto en función de la cantidad de Bacterias totales existentes después de la aplicación de ozono a 0.1ppm y a distintas temperaturas, a nivel de laboratorio.**



Fuente: Datos Calculados.

### 3.2.3 Concentración de ozono y temperatura constante

**Tabla XXIV. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 8 minutos con ozono a 0.25ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
8	0.25	12
8	0.25	12
8	0.25	9
Promedio		11

Fuente: Datos Originales.

**Tabla XXV. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 15 minutos con ozono a 0.25ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
15	0.25	0
15	0.25	3
15	0.25	3
Promedio		2

Fuente: Datos Originales.

### 3.2.4 Concentración de ozono y temperatura constante

**Tabla XXVI. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 8 minutos con ozono a 0.25ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
8	0.25	2
8	0.25	1
8	0.25	2
Promedio		1.67

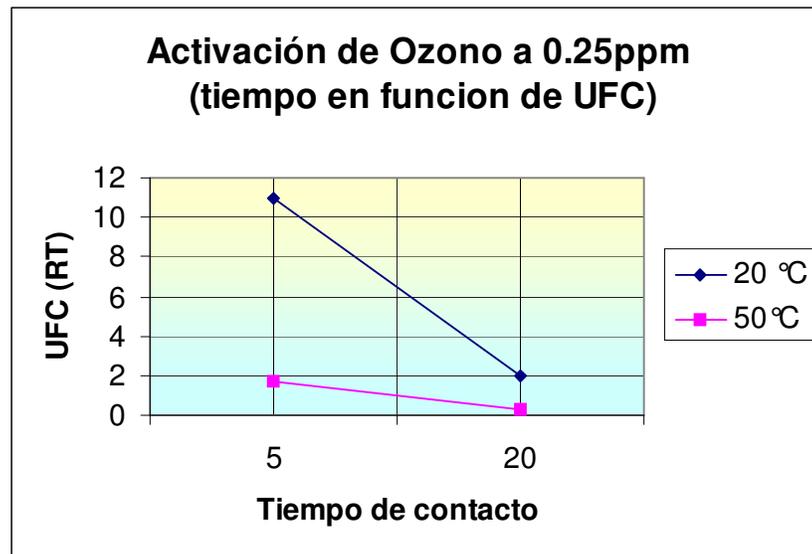
Fuente: Datos Originales.

**Tabla XXVII. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 15 minutos con ozono a 0.25ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
15	0.25	0
15	0.25	0
15	0.25	1
Promedio		0.33

Fuente: Datos Originales.

**Figura 7. Gráfico que relaciona el tiempo de contacto en función de la cantidad de Bacterias totales existentes después de la aplicación de ozono a 0.25ppm y a distintas temperaturas, a nivel de laboratorio.**



Fuente: Datos Calculados.

### 3.2.5 Concentración de ozono y temperatura constante

**Tabla XXVIII. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 8 minutos con ozono a 1.0ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
8	1	0
8	1	0
8	1	0
Promedio		0

Fuente: Datos Originales.

**Tabla XXIX. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 15 minutos con ozono a 1.0ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
15	1	0
15	1	0
15	1	0
Promedio		0

Fuente: Datos Originales.

### 3.2.6 Concentración de ozono y temperatura constante

**Tabla XXX. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 8 minutos con ozono a 1.0ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	BACTERIAS(UFC)
8	1	0
8	1	0
8	1	0
Promedio		0

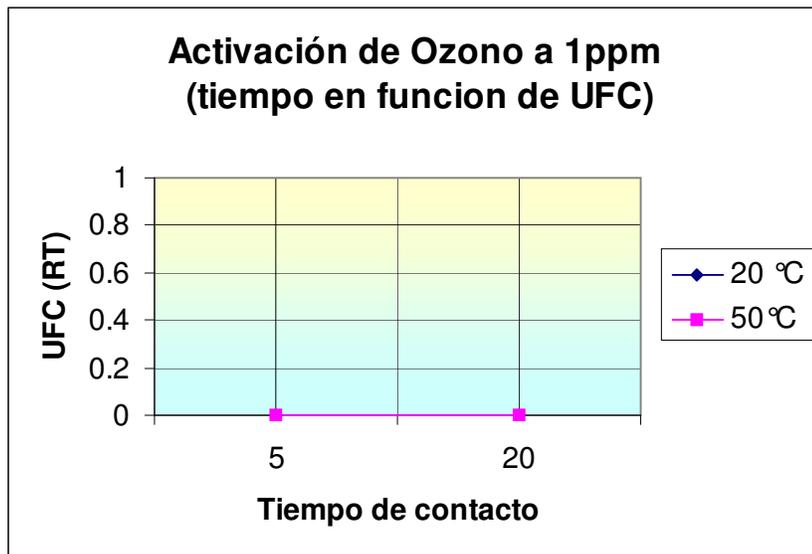
Fuente: Datos Originales.

**Tabla XXXI. Cantidad de Bacterias Totales, después de poner en contacto durante 15 minutos con ozono a 1.0ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Bacterias(UFC)
15	1	0
15	1	0
15	1	0
Promedio		0

Fuente: Datos Originales.

**Figura 8. Gráfico que relaciona el tiempo de contacto en función de la cantidad de Bacterias totales existentes después de la aplicación de ozono a 1.0ppm y a distintas temperaturas, a nivel de laboratorio.**



Fuente: Datos Calculados.

**3.3 Activación de la Muestra Infestada con Cloro, Levaduras (URL), a nivel laboratorio.**

**3.3.1 Concentración de cloro y temperatura constante**

**Tabla XXXII. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 8 minutos con hipoclorito de sodio a 25ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
8	25	25
8	25	21
8	25	12
Promedio		19.33

Fuente: Datos Originales.

**Tabla XXXIII. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 15 minutos con hipoclorito de sodio a 25ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
15	25	12
15	25	10
15	25	5
Promedio		9

Fuente: Datos Originales.

### 3.3.2 Concentración de cloro y temperatura constante

**Tabla XXXIV. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 8 minutos con hipoclorito de sodio a 25ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	LEVADURAS(UFC)
8	25	18
8	25	14
8	25	11
Promedio		14.33

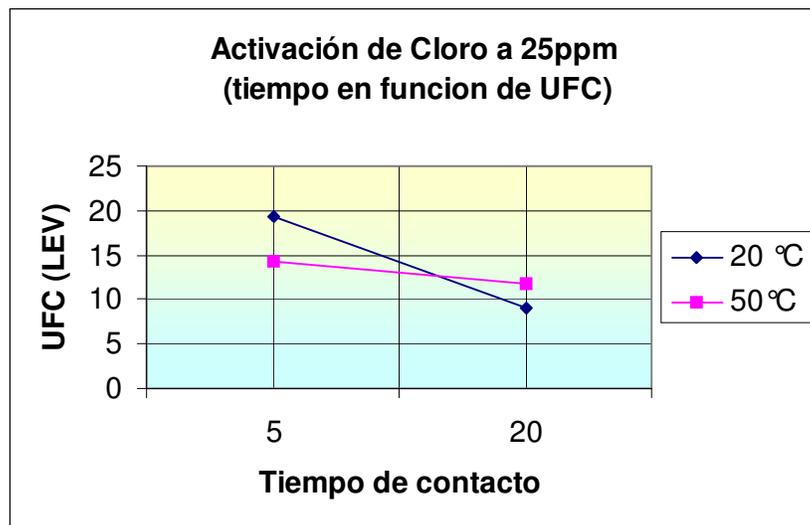
Fuente: Datos Originales.

**Tabla XXXV. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 15 minutos con hipoclorito de sodio a 25ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	LEVADURAS(UFC)
15	25	8
15	25	6
15	25	21
Promedio		11.66666667

Fuente: Datos Originales.

**Figura 9. Gráfico que relaciona el tiempo de contacto en función de la cantidad de Levaduras existentes después de la aplicación de hipoclorito de sodio a 25ppm y a distintas temperaturas, a nivel de laboratorio.**



Fuente: Datos Calculados.

**Tabla XXXVI. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 8 minutos con hipoclorito de sodio a 50ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
8	50	12
8	50	14
8	50	15
Promedio		13.67

Fuente: Datos Originales.

**Tabla XXXVII. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 15 minutos con hipoclorito de sodio a 50ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
15	50	18
15	50	12
15	50	2
Promedio		12.67

Fuente: Datos Originales.

### 3.3.3 Concentración de cloro y temperatura constante

**Tabla XXXVIII. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 8 minutos con hipoclorito de sodio a 50ppm, a 50 °C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
8	50	25
8	50	2
8	50	21
Promedio		16

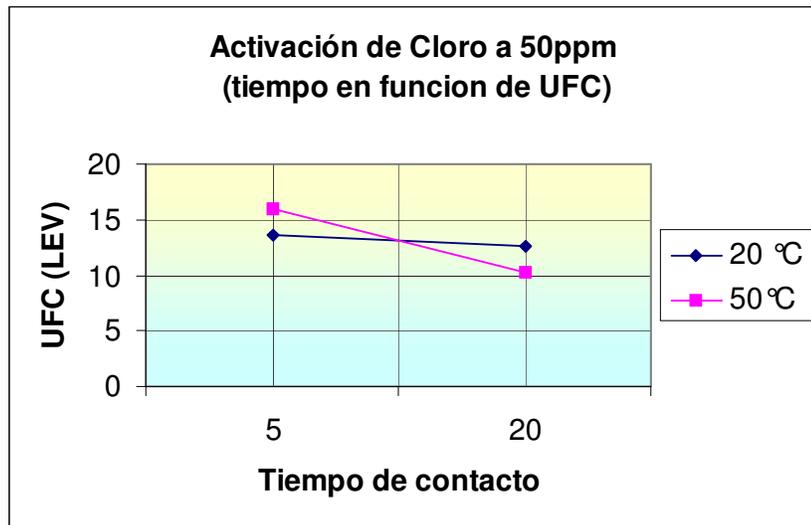
Fuente: Datos Originales.

**Tabla XXXIX. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 15 minutos con hipoclorito de sodio a 50ppm, a 50 °C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
15	50	12
15	50	11
15	50	8
Promedio		10.33333333

Fuente: Datos Originales.

**Figura 10. Gráfico que relaciona el tiempo de contacto en función de la cantidad de Levaduras existentes después de la aplicación de hipoclorito de sodio a 50ppm y a distintas temperaturas, a nivel de laboratorio.**



Fuente: Datos Calculados.

### 3.3.4 Concentración de cloro y temperatura constante

**Tabla XL. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 8 minutos con hipoclorito de sodio a 100ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	levaduras(UFC)
8	100	2
8	100	4
8	100	13
Promedio		6.33

Fuente: Datos Originales.

**Tabla XLI. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 15 minutos con hipoclorito de sodio a 100ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
15	100	1
15	100	11
15	100	1
Promedio		4.33

Fuente: Datos Originales.

### 3.3.5 Concentración de cloro y temperatura constante

**Tabla XLII. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 8 minutos con hipoclorito de sodio a 100ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
8	100	9
8	100	2
8	100	3
Promedio		4.67

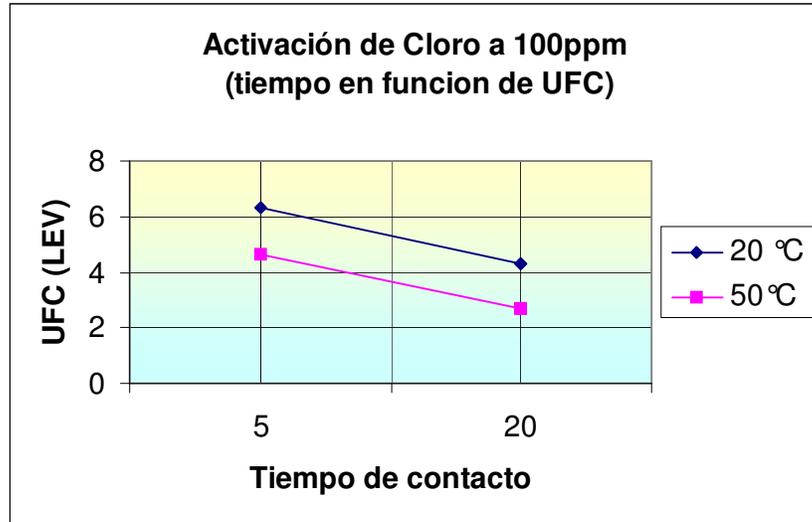
Fuente: Datos Originales.

**Tabla XLIII. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 15 minutos con hipoclorito de sodio a 100ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
15	100	1
15	100	5
15	100	2
Promedio		2.67

Fuente: Datos Originales.

**Figura 11. Gráfico que relaciona el tiempo de contacto en función de la cantidad de Levaduras existentes después de la aplicación de hipoclorito de sodio a 100ppm y a distintas temperaturas, a nivel de laboratorio.**



Fuente: Datos Calculados.

**3.4 Activación de la Muestra Infestada con Ozono, Levaduras (URL). A nivel laboratorio.**

**3.4.1 Concentración de ozono y temperatura constante**

**Tabla XLIV. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 8 minutos con ozono a 0.1ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
8	0.1	9
8	0.1	6
8	0.1	9
Promedio		8

Fuente: Datos Originales.

**Tabla XLV. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 15 minutos con ozono a 0.1ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
15	0.1	5
15	0.1	5
15	0.1	8
Promedio		6

Fuente: Datos Originales.

### 3.4.2 Concentración de ozono y temperatura constante

**Tabla XLVI. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 8 minutos con ozono a 0.1ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
8	0.1	5
8	0.1	5
8	0.1	8
Promedio		5.67

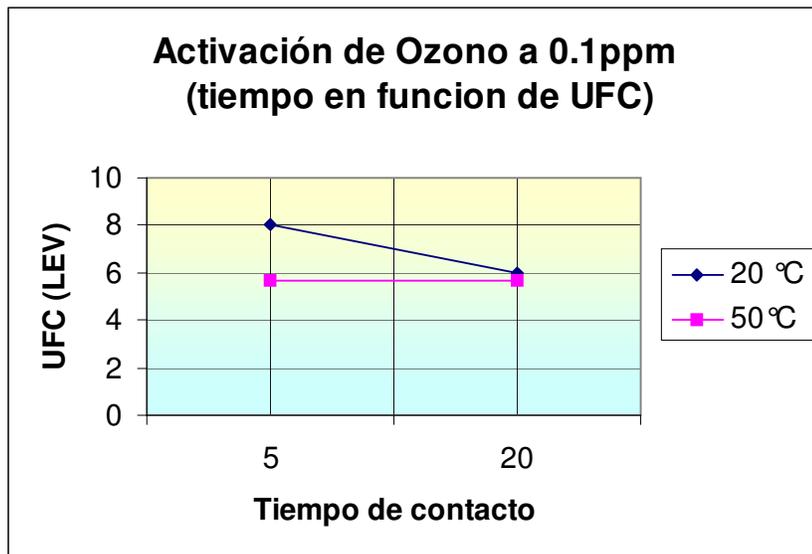
Fuente: Datos Originales.

**Tabla XLVII. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 15 minutos con ozono a 0.1ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
15	0.1	14
15	0.1	1
15	0.1	2
Promedio		5.67

Fuente: Datos Originales.

**Figura 12. Gráfico que relaciona el tiempo de contacto en función de la cantidad de Levaduras existentes después de la aplicación de ozono a 0.10ppm y a distintas temperaturas, a nivel de laboratorio.**



Fuente: Datos Calculados.

### 3.4.3 Concentración de ozono y temperatura constante

**Tabla XLVIII. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 8 minutos con ozono a 0.25ppm, a 20 °C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
8	0.25	1
8	0.25	1
8	0.25	0
Promedio		0.67

Fuente: Datos Originales.

**Tabla XLIX. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 15 minutos con ozono a 0.25ppm, a 20 °C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
15	0.25	0
15	0.25	0
15	0.25	0
Promedio		0

Fuente: Datos Originales.

### 3.4.4 Concentración de ozono y temperatura constante

**Tabla L. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 15 minutos con ozono a 0.25ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
8	0.25	2
8	0.25	1
8	0.25	0
Promedio		1

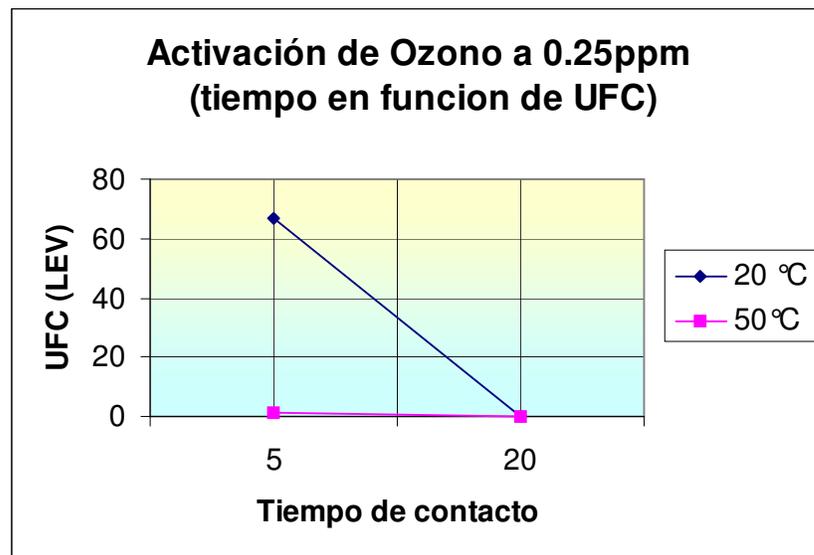
Fuente: Datos Originales.

**Tabla LI. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 15 minutos con ozono a 0.25ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
15	0.25	0
15	0.25	0
15	0.25	0
Promedio		0

Fuente: Datos Originales.

**Figura 13. Gráfico que relaciona el tiempo de contacto en función de la cantidad de Levaduras existentes después de la aplicación de ozono a 0.25ppm y a distintas temperaturas, a nivel de laboratorio.**



Fuente: Datos Calculados.

### 3.4.5 Concentración de ozono y temperatura constante

**Tabla LII. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 8 minutos con ozono a 1.0ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
8	1	1
8	1	0
8	1	0
Promedio		0.33

Fuente: Datos Originales.

**Tabla LIII. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 15 minutos con ozono a 1.0ppm, a 20°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
15	1	0
15	1	1
15	1	0
Promedio		0.33

Fuente: Datos Originales.

### 3.4.6 Concentración de ozono y temperatura constante

**Tabla LIV. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 8 minutos con ozono a 1.0ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
8	1	0
8	1	0
8	1	1
Promedio		0.33

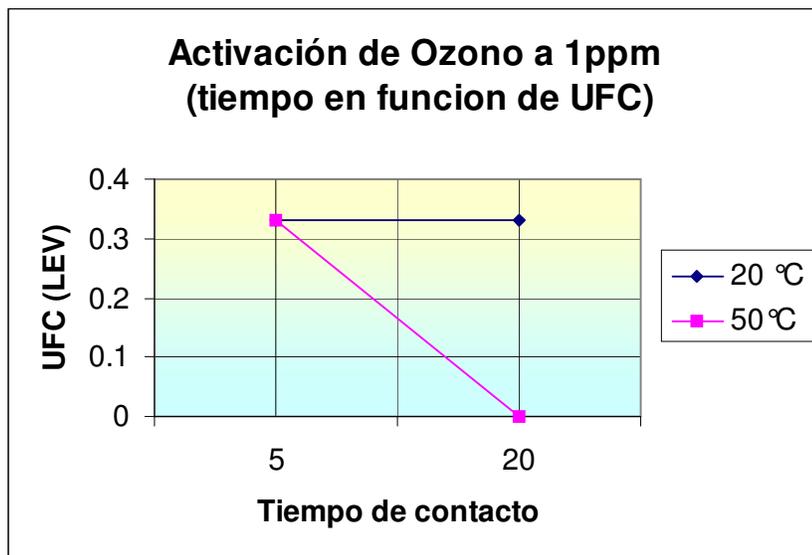
Fuente: Datos Originales.

**Tabla LV. Cantidad de Levaduras, después de poner en contacto durante 15 minutos con ozono a 1.0ppm, a 50°C.**

Tiempo Contacto(min)	Concentración (ppm)	Levaduras(UFC)
15	1	0
15	1	0
15	1	0
Promedio		0

Fuente: Datos Originales.

**Figura 14. Gráfico que relaciona el tiempo de contacto en función de la cantidad de Levaduras existentes después de la aplicación de ozono a 1.0ppm y a distintas temperaturas, a nivel de laboratorio.**



Fuente: Datos Calculados.

**3.5 Porcentaje de eliminación de bacterias totales del cloro y el ozono, a nivel laboratorio.**

**Tabla LVI. Porcentaje de eliminación, empleando Hipoclorito de sodio, determinando Bacterias totales.**

<b>Hipoclorito de Sodio</b>				
<b>No.</b>	<b>Tiempo ( min)</b>	<b>Concentración (ppm)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>% de Eliminación</b>
1	8	25	20	88
2	8	50	20	93.3
3	8	100	20	96.1
4	15	25	20	89.7
5	15	50	20	94.7
6	15	100	20	97.6
7	8	25	50	88.5
8	8	50	50	94.1
9	8	100	50	97.7
10	15	25	50	90.4
11	15	50	50	95.6
12	15	100	50	98.4

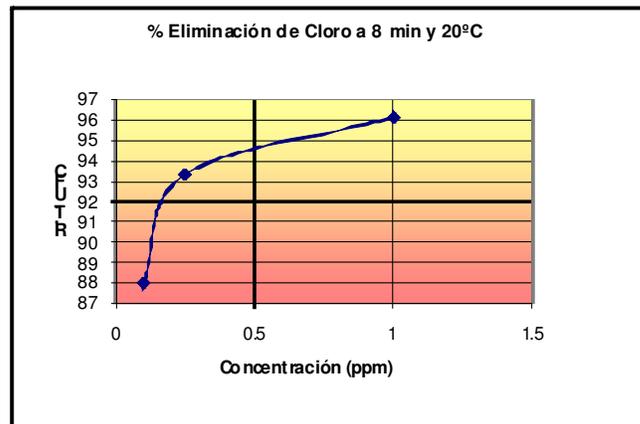
**Fuente: Muestra de Cálculo.**

**Tabla LVII. Porcentaje de Eliminación, empleando Ozono, determinando Bacterias totales.**

<b>Ozono</b>				
<b>No</b>	<b>Tiempo ( min)</b>	<b>Concentración (ppm)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>% de Eliminación</b>
1	8	0.1	20	92
2	8	0.25	20	95.6
3	8	1	20	100
4	15	0.1	20	96.3
5	15	0.25	20	99.2
6	15	1	20	100
7	8	0.1	50	95.7
8	8	0.25	50	99.3
9	8	1	50	100
10	15	0.1	50	97.2
11	15	0.25	50	99.9
12	15	1	50	100

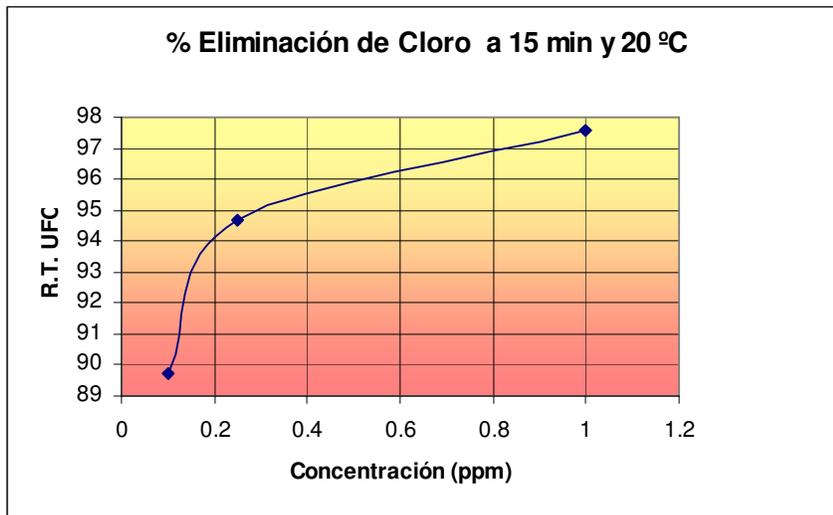
**Fuente: Muestra de Cálculo.**

**Figura 15. Gráfico que relaciona la concentración de hipoclorito de sodio en función del porcentaje de eliminación de bacterias totales, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 8 minutos a 20 °C**



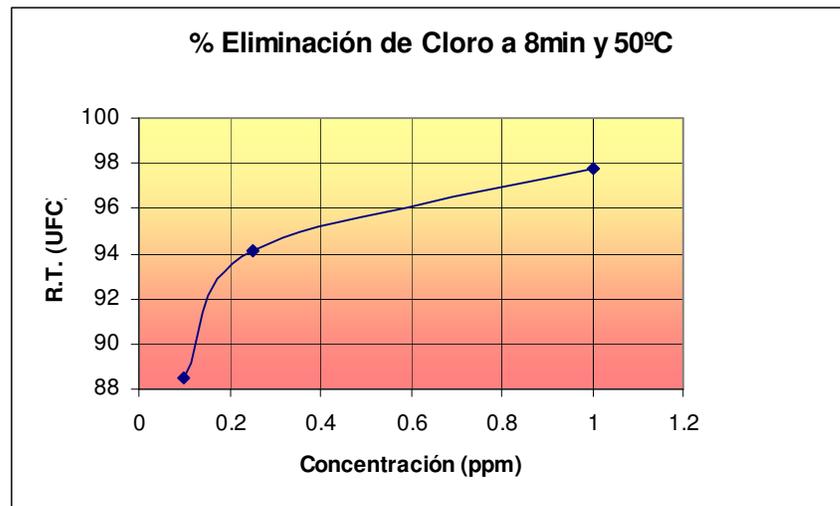
**Fuente: Datos Calculados.**

**Figura 16. Gráfico que relaciona la concentración de hipoclorito de sodio en función del porcentaje de eliminación de bacterias totales, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 15 minutos a 20 °C**



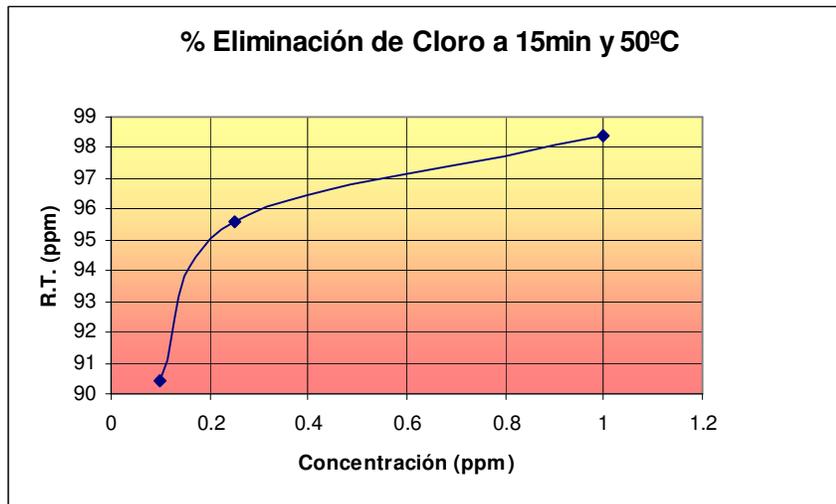
**Fuente: Datos Calculados.**

**Figura 17. Gráfico que relaciona la concentración de hipoclorito de sodio en función del porcentaje de eliminación de bacterias totales, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 8 minutos a 50 °C**



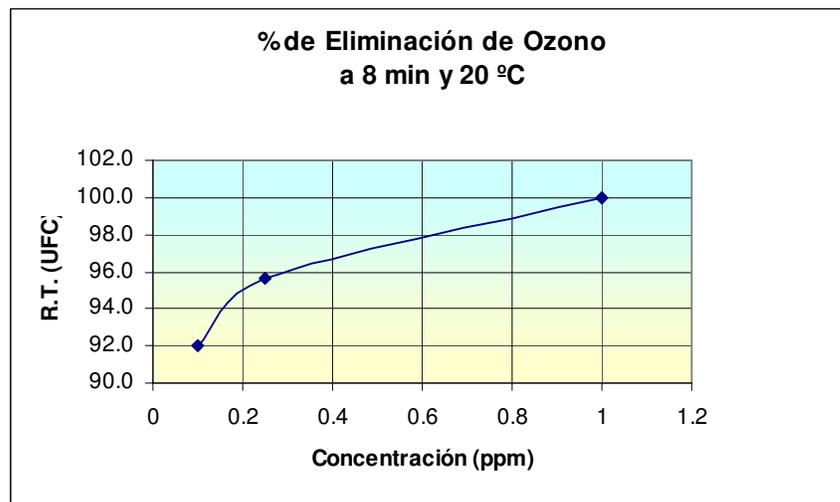
**Fuente: Datos Calculados.**

**Figura 18. Gráfico que relaciona la concentración de hipoclorito de sodio en función del porcentaje de eliminación de bacterias totales, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 15 minutos a 50 °C**



**Fuente: Datos Calculados.**

**Figura 19. Gráfico que relaciona la concentración de ozono en función del porcentaje de eliminación de bacterias totales, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 8 minutos a 20 °C**



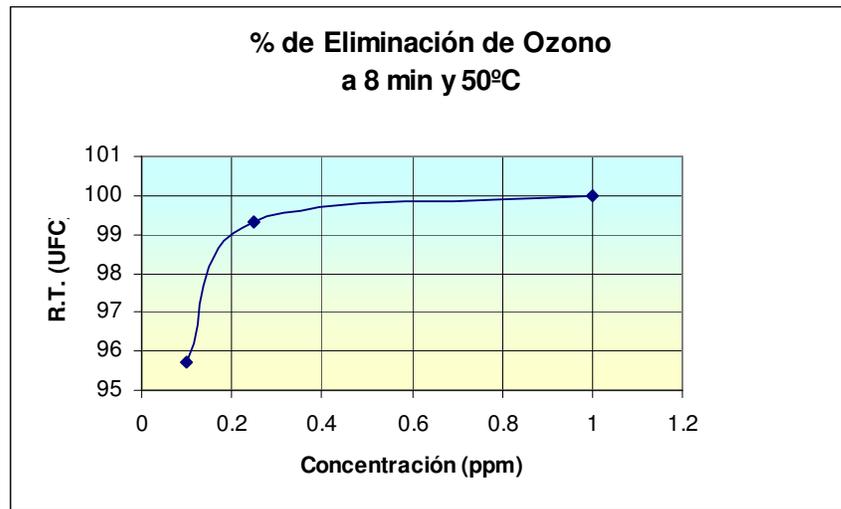
**Fuente: Datos Calculados.**

**Figura 20. Gráfico que relaciona la concentración de ozono en función del porcentaje de eliminación de bacterias totales, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 15 minutos a 20 °C**



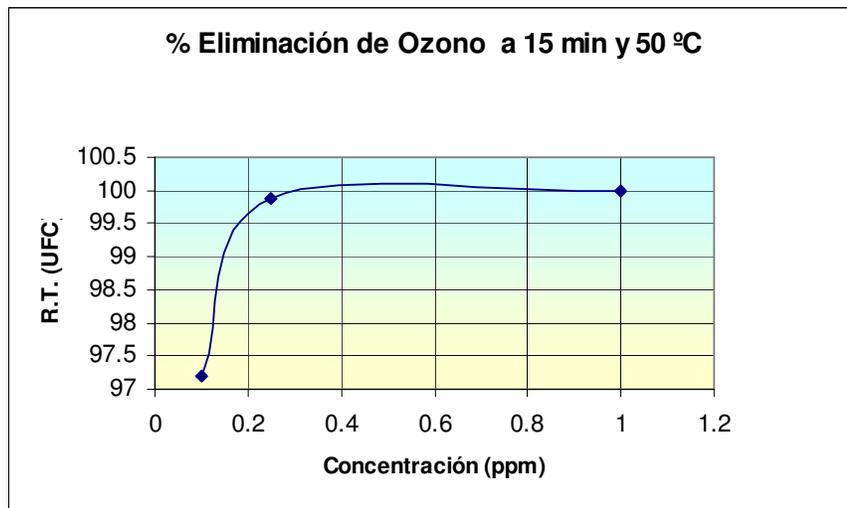
**Fuente: Datos Calculados.**

**Figura 21. Gráfico que relaciona la concentración de ozono en función del porcentaje de eliminación de bacterias totales, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 8 minutos a 50 °C**



**Fuente: Datos Calculados.**

**Figura 22. Gráfico que relaciona la concentración de ozono en función del porcentaje de eliminación de bacterias totales, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 15 minutos a 50 °C**



Fuente: Datos Calculados.

**3.6 Porcentaje de eliminación de levaduras del cloro y el ozono. A nivel laboratorio.**

**Tabla LVIII. Porcentaje de eliminación, empleando Hipoclorito de Sodio, determinando levaduras.**

<b>Hipoclorito de Sodio</b>				
<b>No.</b>	<b>Tiempo ( min)</b>	<b>Concentración (ppm)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>% de Eliminación</b>
1	8	25	20	92.3
2	8	50	20	94.5
3	8	100	20	97.5
4	15	25	20	96.4
5	15	50	20	94.9
6	15	100	20	98.3
7	8	25	50	94.3
8	8	50	50	93.6
9	8	100	50	98.1
10	15	25	50	95.3
11	15	50	50	95.9
12	15	100	50	98.9

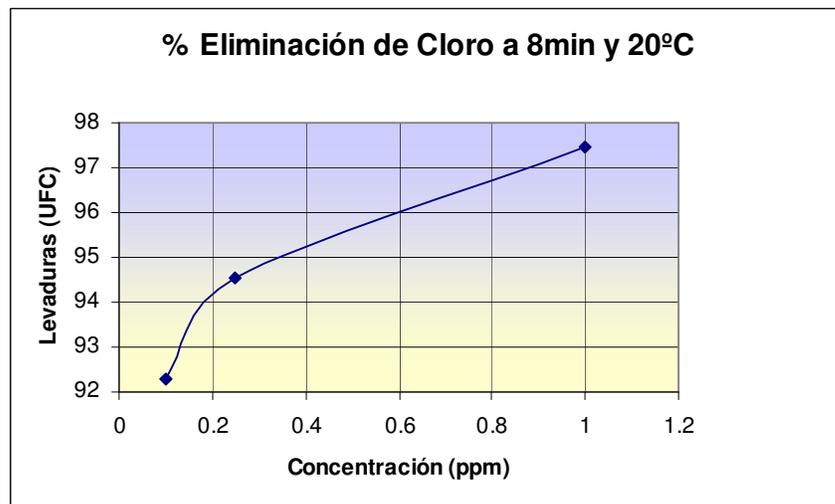
**Fuente: Muestra de Cálculo.**

**Tabla LIX. Porcentaje de Eliminación, empleando Ozono, determinando levaduras.**

<b>Ozono</b>				
<b>No.</b>	<b>Tiempo ( min)</b>	<b>Concentración (ppm)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>% de Eliminación</b>
1	8	0.1	20	96.8
2	8	0.25	20	99.7
3	8	1	20	99.9
4	15	0.1	20	97.6
5	15	0.25	20	100
6	15	1	20	99.9
7	8	0.1	50	97.7
8	8	0.25	50	99.6
9	8	1	50	99.9
10	15	0.1	50	97.7
11	15	0.25	50	100
12	15	1	50	100

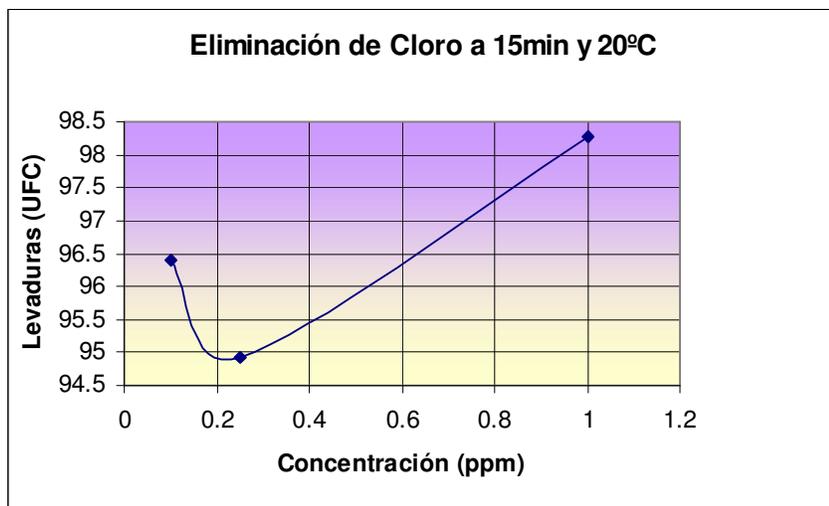
**Fuente: Muestra de Cálculo.**

**Figura 23. Gráfico que relaciona la concentración de hipoclorito de sodio en función del porcentaje de eliminación de levaduras, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 8 minutos a 20°C**



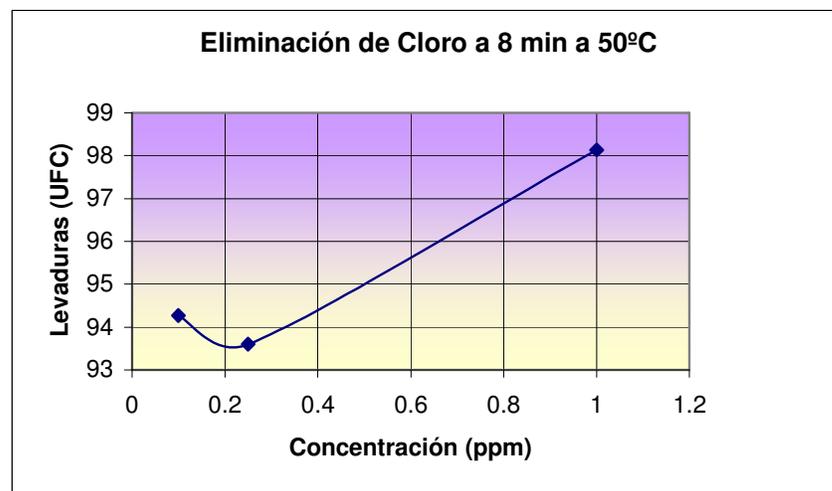
**Fuente: Datos Calculados.**

**Figura 24. Gráfico que relaciona la concentración de hipoclorito de sodio en función del porcentaje de eliminación de levaduras, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 15 minutos a 20 °C**



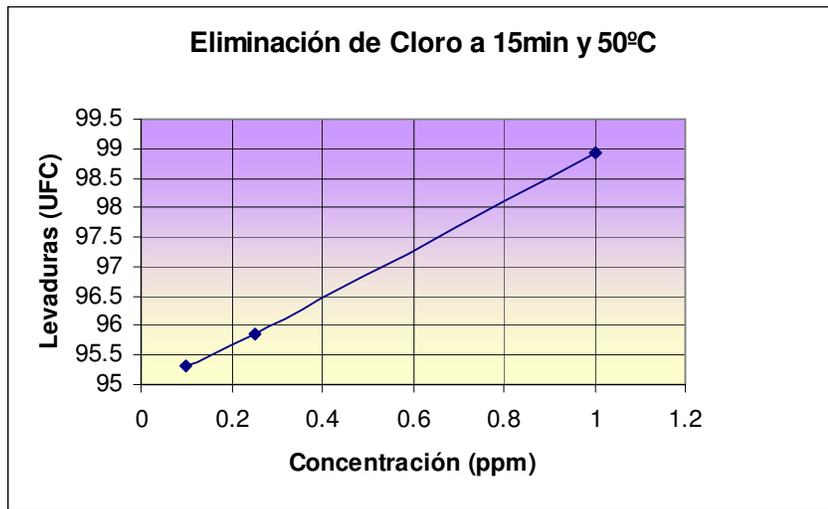
**Fuente: Datos Calculados.**

**Figura 25. Gráfico que relaciona la concentración de hipoclorito de sodio en función del porcentaje de eliminación de levaduras, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 8 minutos a 50 °C**



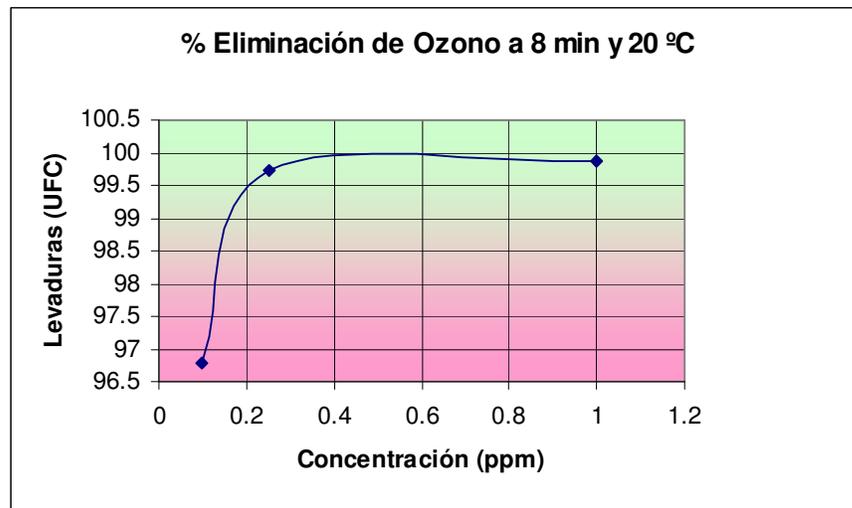
Fuente: Datos Calculados.

**Figura 26. Gráfico que relaciona la concentración de hipoclorito de sodio en función del porcentaje de eliminación de levaduras, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 15 minutos a 50°C**



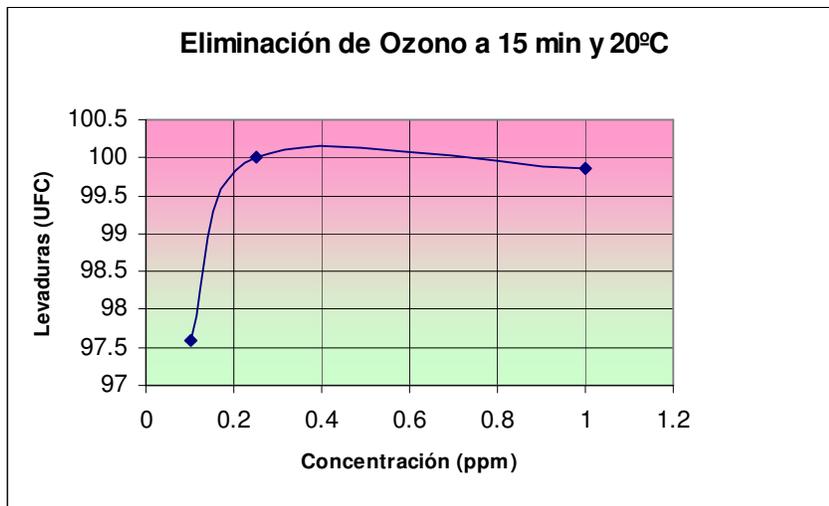
Fuente: Datos Calculados.

**Figura 27. Gráfico que relaciona la concentración de ozono en función del porcentaje de eliminación de levaduras, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 8 minutos a 20 °C**



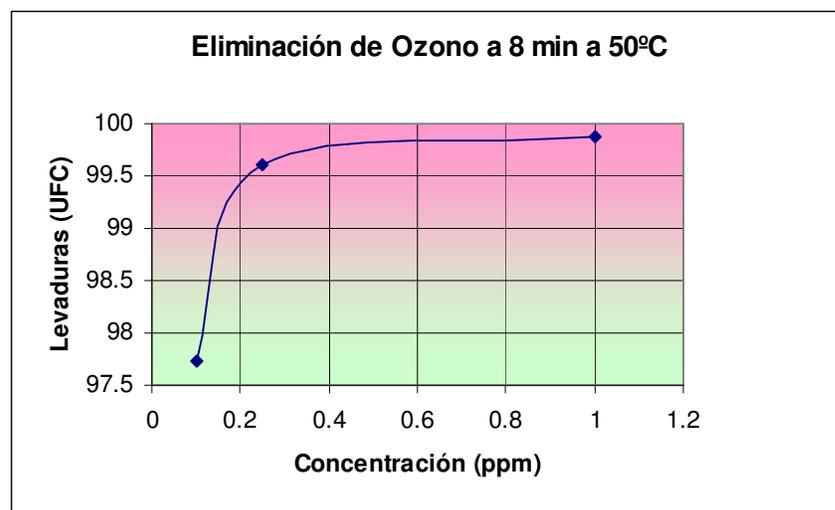
**Fuente: Datos Calculados.**

**Figura 28. Gráfico que relaciona la concentración de ozono en función del porcentaje de eliminación de levaduras, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 15 minutos a 20 °C**



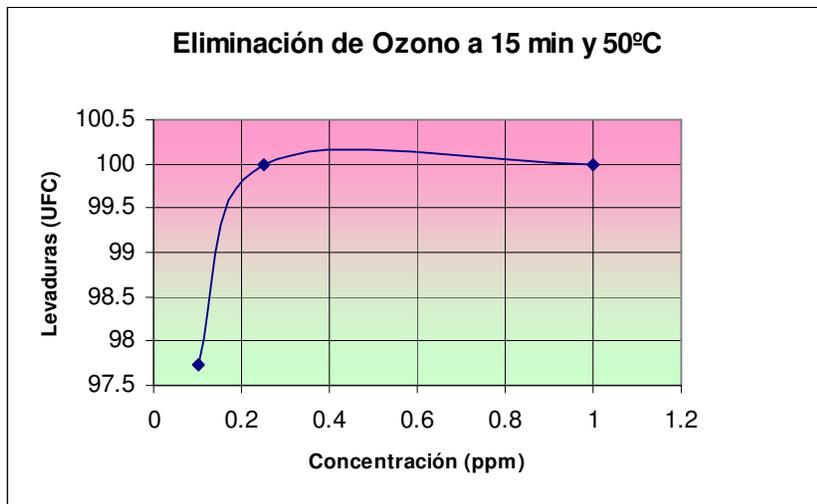
**Figura Fuente: Datos Calculados.**

**Figura 29. Gráfico que relaciona la concentración de ozono en función del porcentaje de eliminación de levaduras, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 8 minutos a 50°C**



**Figura Fuente: Datos Calculados.**

**Figura 30. Gráfico que relaciona la concentración de ozono en función del porcentaje de eliminación de levaduras, durante un tiempo de contacto del desinfectante y la muestra de 15 minutos a 50 °C**



**Figura Fuente: Datos Calculados.**

**3.7 Resultados Microbiológicos del Saneamiento con Hipoclorito de Sodio. A nivel industrial.**

**3.7.1 Concentración de hipoclorito de sodio de 50ppm, 25 ensayos.**

**Tabla LX. Resultados microbiológicos (bacterias totales) del proceso de limpieza y desinfección, con hipoclorito de sodio a 50ppm, ensayos a nivel industrial.**

<b>Lugar</b>	<b>Promedio Bacterias UFC</b>	<b>Desviación Std</b>	<b>Cp</b>
Tanque de agua	101.28	13.68	1.22
Tanque de jarabe	79.08	30.61	0.54
Tanque Mezclador	71.16	25.39	0.66
Válvulas de Llenado	13.4	9.01	0.28

Fuente: Muestra de Cálculo.

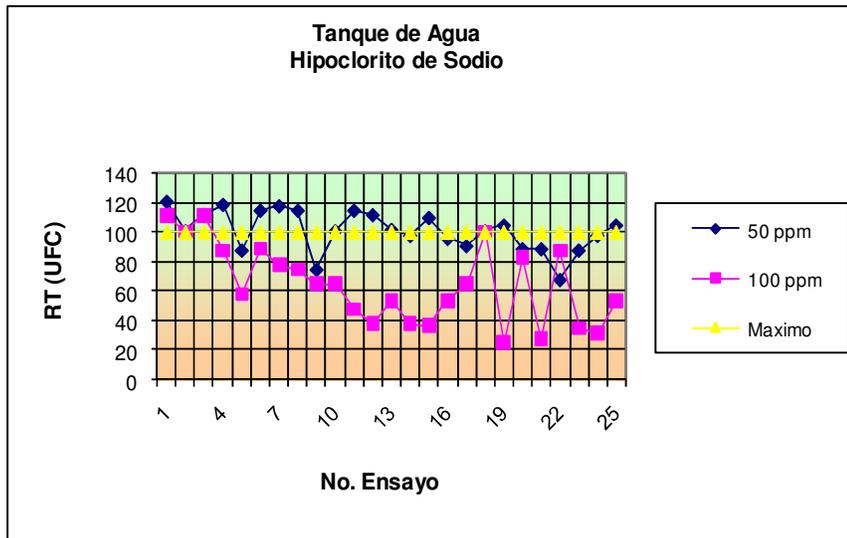
**3.7.2 Concentración de hipoclorito de sodio de 100ppm, 25 ensayos.**

**Tabla LXI. Resultados microbiológicos (bacterias totales) del proceso de limpieza y desinfección, con hipoclorito de sodio a 100ppm, ensayos a nivel industrial.**

Lugar	Promedio Bacterias UFC	Desviación Std	Cp
Tanque de agua	64.92	26.72	0.62
Tanque de jarabe	57.44	23	0.72
Tanque Mezclador	40.68	19.27	0.86
Válvulas de Llenado	10.72	4.32	0.58

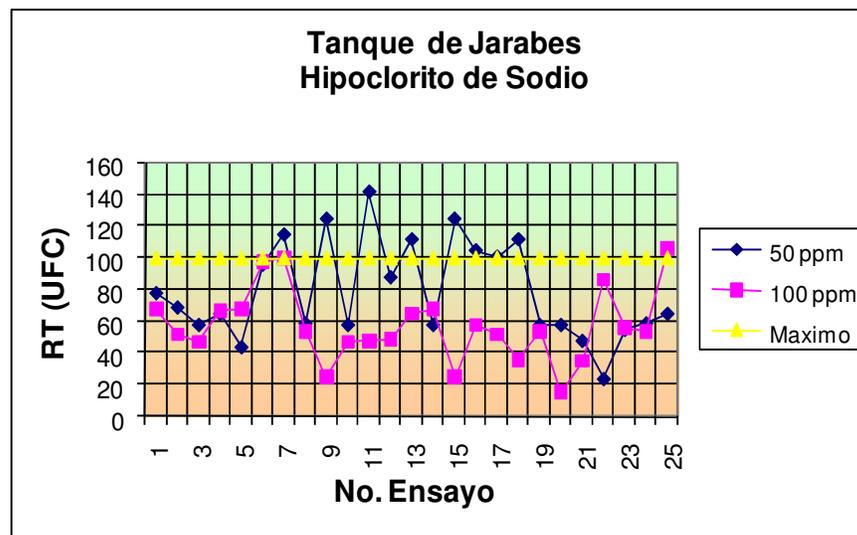
Fuente: Muestra de Cálculo.

**Figura 31. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de bacterias totales, al utilizar hipoclorito de sodio, en el tanque de agua.**



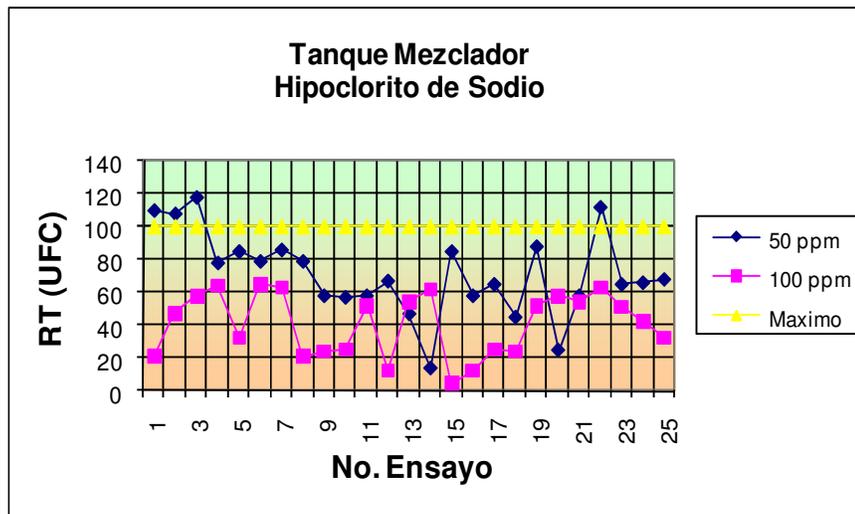
Fuente: Datos Calculados.

Figura 32. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de bacterias totales, al utilizar hipoclorito de sodio, en el tanque de jarabes.



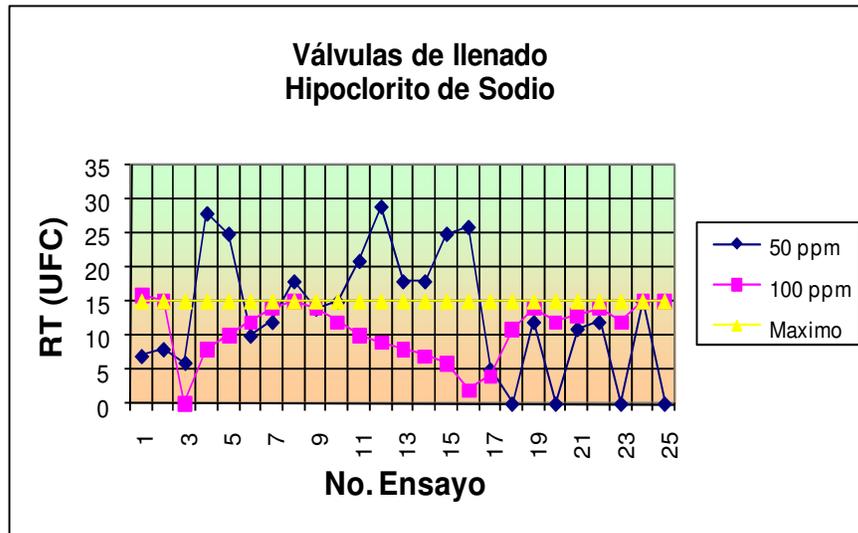
Fuente: Datos Calculados.

**Figura 33. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de bacterias totales, al utilizar hipoclorito de sodio, en el tanque mezclador.**



Fuente: Datos Calculados.

**Figura 34. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de bacterias totales, al utilizar hipoclorito de sodio, en las válvulas de llenador.**



Fuente: Datos Calculados.

**3.7.3 Concentración de hipoclorito de sodio de 50ppm, 25 ensayos.**

**Tabla LXII. Resultados microbiológicos (levaduras) del proceso de limpieza y desinfección, con hipoclorito de sodio a 50ppm, ensayos a nivel industrial.**

<b>Lugar</b>	<b>Promedio Levaduras UFC</b>	<b>Desviación Std</b>	<b>Cp</b>
Tanque de agua	15.28	5.65	0.44
Tanque de jarabe	13.72	6.93	0.36
Tanque Mezclador	13.32	6.39	0.39
Válvulas de Llenado	13.4	9.01	0.28

Fuente: Muestra de Cálculo.

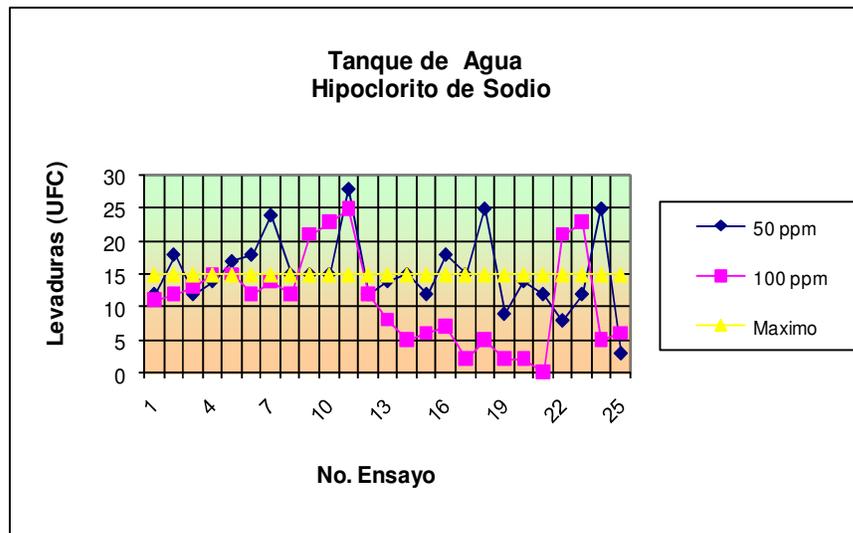
**3.7.4 Concentración de hipoclorito de sodio de 100ppm, 25 ensayos.**

**Tabla LXIII. Resultados microbiológicos (levaduras) del proceso de limpieza y desinfección, con hipoclorito de sodio a 100ppm, ensayos a nivel industrial.**

<b>Lugar</b>	<b>Promedio Levaduras UFC</b>	<b>Desviación Std</b>	<b>Cp</b>
Tanque de agua	11.08	7.3	0.34
Tanque de jarabe	11.28	6.17	0.41
Tanque Mezclador	6.56	5.15	0.49
Válvulas de Llenado	10.72	4.32	0.58

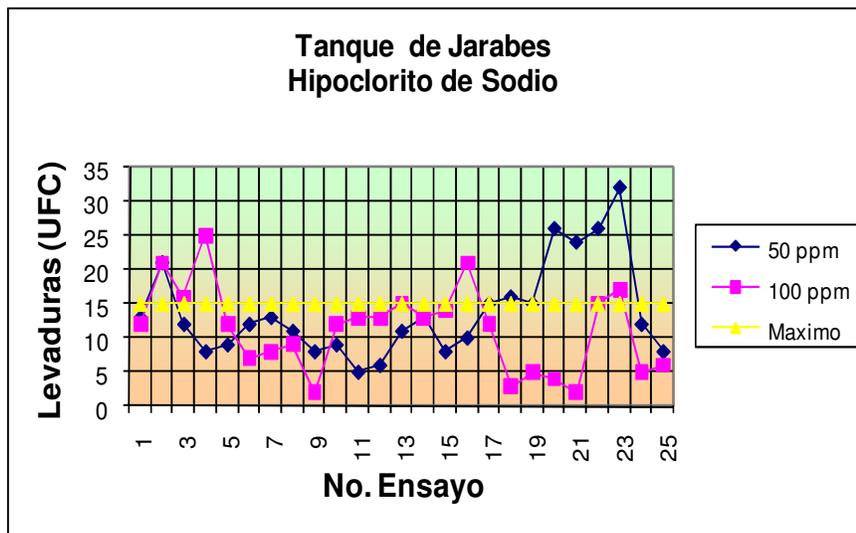
Fuente: Muestra de Cálculo.

**Figura 35. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de levaduras, al utilizar hipoclorito de sodio, en el tanque de agua.**



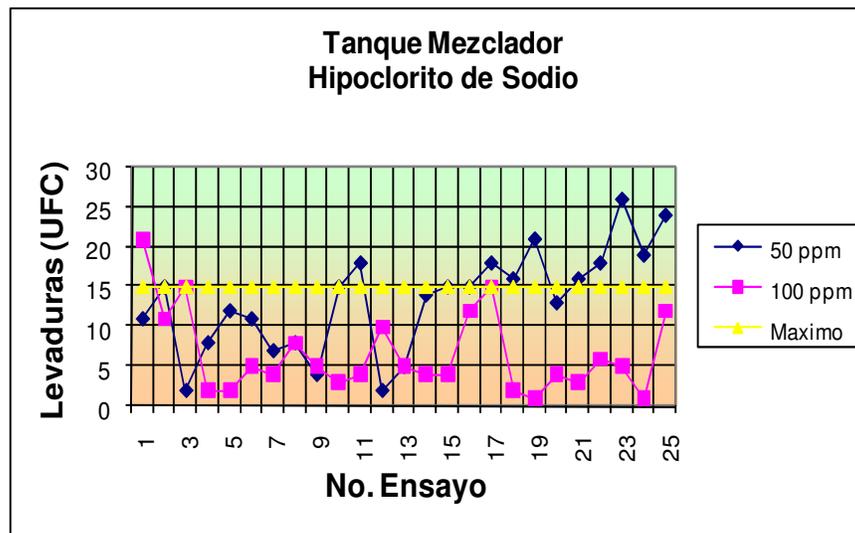
**Fuente: Datos Calculados.**

**Figura 36. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de levaduras, al utilizar hipoclorito de sodio, en el tanque de jarabes.**



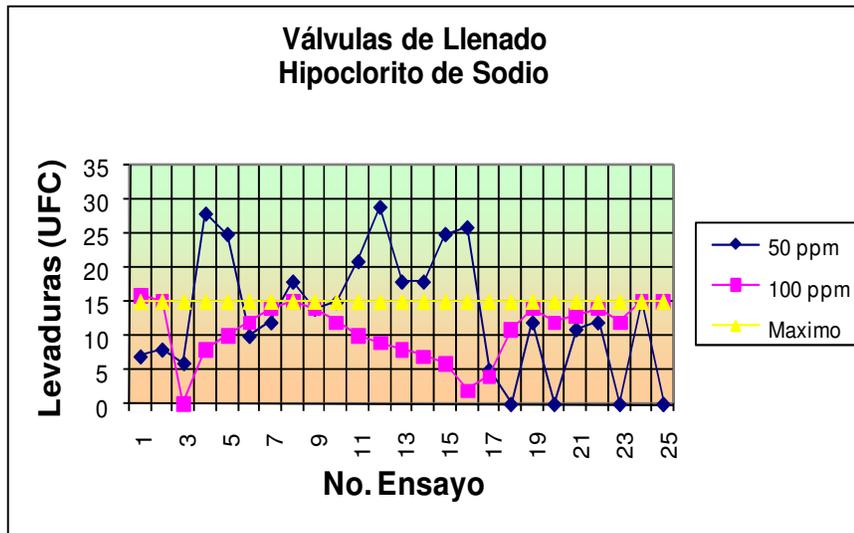
Fuente: Datos Calculados.

Figura 37. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de levaduras, al utilizar hipoclorito de sodio, en el tanque mezclador.



Fuente: Datos Calculados.

**Figura 38. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de levaduras, al utilizar hipoclorito de sodio, en las válvulas de llenado.**



Fuente: Datos Calculados.

**3.8 Resultados Microbiológicos del Saneamiento con Ozono. A nivel industrial.**

**3.8.1 Concentración de ozono a 0.25ppm, 25 ensayos.**

**Tabla LXIV. Resultados microbiológicos (bacterias totales) del proceso de limpieza y desinfección, con hipoclorito de sodio a 0.25ppm, ensayos a nivel industrial.**

Lugar	Promedio Bacterias UFC	Desviación Std	Cp
Tanque de agua	39.44	16.8	0.99
Tanque de jarabe	44.84	17.97	0.93
Tanque Mezclador	42.28	16.3	1.02
Válvulas de Llenado	16.16	10.68	0.23

Fuente: Muestra de Cálculo.

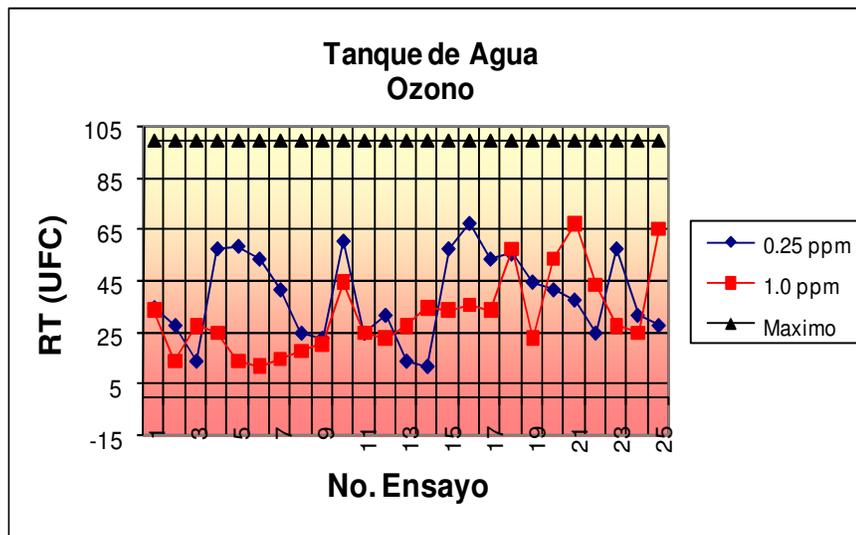
**3.8.2 Concentración de ozono a 1.00ppm, 25 ensayos.**

**Tabla LXV. Resultados microbiológicos (bacterias totales) del proceso de limpieza y desinfección, con hipoclorito de sodio a 0.25ppm, ensayos a nivel industrial.**

Lugar	Promedio Bacterias UFC	Desviación Std	Cp
Tanque de agua	32.28	15.77	1.06
Tanque de jarabe	21.88	17.72	0.94
Tanque Mezclador	32.08	20.27	0.82
Válvulas de Llenado	5	4.14	0.60

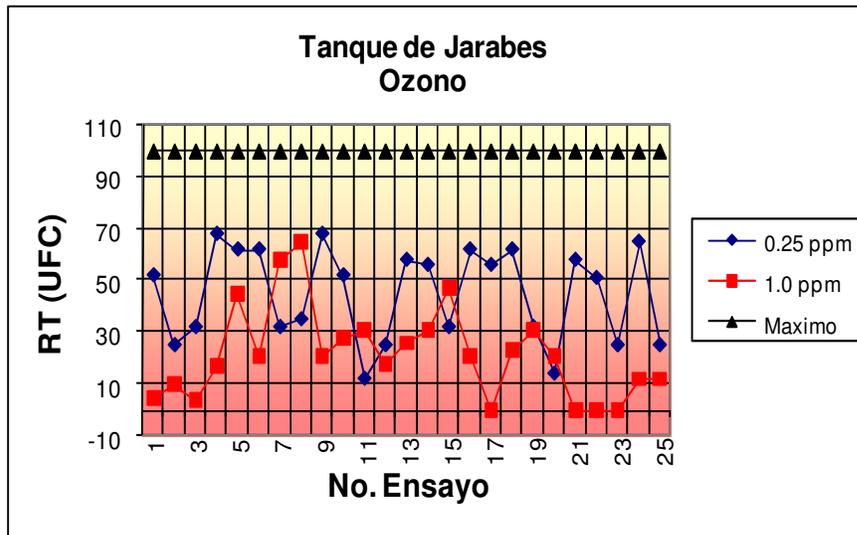
Fuente: Muestra de Cálculo.

**Figura 39. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de bacterias totales, al utilizar ozono, en el tanque de agua.**



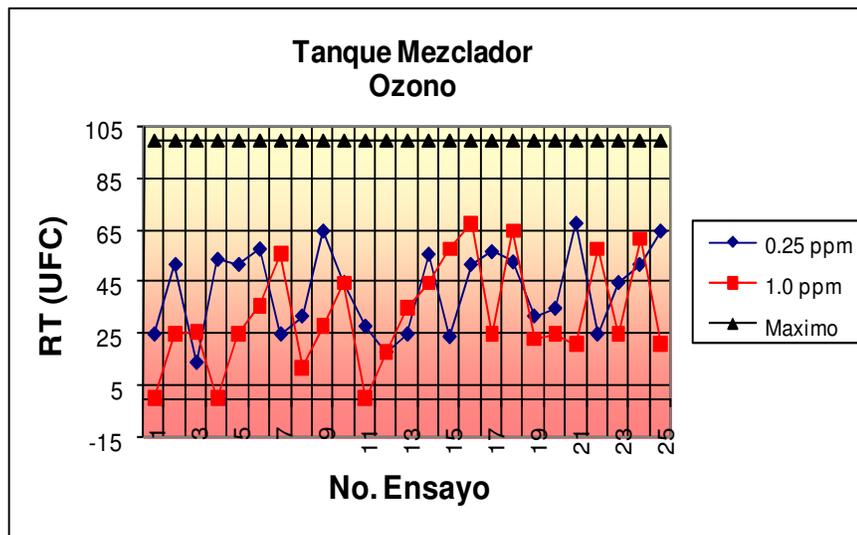
Fuente: Datos Calculados.

Figura 40. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de bacterias totales, al utilizar ozono, en el tanque de jarabes.



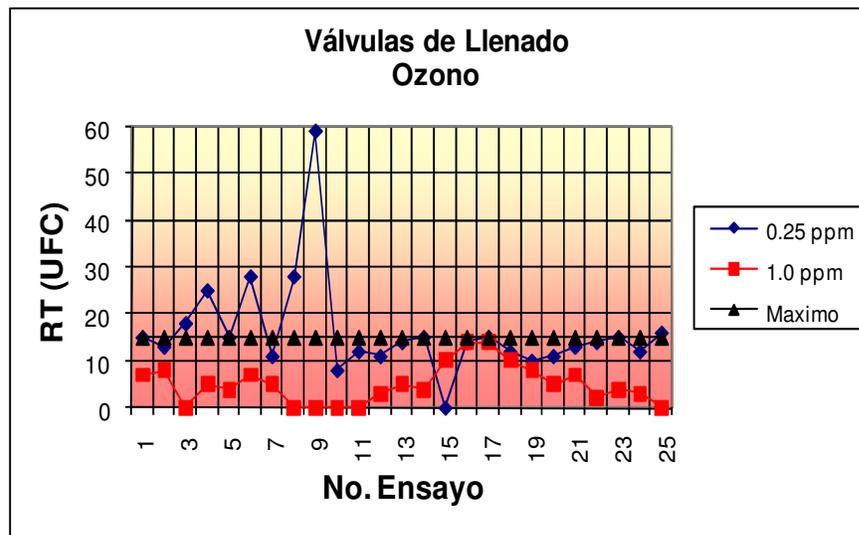
Fuente: Datos Calculados.

**Figura 41. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de bacterias totales, al utilizar ozono, en el tanque mezclador.**



Fuente: Datos Calculados.

Figura 42. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de bacterias totales, al utilizar ozono, en las válvulas de llenado.



Fuente: Datos Calculados.

### 3.8.3 Concentración de ozono a 0.25ppm, 25 ensayos.

**Tabla LXVI. Resultados microbiológicos (levaduras) del proceso de limpieza y desinfección, con hipoclorito de sodio a 0.25ppm, ensayos a nivel industrial.**

Lugar	Promedio Levaduras UFC	Desviación Std	Cp
Tanque de agua	12.84	7.6	0.33
Tanque de jarabe	14.52	13.65	0.18
Tanque Mezclador	14.76	9.22	0.27
Válvulas de Llenado	12.28	6.14	0.41

Fuente: Muestra de Cálculo.

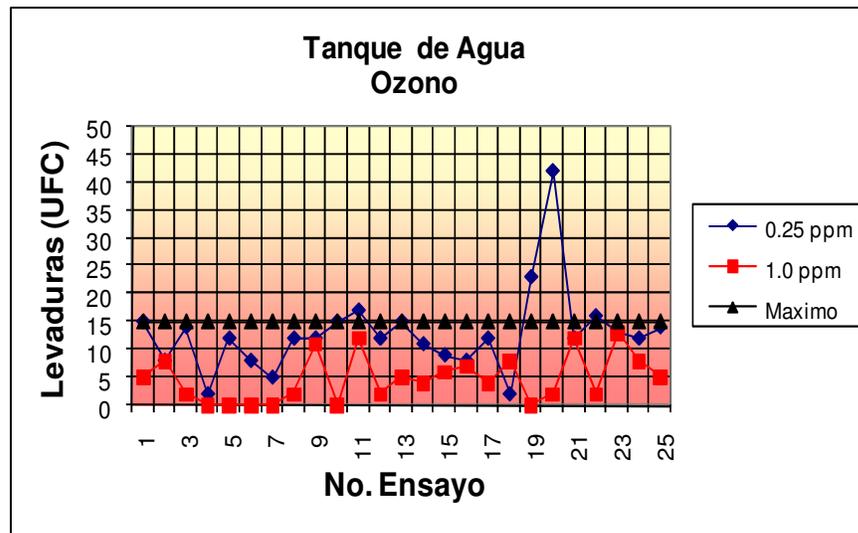
### 3.8.4 Concentración de ozono a 1.00ppm, 25 ensayos.

**Tabla LXVII. Resultados microbiológicos (levaduras) del proceso de limpieza y desinfección, con hipoclorito de sodio a 0.25ppm, ensayos a nivel industrial.**

Lugar	Promedio Levaduras UFC	Desviación Std	Cp
Tanque de agua	4.72	4.21	0.59
Tanque de jarabe	7.4	5.66	0.44
Tanque Mezclador	5.96	4.61	0.54
Válvulas de Llenado	5	4.14	0.60

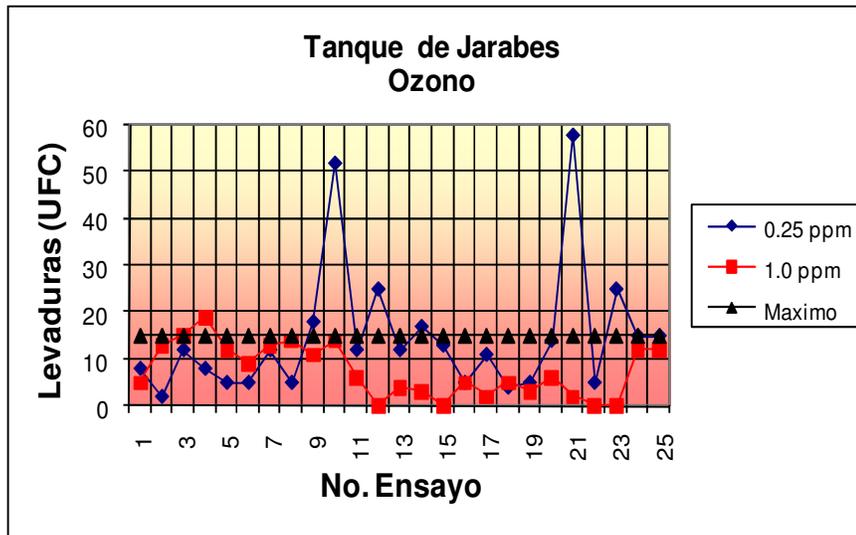
Fuente: Muestra de Cálculo.

Figura 43. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de levaduras, al utilizar ozono, en el tanque de agua.



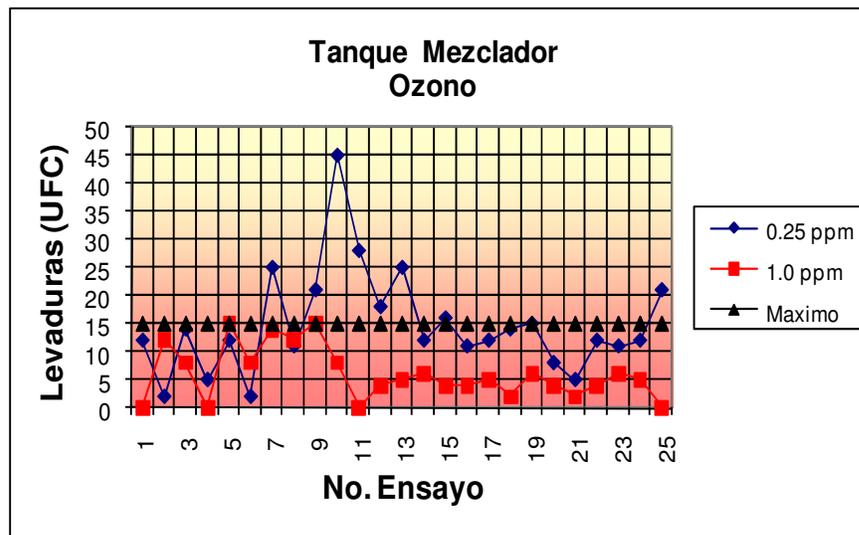
Fuente: Datos Calculados.

**Figura 44. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de levaduras, al utilizar ozono, en el tanque de jarabes.**



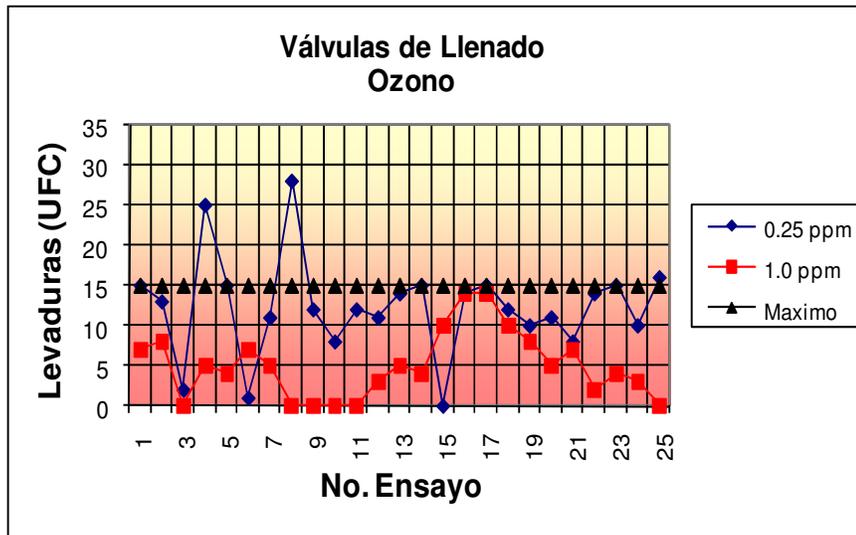
Fuente: Datos Calculados.

**Figura No.45. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de levaduras, al utilizar ozono, en el tanque mezclador.**



Fuente: Datos Calculados.

**Figura 46. Gráfico que relaciona el número de ensayos en función del contenido final de levaduras, al utilizar ozono, en las válvulas de llenado.**



Fuente: Datos Calculados.

### 3.9 Resultados de ATP, saneamiento con hipoclorito de sodio.

Tabla LXVIII. Resultados de ATP, hipoclorito de sodio.

Ensayo No.	Saneamiento Hipoclorito 50ppm (URL)	Saneamiento Hipoclorito 100ppm (URL)
1	35	32
2	25	25
3	34	24
4	32	24
5	29	23
6	28	22
7	25	21
8	28	28
9	25	26
10	26	25
11	28	24
12	38	22
13	31	21
14	21	26
15	25	25
16	21	19
17	25	21
18	30	25
19	28	26
20	29	18
21	28	15
22	28	14
23	25	28
24	28	21
25	32	24
<b>Promedio</b>	<b>28.16</b>	<b>23.16</b>

Fuente: Muestra de Cálculo.

### 3.10 Resultados de ATP, saneamiento con ozono.

Tabla LXIX. Resultados de ATP, ozono.

Ensayo No.	Saneamiento Ozono 0.25ppm (URL)	Saneamiento Ozono 1ppm (URL)
1	24	15
2	25	13
3	28	24
4	32	12
5	26	15
6	28	18
7	25	21
8	28	15
9	25	26
10	25	25
11	28	13
12	38	22
13	31	21
14	21	26
15	25	25
16	21	12
17	25	21
18	30	25
19	28	12
20	29	18
21	28	15
22	28	14
23	25	15
24	28	24
25	24	14
<b>Promedio</b>	<b>27</b>	<b>18.44</b>

Fuente: Muestra de Cálculo.

### 3.11 Costo anual de saneamiento con hipoclorito de sodio.

**Tabla LXX. Costo anual de proceso, utilizando hipoclorito de sodio, con una proyección de 3 años.**

Ítem	Año 1	Año 2	Año 3
Costo por Saneamiento	\$3.22	\$3.29	\$3.48
Numero de Saneamientos por Semana	12	12	12
Numero Saneamientos por mes	48	48	48
Numero Saneamientos por año	576	576	576
Costo por Saneamiento anual	US \$1,857.57	US \$1,893.17	US \$2,003.75
Costo anual saneamiento	US \$2,207.57	US \$2,261.17	US \$2,353.75

Fuente: Muestra de Cálculo.

### 3.12 Costo anual de saneamiento con ozono.

**Tabla LXXI. Costo anual de proceso, utilizando ozono, con una proyección de 3 años.**

Ítem	Año 1	Año 2	Año 3
Costo por Saneamiento	US \$2.90	US \$2.96	US \$3.14
Numero de Saneamientos por Semana	12	12	12
Numero Saneamientos por mes	48	48	48
Numero Saneamientos por año	576	576	576
Costo por Saneamiento anual	US \$1,669.42	US \$1,702.81	US \$1,806.51
Costo anual saneamiento	US \$2,094.42	US \$2,152.81	US \$2,286.51

Fuente: Muestra de Cálculo.

### 3.13 Tiempos óptimos de saneamiento.

Tabla LXXII. Tiempos óptimos de desinfección.

Germicida	Tiempo Óptimo de Saneamiento (min)	Ahorro de Tiempo de Producción (min)
Hipoclorito de Sodio	15	0
Ozono	8	7

Fuente: Muestra de Cálculo.

### 3.14 Ahorro de tiempo de producción, saneamiento con ozono.

Tabla LXXIII. Ahorro de tiempo de producción, utilizando ozono.

Ítem	Año 1	Año 2	Año 3
Costo de producción por minuto	US \$6.00	US \$6.30	US \$6.60
Ahorro de producción por saneamiento	US \$42.00	US \$44.10	US \$46.20
Ahorro de producción por semana	US \$504.00	US \$504.00	US \$504.00
Ahorro de producción por mes	US \$2,016.00	US \$2,116.80	US \$2,217.60
Ahorro de producción por año	US \$24,192.00	US \$25,401.60	US \$26,611.20

Fuente: Muestra de Cálculo.

### 3.15 Valor presente ahorro de tiempo de producción.

Tabla LXXIV. Valor presente, análisis de inversiones.

<b>Germicida</b>	<b>Inversión Inicial</b>	<b>Costo de Capital</b>	<b>Valor Presente Neto</b>
Hipoclorito de sodio	0	10.0%	-US\$5,644.02
Ozono	US \$22,000.00	10.0%	US \$19,916.10

Fuente: Muestra de Cálculo.



## 4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Activación de muestra infestada con bacterias y levaduras.

A una muestra infestada con bacterias y levaduras (250 UFC promedio RT y 198 UFC promedio Levaduras) se le sometió a una desinfección con dos tipos de desinfectantes, como los son el hipoclorito de sodio y el ozono a diferentes concentraciones.

Las concentraciones para cada desinfectante son para el hipoclorito de sodio (25ppm, 50ppm y 100ppm), para el ozono (0.1ppm, 0.25ppm y 1ppm). Dichas concentraciones para ambos desinfectantes fueron seleccionadas por regulaciones de marca de bebidas carbonatadas y son límites aceptables por diferentes entes reguladores de alimentos.

Con el objetivo de determinar el tiempo, concentración de desinfectante y la temperatura que permitan optimizar el método de saneamiento se realizaron las siguientes configuraciones. Dos temperaturas (20°C y 50°C), y dos diferentes tiempos de activación (8min y 15min) para cada concentración respectivamente.

La forma como se verifica el tiempo, la concentración y la temperatura es mediante el porcentaje de eliminación tanto de bacterias como de levaduras presentes en la muestra inicial.

Para el hipoclorito de sodio se observa lo siguiente: Con 8 minutos de tiempo de activación la máxima eliminación alcanzada para bacterias es de 97.73% y para levaduras el 98.13%; con una temperatura de 50°C y una concentración de 100ppm. Con 15 minutos de tiempo de activación la máxima eliminación para bacterias es el 98.4% y para levaduras el 98.93%; con una temperatura de 50°C y una concentración de 100ppm.

Para ambos tiempos se encuentra que el poder de eliminación del hipoclorito de sodio es directamente proporcional a su concentración y a su temperatura de aplicación.

Para el ozono se observa lo siguiente: Con 8 minutos de tiempo de activación la máxima eliminación alcanzada para bacterias es de 100% y para levaduras el 100%; a las dos temperaturas 20°C y 50°C, a una concentración de 1ppm. Con 15 minutos de tiempo de activación la máxima eliminación para bacterias es el 100% y para levaduras el 100%; a las dos temperaturas 20°C y 50°C, para bacterias la concentración es de 1ppm y para levaduras es 0.25ppm.

Es de resaltar que se alcanza la eliminación completa con ozono de bacterias y de levaduras a cualquiera de las dos temperaturas citadas, a una concentración de 1.0ppm.

#### **4.2. Desinfección con Hipoclorito de Sodio.**

Se utilizó hipoclorito de sodio como desinfectante para el método de limpieza, por motivos de análisis de dispersión se corrieron 25 ensayos en donde se utilizaron dos concentraciones de hipoclorito de sodio 50ppm y 100ppm a una temperatura de 20°C.

En el proceso de limpieza se tienen puntos críticos de control en los que se toman las muestras de agua de enjuague final.

En el tanque de agua se puede observar lo siguiente, en lo que se refiere a presencia de bacterias después del saneamiento, a 50ppm de hipoclorito de sodio el proceso está fuera de control, el 48% de los puntos están fuera de límites; a 100ppm el proceso está controlado con un 96% de los puntos dentro de especificación.

En el tanque de jarabes a 50ppm el proceso está fuera de control, con un 32% de los puntos fuera de límites y un  $C_p$  de 0.54 que es menor que el de 100ppm que es cerca del  $C_p$  de 75 que, muestra un mejor control del proceso.

En el tanque mezclador se observa un mejor control del proceso cuando se utiliza 100ppm de hipoclorito de sodio, ningún punto está fuera de los límites permisibles y el  $C_p$  de 0.86 es mucho mejor que el 0.66 del proceso proveniente de utilizar 50ppm de hipoclorito.

En las válvulas de llenado el proceso está más controlado cuando se utiliza 100ppm de hipoclorito de sodio, los puntos fuera de especificación son menores que al utilizar 50ppm y el  $C_p$  es mayor.

Con el cultivo de levaduras los resultados son los siguientes. En el tanque de agua se encuentran menos puntos fuera de los límites permisibles para una concentración de 100ppm.

En el tanque de jarabes la concentración de 100ppm muestra un mejor desempeño en comparación con la de 50ppm, se observa un mejor control con menos puntos fuera de los límites y un  $C_p$  mayor.

En el tanque mezclador con una concentración de 100ppm de hipoclorito de sodio se obtiene una mejor eliminación,

En las válvulas de llenado se observa un mejor control, al utilizar la concentración de 100 ppm, en donde el  $C_p$  es mayor que al utilizar la concentración de 50ppm. Casi el 99% de los saneamientos salieron dentro de normas, específicamente para 100ppm de concentración.

### **4.3. Desinfección con ozono.**

Se utilizó ozono como desinfectante para el método de limpieza, por motivos de análisis de dispersión se corrieron 25 ensayos en donde se utilizaron dos concentraciones de ozono 0.25ppm y 1.0ppm a una temperatura de 20°C.

En el proceso de limpieza se tienen puntos críticos de control en los que se toman las muestras de agua de enjuague final.

En el tanque de agua se puede observar lo siguiente, en lo que se refiere a presencia de bacterias después del proceso de desinfección, para ambas concentraciones de ozono se encontró que la eliminación fue excelente, en donde el 100% de los ensayos cumple con la norma requerida para esta área en específico.

En el tanque de jarabes se encuentra que para las dos concentraciones, la eliminación de bacterias fue exitosa, se observa que en el 100% de los ensayos se pudo llevar a los límites permisibles.

En el tanque mezclador se observa un mejor control del proceso cuando se utiliza la concentración de 0.25ppm, sin embargo en ambas concentraciones se logra eliminar las bacterias hasta un punto permisible en lo referente a los límites.

En las válvulas de llenado el proceso está más controlado cuando se utiliza 1.00ppm de ozono, pues al emplear la concentración de 0.25ppm un 20% de los ensayos muestra puntos fuera de los límites en esta área. A diferencia de la otra concentración que además de efectiva el proceso muestra con control muy bueno, con un  $C_p$  mayor y cercano a 1.

Con el cultivo de levaduras los resultados son los siguientes.

En el tanque de agua, la concentración de 0.25ppm es menos efectiva que la de 1.0ppm de ozono, pues existieron procesos dentro de la población de ensayos en los que la cantidad de bacterias es mayor a la permitida por la norma. A diferencia de la concentración de 1.0ppm en donde se alcanzó el 100% de eliminación y un muy buen control con una desviación pequeña entre procesos.

En el tanque de jarabes la concentración de 0.25 ppm de ozono, es menos efectiva, pues cerca de un 24% de los ensayos están fuera de los límites, a diferencia de la concentración de 1.00ppm en donde en el 100% de los ensayos, las levaduras fueron reducidas a límites permitidos por la norma.

En el tanque mezclador, el desempeño del desinfectante a concentración de 1.0ppm de ozono es mejor, pues en todos los ensayos se redujo la población de levaduras a una cantidad permisible, a diferencia de utilizar ozono al 0.25ppm en donde el 25% de los ensayos es fuera de la norma.

En las válvulas de llenado se observa un mejor control, al utilizar la concentración de 1 ppm, en donde el  $C_p$  es mayor que al utilizar la concentración de 0.25ppm de ozono.

#### **4.4. Resultados de ATP.**

Por cada ensayo que se realizo se hizo la prueba de Adenosin trifosfato por medio del luminómetro, en los cuatro casos (hipoclorito 50ppm y 100ppm; ozono 0.25ppm y 1.0ppm) se puede observar que todos los resultados están dentro los límites menor a 30URL.

La presencia de ATP muestra la materia orgánica que existen dentro de una superficie, sin embargo esta medida garantiza la limpieza de las válvulas momentos después de realizado el proceso de limpieza, pero el método oficial de verificación de ausencia de microorganismos es el cultivo aunque se tenga que esperar cerca de 72horas para obtener los resultados.

#### **4.5. Comparación de costos en el proceso de limpieza y desinfección.**

Para poder comparar los costos de saneamiento entre los desinfectantes en cuestión se toma como plazo una proyección para tres años.

Al comparar el valor de los costos durante el período de proyección, se observa que el costo de utilizar ozono es menor en comparación con el empleo del hipoclorito, la diferencia entre costos por año del primero y el tercero es muy similar.

#### **4.6. Tiempo óptimo de desinfección.**

De los resultados obtenidos en los ensayos de métodos de limpieza y desinfección con cada desinfectante se tiene que el tiempo óptimo de acción que permite eliminar la mayor cantidad de microorganismos, del hipoclorito de sodio es 15 minutos y para el ozono el tiempo es de 8 minutos.

#### **4.7. Ahorro en el de tiempo de producción.**

En la industria de bebidas carbonatadas el tiempo que se utiliza para limpiar los equipos se considera tiempo muerto o tiempo de pérdida de producción. Lograr una reducción en el proceso de limpieza impacta directamente en la productividad, con la utilización del ozono como desinfectante se puede obtener un ahorro de 7 minutos en comparación con el hipoclorito de sodio y el método utilizado actualmente.

#### **4.8. Análisis de la inversión.**

El proceso de limpieza y desinfección se tiene que efectuar siempre que exista producción de bebidas carbonatadas. Para poder elegir cuál de los dos desinfectantes brinda mejores resultados tanto microbiológicos como económicos. Se procede a comparar las alternativas de inversión por medio del valor presente proyectado a 3 años asumiendo un costo de capital del 10%.

Utilizar hipoclorito de sodio durante el período de proyección, implica un gasto total de \$5,644.02. A diferencia de utilizar ozono, se obtiene un beneficio total de \$19,916.10, lo que demuestra que económicamente es más viable utilizar ozono.

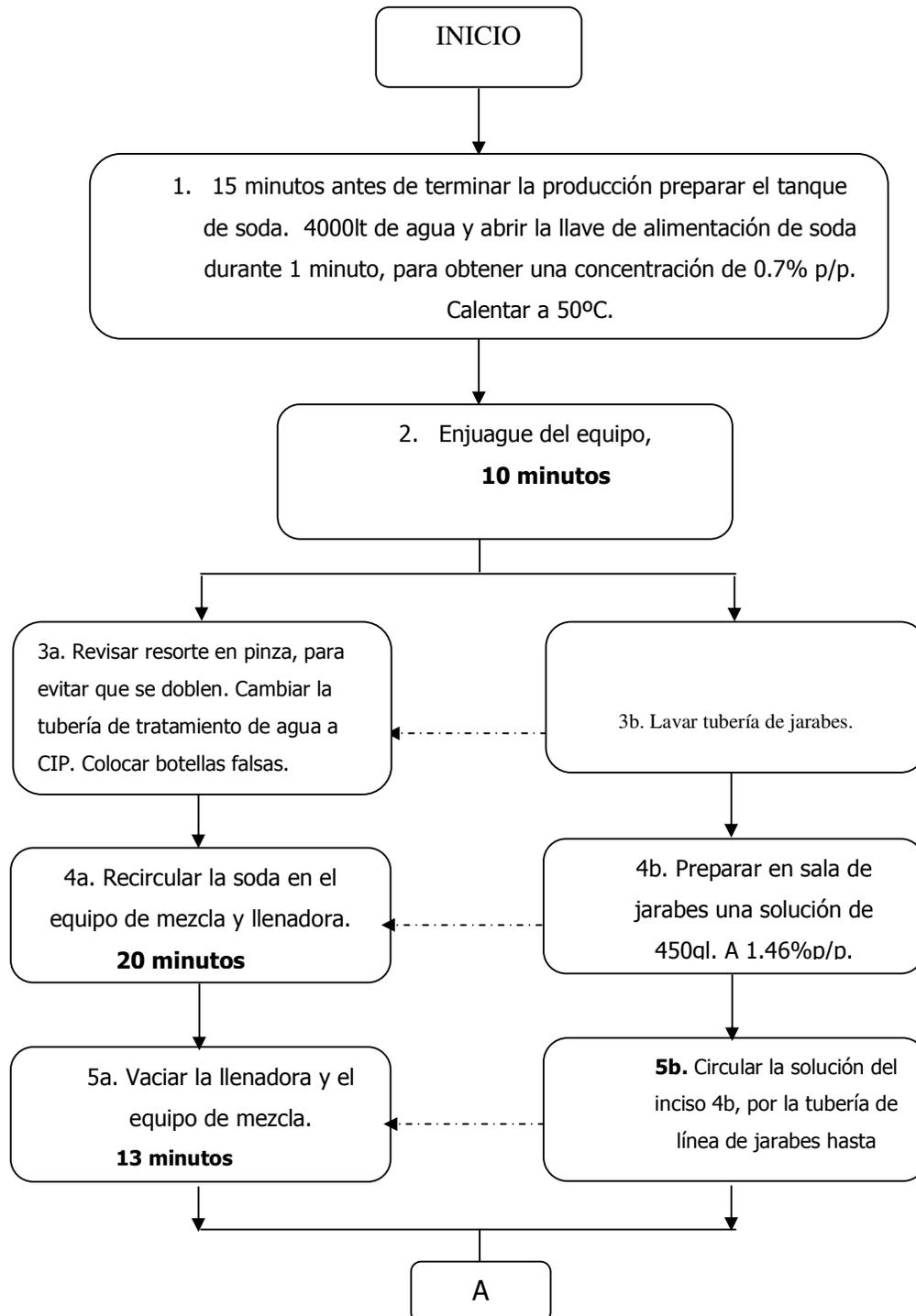
## 5. MÉTODO RECOMENDADO

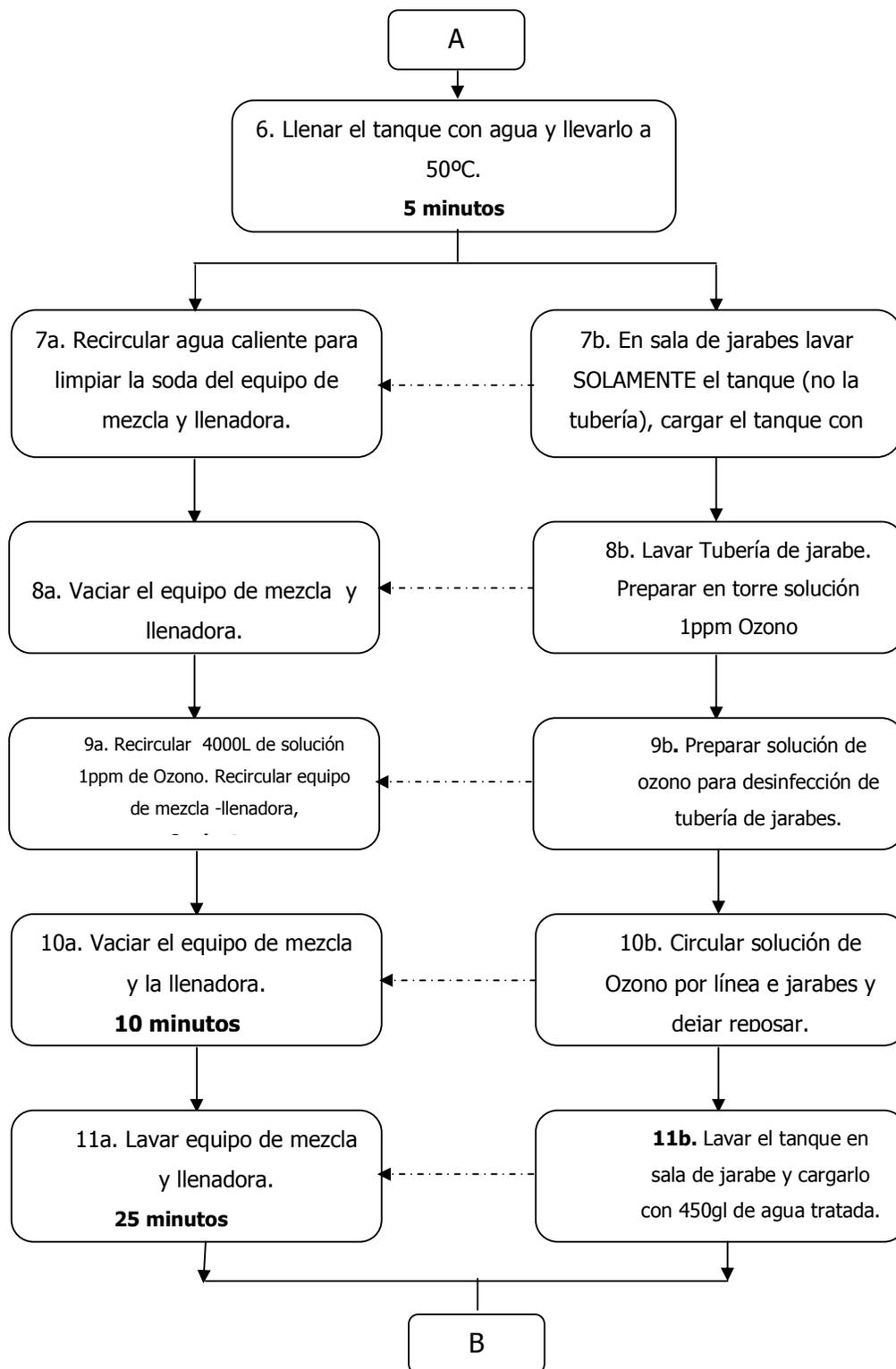
### 5.1. Descripción general del proceso de limpieza y desinfección.

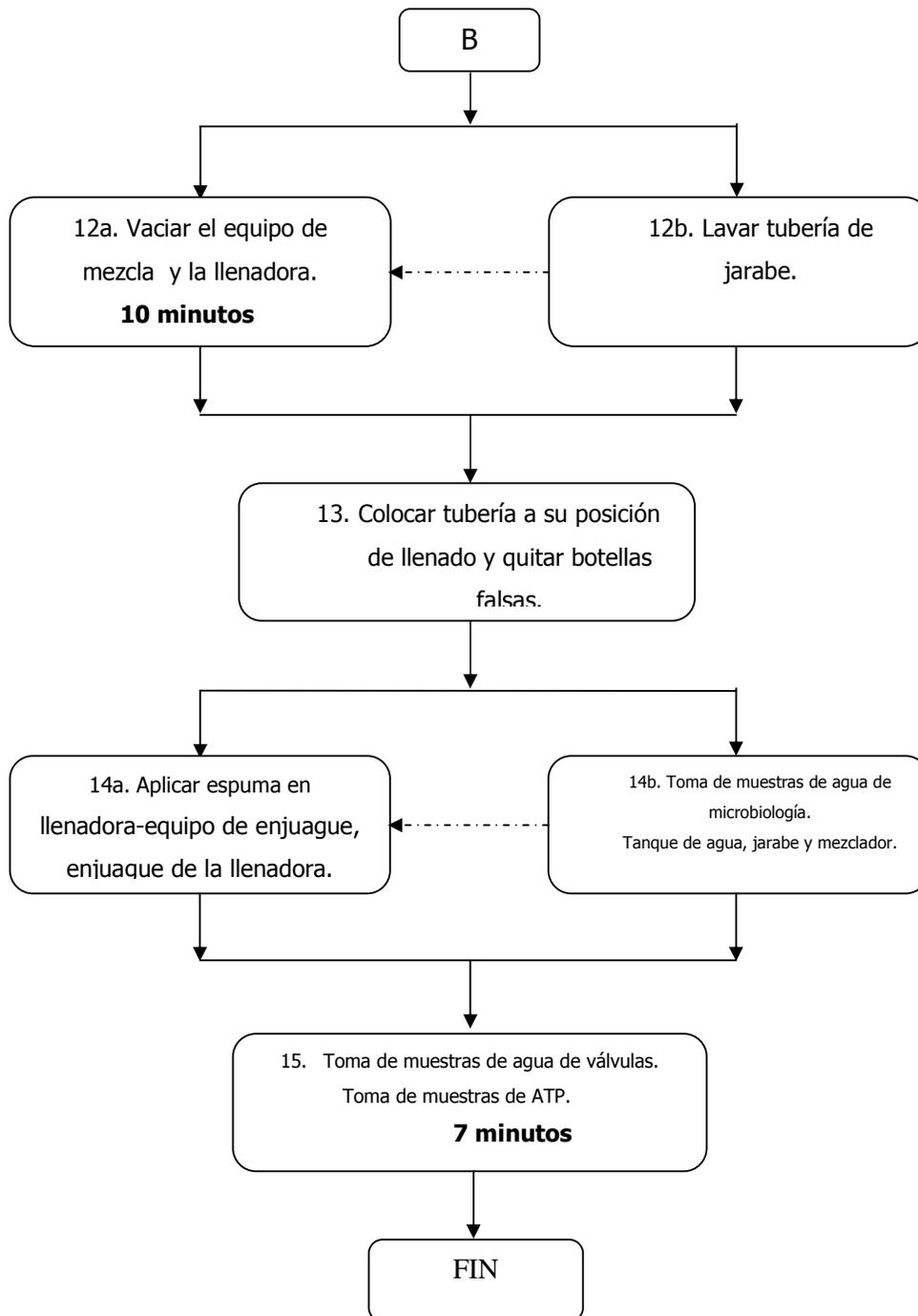
El flujo que se debe mantener en la solución de limpieza debe de ser 1gal/válvula/min.

- Preparar una solución de soda cáustica de 60 a 80ms. Medir conductividad previo a calentar la solución.
- Calentar solución a 55°C.
- Calentar agua tratada a 60°C.
- **Paso 1:** Enjuagar el equipo con agua tratada a temperatura ambiente (10 minutos)
- **Paso 2:** Recircular la solución caustica a 55°C durante 20 minutos.
- **Paso 3:** Enjuagar con agua caliente a 80°C (5 a 10 minutos)
- **Verificar la ausencia de soda mediante fenolftaleína.**
- **Paso 4:** Desinfectar el equipo con una solución de ozono a 1ppm, durante 8 minutos.
- **Paso5:** Enjuagar con agua tratada a temperatura ambiente (10 minutos).
- **Verificar la ausencia de ozono y realizar análisis sensorial al agua de enjuague.**
- **Tomar muestras de agua del equipo de mezcla, y del 25% de las válvulas de la llenadora y de ATP.**

Figura 47. Diagrama de flujo del método.







## CONCLUSIONES

1. Se determinó a nivel laboratorio la capacidad germicida del hipoclorito de sodio a diferentes condiciones de proceso, encontrando que desde una concentración de 50ppm y 15 minutos de contacto el hipoclorito es capaz de eliminar el 98% de bacterias y levaduras.
2. Se determinó a nivel laboratorio la capacidad germicida del ozono a diferentes condiciones de proceso, encontrando que desde una concentración de 0.25ppm y 8 minutos de contacto el ozono es capaz de eliminar el 99% de bacterias y levaduras.
3. Al comparar las capacidades germicidas de los desinfectantes en estudio, se encontró que el ozono es capaz de eliminar más microorganismos en menos tiempo.
4. Se encontró que para el hipoclorito de sodio se tiene una concentración y tiempo óptimo de eliminación de 100ppm y 15 minutos respectivamente.
5. Se encontró que para el ozono se tiene una concentración y tiempo óptimo de eliminación de 1.0ppm y 8 minutos respectivamente.

6. El desinfectante más eficaz y eficiente para el proceso en estudio es el ozono, pues además de ser el mejor en poder de eliminación permite aumentar la productividad de la planta de bebidas, pues disminuye 5 minutos de tiempo muerto por proceso.
7. Al comparar las inversiones de utilización de hipoclorito de sodio o utilizar ozono, se demostró que este último es más eficiente, pues permite obtener una utilidad aproximada de US\$19,916.10 en tres años, a diferencia del hipoclorito, que únicamente representa un gasto de US\$5,644.02. .

## RECOMENDACIONES

1. Para lograr una mejor eliminación de microorganismos es necesario emplear al ozono como desinfectante, utilizando una concentración de 1 ppm y un tiempo de eliminación total de 8 minutos a temperatura ambiente.
2. Respetar los tiempos y concentraciones recomendadas garantiza la reducción de los microorganismos a límites permisibles en la industria de bebidas carbonatadas.
3. Un correcto enjuague al inicio del proceso de limpieza y desinfección ayuda a eliminar residuos no tratables que pueden interferir en la limpieza o en la desinfección, disminuyendo la efectividad, por lo que es importante respetar el tiempo de enjuague.
4. Para garantizar la correcta operación del limpiador y del desinfectante, se debe de enjuagar correctamente respetando el tiempo recomendado para evitar una eliminación ineficiente.
5. Al finalizar el proceso de limpieza y desinfección, se debe garantizar la ausencia de químicos, mediante métodos analíticos y sensoriales, para no afectar el olor y sabor de las bebidas.

6. Validar continuamente la eficiencia del método de limpieza y desinfección, mediante mediciones microbiológicas, garantiza que las concentraciones y tiempos de activación de los limpiadores y los desinfectantes sean eficaces.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Craun, G.F. **Balancing Chemical and Microbial Risks of Drinking Water Disinfection, Part II, Managing the Risks.** *J Water SRT Agua*, 1994; pp 207-218.
2. L. M. Prescott, J.P. Harley. **Microbiología.** Cuarta Edición en español. Editorial McGraw Hill Interamericana. España 1999.
3. M.R, Adams. **Microbiología de los Alimentos** Única edición. Editorial Acribia S.A., España, pp. 67-80.
4. Pelczar Jr., Michael Jr. **Microbiología Conceptos y Aplicaciones.** Quinta Edición en español. Editorial McGraw Hill. México 1993.
5. Pepsico Beverages International. **Manual de Básicos de Calidad. 2005.**
6. Perry, Green Don W. **Manual del Ingeniero Químico.** Séptima Edición. Editorial McGraw. Hill. México 2001.



## APÉNDICE A

### DATOS ORIGINALES

**Tabla LXXV. Activación de la muestra infestada, con hipoclorito de sodio. Concentración 25ppm.**

No. Repetición	Concentración (ppm)	Tiempo de Contacto (min)	Temperatura (°C)	Bacterias (UFC)	Levaduras (UFC)
1	25	8	20	45	25
2	25	8	20	33	21
3	25	8	20	12	12
1	25	15	20	27	12
2	25	15	20	25	10
3	25	15	20	25	5
1	25	8	50	31	18
2	25	8	50	31	14
3	25	8	50	24	11
1	25	15	50	32	8
2	25	15	50	20	6
3	25	15	50	20	21

Fuente: Datos Experimentales.

**Tabla LXXVI. Activación de la muestra infestada, con hipoclorito de sodio. Concentración 50ppm.**

No. Repetición	Concentración (ppm)	Tiempo de Contacto (min)	Temperatura (°C)	Bacterias (UFC)	Levaduras (UFC)
1	50	8	20	20	12
2	50	8	20	15	14
3	50	8	20	15	15
1	50	15	20	18	18
2	50	15	20	10	12
3	50	15	20	10	2
1	50	8	50	18	25
2	50	8	50	15	2
3	50	8	50	15	21
1	50	15	50	11	12
2	50	15	50	15	11
3	50	15	50	7	8

Fuente: Datos Experimentales.

**Tabla LXXVII. Activación de la muestra infestada, con hipoclorito de sodio. Concentración 100ppm.**

No. Repetición	Concentración (ppm)	Tiempo de Contacto (min)	Temperatura (°C)	Bacterias (UFC)	Levaduras (UFC)
1	100	8	20	12	2
2	100	8	20	11	4
3	100	8	20	6	13
1	100	15	20	8	1
2	100	15	20	8	11
3	100	15	20	2	1
1	100	8	50	8	9
2	100	8	50	4	2
3	100	8	50	5	3
1	100	15	50	4	1
2	100	15	50	3	5
3	100	15	50	5	2

Fuente: Datos Experimentales.

**Tabla LXXVIII. Activación de la muestra infestada, con ozono.  
Concentración 0.25ppm.**

No. Repetición	Concentración (ppm)	Tiempo de Contacto (min)	Temperatura (°C)	Bacterias (UFC)	Levaduras (UFC)
1	0.1	8	20	25	9
2	0.1	8	20	23	6
3	0.1	8	20	12	9
1	0.1	15	20	12	5
2	0.1	15	20	8	5
3	0.1	15	20	8	8
1	0.1	8	50	15	5
2	0.1	8	50	12	5
3	0.1	8	50	5	8
1	0.1	15	50	5	14
2	0.1	15	50	8	1
3	0.1	15	50	8	2

Fuente: Datos Experimentales.

**Tabla LXXIX. Activación de la muestra infestada, con ozono.  
Concentración 0.50ppm.**

No. Repetición	Concentración (ppm)	Tiempo de Contacto (min)	Temperatura (°C)	Bacterias (UFC)	Levaduras (UFC)
1	0.25	8	20	12	1
2	0.25	8	20	12	1
3	0.25	8	20	9	0
1	0.25	15	20	0	0
2	0.25	15	20	3	0
3	0.25	15	20	3	0
1	0.25	8	50	2	2
2	0.25	8	50	1	1
3	0.25	8	50	2	0
1	0.25	15	50	0	0
2	0.25	15	50	0	0
3	0.25	15	50	1	0

Fuente: Datos Experimentales.

**Tabla LXXX. Activación de la muestra infestada, con ozono.  
Concentración 1.0ppm.**

No. Repetición	Concentración (ppm)	Tiempo de Contacto (min)	Temperatura (°C)	Bacterias (UFC)	Levaduras (UFC)
1	1	8	20	0	1
2	1	8	20	0	0
3	1	8	20	0	0
1	1	15	20	0	0
2	1	15	20	0	1
3	1	15	20	0	0
1	1	8	50	0	0
2	1	8	50	0	0
3	1	8	50	0	1
1	1	15	50	0	0
2	1	15	50	0	0
3	1	15	50	0	0

Fuente: Datos Experimentales.

**Tabla LXXXI. Cantidad de bacterias totales (UFC) en puntos de control después del proceso de limpieza y desinfección (con hipoclorito de sodio a 50ppm).**

<b>Ensayo</b>	<b>Tanque Agua (UFC)</b>	<b>Tanque Jarabe (UFC)</b>	<b>Tanque Mezclador (UFC)</b>	<b>Válvulas de llenado (UFC)</b>
1	121	78	110	7
2	101	69	108	8
3	112	58	118	6
4	119	65	78	28
5	88	44	85	25
6	115	96	79	10
7	118	115	86	12
8	115	59	79	18
9	75	125	58	14
10	101	58	57	15
11	115	142	58	21
12	112	88	67	29
13	102	112	47	18
14	98	58	14	18
15	110	125	85	25
16	96	105	58	26
17	91	101	65	5
18	101	112	45	0
19	105	58	88	12
20	89	58	25	0
21	89	48	58	11
22	68	24	112	12
23	88	55	65	0
24	98	59	66	15
25	105	65	68	0

Fuente: Datos Experimentales.

**Tabla LXXXII. Cantidad de bacterias totales (UFC) en puntos de control después del proceso de limpieza y desinfección (con hipoclorito de sodio a 100ppm).**

Ensayo	Tanque Agua (UFC)	Tanque Jarabe (UFC)	Tanque Mezclador (UFC)	Válvulas de llenado (UFC)
1	112	68	21	16
2	101	52	47	15
3	112	47	58	0
4	88	67	64	8
5	58	68	32	10
6	89	98	65	12
7	78	101	63	14
8	75	54	21	15
9	65	25	24	14
10	65	47	25	12
11	48	48	52	10
12	38	49	12	9
13	54	65	54	8
14	38	68	62	7
15	37	25	4	6
16	54	58	12	2
17	65	52	25	4
18	101	36	24	11
19	25	54	52	14
20	83	15	58	12
21	28	35	54	13
22	88	87	63	14
23	35	56	51	12
24	32	54	42	15
25	54	107	32	15

Fuente: Datos Experimentales.

**Tabla LXXXIII. Cantidad de levaduras (UFC) en puntos de control después del proceso de limpieza y desinfección (con hipoclorito de sodio a 50ppm).**

<b>Ensayo</b>	<b>Tanque Agua (UFC)</b>	<b>Tanque Jarabe (UFC)</b>	<b>Tanque Mezclador (UFC)</b>	<b>Válvulas de llenado (UFC)</b>
1	12	13	11	7
2	18	21	15	8
3	12	12	2	6
4	14	8	8	28
5	17	9	12	25
6	18	12	11	10
7	24	13	7	12
8	15	11	8	18
9	15	8	4	14
10	15	9	15	15
11	28	5	18	21
12	12	6	2	29
13	14	11	5	18
14	15	13	14	18
15	12	8	15	25
16	18	10	15	26
17	15	15	18	5
18	25	16	16	0
19	9	15	21	12
20	14	26	13	0
21	12	24	16	11
22	8	26	18	12
23	12	32	26	0
24	25	12	19	15
25	3	8	24	0

**Fuente: Datos Experimentales.**

**Tabla LXXXIV. Cantidad de levaduras (UFC) en puntos de control después del proceso de limpieza y desinfección (con hipoclorito de sodio a 100ppm).**

<b>Ensayo</b>	<b>Tanque Agua (UFC)</b>	<b>Tanque Jarabe (UFC)</b>	<b>Tanque Mezclador (UFC)</b>	<b>Válvulas de llenado (UFC)</b>
1	11	12	21	16
2	12	21	11	15
3	13	16	15	0
4	15	25	2	8
5	15	12	2	10
6	12	7	5	12
7	14	8	4	14
8	12	9	8	15
9	21	2	5	14
10	23	12	3	12
11	25	13	4	10
12	12	13	10	9
13	8	15	5	8
14	5	13	4	7
15	6	14	4	6
16	7	21	12	2
17	2	12	15	4
18	5	3	2	11
19	2	5	1	14
20	2	4	4	12
21	0	2	3	13
22	21	15	6	14
23	23	17	5	12
24	5	5	1	15
25	6	6	12	15

**Fuente: Datos Experimentales.**

**Tabla LXXXV. Cantidad de bacterias totales (UFC) en puntos de control después del proceso de limpieza y desinfección (con ozono a 0.25ppm).**

Ensayo	Tanque Agua (UFC)	Tanque Jarabe (UFC)	Tanque Mezclador (UFC)	Válvulas de llenado (UFC)
1	35	52	25	15
2	28	25	52	13
3	14	32	14	18
4	58	68	54	25
5	59	62	52	15
6	54	62	58	28
7	42	32	25	11
8	25	35	32	28
9	23	68	65	59
10	61	52	45	8
11	25	12	28	12
12	32	25	18	11
13	14	58	25	14
14	12	56	56	15
15	58	32	24	0
16	68	62	52	14
17	54	56	57	15
18	56	62	53	12
19	45	32	32	10
20	42	14	35	11
21	38	58	68	13
22	25	51	25	14
23	58	25	45	15
24	32	65	52	12
25	28	25	65	16

Fuente: Datos Experimentales.

**Tabla LXXXVI. Cantidad de bacterias totales (UFC) en puntos de control después del proceso de limpieza y desinfección (con ozono a 1.0ppm).**

<b>Ensayo</b>	<b>Tanque Agua (UFC)</b>	<b>Tanque Jarabe (UFC)</b>	<b>Tanque Mezclador (UFC)</b>	<b>Válvulas de llenado (UFC)</b>
1	34	5	0	7
2	14	10	25	8
3	28	4	26	0
4	25	17	0	5
5	14	45	25	4
6	12	21	36	7
7	15	58	56	5
8	18	65	12	0
9	21	21	28	0
10	45	28	45	0
11	25	31	0	0
12	23	18	18	3
13	28	26	35	5
14	35	31	45	4
15	34	47	58	10
16	36	21	68	14
17	34	0	25	14
18	58	23	65	10
19	23	31	23	8
20	54	21	25	5
21	68	0	21	7
22	44	0	58	2
23	28	0	25	4
24	25	12	62	3
25	66	12	21	0

**Fuente: Datos Experimentales.**

**Tabla LXXXVII. Cantidad de levaduras (UFC) en puntos de control después del proceso de limpieza y desinfección (con ozono a 0.25ppm).**

Ensayo	Tanque Agua (UFC)	Tanque Jarabe (UFC)	Tanque Mezclador (UFC)	Válvulas de llenado (UFC)
1	15	8	12	15
2	8	2	2	13
3	14	12	14	2
4	2	8	5	25
5	12	5	12	15
6	8	5	2	1
7	5	12	25	11
8	12	5	11	28
9	12	18	21	12
10	15	52	45	8
11	17	12	28	12
12	12	25	18	11
13	15	12	25	14
14	11	17	12	15
15	9	13	16	0
16	8	5	11	14
17	12	11	12	15
18	2	4	14	12
19	23	5	15	10
20	42	14	8	11
21	12	58	5	8
22	16	5	12	14
23	13	25	11	15
24	12	15	12	10
25	14	15	21	16

Fuente: Datos Experimentales.

**Tabla LXXXVIII. Cantidad de levaduras (UFC) en puntos de control después del proceso de limpieza y desinfección (con ozono a 1.0ppm).**

Ensayo	Tanque Agua (UFC)	Tanque Jarabe (UFC)	Tanque Mezclador (UFC)	Válvulas de llenado (UFC)
1	5	5	0	7
2	8	13	12	8
3	2	15	8	0
4	0	19	0	5
5	0	12	15	4
6	0	9	8	7
7	0	13	14	5
8	2	14	12	0
9	11	11	15	0
10	0	14	8	0
11	12	6	0	0
12	2	0	4	3
13	5	4	5	5
14	4	3	6	4
15	6	0	4	10
16	7	5	4	14
17	4	2	5	14
18	8	5	2	10
19	0	3	6	8
20	2	6	4	5
21	12	2	2	7
22	2	0	4	2
23	13	0	6	4
24	8	12	5	3
25	5	12	0	0

Fuente: Datos Experimentales.

## APÉNDICE B

### MUESTRA DE CÁLCULO

1. Promedio de microorganismos para la activación de la muestra infestada con cloro y ozono.

$$\text{Promedio} = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) / n \quad (\text{Ec.11})$$

- Donde  $X_i$ , son los elementos de una muestra de tamaño  $n$ .
- $n$ , es el número de elementos de la muestras tomadas

Al tratar la muestra infectada con hipoclorito de sodio a 25ppm, a 20°C y 8 minutos de contacto se tiene el siguiente crecimiento de bacterias totales:

$$\text{Promedio: } (45 + 33 + 12) / 3 = 30 \text{ UFC} \quad (\text{Ec.11})$$

Para las demás concentraciones, tiempos, temperaturas y desinfectantes, verificar los datos calculados en el apéndice C.

2. Porcentaje de eliminación de microorganismos para el hipoclorito de sodio y ozono a nivel laboratorio.

$$\%E = \frac{100 - (M_f * 100)}{M_o} \quad (\text{Ec.12})$$

- $M_o$ : Microorganismos presentes en la muestra infestada.
- $M_f$ : Microorganismos presentes después de la eliminación del desinfectante.

Al tratar la muestra infectada con hipoclorito de sodio a 25ppm, a 20°C y 8 minutos de contacto se tiene el siguiente crecimiento de bacterias totales:

$$\%E = (100 - (30 \cdot 100)/250) = 88\% \quad (\text{Ec.12})$$

Para las demás concentraciones, tiempos, temperaturas y desinfectantes, verificar los datos calculados en el apéndice C.

3. Promedio de microorganismos presentes después del proceso de limpieza y desinfección para los dos desinfectantes, a nivel industrial.

$$\text{Promedio} = (X_1 + X_2 + \dots + X_n)/n \quad (\text{Ec.1})$$

- Donde  $X_i$ , son los elementos de una muestra de tamaño  $n$ .
- $n$ , es el número de elementos de la muestras tomadas

Utilizando en el proceso de limpieza y desinfección a nivel industrial, hipoclorito de sodio a 50ppm:

$$\text{Promedio: } (2761/25) = 101.28 \text{ UFC} \quad (\text{Ec.11})$$

Para las demás concentraciones, tiempos, temperaturas y desinfectantes, verificar los datos calculados en el apéndice C.

4. Desviación estándar de microorganismos presentes después del proceso de limpieza y desinfección para los dos desinfectantes, a nivel industrial.

$$\text{Desviación Estándar (s)} = \sqrt{[\sum (X_i - \bar{X})^2 / (n-1)]} \quad (\text{Ec.13})$$

- Donde  $X_i$ , son los elementos de una muestra de tamaño  $n$ .
- Donde  $\bar{X}$ , es el promedio de la muestra.
- $n$ , es el número de muestras tomadas.

Utilizando en el proceso de limpieza y desinfección a nivel industrial, hipoclorito de sodio a 50ppm, tomando 25 ensayos:

$$\text{Desviación Estándar (s)} = \sqrt{(4489.04/(25-1))} = 13.68 \text{ UFC} \quad (\text{Ec.13})$$

Para las demás concentraciones, tiempos, temperaturas y desinfectantes, verificar los datos calculados en el apéndice C.

5. Cálculo de la capacidad del proceso de microorganismos presentes después del proceso de limpieza y desinfección para los dos desinfectantes, a nivel industrial.

$$\text{Capacidad del proceso (C}_p\text{)} = (\text{USL}-\text{LSL})/(6*s) \quad (\text{Ec.14})$$

- Donde USL, es el límite superior de especificación.
- Donde LSL, es el límite inferior de especificación.
- s, es la desviación estándar de la muestra.

Utilizando en el proceso de limpieza y desinfección a nivel industrial, hipoclorito de sodio a 50ppm, con 100UFC como límite superior y 0 como límite inferior y una desviación de 13.68UFC. (Cálculo en el inciso anterior):

$$\text{Capacidad del proceso (C}_p\text{)} = (100/(6*13.68)) = 1.22\text{UFC} \quad (\text{Ec.14})$$

Para las demás concentraciones, tiempos, temperaturas y desinfectantes, verificar los datos calculados en el apéndice C.

6. Promedio de los resultados de ATP después del proceso de limpieza y desinfección para los dos desinfectantes, a nivel industrial.

$$\text{Promedio} = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) / n \quad (\text{Ec.11})$$

- Donde  $X_i$ , son los elementos de una muestra de tamaño  $n$ .
- $n$ , es el número de elementos de la muestras tomadas

Utilizando en el proceso de limpieza y desinfección a nivel industrial, hipoclorito de sodio a 50ppm:

$$\text{Promedio: } (704 / 25) = 28.16 \text{ URL} \quad (\text{Ec.11})$$

Para las demás concentraciones, tiempos, temperaturas y desinfectantes, verificar la sección de resultados.

7. Costo Anual de saneamiento utilizando hipoclorito de sodio.

Costos por proceso de desinfección primer año:

Costo de Proceso = Costo Disolución + Costo del Hipoclorito. (Ec.15)

➤ Costo de Disolución.

- Costo de energía: US\$0.172/kwh  
(Fuente del dato: Empresa Eléctrica)
- Tiempo de disolución: 5 minutos(0.0833 horas)
- Consumo de bomba de disolución (kw): 1.5 (Parámetro de fabricante de la bomba).
- Energía consumida en disolución: 1.5kw/0.083horas
- Energía consumida en disolución : 18kwh
- Costo de disolución: (18kwh\*\$0.172/kwh)= US \$3.09

- Costo total del Hipoclorito de Sodio.
- Costo por galón de hipoclorito de sodio: US \$1.50  
(Dato proporcionado por el proveedor del Químico)
  - Densidad del Hipoclorito ( $\text{g/cm}^3$ ): 1.18
  - Concentración solución (ppm): 100
  - Cantidad de solución (L): 4000
  - Galones de soluto (hipoclorito): 0.090
- Costo total hipoclorito de sodio por proceso:  
 $\text{US } \$/\text{gl}1.50 * 0.09\text{gl} = \text{US } \$0.13.$
- Costo por proceso de desinfección =  $(\text{US } \$3.09 + \text{US } \$0.13) = \text{US } \$3.22.$
- Proceso de desinfección por semana: 12.
- Número de proceso por mes:  $(12 * 4) = 48.$
- Número de procesos por año:  $(48 * 12) = 576.$
- Costo por proceso por año:  $\text{US } \$3.22 * 576 = \text{US } \$1857.57.$
- Costo anual de mantenimiento de equipo: US \$350.00  
(Dato proporcionado por la Embotelladora)
- Costo Anual de saneamiento de hipoclorito de sodio.
- Costo Anual de saneamiento de hipoclorito de sodio =  $(\text{US } \$1885.57 + \text{US } \$350.00) = \text{US } \$2094.42$  primer año.

Para el segundo año de proyección, con los siguientes cambios en los costos que son variables:

- Costo de energía: US \$0.175/kwh
- Costo por galón de hipoclorito de sodio: US \$1.55  
(Dato proporcionado por el proveedor del Químico)
- Costo anual de mantenimiento de equipo: US \$368.00  
(Dato proporcionado por la Embotelladora)

Utilizando los mismos parámetros que en el primer año para el cálculo de los costos, con la variación para el segundo año se tiene como costo final.

- Costo Anual de saneamiento de hipoclorito de sodio = US \$2261.17.

Para el tercer año de proyección, con los siguientes cambios en los costos que son variables:

- Costo de energía: US \$0.186/kwh
- Costo por galón de hipoclorito de sodio: V\$1.56  
(Dato proporcionado por el proveedor del Químico)
- Costo anual de mantenimiento de equipo: US \$350.00  
(Dato proporcionado por la Embotelladora).

Utilizando los mismos parámetros que en el primer año para el cálculo de los costos, con la variación para el segundo año se tiene como costo final.

- Costo Anual de saneamiento de hipoclorito de sodio = US \$2353.75.

#### 8. Costo Anual de saneamiento utilizando ozono..

Costos por proceso de desinfección primer año:

Costo de Proceso = Costo Disolución + Costo de Generación de ozono .  
(Ec.16)

- Costo de Disolución.
  - Costo de energía: US \$0.172/kwh  
(Fuente del dato: Empresa Eléctrica)
  - Tiempo de disolución: 12 minutos(0.2 horas)
  - Consumo de bomba de disolución (kw): 3  
(Parámetro de fabricante de la bomba).

- Energía consumida en disolución: 3kw/0.2horas
  - Energía consumida en disolución : 15kwh
  - Costo de disolución: (15kwh\* US \$0.172/kwh)= US \$2.58
- Costo de Generación.
- Costo de energía: US \$0.172/kwh  
(Fuente del dato: Empresa Eléctrica)
  - Tiempo de generación: 9.6minutos(0.16 horas)
  - Consumo de bomba de disolución (kwh): 1.880  
(Parámetro de fabricante de la bomba).
  - Costo de disolución: (1.880kwh\* US \$0.172/kwh)=  
US \$0.32.
- Costo por proceso de desinfección = (US \$2.58 + US \$0.32)=  
US \$2.90.
- Proceso de desinfección por semana: 12.
- Número de proceso por mes: (12\*4) = 48.
- Número de procesos por año: (48\*12) = 576.
- Costo por proceso por año: US \$2.90\*576 = US \$1669.42.
- Costo anual de mantenimiento de equipo: US \$425.00  
(Dato proporcionado por la Embotelladora)
- Costo Anual de saneamiento utilizando  
ozono = (US \$1669.42 + US \$425.00) = US \$2094.42 primer  
año.

Para el segundo año de proyección, con los siguientes cambios en los costos que son variables:

- Costo de energía: US \$0.175/kwh  
(Dato proporcionado por la Empresa Eléctrica)

- Costo anual de mantenimiento de equipo: US \$450.00  
(Dato proporcionado por la Embotelladora)

Utilizando los mismos parámetros que en el primer año para el cálculo de los costos, con la variación para el segundo año se tiene como costo final.

- Costo Anual de saneamiento utilizando ozono = US \$2152.81.

Para el tercer año de proyección, con los siguientes cambios en los costos que son variables:

- Costo de energía: US \$0.186/kwh  
(Dato proporcionado por la Empresa Eléctrica)
- Costo anual de mantenimiento de equipo: US \$480.00  
(Dato proporcionado por la Embotelladora).

Utilizando los mismos parámetros que en el primer año para el cálculo de los costos, con la variación para el segundo año se tiene como costo final.

- Costo Anual de saneamiento utilizando ozono = US \$2286.51.

9. Ahorro de tiempo de producción, utilizando ozono como desinfectante.

- Costo por minuto de producción, US \$6  
(Dato proporcionado por la Embotelladora)
- Tiempo de Ahorro al utilizar ozono: 7 minutos
- Ahorro por proceso :  $(7\text{min} * (\text{US } \$6/\text{min})) = \text{US } \$42.00$
- Ahorro por semana:  $(\text{US } \$42 * 12) = \text{US } \$504.00$ .
- Ahorro por mes:  $(\text{US } \$504.00 * 4) = \text{US } \$2016.00$
- Ahorro por año:  $(\text{US } \$2016 * 12) = \text{US } \$24, 192 .00$  para el primer año.

Para el segundo y tercer año se estiman los costos por minuto de producción en US \$6.30 y US \$6.60 respectivamente. Con lo que con los mismos parámetros de costos que en el primer año se obtienen los ahorros siguientes:

- Segundo año: US \$25, 401.60.
- Tercer año: US \$26, 611. 20.

10. Valor presente, análisis de las inversiones (hipoclorito y ozono).

- Para el Hipoclorito de sodio.
  - Tiempo de análisis: 3 años
  - Costo de capital: 10% (Estimado por Embotelladora).
  - Primer año (gasto): US \$2207.57
  - Segundo año (gasto): US \$2261.17
  - Tercer año (gasto): US \$2353.75

Se hace el cálculo de valor presente por medio de la función del programa Excel de Microsoft Office, dando como resultado el siguiente: Valor Presente Neto: - US \$5,644.02.

- Para el Ozono.
  - Tiempo de análisis: 3 años
  - Costo de capital: 10% (Estimado por Embotelladora).
  - Inversión inicial (gasto): US \$22,000.00  
(Costo del equipo generador de ozono)
  - Primer año (gasto): US \$2094.42
  - Segundo año (gasto): US \$2152.81
  - Tercer año (gasto): US \$2286.51
  - Primer año (ahorro): US \$24192.00
  - Segundo año (ahorro): US \$25401.60
  - Tercer año (ahorro): US \$26611.20

Se hace el cálculo de valor presente por medio de la función del programa Excel de Microsoft Office, dando como resultado el siguiente: Valor Presente Neto: US \$19,916.10.

## APÉNDICE C

### DATOS CALCULADOS

**Tabla LXXXIX. Promedio de microorganismos después de ponerlos en contacto con hipoclorito de sodio, a diferentes tiempos, concentraciones y temperaturas. A nivel laboratorio.**

Tiempo de Contacto (min)	Concentración (ppm)	Temperatura (°C)	Bacterias (UFC)	Levaduras (UFC)
8	25	20	30.00	19.33
15	25	20	25.67	9.00
8	25	50	28.67	14.33
15	25	50	24.00	11.67
8	50	20	16.67	13.67
15	50	20	13.33	12.67
8	50	50	14.67	16.00
15	50	50	11.00	10.33
8	100	20	9.67	6.33
15	100	20	6.00	4.33
8	100	50	5.67	4.67
15	100	50	4.00	2.67

Fuente: Muestra de cálculo.

**Tabla XC. Promedio de microorganismos después de ponerlos en contacto con ozono, a diferentes tiempos, concentraciones y temperaturas. A nivel laboratorio.**

<b>Tiempo de Contacto (min)</b>	<b>Concentración (ppm)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Bacterias (UFC)</b>	<b>Levaduras (UFC)</b>
8	0.10	20	20.00	8.00
15	0.10	20	9.33	6.00
8	0.10	50	10.67	5.67
15	0.10	50	7.00	5.67
8	0.25	20	11.00	0.67
15	0.25	20	2.00	0.00
8	0.25	50	1.67	1.00
15	0.25	50	0.33	0.00
8	1.00	20	0.00	0.33
15	1.00	20	0.00	0.33
8	1.00	50	0.00	0.33
15	1.00	50	0.00	0.00

**Fuente: Muestra de cálculo.**

**Tabla XCI. Parámetros estadísticos de los resultados microbiológicos (para bacterias totales) obtenidos después de realizar ensayos a nivel industrial, utilizando como desinfectante hipoclorito de sodio.**

Lugar	Concentración (ppm)	$\bar{X}$ (UFC)	s (UFC)	USL (UFC)	LSL (UFC)	$C_p$ (UFC)
Tanque de Agua	50	101	14	100.00	0.00	1.22
Tanque de Jarabe	50	79	31	100.00	0.00	0.54
Tanque Mezclador	50	71	25	100.00	0.00	0.66
Válvulas de llenado	50	13	9	15.00	0.00	0.28
Tanque de Agua	100	65	27	100.00	0.00	0.62
Tanque de Jarabe	100	57	23	100.00	0.00	0.72
Tanque Mezclador	100	41	19	100.00	0.00	0.86
Válvulas de llenado	100	11	4	15.00	0.00	0.58

**Fuente: Muestra de Cálculo.**

**Tabla XCII. Parámetros estadísticos de los resultados microbiológicos (para levaduras) obtenidos después de realizar ensayos a nivel industrial, utilizando como desinfectante hipoclorito de sodio.**

Lugar	Concentración (ppm)	$\bar{X}$ (UFC)	s (UFC)	USL (UFC)	LSL (UFC)	$C_p$ (UFC)
Tanque de Agua	50	15	6	15.00	0.00	0.44
Tanque de Jarabe	50	14	7	15.00	0.00	0.36
Tanque Mezclador	50	13	6	15.00	0.00	0.39
Válvulas de llenado	50	13	9	15.00	0.00	0.28
Tanque de Agua	100	11	7	15.00	0.00	0.34
Tanque de Jarabe	100	11	6	15.00	0.00	0.41
Tanque Mezclador	100	7	5	15.00	0.00	0.49
Válvulas de llenado	100	11	4	15.00	0.00	0.58

Fuente: Muestra de Cálculo.

**Tabla XCIII. Parámetros estadísticos de los resultados microbiológicos (para bacterias totales) obtenidos después de realizar ensayos a nivel industrial, utilizando como desinfectante ozono.**

Lugar	Concentración (ppm)	$\bar{X}$ (UFC)	s (UFC)	USL (UFC)	LSL (UFC)	$C_p$ (UFC)
Tanque de Agua	0.25	39	17	100.00	0.00	0.99
Tanque de Jarabe	0.25	45	18	100.00	0.00	0.93
Tanque Mezclador	0.25	42	16	100.00	0.00	1.02
Válvulas de llenado	0.25	16	11	15.00	0.00	0.23
Tanque de Agua	1.00	32	16	100.00	0.00	1.06
Tanque de Jarabe	1.00	22	18	100.00	0.00	0.94
Tanque Mezclador	1.00	32	20	100.00	0.00	0.82
Válvulas de llenado	1.00	5	4	15.00	0.00	0.60

Fuente: Muestra de Cálculo.

**Tabla XCIV. Parámetros estadísticos de los resultados microbiológicos (para levaduras) obtenidos después de realizar ensayos a nivel industrial, utilizando como desinfectante ozono.**

Lugar	Concentración (ppm)	$\bar{X}$ (UFC)	s (UFC)	USL (UFC)	LSL (UFC)	$C_p$ (UFC)
Tanque de Agua	0.25	13	8	15.00	0.00	0.33
Tanque de Jarabe	0.25	15	14	15.00	0.00	0.18
Tanque Mezclador	0.25	15	9	15.00	0.00	0.27
Válvulas de llenado	0.25	12	6	15.00	0.00	0.41
Tanque de Agua	1.00	5	4	15.00	0.00	0.59
Tanque de Jarabe	1.00	7	6	15.00	0.00	0.44
Tanque Mezclador	1.00	6	5	15.00	0.00	0.54
Válvulas de llenado	1.00	5	4	15.00	0.00	0.60

**Fuente: Muestra de Cálculo.**



## APÉNDICE D

### DIAGRAMA DE EQUIPO

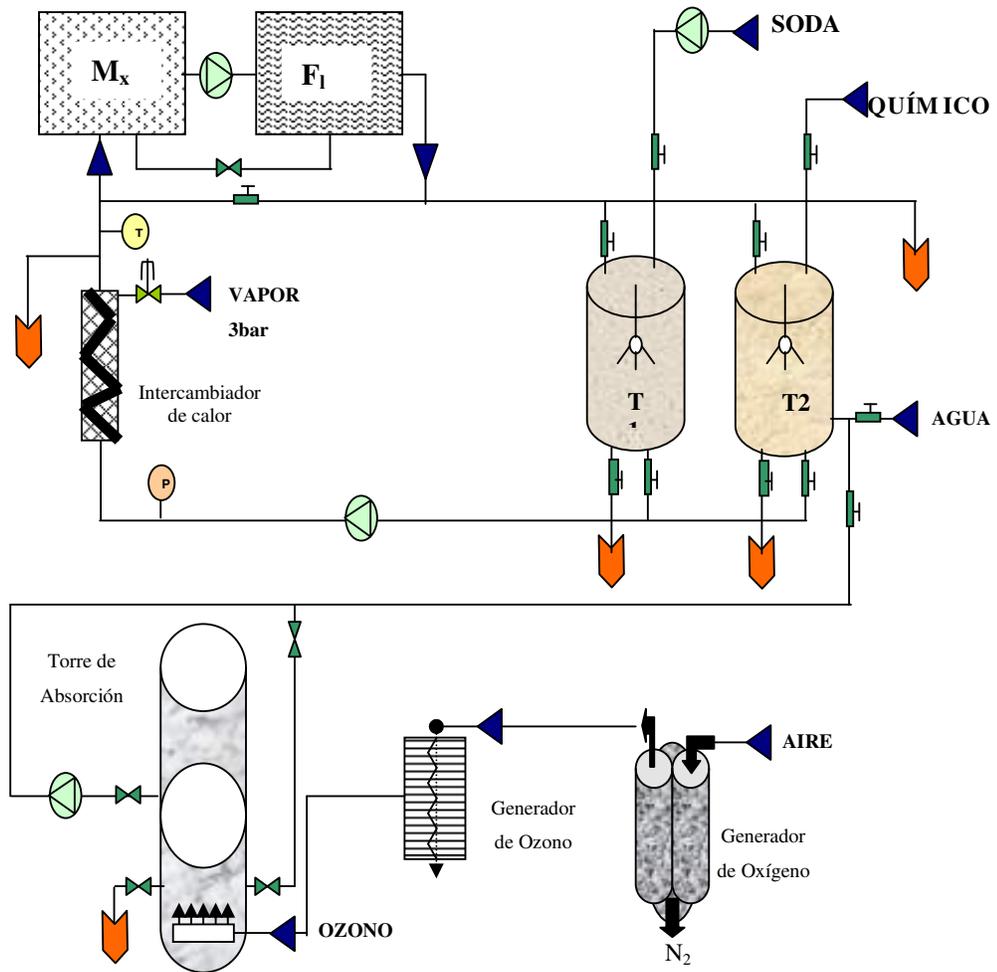
Figura 48. Descripción de la simbología de cada equipo del diagrama específico presentado en la próxima figura.

<b>SIMBOLO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
	<b>Bombas Centrifugas</b>
	<b>Válvula neumática</b>
	<b>Válvula Manual</b>
	<b>Válvula Manual</b>
	<b>Drenaje</b>
	<b>Dirección de Flujo</b>
	<b>Medidor de Presión</b>
	<b>Medidor de Temperatura</b>

Fuente: Diseño Experimental.



**Figura 49. Diagrama de Equipo: Descripción del ordenamiento de tuberías, tanques y accesorios en general.**



**Fuente: Diseño Experimental.**