



## “Reingeniería del Sistema de Limpieza y Sanitización por el Método CIP para las Envasadoras de Bebidas Gaseosas”

Tecnlg. Luis Manuel Crespo Reyes <sup>(1)</sup> Ing. Karín Coello Ojeda <sup>(2)</sup>  
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción <sup>(1)</sup>  
Escuela Superior Politécnica del Litoral <sup>(1)</sup>

Campus “Gustavo Galindo V.”, Km 30.5 vía Perimetral, Casilla 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador <sup>(1)</sup>

[lcrespo17@hotmail.com](mailto:lcrespo17@hotmail.com) <sup>(1)</sup> [kcoello@espol.edu.ec](mailto:kcoello@espol.edu.ec) <sup>(2)</sup>

### Resumen

*Los procedimientos de limpieza en las envasadoras, generalmente utilizan un sistema de limpieza CIP con dos pasos de agua caliente a 80°C. (176 °F.), los cuales han sido muy acertados en la obtención de estándares microbianos óptimos. Sin embargo, este procedimiento de saneamiento de la envasadora, que emplea vapor, causa desperdicio de tiempo y energía en forma excesiva y, además, produce un peligroso incremento de la temperatura al área de envasado. El trabajo de la presente Tesis demostrará que, rediseñando el sistema de limpieza y sanitización CIP actual por uno a temperatura ambiente, se puede proporcionar el mismo control microbiano en menor tiempo, a un menor costo, con ahorro de energía y disminuyendo además el volumen de efluentes a la planta de aguas residuales. El objetivo de este trabajo es generar una nueva alternativa del sistema de limpieza y sanitización CIP a las plantas envasadoras de bebidas gaseosas; utilizando para esto potentes detergentes ácidos y germicidas, manteniendo el flujo turbulento dentro del sistema de limpieza CIP a temperatura ambiente, por lo que lo hemos denominado CIP Frío.*

**Palabras Claves:** *Detergente ácido con base fosfórica, CIP Frío, flujo turbulento, desinfectante peracético, agua a temperatura ambiente, biodegradable, fácil enjuague.*

### Abstract

*The procedures of cleaning in the bottling company, generally uses to system of cleaning CIP with two steps of hot water at 80°C. (176 °F.), which have been very proper in the obtaining of standard microbial good. However, this procedure of reparation of the bottling company that uses steam causes waste of time and energy in excessive form and, also, it produces a dangerous increment from the temperature to the area of having packed. The work of the present Thesis will demonstrate that, redrawing the system of cleaning and sanitization current CIP for one to ambient temperature, you can provide the same microbial control in smaller time, at a smaller cost, with energy saving and also diminishing the residual flow volume to the plant of waste waters. The objective of this work is to generate a new alternative of the system of cleaning and sanitization CIP to the plants bottling company of gassy drinks; using for this potent sour and germicidal detergents, maintaining the turbulent flow inside the system of cleaning CIP to ambient temperature, for what we have denominated it CIP Cold.*

**Passwords:** *Sour detergent with phosphoric base, CIP Cold, peracetic turbulent, disinfectant flow, dilutes to temperature ambient, biodegradable, easy mouthwash.*

## 1. Introducción

La presente tesis trata del diseño de un sistema de limpieza en el lugar, de tipo sanitario, que lo denominaremos C.I.P. Frío porque emplea temperatura ambiente y no utiliza calor en este proceso de limpieza y sanitización de equipos.

Para realizar este proyecto se trabajará con el Departamento de Mejora Continua de una planta embotelladora de cervezas en la ciudad de Guayaquil, donde se evaluará y balanceará el sistema de limpieza en conjunto con las envasadoras, manteniendo la misma calidad microbiológica y demostrando los ahorros generados.

El proyecto dará una clara idea de las ventajas y la conveniencia de tener este sistema en industrias que envasan bebidas gaseosas, teniendo un alcance a equipos de envasado que no supere la temperatura de 30°C durante el llenado de dicha bebida.

## 2. Generalidades

La higiene y sanitización es muy importante en todas las industrias procesadoras de alimentos porque garantiza que los procesos de elaboración y el producto final posean una alta calidad microbiológica. Los sistemas de limpieza más comúnmente utilizados en la industria son: la limpieza manual y el sistema de circuito cerrado en el sitio que en sus siglas en inglés se la conoce como CIP (Clean In Place).

La operación de limpieza en las envasadoras de bebidas gaseosas es realizada para eliminar sustancias residuales y microorganismos que pueden estar presentes al finalizar la producción de un lote.

### 2.1. Proceso de fabricación de bebidas gaseosas

Para el proceso de producción de bebidas gaseosas se requieren de cuatro elementos de alta calidad microbiológica:

1. Agua;
2. Sustancias bases (malta, concentrado de frutas y/o aromas artificiales)
3. Coadyuvantes (lúpulo, fermento, gomas, enturbiantes, clarificantes, cereales, jarabe de caña y edulcorantes artificiales).
4. Sustancias preservantes (Dióxido de Carbono, Nitrógeno, Sorbato de Potasio y Benzoato de Sodio)

Estos cuatro elementos constituyen las sustancias residuales dentro de la línea de envasado por lo que los sistemas de limpieza deberán removerlas junto con

los microorganismos generados en el tiempo y presentes al final de un lote de envasado.

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo de las bebidas gaseosas, desde la recepción de materias primas hasta su envasado.



**Figura 1.** Diagrama de flujo de bebidas

### 2.2. Sistemas de limpieza y sanitización

Actualmente las envasadoras utilizan los siguientes métodos de limpieza y desinfección:

**Limpieza Manual:** Se desarmen las tuberías de las líneas de producción y se las cepilla interiormente. Un trabajador entra en los tanques de almacenamiento de producto y las limpia con un cepillo, soluciones de detergente y agua tratada. Por lo general, se lo realiza en envasadoras muy antiguas y se demora aproximadamente tres horas.

**Limpieza por Inundación:** Se llenan las tuberías, las llenadoras y tanques con soluciones detergentes y desinfectantes altamente concentrado superior al 5 %, durante 5 a 8 horas, para garantizar una buena desinfección. Luego, se realiza un enjuague con agua a temperatura ambiente por una hora más.

**Limpieza en circuito cerrado CIP:** Esta limpieza consta de varias etapas.

1. **Pre-Enjuague:** Remueve gran cantidad de residuos de poca adherencia (espuma, levadura, etc.) y se utiliza agua a temperatura ambiente (20 – 25 °C), durante unos 5 a 10 minutos.

2. **Limpieza Alcalina:** El objetivo de este proceso es remover el residuo de mayor adhesión (espuma seca, taninos, resinas de lúpulo, etc.); se usan soluciones de hidróxido de sodio al 2.5 % para trabajar a temperaturas de 60-80 °C. Si no alcanza esta temperatura se usan concentraciones mayores al 5 %. El tiempo de limpieza es de 45 a 60 min.

3. **Enjuague Intermedio:** Remueve el residuo detergente con agua potable caliente mayor a 80 °C, Dura de 30 a 40 minutos.

4. **Limpieza Ácida:** Este paso se realiza cada mes para remover residuos inorgánicos, como piedra de cerveza e incrustaciones dadas por la dureza del agua. Generalmente se usan soluciones de ácido nítrico y/o ácido fosfórico en concentraciones 1 – 2 %. El tiempo de limpieza es de 30 min. a temperatura ambiente.

5. Post-Enjuague: Remueve los residuos del detergente ácido, con agua a temperatura ambiente y dura de 5 – 10 min.

6. Desinfección: Elimina la población microbiana al nivel aceptable o a las especificaciones de calidad e higiene de la industria de bebidas gaseosas y generalmente también se la realiza antes de iniciar la producción. Se puede utilizar agua caliente o un sanitizante químico que puede ser cloro, amonio cuaternario o compuestos yodados. En ambos casos, el tiempo de desinfección es de 15 min.

7. Enjuague Final: Es la eliminación total del residuo desinfectante y se debe utilizar agua fresca de muy buena calidad microbiológica.

### 2.3. Residuos y microorganismos contaminantes en la industria de bebidas gaseosas

Cuando la limpieza no es la adecuada, o no se efectúa en el momento preciso, los residuos tanto orgánicos como inorgánicos se tornan contaminantes que pueden degradar al producto final o afectar su calidad sensorial.

Los microorganismos que se encuentran en plantas de envasado de gaseosas son fundamentalmente:

- Levaduras, especialmente del género *Saccharomyces* (*cerevisiae*, *uvarum*, *pastorianus*, *diastaticus*), que deterioran ostensiblemente la cerveza y causan turbidez, filamentos, sabores desagradables y fuerte aumento de la presión interna de la botella.

- Bacterias como *Cándida pelliculosa*, *Pichia*, *Hansenula*, *Brettanomyces*, que forman filamentos, sedimentos y turbidez y otros efectos desagradables como aumento de presión que, cuando se abre la botella, genera excesiva espuma. Esto algunas veces es causa de explosión y olor fermentado ofensivo.

- Menos común es encontrar especies tales como: Bacterias Gram-positivas del género *Pediococcus* (cocos) y del género *Lactobacillus* en forma de bastones; estas últimas aportan a las bebidas una coloración violeta/azul. Las bacterias Gram-negativas del género *Acetobacter* aportan a las bebidas una coloración roja. Y, hongos como el *Aspergillus niger* que, aunque no está en el interior del producto final, por su carácter aerobio, sí se encuentra en la línea de envasado, especialmente si ésta no ha sido debidamente limpiada y sanitizada.

### 2.4. Sistema propuesto de limpieza y sanitización CIP Frío

En vista de que los residuos de la producción de bebidas gaseosas son muy solubles en agua, se pueden

emplear detergentes ácidos capaces de solubilizar eficazmente la suciedad de tipo orgánico así como los residuos inorgánicos no eliminables por los sistemas de limpieza empleados actualmente.

Mientras que el proceso CIP de limpieza tradicional se basa en el incremento de la temperatura de trabajo en combinación con el uso de agentes químicos., nuestro CIP frío se basa en la aplicación de la energía necesaria para romper los enlaces que mantienen adheridas las partículas residuales a las superficies de las tuberías y equipos en general.

Según Sinner (Padre de la limpieza) para que el proceso de limpieza sea efectivo se debe combinar adecuadamente al menos dos de las siguientes variables: tiempo, energía química, energía mecánica y calor. (Ver figura 2)



**Figura 2.** Variables de Sinner

Considerando el tipo de residuo a eliminar, el sistema de limpieza propuesto se basa en el uso de las variables: energía mecánica y energía química.

La primera variable que tomaremos en cuenta para implementar el nuevo sistema de limpieza es la variable mecánica pues la velocidad del flujo del sistema, proporcionado por la bomba, debe ser mayor a 1.5 m/s. correspondiente a un caudal mayor a 5 m<sup>3</sup>/h y una presión de 1.33 bar. La efectividad de la limpieza dependerá en parte de que esta velocidad de flujo permanezca constante y esté bien controlada, manteniendo este caudal durante todo el proceso de limpieza.

En la variable química se considera la unión de detergente y de agua potable, a lo cual llamaremos solución química, que debe tener un pH ácido, y de esta manera evitar que la solución reaccione con carbonatos, cloruros o gases como el dióxido de carbono, metales como el hierro y sales de calcio y magnesio que están presentes en el proceso de elaboración y envasado de las bebidas carbonatadas y, por lo tanto, dejan residuos como materia orgánica y otros que causan incrustaciones en la línea. La solución ácida formulada constituye un detergente ideal para trabajar con los diferentes tipos de durezas del agua.

Los detergentes ácidos presentan acción biostática protectora, que significa que su residual ácido, forma un medio inhibitorio de crecimiento posterior a la limpieza de microorganismos, que casi siempre se da



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



por el aire y polvo del ambiente. Esta propiedad inhibidora, permite que la solución ácida pueda reutilizarse, degradándose su concentración, luego del proceso de limpieza, en un 30%.

El CIP frío se trata de un nuevo sistema de circuito cerrado, usado a temperatura ambiente (25 a 30 °C) y consta de las siguientes etapas:

1. Pre-enjuague, donde se emplea agua potable por un tiempo de 5 minutos.
2. Limpieza ácida con un detergente ácido a una concentración de 0.8 - 1.2% volumen/volumen, durante 15 a 20 minutos. Esta solución adquiere un pH de 2.5 - 3.
3. Enjuague de detergente ácido, para lo cual se emplea agua potable por un tiempo de 5 minutos.
4. Desinfección ácida con un desinfectante a base de ácido peracético, con una concentración desde 0.3 a 0.5% volumen/volumen por un tiempo de 5 a 10 minutos.

Todo este sistema nos va a dar un tiempo total aproximado de 30 a 40 minutos por cada limpieza realizada en la envasadora. Uno de los requerimientos más importantes para la aplicación del CIP frío en cualquier proceso es que la velocidad de flujo de las soluciones de limpieza esté sobre 1,5 m/s o que presente un Reynolds turbulento.

Esta tesis demostrará que, utilizando CIP en frío, se logrará eliminar los residuos contaminantes del proceso en una envasadora de bebidas gaseosas, utilizando solamente un detergente ácido, un potente desinfectante terminal altamente microbicida y una velocidad de flujo turbulento constante, logrando con ello reducir significativamente el tiempo programado para las operaciones de limpieza en la planta, los costos en insumos, el consumo de agua y la mano de obra, todo lo cual se traduce en una mayor disponibilidad de la línea de proceso.

## 3. Implementación del Sistema de Limpieza CIP frío en la industria de bebidas gaseosas

Para la implementación del nuevo sistema de limpieza CIP frío nos centraremos en una planta envasadora de cervezas donde se realizará un diagnóstico y evaluación del estado actual de la planta para poder determinar los requerimientos de materiales y equipos así como el modo de operación.

### 3.1. Evaluación y diagnóstico del proceso de limpieza actual

Actualmente la línea de envasado, posee dos máquinas que las limpian y desinfectan del residuo

cervecero con el sistema CIP a temperatura alta, descrito en el capítulo uno de esta tesis.

**3.1.1. Registro del estado actual.** Se efectuó una auditoria de la envasadora sobre los siguientes puntos:

\* Infraestructura del Sistema de Limpieza y Equipos: La línea de envasado, posee dos envasadoras Kronen automáticas de 650 botellas por minuto cada una y un Programa de Control en Línea (PLC) programable. Existen tres tanques verticales de aproximadamente 4 m<sup>3</sup>, todos poseen equipo de pulverización como spray balls o tubos rotatorios. La longitud de las tuberías de limpieza es de 18 m en total, con 1.1/2" o 38.1 mm de diámetro exterior, 34.9 mm de diámetro interior y un espesor de 1.6 mm.; de acero ASI 316L, que es un material de bajo contenido de carbono con una gran resistencia a la corrosión que se puede producir con el paso de la solución de detergente que es altamente alcalina. Tiene una bomba centrífuga para el envío de solución de limpieza que está disponible solamente para todos los tanques CIP; no está conectada a otros procesos. El caudal mínimo programado a 5 m<sup>3</sup>/h y una presión de 1.22 bar.

\* Parámetros de operación: Las máquinas envasadoras se limpian con CIP una vez a la semana. Cada envasadora se limpia, enjuaga y desinfecta en dos horas y media, entonces, el tiempo total de limpieza es de cinco horas. El agua y la solución detergente empleada son calentadas por inyección directa de vapor sobrecalentado a los tres tanques.

\* Tipo de residuo en tanques y líneas: Existe un residuo cervecero compuesto de dióxido de carbono, levaduras, azúcares, almidones y taninos, depositado en las paredes internas de la máquina envasadora y todo el sistema de tuberías. Este residuo combinado con la temperatura alta, constituye un medio ideal para el incremento de la carga microbiana.

\* Soluciones de limpieza y sanitizantes: La solución de limpieza es el hidróxido de sodio al 2.5 %. Dicha solución es calentada a una temperatura entre 80 y 90°C para optimizar su uso. También se usa agua potable microbiológicamente óptima que ingresa a los tres tanques con una velocidad de 1.3 m/s. y a temperatura entre 80 y 90°C para limpiar junto con el detergente, luego enjuagar el hidróxido de sodio y, finalmente, desinfectar los equipos y tuberías.

### 3.2. Requerimientos del Sistema Propuesto de Limpieza en Frío

**3.2.1. Materiales y equipos.** Se requieren tres tanques para el almacenamiento de: agua de remojo, detergente ácido y agua de enjuague, todas con un

volumen de 4,06 m<sup>3</sup>. La capacidad de los tanques está condicionada a la capacidad del calderín y de las tuberías. Se requiere también una bomba centrífuga que mantenga el caudal constante y que mantenga la velocidad de flujo de 1.5 m/s., 200 kilos de detergente y 200 kilos de ácido peracético, reactivos para medir la concentración de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1N e Indicador de Fenolftaleína 25 ml.

**3.2.2. Formulación de detergentes y sanitizantes.** El detergente es el agente químico que mezclado con el agua va a encapsular, emulsificar o saponificar los residuos adheridos a una superficie; a esta mezcla la conocemos como solución detergente. En el caso de un Sistema de Sanitización en Frío, el detergente seleccionado debe eliminar un tipo de suciedad no severa, que no se envasa con altas temperaturas y que consta en un 90.5 % de agua, 2.5 % de azúcares, 0.5 % de proteínas y 3.5 % de etanol. Además, debe cumplir con las siguientes características:

- Causar una reacción química con residuos y microorganismos para su desprendimiento y eliminación, con mejor contacto y penetración.
- No ser corrosivo, ni dejar un residual químico.
- Que posea también acción sanitizante.
- No dejar residuos y/o incrustaciones como dureza de agua.

Para este proyecto se empleará un detergente ácido con propiedades sanitizantes, bajo en espuma, incluso a alta turbulencia y presión, no ataca las superficies de acero inoxidable, es de fácil enjuagabilidad y todos sus componentes son biodegradables; por su naturaleza ácida trabajará bajo atmósferas de dióxido de carbono para obtener un ahorro de tiempo ya que no se espera evacuar el CO<sub>2</sub> de la línea que sí se lo tendría que hacer con un compuesto alcalino.

A continuación en la Tabla 1 desglosaremos la formulación de este detergente.

**Tabla 1.** Formulación del detergente ácido

DETERGENTE ACIDO	Cantidad	Porcentaje
Acido fosfórico	0,2717 kgs.	27.17%
Aditivo	0,5934 kgs.	59.34%
Agua blanda	0,1348 kgs.	13.48%
	<b>1,00 kgs.</b>	<b>100%</b>

Por su composición ácida fosfórica, puede ser monitoreado y controlado por medio de equipos de medición conductiva.

El sanitizante que se usará será el ácido peracético al 14% y ayudará a garantizar una esterilidad en el equipo ya limpio en nuestro sistema. Es un sanitizante

terminal que no necesita enjuague y produce baja espuma, por lo cual se recomienda para todas las rutinas de higiene CIP.

**3.2.3. Pruebas experimentales.** Para comparar la eficiencia y reducción de costos entre los dos métodos CIP, se tabuló información del método actual durante un mes. Analicemos el esquema de la limpieza donde tenemos dos parámetros: tiempo y temperatura, como lo podemos observar en la Tabla 2:

**Tabla 2.** Esquema de Limpieza CIP Actual

Ítem	Descripción	Tiempo (min.)	Temperatura
1	PREenjuague (agua potable)	30	60 °C
2	Limpieza alcalina: Soda (2.5 % w/v)	60	80-85 °C
3	Enjuague intermedio (agua potable)	30	60 °C
4	Desinfección (agua potable) Agua caliente	60	80-85 °C
Tiempo Total		180	

Aprovechamos para comprobar el tipo de flujo en el sistema de limpieza CIP. Para corroborar la velocidad se midió el caudal en un tanque cubicado y se obtuvo que está en 6.23 m<sup>3</sup> / Hr. dándonos una velocidad de 1.51 m/s. Para obtener el número de Reynolds utilizamos la siguiente fórmula:

$$Re = (\rho * v * \phi) / \mu$$

Datos:

v = 1.51 m/s (velocidad)

$\phi$  = 1½" = 38.1 mm (diámetro)

$\mu$  = 8\*10<sup>-4</sup> N\*s/m<sup>2</sup> (viscosidad dinámica absoluta)

N = Kg\*m/s<sup>2</sup> (Newton)

$\rho$  = 1000 Kg/m<sup>3</sup> (densidad)

Cálculos

$$Re = (\rho * v * \phi) / \mu$$

$$Re = [(1000 \text{ Kg/m}^3) * (1.51 \text{ m/s}) * (0.0381 \text{ m})] / (8 * 10^{-4} \text{ N*s/m}^2)$$

$$Re = 71913.75$$

Como el número de Reynolds es de 71913.75 y es mayor que 2300, se concluye que es un flujo turbulento, es decir, aporta la energía mecánica necesaria dentro de las paredes de la tubería.

Vamos a obtener los datos del sistema de limpieza actual junto con sus etapas.

1. Pre-Enjuague: Esta etapa está constituida por un tanque de pre-enjuague, al que le ingresa agua fresca y es calentada desde 27 a 60 ° C; a través de un inyector se agrega vapor con un consumo de vapor de 477,91 lb/h, para calentar un volumen de agua de 4.06 m<sup>3</sup> por 60 min. El agua en esta etapa no es reutilizable.

2. Etapa de Detergente: Luego se efectuó una limpieza alcalina con 317.18 kg de soda cáustica concentrada al 32 % hasta alcanzar una concentración 2.5% en un volumen de 4.06 m<sup>3</sup>; agua caliente a 85 °C con un consumo de vapor de C = 889,87lb/h para calentar un volumen de agua de 4.06 m<sup>3</sup> por 60 min. El agua con detergente de esta etapa luego de cumplir

su limpieza no es recuperada y la temperatura es de 85° C.

3. Etapa de enjuague alcalino: Esta etapa está constituida por un tanque de pre-enjuague, al cual le ingresa agua fresca y es calentada desde 27 a 60 °C con vapor directo por un inyector con un consumo de vapor de 477,91 lb/hr, para calentar un volumen de agua de 4.06 m<sup>3</sup> por 60 min. El agua en esta etapa no es reutilizable. La cubicación del tanque es similar al tanque del pre-enjuague, los cálculos teóricos fueron hechos en la primera etapa de pre-enjuague.

4. Desinfección con temperatura: Consiste en calentar agua desde 80 a 85°C en un volumen de 4.06 m<sup>3</sup>, se la realiza en un tercer tanque similar a los dos anteriores pero con un aislante y donde no se emplea ningún agente químico. Con un consumo de vapor de C = 889,87 lb/h para calentar un volumen de agua de 4.06 m<sup>3</sup> por 60 min. En esta etapa el tanque de agua para desinfectar puede llenarse con agua fresca si el sistema CIP no está activo. La desinfección dura 60 minutos, para garantizar la eliminación de todos los microorganismos.

Una vez conocido el sistema actual con sus condiciones, empezamos probando en nuestro sistema de limpieza y desinfección en frío, para lo cual arrancamos con el esquema de la Tabla 3.

**Tabla 3.** Sistema propuesto de Limpieza CIP Frío

Ítem	Descripción	Tiempo (min.)	Temperatura
1	Pre-enjuague (agua potable)	5	Ambiente
2	Limpieza ácida: detergente ácido (0.8-1.2% v/v)	20	Ambiente
3	Enjuague (agua potable)	5	Ambiente
4	Desinfección ácida: Peracético (0.3-0.5% v/v).	5	Ambiente
<b>Tiempo Total</b>		<b>35</b>	

Sabemos que las condiciones mecánicas son las ideales al tener una velocidad de flujo que ya determinada anteriormente era de 1.51 m/s.

1. Etapa de pre-enjuague: Esta etapa está constituida por un tanque de pre-enjuague, al cual le ingresa agua fresca que no es calentada y es de 25 a 27 °C con un volumen de agua de 4.06 m<sup>3</sup> por 5 minutos. El agua en esta etapa no es reutilizable en el mismo tanque, en esta etapa se eliminó la suciedad grosera.

2. Etapa de Detergente: Se efectuó una limpieza ácida con 40.6 kg. de detergente ácido hasta alcanzar una concentración del 1% en un volumen de 4.06 m<sup>3</sup>. por 20 minutos. La etapa de detergente ácido se la corrió en el tanque 3, llenado con agua fresca y la temperatura en el tanque debe ser la del ambiente (25 – 27 °C); la solución de agua con detergente al 1 %, luego de cumplir su limpieza, es recuperada.

3. Etapa de enjuague ácido: Esta etapa está constituida por un tanque de pre-enjuague, al cual le

ingresa agua fresca de 27 °C y tiene un volumen de agua de 4.06 m<sup>3</sup> por 5 min. El agua en esta etapa es reutilizable para limpieza de pisos y paredes del área de envasado.

4. Desinfección con peracético: La desinfección consiste en aplicar 20.3 Kg. de peracético en un volumen de 4.06 m<sup>3</sup> de agua, alcanzando una concentración de 0.5 % por un tiempo de 5 min. Luego paramos la circulación y dejamos el sistema inundado. En esta etapa el tanque de agua para desinfectar puede llenarse con agua fresca. La temperatura en el tanque debe ser máxima de 27° C, al igual que en el tanque de pre-enjuague, con lo que se garantizará la eliminación de todos los microorganismos.

### 3.3. Implementación del sistema propuesto de limpieza CIP frío

Una vez obtenidos los resultados favorables luego de la limpieza y desinfección, realizamos trabajos de mejoras en la línea, hecho por la cervecera, como el acondicionamiento de las tuberías y los empaques, ya que existían fugas en el sistema causado por el desgaste y el calentamiento de empaques con el CIP anterior. Para ello se planificó el consumo de detergentes y sanitizantes que van a ser utilizados en el mes. Luego se capacitó con un programa de implementación del sistema que consistió en lo siguiente:

- Se inició con una inducción teórica, dando las generalidades del CIP Frío, los químicos de aplicación, almacenamiento y manipulación, preparación de la solución de limpieza, medidas de seguridad y condiciones del sistema, las etapas del CIP Frío, su evaluación mediante el frotis y los análisis microbiológicos, la recuperación y reposición de las soluciones de limpieza.

- Terminamos con una inducción teórica, precautelando la protección personal, cómo identificar los químicos de limpieza con recomendaciones para su manipulación y transporte, preparación de las soluciones de limpieza in situ, verificación de la concentración, varias corridas de limpieza con los diferentes turnos de limpieza y registrar los resultados.

Una vez alcanzado, esta inducción teórica se procedió a hacer dos corridas por grupo de operadores que eran 8 en total acompañándolos a lo largo de sus limpiezas, hasta mantener el sistema de limpieza estandarizado.

## 4. Análisis Comparativo y Resultados

El análisis comparativo se lo hará entre el sistema de limpieza CIP actual frente al propuesto. Nos servirán de parámetros los más representativos en la industria que son los de calidad (parámetros Físico – Químicos, Microbiológicos y Organolépticos) y otro parámetro no menos importante que es el costo de la operación del sistema, que lo mediremos en dólares/limpieza).

### 4.1. Parámetros de uso y control

Los parámetros que nos indicarán la calidad y eficiencia de la limpieza son los siguientes: Físico – Químicos, Microbiológicos y Organolépticos.

**4.1.1. Físico-Químicos:** Se hicieron pruebas en los dos sistemas donde se midieron el residual de los detergentes, dándonos concentraciones del 0 %, además en los análisis con el luminómetro nos dieron como resultado en RLU's, que miden las concentraciones de adenosin tri fosfato (ATP), la concentración de 1.50 RLU's en todos los casos siendo el máximo 2.99 RLU's.

**4.1.2. Microbiológicos.** Se tomaron muestras e hisopados comparativos de las dos metodologías en las siguientes partes de la envasadora:

1. Agua de enjuague final de la llenadora
2. Válvula de llenado # 15
3. Válvula de llenado # 26
4. Válvula de llenado # 32
5. Al ambiente del área de embotellado
6. Visor
7. Entrada de la llenadora

**4.1.3 Organolépticos.** En este análisis organoléptico se tomaron muestras del agua de enjuague final, en diferentes partes de la envasadora.

Estas muestras se la obtuvieron de 25 limpiezas en dos semanas, tanto en el método tradicional como en el método propuesto, dándonos los siguientes resultados (Figura 3):

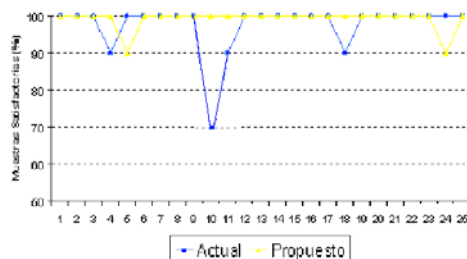


Figura 3. Análisis Organoléptico

En la limpieza 10 notamos que en la envasadora no se hizo un enjuague efectivo con el método en caliente. En el agua de enjuague final quedó un sabor ligero a soda, que titulado nos dio 0.024 %, mientras que con nuestra propuesta todas las muestras fueron superiores al 90 % y tenían un sabor a agua potable.

### 4.2. Costos

A continuación describiremos los costos obtenidos de ambos métodos.

#### Costos en detergentes (\$)

DETERGENTES	Actual	Propuesto	Unidad
SODA	317,18		KG
COSTO UNITARIO	0,22		\$/KG
<b>TOTAL COSTO</b>	<b>70</b>		\$/CIP
DETERGENTE ACIDO		40,6	KG
COSTO UNITARIO		2,7	\$/KG
<b>TOTAL COSTO</b>		<b>110</b>	\$/CIP
<b>AHORRO</b>		<b>57</b>	%

#### Costos de desinfección (\$)

DESINFECTANTES	Actual	Propuesto	Unidad
PERACETICO		20,3	KG
COSTO UNITARIO		4	\$/KG
<b>TOTAL COSTO</b>		<b>81,2</b>	\$/CIP
<b>ESTERILIZACIÓN</b>			
AGUA	4,06		M3
COSTO UNITARIO	1,9		\$/M3
<b>TOTAL COSTO</b>	<b>7,714</b>		\$
<b>VAPOR</b>	<b>1644,19</b>		KG VAPOR
Pre Enjuague	216,74		KG VAPOR
Detergente	403,57		KG VAPOR
Enjuague	216,74		KG VAPOR
Desinfección	403,57		KG VAPOR
Arranque	403,57		KG VAPOR
RENDIMIENTO	86		KG VAPOR/GL COME
COMBUSTIBLE	230,19		\$/GALL
COSTO UNITARIO	1,05		\$/GAL+Depreciación
<b>TOTAL COSTO</b>	<b>241,70</b>		\$
<b>COSTO ESTERILIZACIÓN</b>	<b>249,41</b>	<b>81,2</b>	\$/CIP

#### Costos de Mano de Obra (\$)

MANO DE OBRA	Actual	Propuesto	Unidad
TIEMPO DE ASEO	180	35	Min
HORA-HOMBRE	4,5	4,5	\$/hora
HOMBRES	3	3	
<b>TOTAL</b>	<b>40,5</b>	<b>7,875</b>	\$/CIP
		-81	%

	Actual	Propuesto	Unidad
<b>TOTAL CIP SEMANAL</b>	<b>409,63</b>	<b>221,84</b>	\$/CIP/ensavadora
<b>TOTAL CIP SEMANAL</b>	<b>819,26</b>	<b>443,67</b>	\$/CIP/2 envasadoras
<b>TOTAL COSTO /MES</b>	<b>3277,02</b>	<b>1774,70</b>	\$/CIP/2 envasadoras
<b>TOTAL COSTO ANUAL</b>	<b>39324,24</b>	<b>21296,35</b>	\$/CIP/2 envasadoras
<b>DIFERENCIA</b>		<b>18027,89</b>	\$/CIP/2 envasadoras
<b>AHORRO</b>		<b>46%</b>	

Según la tabla, el costo semanal de limpieza en las dos envasadoras es de \$819,26 para el sistema actual, frente a \$443,67 para el sistema CIP frío propuesto. Si estos valores los anualizamos tenemos que para el sistema propuesto es de \$21.296,35 frente al sistema actual que es de \$39.324,24, dándonos un ahorro por limpieza de \$18.027,89 anuales, equivalente a un 46%. En este costeo existen otros ahorros intangibles como lo son la disponibilidad de la línea, el aumento



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



en la productividad para envasar. No cuentan en nuestro cálculo el ahorro en consumo de energía eléctrica por la bomba prendida más tiempo en el sistema actual.

## 5. Conclusiones

1. El detergente ácido utilizado en un sistema de CIP Frío tiene convenientes beneficios frente a la limpieza alcalina del CIP tradicional desde el punto de vista microbiológico, organoléptico y económico.

2. Los detergentes ácidos solubilizan eficazmente los residuos de tipo orgánico e inorgánico que no son eliminados por productos alcalinos.

3. El detergente ácido no reacciona con el CO<sub>2</sub> presente en los tanques y equipos dándonos por lo tanto, menores tiempos empleados en el saneamiento.

4. El proceso de limpieza propuesto trabaja con temperatura externa menor a 25°C lo cual evita el crecimiento descontrolado de microorganismos en el exterior de la envasadora

5. El compuesto de limpieza propuesto es totalmente biodegradable ya que los ácidos se enjuagan y neutralizan fácilmente en el efluente, debido a que la mayoría de los desechos de las empresas embotelladoras son de carácter alcalino.

6. El sistema propuesto presenta acción biostática protectora porque permite que no se sature la solución y dando mayor ahorro con el re-uso de las soluciones, que son almacenadas en los tanques CIP (interna), manteniendo una pureza y no disminuye su función.

7. El sistema de limpieza CIP Frío representa menores costos de los servicios como en agua en un 40%, vapor 67% y en el tratamiento de agua en un 100%.

8. Con el sistema propuesto se reducen los problemas mecánicos debido a que el detergente trabaja muy bien en atmósferas con CO<sub>2</sub>, manteniendo en buenas condiciones especialmente los empaques y válvulas del sistema.

9. El principal parámetro para el diseño de un sistema de CIP es la velocidad del flujo de la solución de limpieza. Utilizando el criterio experimental se ha llegado a la conclusión de que la velocidad constante y/o superior para el CIP es de 1.5 m/s. con un caudal superior a 5 m<sup>3</sup>/h y una presión de 1.22 bar. Los beneficios de usar velocidades mayores a 1.5 m/s. son mínimos ya que las pruebas han demostrado que la acción de remoción de residuos sólidos casi está en el máximo a dicha velocidad.

10. El agua con detergente luego de cumplir su ciclo de limpieza es recuperada en promedio de un 70 %.

## 6. Recomendaciones

1. Es importante asegurar que la velocidad del fluido se mantenga a lo largo del sistema, determinando el flujo volumétrico para la sección transversal más grande de la tubería.

2. Cada tanque al que se le realice un CIP se le deberá instalar un rociador o spray ball, el mismo que permitirá realizar una limpieza completa ya que al girar rocía el interior de las paredes del tanque, desprendiendo de esta forma todo el residuo de producto que se encuentre en este.

## 7. Referencias

- [1] Larrañaga Idelfonso, Carvallo Julio, Rodríguez M<sup>a</sup> Del Mar y Fernández José; Control e higiene de los alimentos, Editorial Mc Graw Hill, España, 1999
- [2] Senser Friedrich y Scherz Heimo; Tablas de composición de alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 1999
- [3] Singh R. Paul y Heldman Dennis; Introducción a la Ingeniería de los Alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 1998
- [4] Wildbrett Gerhard; Limpieza y Desinfección En La Industria Alimentaria, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 2000
- [5] Yousef Ahmed E. y Carlstrom Carolyn; Microbiología de los alimentos: Manual de laboratorio, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 2006

Ing. Karín Coello Ojeda  
DIRECTORA DE TESIS