

**ESTRATEGIAS PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA EN LA EMPRESA
EMBOTELLADORA DE BEBIDAS COLBESA S.A**

CATALINA CHAVES GONZÁLEZ



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
SANTIAGO DE CALI
2011

**ESTRATEGIAS PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA EN LA EMPRESA
EMBOTELLADORA DE BEBIDAS COLBESA S.A**

CATALINA CHAVES GONZÁLEZ

TRABAJO DE GRADO

Como requisito para optar al título de
Ingeniero Sanitario

Director

Ing. JUAN PABLO GUTIERREZ

CO – Director

Ing. M.Sc LUIS DARÍO SANCHEZ



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
SANTIAGO DE CALI
2011



Nota de aceptación

.....

.....

.....

.....

Evaluator:

.....

Evaluator:

Agosto de 2011

*A mi papito Dios
Por ser mi mayor mentor y señalarme siempre el camino a seguir.*

*A Jaime Chaves Pérez
Por ser mi mentor en la tierra y no dudar de mis capacidades en ningún momento del
camino de mi vida, tengo el hermoso privilegio de que seas mi viejo mi querido viejo.*

*A Gladys González López
Por su amor, dedicación y esfuerzo incondicional y ayudarme a forjar mi destino.*

*A mis hermanos
Por su paciencia, cariño y compañía.*

*A mis AMIGOS
Porque han creído en mi y han apoyado mis decisiones.*

Con Amor Cata

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** y al **Espíritu Santo** porque su voluntad es buena, agradable y perfecta y me han dado la fortaleza y la sabiduría en cada momento no solo de mi carrera sino de mi vida.

A mis **padres y hermanos** porque son mi hermosa familia y mi mayor apoyo después de Dios, porque han creído en mis capacidades y han señalado mis debilidades para convertirlas en fortalezas.

A los profesores **Juan Pablo Gutiérrez** y **Luis Darío Sánchez** por tomar este tema de tesis y por su colaboración en este camino final.

A **Colbesa S.A** y su departamento de Calidad por abrirme las puertas para empezar mi etapa laboral y en especial a **Lina María Jaramillo** por su valiosa guía, empeño y dedicación para hacer de este trauma algo de gran aprendizaje, tus consejos siempre están presentes en mis decisiones de vida.

A **Juliana Valencia** porque me ha enseñado que una amistad sincera ayuda a moldear el carácter y llena de momentos dulces y no tan dulces la vida. Gracias por cada momento vivido a tu lado y por los que vendrán.

A mis **profesores y compañeros** de universidad en especial a **Jhon Jairo, Johnatan, Nixon, Virginia, Ángela, y María Elena** porque han estado presentes en momentos importantes brindando el consejo necesario.

RESUMEN

El objetivo principal del trabajo realizado fue contribuir al desarrollo de estrategias para el uso eficiente del recurso hídrico en una planta productora y embotelladora de bebidas y los beneficios que se podrían obtener de su implementación.

La primera fase del trabajo para llegar a la culminación del objetivo principal, se desarrolló durante dos meses, donde se realizaron aforos en los diferentes procesos de la empresa para contabilizar el agua que se consume, con el fin de jerarquizar los procesos o etapas de la producción de mayor a menor consumo de agua. Para la realización de este balance se tuvo en cuenta el agua consumida en la planta de producción, en la planta de potabilización y en las utilidades como casino y baños.

Con este balance se determinó qué procesos son más críticos y cuáles se podía hacer reuso, para lo cual fue necesario realizar caracterizaciones y estudios fisicoquímicos de las diferentes AR.

Teniendo en cuenta que este trabajo es una tesis de pregrado, se hizo principal enfoque en un proceso de la planta de producción (túnel de enfriamiento) y un proceso de la planta de potabilización (retrolavado de los filtros).

Con los estudios de caracterización de las AR anteriormente descritas se realiza la segunda fase del trabajo, se analizó el posible reuso en las diferentes aguas concluyendo que el AR proveniente de la planta de producción se podría usar en 4 máquinas diferentes del túnel de enfriamiento y el AR proveniente de la planta de potabilización se retornaría al tanque de almacenamiento teniendo en cuenta que su nivel de turbiedad no altere las condiciones de trabajo ya específicas para el proceso de potabilización.

La tercera y última fase consistió en realizar un estudio de los beneficios aportados por las estrategias propuestas, tanto económicos como ambientales y sociales, se calculó un costo aproximado de cada estrategia, el ahorro de agua y la relación costo beneficio o el tiempo de retorno de la inversión.

También se hizo énfasis en la educación ambiental al personal como estrategia fundamental permanente para el uso eficiente del agua debido a que el ser humano es directamente responsable de un adecuado o inadecuado uso del recurso hídrico.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
1. PROBLEMA	2
1.1 Definición.....	2
1.2 Evidencia.....	2
1.3 Actores directos.....	3
1.4 Actores indirectos	3
2. ANTECEDENTES.....	4
3. JUSTIFICACIÓN	5
4. MARCO TEÓRICO	7
4.1 Avanzando hacia el desarrollo sostenible	7
4.2 Uso eficiente del agua en la industria	8
4.1.1 Recirculación.....	8
4.2.2 Reuso.....	8
4.2.3 Reducción del consumo	9
4.3 Legislación Colombiana del Uso Eficiente del Agua Ley 373 de 1997	10
5. OBJETIVOS	11
5.1 General.....	11
5.2 Específicos	11
6. METODOLOGÍA.....	12
6.1 Sitio de Estudio.....	12
6.2 Balance de Agua	14
6.3 Caracterización de Aguas.....	15
6.4 Análisis de Resultados	16
6.5 Estrategias para uso eficiente del agua	16
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS	17
7.1 Balance de agua en la Empresa.....	17
7.1.1 Tiempos de Producción	17
7.1.2 Aforos y consumos aproximados.....	17

7.1.2.1	Producción	17
7.1.2.2	Rinser	18
7.1.2.3	Sala de Llenado	19
7.1.2.3.1	V-16	20
7.1.2.3.2	PET-500	20
7.1.2.3.3	PET-20	20
7.1.2.3.4	Presentación Litro	20
7.1.2.4	Pasteurizador	21
7.1.2.5	Inversor	21
7.1.2.6	Cooler	22
7.1.2.6.1	Duchas del Cooler	23
7.1.2.6.2	Purga del Cooler	24
7.1.2.7	Triblender	24
7.1.2.8	Línea de Lubricación de Transportadora	25
7.1.2.9	Riego de Muelle	27
7.1.2.10	Caldera	27
7.1.2.10.1	Producción de Vapor	27
7.1.2.10.2	Enfriamiento de la carbonilla	28
7.1.2.11	Utilidades (Casino – Baño)	28
7.1.2.12	Clean In Place – CIP	29
7.1.2.12.1	Enjuague	30
7.1.2.12.2	CIP de 3 pasos	30
7.1.2.12.3	CIP de 5 pasos	30
7.1.2.12.4	CIP de 7 pasos	30
7.1.2.13	Mantenimiento en la Línea de Potabilización de Agua	31
7.1.2.14	Mantenimiento de la Planta de Producción	33
7.2	Caracterización Físico – Química del agua en diferentes procesos	35
7.2.1	Caracterización del Rechazo de la Osmosis	35
7.2.2	Caracterización Purga del Cooler	36
7.2.3	Caracterización del Agua de Mantenimiento de la PTAP	36
7.3	Estrategias de UEA y sus beneficios	38
7.3.1	Reuso de la purga del túnel de enfriamiento	38
7.3.1.1	Requerimientos para el proyecto	39

7.3.1.2	Beneficios e impacto al indicador	39
7.3.2	Retorno de enjuague de retrolavado de los Filtros de Osmosis 2	40
7.3.2.1	Requerimientos para el proyecto	41
7.3.2.2	Beneficios e impacto al indicador	41
7.3.3	Sensibilización Ambiental	42
8.	CONCLUSIONES	44
9.	RECOMENDACIONES	45
10.	BIBLIOGRAFÍA	46
	ANEXOS	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tiempos de Producción mes de Abril.....	17
Tabla 2. Batch's producidos mes de Abril.	17
Tabla 3. Tiempos de CIP [min].....	29
Tabla 4. Tiempos y Volúmenes Totales de los CIP.....	30
Tabla 5. Consumo de agua en Retrolavados.....	32
Tabla 6. Rechazo de los Equipos de Osmosis.....	32
Tabla 7. Consumos de agua en orden ascendente.....	33
Tabla 8. Resultados de Análisis de Laboratorio.	35
Tabla 9. Resultados Caracterización Purga del Cooler.....	36
Tabla 10. Turbiedad por minuto de retrolavados de filtros con manhole abierto.	37
Tabla 11. Turbiedad por minuto de retrolavados de filtros con manhole cerrado.	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Actores involucrados y sus relaciones.	3
Figura 2. Localización del Municipio de Caloto.	12
Figura 3. Ubicación Geográfica de Colbesa S.A. Parque Industrial del Cauca.....	12
Figura 4. Diagrama de la Planta de Potabilización de Colbesa S.A.	13
Figura 5. Esquema General de la Planta de Producción.....	14
Figura 6. Diagrama de barras del Balance de agua.....	34
Figura 7. Esquema de reuso de la purga del tunel de enfriamiento	39
Figura 8. Isométrico de Filtros de Osmosis 2	40
Figura 9. Instalación de accesorios para el retorno.....	41

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Rinser	18
Foto 2. Recuperación agua del rinser	18
Foto 3. Tanque de almacenamiento agua del rinser	18
Foto 4. Sala de Llenado.....	19
Foto 5. Pasteurizador	21
Foto 6. Inversor	21
Foto 7. Túnel de enfriamiento - Cooler.....	22
Foto 8. Duchas a la salida del Inversor	23
Foto 9. Duchas a la entrada del Cooler.....	23
Foto 10. Zona de Preparación	24
Foto 11. Bandas Transportadoras.	25
Foto 12. Boquillas de Lubricación	26
Foto 13. Muelle de Camiones	27
Foto 14. Localización Piscinas.....	31

ACRÓNIMOS Y SÍMBOLOS

°C	Grados centígrados
μS	Micro siemens
As	Arsénico
Alcal	Alcalinidad
Afl.	Afluente
AR	Agua residual
AYUEDA	Ahorro Y Uso Eficiente Del Agua
bpm	Botellas por minuto
Cl	Cloro
CIP	Clean In Place
Colbesa	Colombiana de Bebidas y Envasados
Colif	Coliformes
Conduc.	Conductividad
CRC	Corporación Autónoma Regional del Cauca
d	Día
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
Efl.	Efluente
Fe	Hierro
gal	Galones
gpm	Galones por minuto
G&A	Grasas y Aceites
H	Hora
Hg	Mercurio
L	Litros
m	Metros
m ³	Metros cúbicos
mg	Miligramos
min	Minutos
Mn	Manganeso
mL	Mililitros
ML	Millones de litros
mm	Milímetros
OD	Oxígeno disuelto
P	Fósforo
Pb	Plomo
PET	Polyethylene Terephthalate (plástico usado en envases de bebidas)
pH	Potencial de hidrógeno

ppm	Partes por millón
PTAP	Planta de tratamiento de agua potable
PTAR	Planta de tratamiento agua residual
Q	Caudal
Q_{prom}	Caudal promedio
$Q_{m\grave{a}x}$	Caudal máximo
Q_{min}	Caudal mínimo
RECON	Resources Conservation
s	Segundos
Si	Sílice
ST	Sólidos totales
SST	Sólidos suspendidos totales
UEA	Uso Eficiente del Agua
und	Unidad
UV	Ultravioleta
V	Volumen
V_{JM}	Volumen en la jornada matutina
V_{JN}	Volumen en la jornada nocturna
TDS	Sólidos Disueltos Totales
Trab	Trabajador
Zn	Zinc

INTRODUCCIÓN

El agua juega un papel esencial no solo en la naturaleza sino en todas y cada una de las actividades de los seres humanos, entre las cuales se encuentra la industria como motor de desarrollo y bienestar para éste. El papel de este preciado líquido, es aún más vital en una empresa que lo necesita como materia prima para su producto, como es el caso de COLBESA S.A. en adelante la Empresa. Un óptimo uso del recurso en dicha empresa, tendrá gran incidencia para garantizar la continuidad de la misma con las implicaciones sociales y económicas, que esta continuidad conlleva.

La decisión de muchos inversionistas para la creación y sostenimiento de empresas se basa principalmente en la rentabilidad y la eficiencia de las mismas, éstas solo se consiguen mediante la optimización de todos los procesos y sistemas de las compañías, que en el caso particular de la empresa, aquellos relacionados con el agua tienen la mayor importancia.

El presente proyecto tiene como propósito, buscar alternativas para el uso eficiente del agua en la empresa cuya finalidad es embotellar bebidas para consumo humano, la cual tiene como materia prima agua de pozo, esto con el fin de minimizar caudales de aguas residuales para minimizar así los posibles impactos sobre la fuente receptora Río Palo y para reducir costos de tratamiento.

1. PROBLEMA

1.1 Definición

Ineficiente uso del agua del pozo en COLBESA S.A.

1.2 Evidencia

En el año 2009, el cálculo estimado del porcentaje del agua extraída del acuífero que se envasa en el producto final, es de aproximadamente 20% (correspondiente a un indicador de 4.62 L agua/L de bebida), es decir, en otras actividades inherentes al proceso se utiliza el restante 78%, por otro lado la meta de gerencia en la Empresa es llegar a que el indicador marque 3,9 L de agua / L de Bebida.

Este indicador es la medida de control del gasto de agua, se basa en la totalidad de agua gastada en el mes en todos los usos (producción, mantenimiento, limpieza y servicios) contra el agua finalmente embotellada como producto por litro. Este indicador es revisado anualmente por PEPSICO.

El permiso de extracción de agua de pozo es concedido por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), y fue asignado por un valor de 11.960 m³/d para las tres plantas, del cual la Empresa puede utilizar el 53.1% (6.350 m³/d). Actualmente se extrae un promedio de 29501 m³/mes del pozo lo cual corresponde a un 84.96% del permiso de extracción (CRC, 1997).

Ver el árbol de problemas en Anexo 1.

En la figura 1 se muestran los actores involucrados y sus relaciones.

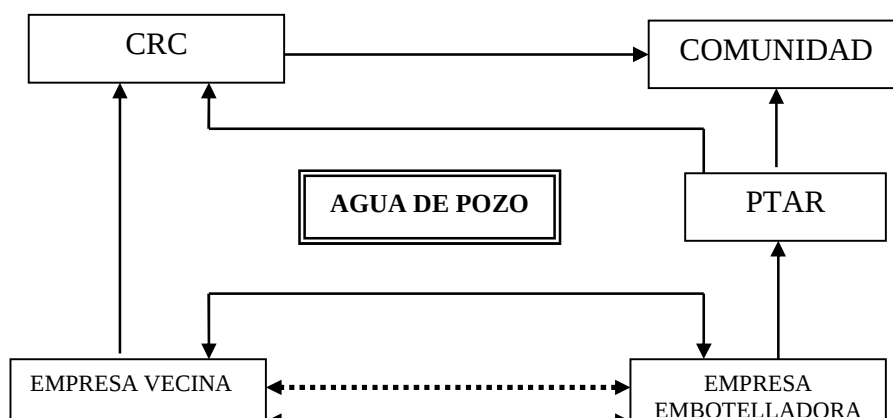


Figura 1 Actores involucrados y sus relaciones.

Fuente: ENTREVISTA con Lina María Jaramillo R. Microbióloga y Coordinadora Ambiental de Colbesa S.A. Caloto, 23 de abril de 2010.

1.3 Actores directos

- Junta Directiva
- Gerencia General
- Gerencia de Manufactura
- Departamento Mantenimiento
- Departamento Proyecto

- INTERESES
- Rendimiento Financiero
- Asegurar sostenimiento fuente hídrica y tener el recurso disponible para futuros proyectos.

1.4 Actores indirectos

- Habitantes rivera del Río Palo y sus alrededores
- CRC
- PTAR de las tres empresas (ICN, Alpina y Colbesa).
- Plantas vecinas que usan el pozo. (ICN, Alpina y Colbesa)

- INTERESES
- Reducir la contaminación del Río Palo
- Velar por el cumplimiento de la ley
- Disminuir caudales de tratamiento para reducir costos
- Continuidad del servicio de agua en la zona

2. ANTECEDENTES

Por un lado hacer uso eficiente del agua implica el uso de tecnologías y prácticas mejoradas que proporcionan igual o mejor servicio con menos agua. Por otro lado, la conservación del agua ha sido asociada con la limitación del uso del agua y hacer más con menos generalmente en un periodo de escasez de esta.

Optimizar el uso de agua significa más que llevar a cabo un estudio de la planta y la preparación de un reporte. Las medidas para lograr el uso eficiente del agua deben visualizarse de una forma holística dentro de la planeación estratégica de la empresa. Aquellos que usen el agua más eficientemente ahora, tendrán una ventaja competitiva en el futuro respecto a aquellas compañías que decidieron esperar. Un programa exitoso debe priorizar las necesidades, establecer metas, niveles mínimos de desempeño y proyectar adecuadamente un plan de acción (CNPMLTA, 2009).

Smith cita que en todo el mundo el procesamiento de las bebidas es un trabajo pro-activo para lograr el ahorro de agua en las operaciones de procesamiento de bebida y reducir el desperdicio de este, ahorrar dinero y reducir su exposición al riesgo de futuros cambios en la disponibilidad de agua dulce (Smith, M.H. 2011).

- Diageo Australia Limited, un fabricante de bebidas internacionales, ha logrado un ahorro de agua del 43% en su empresa en Huntingwood en Sydney. Este ahorro anual de 55,5 ML ha sido posible gracias a una combinación de un sólido trabajo en equipo para mejorar las prácticas de gestión del agua, la innovación técnica y asegurar que la mayor cantidad de agua sea reciclada y reutilizada en el sitio tanto como sea posible.
- Coca Cola Amatil (CCA) en Australia han puesto en marcha 55 proyectos de ahorro de agua, incluida el agua recogida, la optimización de la recuperación, reuso y recolección de aguas pluviales logrando un ahorro de agua de 53 ML al año.
- Cadbury Schweppes ha realizado una serie de iniciativas que incluyen la instalación de grandes tanques de agua de lluvia, la lubricación en seco de 12 líneas de producción a nivel nacional, y servicios eficientes de agua. A nivel nacional está ahorrando entre los 10 ML de agua.
- P & N Bebidas ha ahorrado más de 55 ML por año a través de una serie de iniciativas de agua, tales como detener las fugas, modificación de los rociadores de agua y las boquillas, haciendo los procesos de limpieza en situ más eficaces, y finalmente, hacer más eficientes los servicios.

Colbesa en el afán de apropiarse del método del trabajo proactivo, ha realizado una serie de modificaciones en algunos usos del agua en la planta. Esta planta se encuentra ubicada, en el Departamento del Cauca con jurisdicción del Municipio de Caloto, cuenta con un pozo de 184 m de profundidad y un diámetro de 8" que comparte con ALPINA E ICN, del cual debe abastecerse para todas las necesidades tanto del proceso productivo, como los demás usos necesarios para el buen funcionamiento de la planta. La actividad productiva es la fabricación de bebida hidratante de consumo humano, por lo tanto la principal materia prima es el agua, esta materia prima es sometida a un proceso de potabilización que incluye un pretratamiento por métodos de clarificación y filtración química, y un tratamiento final por ósmosis inversa, sólo para uso de los procesos críticos (lavado de botellas, calderas y fabricación de producto).

El agua es utilizada además para soporte de diferentes equipos y sistemas de la planta: servicios generales, chillers, calderas, equipos de pasteurización, torres de enfriamiento, lavadoras de botella, enfriadores de producto (cooler), red contra incendios, sistema de riego para zonas verdes, lubricación de transportadores y bomba, duchas de enfriamiento, limpieza de planta.

Las aguas residuales de la planta son tratadas por una PTAR propiedad de las empresas que se abastecen del pozo. Las aguas tratadas se vierten en el Río Palo, dando así cumplimiento al decreto 3930 de 2010 que reglamenta entre otros la obligatoriedad del permiso de vertimientos y reglamenta los vertimientos estableciendo prohibiciones y protegiendo las comunidades aledañas a la planta (Puerto Tejada, Caloto, Villa Rica).

La actualidad, se están recuperando aproximadamente 6000 m³/mes que corresponden al 20 % del volumen promedio mensual de agua extraído del pozo por la empresa, que provienen de parte del concentrado de la osmosis y reuso total del agua del rinser.

3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente la Empresa cumple con todos los requerimientos en cuanto a cantidad de agua consumida y calidad del agua residual que establece la legislación colombiana, sin embargo dado el crecimiento que se tiene previsto para el presente año y los próximos, es necesario encontrar la forma de optimizar el uso del recurso hídrico, hallando puntos de reuso y mejora que permitan que se siga cumpliendo con la normativa sin que se vea afectado el crecimiento. Adicionalmente, con mira a las expectativas de PEPSICO en el programa de RECON cuyo principio es la sostenibilidad de los recursos agua y energía y va en procura de ser amigables con el Medio Ambiente todos los procesos productivos.

Los factores generadores de ineficiencia detectados en el proceso son¹:

1. Incompleto control de consumos: actualmente se tiene instrumentación de medición a la salida de la piscina por lo cual se pueden tener datos confiables del consumo diario por la empresa, sin embargo no hay medidores en el agua usada en diversos procesos como calderas, la torre de enfriamiento, pasteurizador, por lo tanto no ha sido posible establecer un control confiable al ciento por ciento de dichos consumos, adicional a éste, la falta de Educación Ambiental juega un papel importante en el desperdicio del recurso agua, dada la deficiente capacitación del tema en el personal de planta.
2. Fugas en algunos puntos del proceso: se han detectado fugas en puntos del proceso generados por corrosión, válvulas de paso, falta de conciencia en el manejo del recurso por parte de algunos operadores, tuberías con uniones rotas, y deficiente calibración de algunos sistemas (torre de enfriamiento, cooler, lavador de botellas, ósmosis inversa). Igualmente se ha detectado que en la actualidad se están realizando procesos en la planta, en los cuales el recurso hídrico no está siendo óptimamente administrado (retrolavados de filtro de arena, flushing en la ósmosis inversa, regeneración de filtros de carbón).
3. Purgas no aprovechadas: en este momento se está recuperando el 100% del agua del rinser en el cooler y en la lubricación de bandas transportadoras, sin embargo hay otros procesos cuyas purgas generan un flujo de agua que se envía directamente a la PTAR como se hace con la purga del cooler, cuando se puede reusar este caudal en otros puntos del sistema.

El ahorro de agua reducirá el caudal enviado a la PTAR, disminuyendo los costos de operación de ésta, generando un menor impacto en el Río Palo y su zona de influencia.

Por otro lado, se tiene en cuenta el cumplimiento obligatorio de la normatividad legal vigente, en este caso se hace énfasis en la Ley 373 de 1997 por la cual se establece la implementación de programas de uso eficiente del agua, en materia la empresa no tiene un programa implementado, sin embargo actualmente se hace reuso del agua proveniente del lavado de botellas, es necesario el diagnóstico de la planta teniendo en cuenta lo pedido por la norma para tener una base concreta para el desarrollo de proyectos en busca de minimización de residuos.

¹ENTREVISTA con Lina María Jaramillo R. Microbióloga y Coordinadora Ambiental de Colbesa S.A. Caloto, 23 de abril de 2010.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Avanzando hacia el desarrollo sostenible

Tradicionalmente, el agua se ha considerado como un recurso renovable, siempre y cuando se controle cuidadosamente su uso, tratamiento, liberación y circulación. Si no existe ese cuidado, puede convertirse en un recurso no renovable.

Por lo anterior, los impactantes efectos climáticos que se han sentido con fuerza en todo el planeta, especialmente en las últimas dos décadas, han encendido las alarmas en cuanto al agotamiento de los recursos naturales, especialmente el agua, que pareciera estar cambiando su condición de renovable a no renovable.

A diario, los estudiosos del tema, los organismos internacionales que se ocupan del asunto y los medios de comunicación reiteran que en efecto las reservas mundiales de agua se están agotando y otros mas osados se atreven incluso a asegurar que las próximas guerras mundiales podrían generarse por la falta de este valioso recurso.

Los principales problemas de abastecimiento que afrontan los centros urbanos son el agotamiento de las fuentes locales, la contaminación y descontaminación de las mismas, los altos costos de captación y conducción del agua y los conflictos generados por los intereses de diferentes usuarios sobre las fuentes. Paradójicamente, ante esta difícil situación, en las ciudades ocurren grandes porcentajes de fugas, se utilizan tecnologías derrochadoras de agua, no se re-usa este recurso, los sistemas de facturación y cobranza son deficientes, las tarifas por el servicio frecuentemente no cubren los costos del suministro y existe poca conciencia ciudadana (Arreguín-Cortés, 1994).

Colombia también ha entrado en esa tendencia de empezar a evidenciar el agotamiento del recurso hídrico y de comenzar a generar estrategias para crear una conciencia nacional sobre el uso eficiente y el valor integral del agua.

Este uso eficiente del agua plantea varios desafíos, entre ellos el desarrollo de programas de seguimiento continuo en los diferentes tipos de usuarios y, con el tiempo, la evaluación del desempeño, para contar con información oportuna que nos permita tomar decisiones y emprender acciones para generar un cambio en el comportamiento hacia la eficiencia.

Muchas de estas acciones implican, ante todo, un cambio de comportamiento y actitud frente a la concepción social y cultural que se tiene de nuestro líquido vital, el agua.

4.2 Uso eficiente del agua en la industria

En las industrias también se puede usar mejor el agua. La maquinaria, los procesos y los servicios accesorios demandan grandes cantidades de este recurso que pueden reducirse con técnicas de uso eficiente (Campos *et al.*, 1990). La calidad del agua requerida varía según el tipo de industria (por ejemplo la petrolera o minera requieren menos calidad que la farmacéutica y la alimentaria) y con su uso dentro del proceso, por lo que en una misma planta industrial pueden requerirse aguas de diferente calidad en varios procesos (Arreguín – Cortés, 1994).

Los usos industriales del agua se pueden dividir en tres grandes grupos: transferencia de calor, generación de energía y la aplicación a procesos.

Las principales acciones de uso eficiente en el nivel industrial son la recirculación, el reuso y la reducción del consumo; en los tres casos son necesarias dos actividades básicas: la medición y el monitoreo de la calidad del agua.

La medición es la acción fundamental de cualquier programa de uso eficiente en el sector industrial, en la determinación de consumos horarios diarios, mensuales, estacionales y medios, según se trate; en los procesos, equipos, accesorios, zonas de riego, baños, entre otros, sirve para programar cómo usar mejor el agua y para motivar a que los trabajadores participen en el ahorro de este líquido.

No todos los procesos industriales ni las áreas anexas a los mismos, requieren de la misma calidad de agua, así, para establecer medidas de recirculación, reuso o reducción, es indispensable conocer la calidad del agua en cada parte del proceso industrial.

4.1.1 Recirculación

Esta acción consiste en utilizar el agua en el proceso donde inicialmente se usó. En general, la primera vez que el agua ha sido utilizada, cambia sus características físicas y químicas y, por lo tanto, podría requerir algún tipo de tratamiento. Es necesario entonces conocer la calidad del agua demandada por el proceso en cuestión, el nivel de degradación de su calidad en el mismo y, por ende, el tipo de tratamiento necesario.

4.2.2 Reuso

En esta situación, el efluente de un proceso (con o sin tratamiento) se utiliza en otro que requiere de diferente calidad del agua. Es necesario determinar la calidad del agua que requiere cada proceso, identificar qué efluentes podrían utilizarse y, cuando corresponda, definir cuál sería el tratamiento mínimo requerido y los mecanismos para transportar el

líquido. El agua producto de los procesos de lavado puede reusarse en otros que requieran de una calidad menor, como sucede en el enfriamiento, el transporte de materiales o la purificación de aire.

En un estudio realizado por el IMTA en un ingenio azucarero (Romero y González, 1990), se encontró que el agua se podía reusar en lavado de pisos, sistema de enfriamiento, servicios sanitarios y riego agrícola (28% de la demanda total del ingenio), mediante:

- El tratamiento de los efluentes de los sistemas de generación de vacío y de procesos de la destilería;
- Reactores anaerobios de flujo ascendente, de sedimentación primaria y secundaria y de biodiscos;
- El tratamiento de los efluentes de servicios sanitarios y otros procesos por medio de lagunas de oxidación y
- El enfriamiento de los efluentes del proceso de condensación de vapor.

El mismo Instituto encontró en una fábrica que tiñe hilo de lana y que confecciona casimires, que se podía reusar hasta un 50% del agua demandada por la industria (García, 1991).

4.2.3 Reducción del consumo

Otra opción es reducir el consumo. Para ello es posible optimizar los procesos, mejorar la operación o modificar los equipos o la actitud de los usuarios del agua. Aquí es necesario calcular la cantidad de líquido requerida por un proceso dado, compararla con el consumo real y evaluar opciones para disminuir el consumo.

En las industrias hay zonas accesorias (jardines o los servicios sanitarios) en las cuales se pueden lograr importantes reducciones del consumo, por ejemplo sembrando plantas nativas de la zona geográfica donde se ubique la industria, empleando equipo de riego eficiente, riego nocturno, etc. En cuanto a los servicios sanitarios, tanto la eliminación de fugas como el uso de reductores de flujo en excusados y regaderas de bajo consumo contribuyen a reducir los consumos industriales de agua.

Otra opción para reducir el consumo es la utilización del agua lluvia como fuente de abastecimiento, para cubrir la demanda generada por servicios que no requieren agua potable para su funcionamiento como riego de jardines y zonas exteriores, limpieza de vehículos o montacargas, usos sanitarios, aseo y mantenimiento en general (Osuna, 2010).

Los beneficios estimados en la industria son: ahorro en energía, optimización de procesos, menos agua residual y, por lo tanto, menos necesidad de capacidad instalada en tratamiento y menor cantidad de agua facturada.

4.3 Legislación Colombiana del Uso Eficiente del Agua Ley 373 de 1997

Entre las estrategias que se pueden adoptar para un cambio de cultura, el Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML) publicó una Guía de Ahorro y Uso Eficiente Del Agua (AYUEDA) publicada en el 2002 como una ayuda para la implementación de programas para un uso eficiente del recurso hídrico y dar paso al cumplimiento de la Ley 373 de 1997 por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

La ley dicta en sus artículos la obligación de la implementación de dicho programa mientras que la guía ilustra estrategias para cumplir con esta ley. Sus estrategias se dividen en 6 fases importantes:

Fase 1: INICIO

- a. Designar un equipo
- b. Listar las etapas del proceso
- c. Identificar las operaciones generadoras de residuos

Fase 2: ANÁLISIS DE LAS ETAPAS DEL PROCESO

- a. Preparar el diagrama de flujo del proceso
- b. Hacer un balance de masa y energía
- c. Asignar costos para las corrientes residuales
- d. Revisar el proceso e identificar las causas de los hechos

Fase 3: GENERACIÓN DE OPORTUNIDADES DE PML

- a. Generar opciones de minimización de residuos
- b. Seleccionar opciones viables

Fase 4: SELECCIONAR SOLUCIONES DE PML

- a. Evaluar viabilidad técnica
- b. Evaluar viabilidad económica
- c. Evaluar los aspectos ambientales
- d. Seleccionar soluciones para la implementación

Fase 5: IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES DE PML

- a. Preparar la implementación
- b. Implementar soluciones de minimización de residuos
- c. Monitorear y evaluar resultados

Fase 6: MANTENIMIENTO DEL PROCESO DE PML

- a. Mantener soluciones de minimización
- b. Identificar nuevos procesos para la minimización de residuos

5. OBJETIVOS

5.1 General

Contribuir al desarrollo de estrategias y acciones en el uso eficiente del agua en la empresa, para facilitar sostenibilidad del recurso hídrico, materia prima fundamental del proceso de producción.

5.2 Específicos

- Analizar los procesos que más demandan consumo de agua.
- Proponer medidas para hacer uso eficiente del agua en el proceso productivo.
- Estimar los beneficios para las medidas propuestas.

6. METODOLOGÍA

6.1 Sitio de Estudio

La fase de trabajo de campo fue llevada a cabo en la empresa COLBESA S.A; ubicada en el parque industrial del Municipio de Caloto (ver Figura 2) ($3^{\circ}12'09.22''N$, $76^{\circ}25'01.87''W$) en el departamento del Cauca, la cual entró en funcionamiento a partir de 1998, en la actualidad cuenta con 120 trabajadores sumando el personal de las dos jornadas laborales.



Figura 2. Localización del Municipio de Caloto.

Fuente: URL1

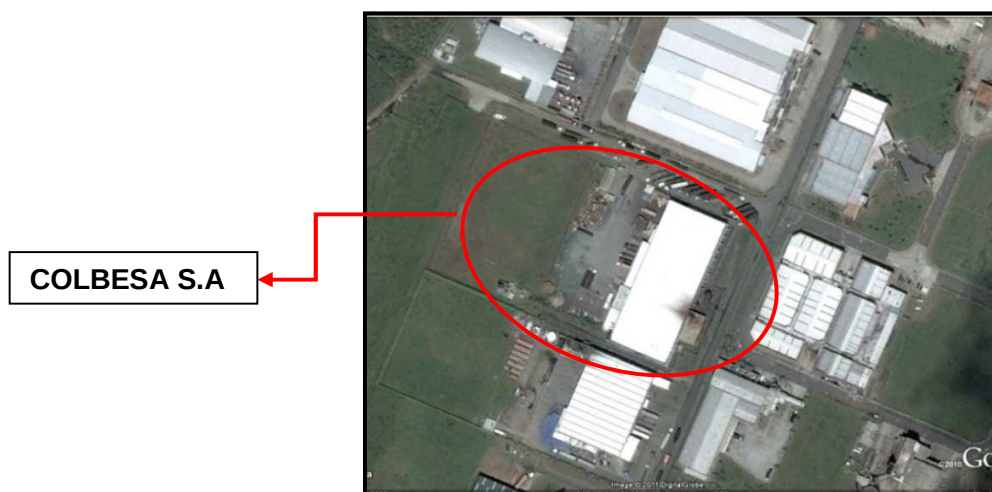


Figura 3. Ubicación Geográfica de Colbesa S.A. Parque Industrial del Cauca.

Fuente: URL 2

Colbesa S.A produce bebidas hidratantes en presentaciones de 500 ml o PET-500, presentaciones de 620 ml o GLOBAL PET-20 y presentaciones de 1 Litro, también produce el Tea Lipton en presentaciones de 500 ml o PET-500.

Colbesa S.A cuenta con una PTAP para su propio consumo y producción, la fuente de agua de la planta es subterránea y tiene procesos de clarificación, filtración multimedia, filtración con arena verde, filtración con carbón activado, osmosis inversa y desinfección con rayos UV (Ver figura 4).

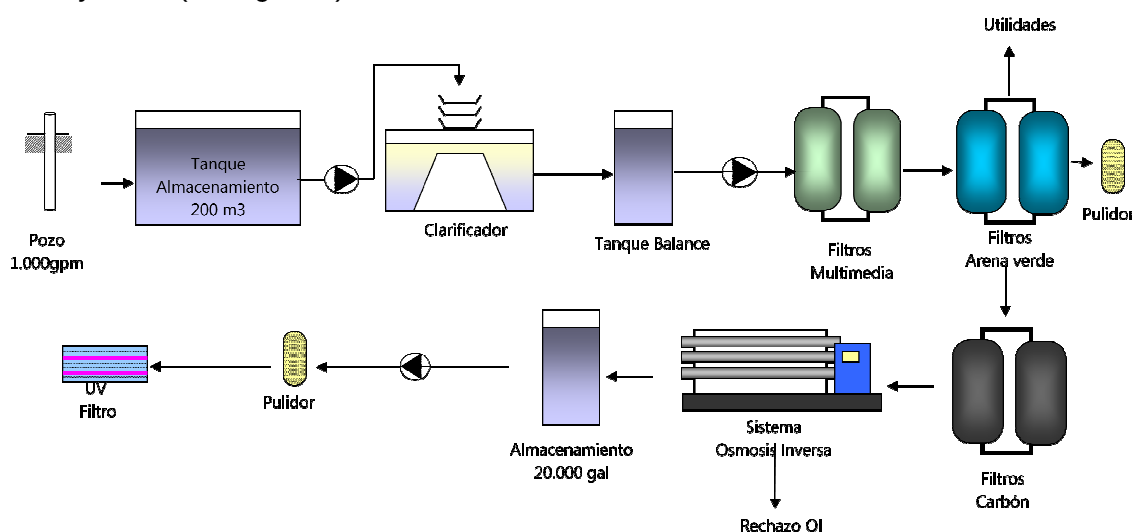
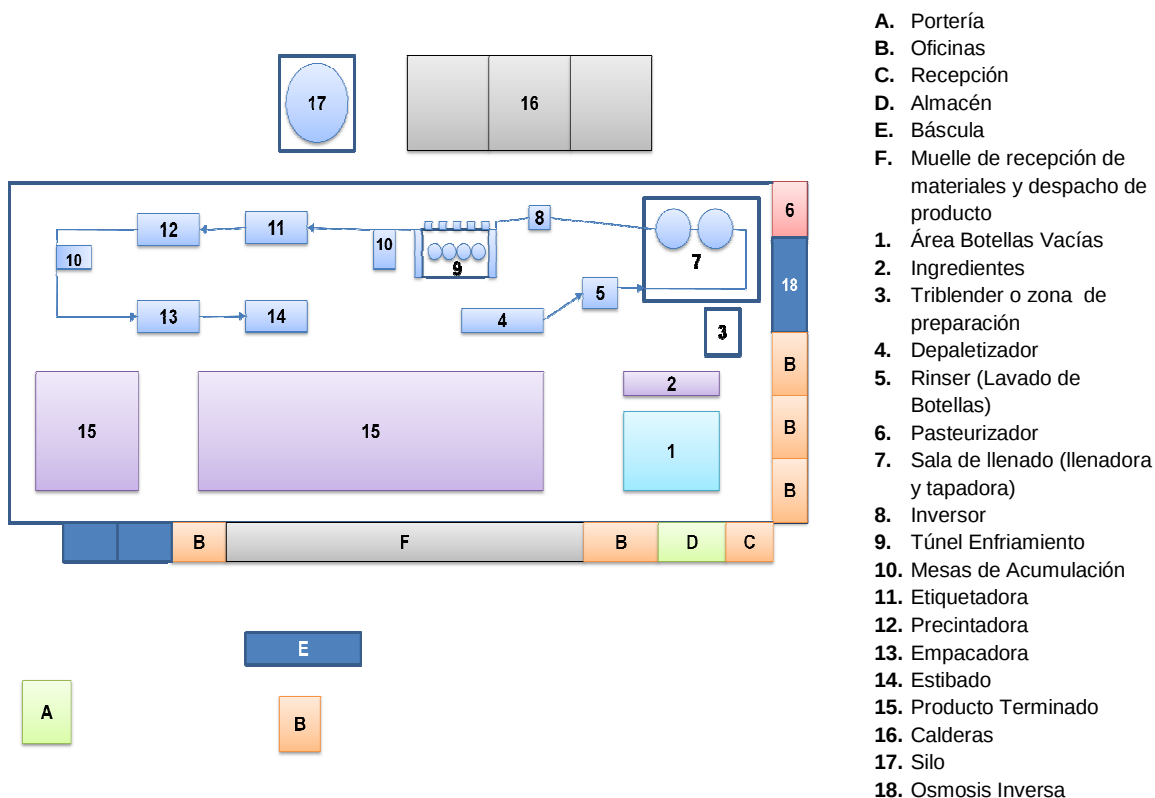


Figura 4. Diagrama de la Planta de Potabilización de Colbesa S.A

La planta consta de una línea de producción (Ver figura 5). Esta línea de producción es de varias etapas.

- Tribler o zona de preparación, donde se mezcla los ingredientes.
- Depaletizador donde se toma cada estiba de botellas vacías y se ponen en la línea de producción.
- Rinser: lavado de botellas
- Paturizador: donde el producto alcanza una temperatura aproximada de 80°C con el objeto de reducir agentes patógenos.
- Sala de llenado: sala donde se encuentra la llenadora y la tapadora.
- Inversor o esterilizador de tapas.
- Túnel de enfriamiento o Cooler donde el producto luego de pasar a través de él, debe tener una temperatura máxima de 40°C.
- Etiquetadora donde se le pone la etiqueta respectiva al producto y pasa por unos hornos para ser adherida a la botella.
- Precintadora donde luego de ser puesto el precinto pasa por otros hornos para ser adheridos igualmente a la tapa de la botella.
- Empacadora, donde se forman grupos de 6 botellas o sixpack y finalmente

- Estibado, ya sea manual o mediante los robots, se forman las estibas de 6 pisos de productos para luego ser empacadas con un material stretch y finalmente se despacha el producto final.



6.2 Balance de Agua

Para realizar el balance se convocó una reunión con los jefes de calidad y mantenimiento para identificar los puntos importantes y de esta manera obtener resultados confiables.

Puntos de aforo:

- Rinser
- Sala de Llenado
- Producto embotellado
- Pasteurizador
- Inversor
- Duchas del Cooler
- Línea de Lubricación de Bandas Transportadoras
- Tribler

- Riego de Muelle
- Producción de Vapor
- Enfriamiento de Carbonilla
- Utilidades: Casino y Baños
- CIP (Clean in Place)
- Mantenimiento PTAP
- Rechazo de la Osmosis

El método de aforo que se escogió fue el método volumétrico (CEPIS – OPS/OMS. 2009) que consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal en L/s.

Una vez determinados los puntos de aforo y el método, se siguió con el recorrido en planta identificando y realizando los aforos correspondientes.

Se decidió aforar cada manguera utilizada en cada zona para el lavado continuo del sitio en días de producción normal, en cada punto, se tomaron 3 datos para hacer un promedio de los caudales, se entrevistó al operador de cada equipo o zona para determinar un patrón de comportamiento en el lavado de la zona de trabajo y por último se tomaron días diferentes para hacer un seguimiento del número de veces que se enjuaga la zona de trabajo o equipo y por cuanto tiempo, esto, para realizar un estimado del tiempo mensual y hallar el volumen de agua promedio mensual utilizado en cada zona.

6.3 Caracterización de Aguas

Luego de obtener la información del consumo aproximado de agua en los diferentes procesos que tiene la empresa, se convocó a una reunión con los jefes de los departamentos que conforman el comité RECON, para exponer los resultados del balance de aguas y determinar en qué procesos se podía estimar el reuso del agua para realizar la respectiva caracterización.

Se realizó la caracterización fisicoquímica de la purga del túnel de enfriamiento, de igual forma se tomó los datos del informe de la caracterización de vertimientos del rechazo de la ósmosis realizada por Análisis Ambiental LTDA y se hizo un seguimiento a la turbiedad de los retrolavados de los filtros de la PTAP.

A excepción de los retrolavados de los filtros donde solo se tuvo en cuenta la turbiedad, para la caracterización fisicoquímica se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: OD, DBO, DQO, SST, TDS, G&A, Conductividad Eléctrica, pH, Dureza Total, Color, Alcalinidad, Si, Fe, Cl, Mn, Pb, Zn, Hg, Colif. Totales y Fecales. Los anteriores parámetros

se tienen en cuenta para el control diario del comportamiento de la planta de potabilización, para este trabajo se tomaron en cuenta con el fin de analizar la posibilidad de reusar el agua residual en la producción de las bebidas, que tipo de tratamiento se requiere y que costos aproximados se llevaría la inversión.

6.4 Análisis de Resultados

Teniendo en cuenta que la empresa es de alimentos, se realizó un análisis de los resultados arrojados en la caracterización de vertimientos de cada efluente y de acuerdo a ellos se decidió en que etapas del proceso era conveniente el reuso o la recirculación del AR.

Se hizo un análisis para el reuso del agua de la purga del túnel de enfriamiento en la lubricación de las bandas transportadoras, duchas del túnel de enfriamiento, lubricación del inversor y hornos, y se analizó la posibilidad de re-circular los últimos minutos de enjuague de los filtros de la PTAP al tanque de almacenamiento o piscina.

6.5 Estrategias para uso eficiente del agua

De acuerdo con el balance de agua realizado en la empresa (ver figura 6), se observó que el proceso que más consume agua después del producto embotellado es el rechazo de la ósmosis, seguido del mantenimiento de la planta semanal, el mantenimiento de la PTAP y de los CIP's, también se tuvo en cuenta para un análisis la purga del túnel de enfriamiento debido a que su reuso es mas factible teniendo en cuenta la caracterización de esta agua.

Una vez analizados los datos obtenidos tanto con el balance de aguas como con la caracterización de los afluentes de diferentes procesos, se propuso una serie de estrategias desde el reuso del agua de la purga del túnel de enfriamiento, la recirculación de los enjuagues de los retrolavados del conjunto de filtros de la PTAP a la piscina de almacenamiento y capacitaciones a los trabajadores tanto de planta como de oficinas para un uso adecuado del recurso hídrico y poder minimizar el indicador de L de agua usada por L de bebida producida.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1 Balance de agua en la Empresa

7.1.1 Tiempos de Producción

En la tabla 1 se muestra de manera detallada la clasificación del tiempo de producción del mes en el que se realizó el balance de masas.

Tabla 1. Tiempos de Producción mes de Abril.

TIEMPOS DE PRODUCCIÓN		
Horas Mes	720 h	30 d
Horas Trabajadas	520,8 h	21,7 d
Horas Paradas Programadas	86,67 h	3,61 d
Horas Paradas No Programadas	135,53 h	5,65 d
TOTAL HORAS PARADAS	222,20 h	9,26 d

Las horas de producción son detalladas debido a que ciertos procesos se detienen con las paradas programadas y no programadas, por lo tanto se debe tener en cuenta para el balance.

7.1.2 Aforos y consumos aproximados

7.1.2.1 Producción

En la tabla 2 se detalla la producción del mes de septiembre en batch's producidos, cada batch es de 6000 gal.

Tabla 2. Batch's producidos mes de Abril.

REFERENCIA	SEMANAS MES			
	1	2	3	4
V-16	0	0	38	0
PET 500	36	72	0	29
PET 20	15	0	0	0
LITRO	0	0	11	0
TE LIPTON	9	14	0	7
TOTAL PARCIAL	60	86	49	36
TOTAL	231			

1 batch = 6000 gal

Producción abril = 231 batch

Producción abril $\cong 5.200\text{m}^3$

7.1.2.2 Rinser

En la tabla 1 se detalla las horas trabajadas aproximadas por mes, el número de horas de parada programadas y no programadas del mes de abril, esto con el fin de calcular los consumos de agua en diferentes procesos.

El rinser (lavado de botellas) se detiene cada vez que hay una parada y se restablece cuando se ha detectado y arreglado el daño que ocasionó la parada, por lo tanto el consumo de agua está relacionado con los tiempos de paradas.

El rinser se compone por 36 boquillas para el respectivo lavado de botellas con un caudal de 0.45 L/s que equivale a 2 m³/h cada una, por lo tanto el caudal total para el lavado de boquillas equivale a 72 m³/h que se reusan en el túnel de enfriamiento descontando las infiltraciones que van directamente a la PTAR.



Foto 1. Rinser

El agua utilizada en el rinser se capta y se almacena en un tanque de 1 m³ y se dosifica hipoclorito a 1 ppm para desinfección, de donde se bombea para ser utilizada en el túnel de enfriamiento (cooler).



Foto 3. Tanque de almacenamiento agua del rinser



Foto 2. Recuperación agua del rinser

Por lo tanto se aforó el agua que se filtra del proceso y va directo a la PTAR dando un caudal de $0,627 \text{ m}^3/\text{h}$.

$$Q = \frac{V}{t} \therefore V = Q * t$$

Donde:

Q: Caudal

V: Volumen

t: tiempo

Teniendo en cuenta los días trabajados y los días por paradas totales, el tiempo de consumo en el mes es:

$$t = 21.7 \text{ días} - 9.26$$

$$t = 12,44 \text{ días}$$

Por lo tanto

$$V = (0,627 \text{ m}^3/\text{h}) * (12,44 \text{ d}) * (24 \text{ h/d})$$

$$V = 187,2 \text{ m}^3$$

El volumen generado por el rinser que va directamente a la PTAR es de $187,2 \text{ m}^3$.

7.1.2.3 Sala de Llenado

El volumen producido para el mes de abril fue de 5200 m^3 .

El volumen gastado en limpieza diaria de la sala de llenado depende de la referencia que se esté produciendo. El aforo de la válvula de esta zona dio como resultado un caudal de $1,27 \text{ m}^3/\text{h}$. Para calcular el tiempo de consumo se hizo un seguimiento exhaustivo del comportamiento del operador durante cada semana de producción.



Foto 4. Sala de Llenado

Teniendo en cuenta la ecuación de caudal se halló los volúmenes gastados en la producción de cada referencia.

7.1.2.3.1 V-16

6,4 días de producción y 5,4 horas de consumo de agua/día de producción.

$$V = (1,27 \text{ m}^3/h) * (5,4 \text{ h/d}) * (6,4d)$$
$$V = 43,72 \text{ m}^3$$

7.1.2.3.2 PET-500

15 días de producción y 2 horas de consumo de agua/día de producción.

$$V = (1,27 \text{ m}^3/h) * (2 \text{ h/d}) * (15d)$$
$$V = 37,95 \text{ m}^3$$

7.1.2.3.3 PET-20

5,9 días de producción y 0,13 horas de consumo de agua/día de producción.

$$V = (1,27 \text{ m}^3/h) * (0,13 \text{ h/d}) * (5,9d)$$
$$V = 1 \text{ m}^3$$

7.1.2.3.4 Presentación Litro

1.1 días de producción y 1,5 horas de consumo de agua/día de producción.

$$V = (1,27 \text{ m}^3/h) * (1,5 \text{ h/d}) * (1,1d)$$
$$V = 2,1 \text{ m}^3$$

Por lo tanto se tiene un consumo aproximado de **84,77 m³**.

7.1.2.4 Pasteurizador



Foto 5. Pasteurizador

El consumo del pasteurizador es constante excepto en las paradas programadas (revisar tabla 1), por lo tanto para un caudal de 7gpm lo que equivale a $1,60\text{m}^3/\text{h}$, el consumo es igual a:

$$V = (1,60\text{ m}^3/\text{h}) * (434,1\text{h})$$
$$V = 690,2\text{ m}^3$$

7.1.2.5 Inversor

Las botellas vienen de la tapadora con el producto a una temperatura de 80°C aproximadamente y pasan por el inversor para garantizar que toda la botella, el precinto o sello inclusive tengan contacto con el producto a esa temperatura.



Foto 6. Inversor

El consumo del inversor depende 100% de todas las paradas tanto las programadas como las no programadas, por lo tanto para un caudal de $0,38 \text{ m}^3/\text{h}$ el consumo es igual a:

$$V = (0,38 \text{ m}^3/\text{h}) * (298,6\text{h})$$
$$V = 113,5 \text{ m}^3$$

7.1.2.6 Cooler

El cooler usa 100% agua de reuso proveniente del lavado de botellas, el agua, una vez desinfectada se usa en el cooler y se hace seguimiento a la purga que depende de la temperatura del producto a la salida del túnel, que debe ser menor a 40°C . En caso que esta temperatura sea mayor y se esté utilizando solo agua de reuso, el operario debe manipular las válvulas de entrada de agua y abrir el paso del agua clarificada, hasta que alcance de nuevo la temperatura requerida. Esto sucede frecuentemente en la producción de Pet-500, debido a su velocidad de producción (600 bpm aproximadamente).

El seguimiento que se le realiza a la purga del cooler no es constante y se afora cuando se observa una cantidad mayor fluyendo, por lo tanto se realizaron los aforos en la producción de cada referencia durante el trabajo de campo



Foto 7. Túnel de enfriamiento – Cooler

7.1.2.6.1 Duchas del Cooler



Foto 9. Duchas a la salida del Inversor



Foto 8. Duchas a la entrada del Cooler

Las duchas instaladas a la entrada del túnel de enfriamiento para evitar tener el producto a altas temperaturas en un atascamiento o parada de cualquier equipo. Son en total 29 duchas que se ubican desde la salida del inversor hasta la entrada del túnel de enfriamiento, sin embargo en producción de PET-500 (Gatorade o Te Lipton), solo funcionan de manera constante 15 duchas ubicadas inmediatamente a la entrada del túnel, las 14 restantes se usa en casos extremos, es decir, cuando el tiempo de parada es mayor a 20 minutos y las botellas atascadas llegan a la salida del inversor

El volumen generado por las 15 duchas que están en uso constantemente se denota V_1 y el generado por las 14 duchas restantes se denota V_2 , para hallar el V_2 se estimó un tiempo debido a que no hay un medidor y tampoco quien esté pendiente del momento de su uso porque es esporádico, por lo tanto se tomó un tiempo de 0,5 h de consumo para todo el mes.

$$V_1 = (0,8 \text{ m}^3/\text{h}) * (207,12\text{h})$$

$$V_1 = 165,7 \text{ m}^3$$

$$V_2 = (0,452 \text{ m}^3/\text{h}) * (0,5\text{h})$$

$$V_2 = 0,226 \text{ m}^3$$

$$V_{TOTAL} = (165,7 \text{ m}^3/\text{h}) + (0,226 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$V_{TOTAL} = 165,926 \text{ m}^3$$

7.1.2.6.2 Purga del Cooler

El túnel de enfriamiento no tiene instalado medidores para tener datos precisos en el consumo, sin embargo el operador de turno encargado de aguas le hace seguimiento varias veces al día y reportan el dato en la planilla que llevan en el turno.

Se realizó una revisión de los datos históricos de las planillas para tener un promedio del caudal de agua de la purga del túnel de enfriamiento.

$Q_{\text{prom}}: 1,8 \text{ m}^3/\text{h}$
 $Q_{\text{máx}}: 2,2 \text{ m}^3/\text{h}$
 $Q_{\text{mín}}: 0,83 \text{ m}^3/\text{h}$

Teniendo en cuenta que el túnel de enfriamiento solo se detiene en las paradas programadas, se tiene un volumen aproximado de consumo de agua de

$$V_1 = (1,8 \text{ m}^3/\text{h}) * (434,16 \text{ h})$$
$$V_1 = 781,48 \text{ m}^3$$

7.1.2.7 Triblender



Foto 10. Zona de Preparación

La zona del triblender es la zona de preparación del jarabe por lo tanto encontramos 3 tanques (premixer 1 y 2 y tanque buffer) donde se mezcla la materia prima.

Esta zona se debe mantener limpia y se asea tanto la zona como los tanques, la zona se lava 6 veces por día aproximadamente y el triblender 12 veces al día, teniendo en cuenta de la tabla 1 los días de trabajo del mes son 21,7 por lo tanto aproximadamente en el mes se realiza el lavado de la zona y los tanques 130,2 y 260,4 veces respectivamente.

Para encontrar los tiempos de consumo de agua en los lavados se realizó un seguimiento general al operador de la zona para promediar los tiempos dando como resultado tanto para el lavado de la zona como para el lavado de los tanques un tiempo de 111 y 70 segundos respectivamente.

La zona cuenta con una válvula que tiene un caudal de $4.84 \text{ m}^3/\text{h}$ y teniendo en cuenta el tiempo utilizado por vez se realizaron los cálculos de los consumos mensuales.

$$V_{lav.tanques} = (4,84 \text{ m}^3/\text{h}) * (5,1\text{h})$$

$$V_{lav.tanques} = 24,7 \text{ m}^3$$

$$V_{lav.zona} = (4,84 \text{ m}^3/\text{h}) * (4,02\text{h})$$

$$V_{lav.zona} = 19,5 \text{ m}^3$$

$$V_{TOTAL} = (24,7 \text{ m}^3/\text{h}) + (19,5 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$V_{TOTAL} = 44,2 \text{ m}^3$$

7.1.2.8 Línea de Lubricación de Transportadora

La banda recorre todos los procesos desde la salida de la llenadora hasta los hornos donde se realizan empaques de 6 botellas, en esta banda se utiliza una lubricación húmeda de agua con la adición de un producto con hipoclorito para la protección de las bandas transportadoras y con características jabonosas para el deslizamiento de las botellas.

Es importante resaltar que esta lubricación húmeda se realiza en todas las referencias de botellas de PET y no con la referencia de vidrio, para esta se utiliza lubricación en seco.



Foto 11. Bandas Transportadoras.

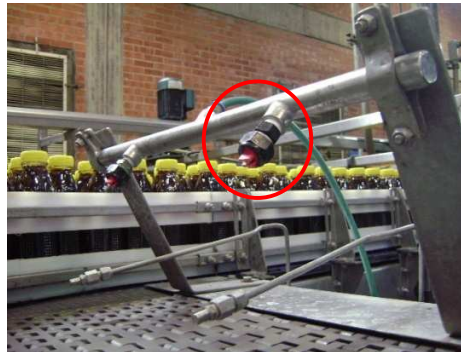


Foto 12. Boquillas de Lubricación

En todo el recorrido de las bandas transportadoras se encuentra ubicada la línea de lubricación y se diferencian en el color de la boquilla por su diámetro, las boquillas de color amarillo tienen un diámetro de 0,50 mm y las boquillas de color rojo tienen un diámetro de 0,25 mm, por lo tanto sus caudales difieren uno del otro el doble.

Se realizó un recorrido a toda la planta para localizar las boquillas y hacer un inventario de ellas, se encontró 70 boquillas de color rojo y 6 boquillas de color amarillo, además de un peine a la salida de la tapadora que maneja un caudal de 4,8 mL/s.

$$\begin{aligned}
 Q_{boq.roja} &= (70) * (36 \text{ mL}/26 \text{ s}) = 92,92 \text{ mL/s} \\
 Q_{boq.amarilla} &= (6) * (72 \text{ mL}/26 \text{ s}) = 16,62 \text{ mL/s} \\
 Q_{peine} &= 4,8 \text{ mL/s} \\
 \mathbf{Q_{TOTAL} = 118,34 \text{ mL/s} = 0,43 \text{ m}^3/\text{h}}
 \end{aligned}$$

Para hallar el consumo de agua por la banda transportadora se tuvo en cuenta que la lubricación se detiene solo en las horas programadas por lo tanto el tiempo consumido es el resultado de la diferencia entre las horas trabajadas y las horas de parada programadas, por lo tanto el volumen del agua consumido es:

$$\begin{aligned}
 V_{TOTAL} &= (0,43 \text{ m}^3/\text{h}) * (434,16 \text{ h}) \\
 \mathbf{V_{TOTAL} = 186,7 \text{ m}^3}
 \end{aligned}$$

7.1.2.9 Riego de Muelle

El muelle es el sitio de llegada de camiones con la materia prima y salida de camiones con estibas de producto embotellado, por el material del suelo (asfalto mas rocas) se hace necesario hacerle un riego para evitar el levantamiento de partículas de polvo o de otro material que pueda contaminar la materia prima como ingredientes o envases, tapas, entre otros.



Foto 13. Muelle de Camiones

Para el riego se utiliza una manguera que se deriva del gabinete de la red contra incendios por lo tanto el caudal es mayor, de $22,26 \text{ m}^3/\text{h}$, este riego se hace durante 15 minutos todos los días por lo tanto el volumen de agua consumo es de

$$V = (22,26 \text{ m}^3/\text{h}) * (6,5 \text{ h})$$

$$V = 144,69 \text{ m}^3$$

7.1.2.10 Caldera

7.1.2.10.1 Producción de Vapor

Para la producción de vapor se cuenta con dos calderas, una de Fuel Oil y otra de carbón, se usa la de carbón las 24 horas y en caso de falla se enciende la de Fuel Oil.

Para la producción de vapor se necesita un caudal de $30,3 \text{ gal}/\text{min}$ y se recircula entre el 85 – 90% de vapor por lo tanto se genera un gasto entre el 15 – 10%

$$V = (6,88 \text{ m}^3/\text{h}) * (0,15) * (720 \text{ h})$$

$$V = 743,04 \text{ m}^3$$

7.1.2.10.2 Enfriamiento de la carbonilla

La carbonilla es el residuo que queda de la quema de carbón, para que el operador pueda disponer de él fácilmente se debe enfriar con agua alrededor de un minuto y medio cada vez que salga este residuo, una vez se baje la temperatura, el operador dispone de él finalmente y es entregado a un cliente que tiene distintos usos desde material de relleno hasta componente de cemento.

Para calcular el volumen de agua consumido en este proceso de enfriamiento, se realizó un seguimiento general al operario y se concluyó que durante una jornada laboral se hacen hasta 20 veces este procedimiento, por lo tanto el tiempo total equivale a 0,5 h/día es decir 260,4 h, y para un caudal de 1,194 m³/h se tiene un volumen de:

$$V = (1,194 \text{ m}^3/\text{h}) * (260,4 \text{ h})$$
$$V = 310,92 \text{ m}^3$$

7.1.2.11 Utilidades (Casino – Baño)

Como se mencionó anteriormente la Empresa no cuenta con sistemas de medición en este tipo de uso de agua, por lo tanto para determinar la dotación de agua por empleado se hace un estimado teniendo en cuenta la dotación que determina la Resolución 2320 de 2009 para complejidad baja de 100 L/hab – día.

En la Empresa hay 120 trabajadores entre personal de planta y oficinas, se trabaja dos jornadas de 12 horas cada una, por lo tanto analizando el comportamiento de consumos en la primera jornada se estaría enfrentando a dos picos de consumo, el primero en horas del desayuno y el segundo en horas del almuerzo, por lo tanto se establece una dotación por trabajador de 80 L/día.

Por otra parte, en la jornada de la noche no hay personal de oficinas y solo se tiene como punto relevante de consumo de agua el horario de la cena y debido a que se utiliza material de icopor su consumo disminuiría, por lo tanto para la jornada de la noche donde se cuenta con aproximadamente 50 trabajadores, la dotación por trabajador se establece en 50 L/noche.

Teniendo en cuenta las dotaciones estimadas anteriormente y las horas trabajadas en el mes (ver tabla 1), se obtiene los consumos.

$$V_{JM} = (80 \text{ L/trab} - \text{dia}) * (70 \text{ trab}) * (21,7 \text{ dias})$$
$$V_{JM} = 121,51 \text{ m}^3$$

$$V_{JN} = (50 L/trab - dia) * (50 trab) * (21.7 dias)$$

$$V_{JN} = 54,25m^3$$

Sumando los consumos de las dos jornadas de trabajo se obtiene un volumen de 175,76m³

7.1.2.12 Clean In Place – CIP

El Clean In Place, en adelante CIP, es el proceso de sanitizar el sistema de tuberías que conducen el producto hasta la llenadora, esta limpieza depende 100% de la referencia que se esté produciendo.

Hay 4 tipos de CIP's que se realizan dependiendo del sabor y la referencia de producción.

En la tabla 3 se observa las diferentes maquinas que hacen parte del sistema 1 y los tiempos que se utiliza en cada paso en cada CIP.

Tabla 3. Tiempos de CIP [min]				
TIEMPOS [minutos] CIP 1 Y CIP 2 *				
MAQUINA	7 PASOS	5 PASOS	3 PASOS	ENJUAGUE
Tanque Batch 1	32	32	20	9
Tanque Batch 2	28	33	20	8
Mezclador	48	44	20	
Tanque Buffer	32	33	20	
Premixer 1 y 2	42	40	20	
Línea de Aguas (c/ 8 días)**	-	32	-	-
CIP2	38	51	20	12

**Se le hace CIP de 5 pasos a la línea de aguas una vez a la semana en el día de mantenimiento general.

Para el cálculo de los volúmenes de consumo en los CIP se requirió de la información consolidada de la programación semanal de producción y de la revisión del formato FPD064 Tiempos de CIP llenado por el operador de turno para dar un total de 2 CIP's de 7 pasos, 15 CIP's de 5 pasos, 1 CIP de 3 pasos y 18 enjuagues.

Teniendo en cuenta los minutos explicados de manera detallada en la tabla 3, se realizó los cálculos de los volúmenes que se ven en la tabla 4.

Tabla 4. Tiempos y Volúmenes Totales de los CIP
TIEMPOS [h] Y VOLUMENES [m³] CIP 1 Y CIP 2

MAQUINAS \ # CIP's	7 PASOS	5 PASOS	3 PASOS	ENJUAGUE	Q [m³ / h]	V [m³]
Tanque Batch 1	1,07	8,00	0,33	2,70	20,22	244,66
Tanque Batch 2	0,93	8,25	0,33	2,40	19,53	232,73
Mezclador	1,60	11,00	0,33		9,31	120,42
Tanque Buffer	1,07	8,25	0,33		24,98	241,06
Premixer 1 y 2	1,40	10,13	0,33		19,76	234,32
Línea de Aguas (c / 8 días)**	-	2,13	-	-	10,90	23,25
CIP2	1,27	12,75	0,33	3,60	22,71	407,64
TOTAL VOLUMEN						1504,09

7.1.2.12.1 Enjuague

Este proceso es el mas sencillo porque es solo pasar agua osmonizada por el sistema de tuberías, se realiza en cada cambio de batch. Solo se realiza enjuague a los tanques de batch 1 y 2. Ver la tabla 3.

7.1.2.12.2 CIP de 3 pasos

El CIP de tres pasos consiste en enjuague, paso alcalino, que consiste en hacer un lavado con soda caustica (AVOID 1 – 2%) y por ultimo enjuague, este CIP se realiza específicamente cuando se termina la producción de sabores ácidos como Lima – Limón y Maracuyá para hacer cambio de sabor. Ver la tabla 3.

7.1.2.12.3 CIP de 5 pasos

Este CIP se realiza con los mismos pasos del anterior mas un paso de sanitizante (ozonia 0,3%) y el enjuague. Este CIP se realiza con frecuencia debido a que se debe realizar en cada arranque y cierre de línea, o cambio de referencia o cada 48 horas.

7.1.2.12.4 CIP de 7 pasos

El CIP de siete pasos se realiza exclusivamente cuando se hace cambio de producto de Te Lipton a Gatorade, debido a la naturaleza orgánica del te, se debe asegurar con la adición de un paso de ácido nítrico y su respectivo enjuague a los pasos anteriormente descritos para retirar cualquier residuo de te.

Por lo tanto el consumo de agua utilizado solo en CIP's es de $V = 1504,09 \text{ m}^3$.

7.1.2.13 Mantenimiento en la Línea de Potabilización de Agua

La Empresa la PTAP trata aguas subterráneas para el proceso del producto y para los servicios domésticos. La concesión del pozo está regida por la Resolución No. 0452 del 30 de Noviembre de 2009.

En el proceso de potabilización el agua es succionada de un pozo de 184 m de profundidad con un caudal de 1000 gpm de donde es conducida a un tanque de almacenamiento, desde ahora piscina, con una capacidad de 200 m³. Esta piscina en su interior tiene un muro que la divide dejando la piscina 1 para abastecer a ALPINA y la piscina 2 para abastecer a la Empresa, antes de entrar a la piscina, se le dosifica cloro gaseoso para el proceso de oxidación de hierro y magnesio.



Foto 14. Localización Piscinas

Posteriormente el agua pasa por unas bandejas para intensificar su proceso de oxidación llegando a un tanque de clarificación, seguido pasa por una serie de filtros entre los cuales esta filtros multimedia, de arena verde y carbón activado para finalmente pasar a los vasos de la osmosis inversa para garantizar que el agua queda libre de sales y lista para ser mezclada con los ingredientes y el jarabe de Gatorade o te Lipton dependiendo de la producción.

El mantenimiento de la PTAP se hace a fondo cada semana, sin embargo el mantenimiento de los filtros se activa automáticamente por diferenciales de presión. Los filtros se retro lavan cada 24 horas con manhole (tapa) cerrado y cada semana en el mantenimiento con manhole abierto.

Tabla 5. Consumo de agua en Retrolavados

CONSUMOS EN MANTENIMIENTO (RETROLAVADOS)										
FILTROS	Q [gpm]	Q [m3/h]	MANHOLE ABIERTO				MANHOLE CERRADO			
			T [min/ret]	# ret/mes	T [h/mes]	V [m3]	T [min/ret]	# ret/mes	T [h/mes]	V [m3]
MULT 1	180	40,88	20	4	1,33	54,5	16	30	8	327
MULT 2	180	40,88	20	4	1,33	54,5	16	30	8	327
MULT 3	200	45,42	20	4	1,33	60,6	12	24	5	218
MULT 4	200	45,42	20	4	1,33	60,6	12	24	5	218
A.V 1	180	40,88	25	4	1,67	68,1	16	30	8	327
A.V 2	180	40,88	25	4	1,67	68,1	16	30	8	327
A.V 3	200	45,42	25	4	1,67	75,7	12	24	5	218
A.V 4	200	45,42	25	4	1,67	75,7	12	24	5	218
C.A 1	180	40,88	-	-	-	-	16	30	8	327
C.A 2	180	40,88	-	-	-	-	16	30	8	327
C.A 3	200	45,42	-	-	-	-	12	24	5	218
C.A 4	200	45,42	-	-	-	-	12	24	5	218
Total 1						517,8	Total 2			3.270
TOTAL									3.788	

El consumo del mantenimiento de la PTAP es de 3788 m³.

El sistema de Osmosis Inversa tiene un efluente que es rechazado, por lo tanto este agua no pasa al proceso en la planta y por su dureza no se puede retornar a las piscinas, por lo tanto se conduce hacia una caja para ser derivada posteriormente al Río Palo

Este volumen es diferente en cada línea de potabilización. Ver tabla 6.

Tabla 6. Rechazo de los Equipos de Osmosis
RECHAZO DE LOS EQUIPOS DE OSMOSIS 1 Y 2

EQUIPO	Q [m3/h]	T [h/mes]	V [m3]
Osmosis 1	7	477,4	3341,8
Osmosis 2	9	130,2	1171,8
TOTAL			4.513,60

7.1.2.14 Mantenimiento de la Planta de Producción

El día de mantenimiento general se programa una vez por semana, generalmente los lunes. Este día no hay producción y por el hecho que no se puede instalar un medidor en cada válvula, para hallar este consumo se toma el dato del medidor principal a la hora de entrada y al terminar el mantenimiento para el consumo de todo el día.

Para este balance se tomaron los datos históricos de cada semana del mes en el que se realizó todo el trabajo de campo.

$$V_1 = 865 \text{ m}^3, V_2 = 1113 \text{ m}^3, V_3 = 1078 \text{ m}^3, V_4 = 872 \text{ m}^3, V_{TOTAL} = 3928 \text{ m}^3$$

Luego de haber especificado el consumo de agua en cada proceso de la planta de producción, se resumió los consumos en la tabla 7 y se presenta el gráfico de barras.

Tabla 7. Consumos de agua en orden ascendente		
ETAPAS	V	%
	[m3]	
Triblender	50,98	0,23
Sala de Llenado	84,75	0,38
Inversor	113,47	0,51
Riego de Muelle	144,69	0,66
Utilidades (Casino - Baños)	175,76	0,80
Línea de Lubricación Transp	186,68	0,85
Rinser	187,22	0,85
Duchas del Cooler	288,00	1,31
Enfriamiento de Carbonilla	310,92	1,41
Producción de Vapor	495,36	2,24
Purga Cooler	781,48	3,51
Pasteurizador	690,14	3,13
CIP (Clean In Place)	1.504,09	6,82
Mantenimiento PTAP	3.788,03	17,17
Mantenimiento Planta	3.928,00	17,80
Producción		
Rechazo Osmosis	4.513,60	20,46
Producto Embotellado	5.000,00	22,66
TOTAL	22.242,58	100,00

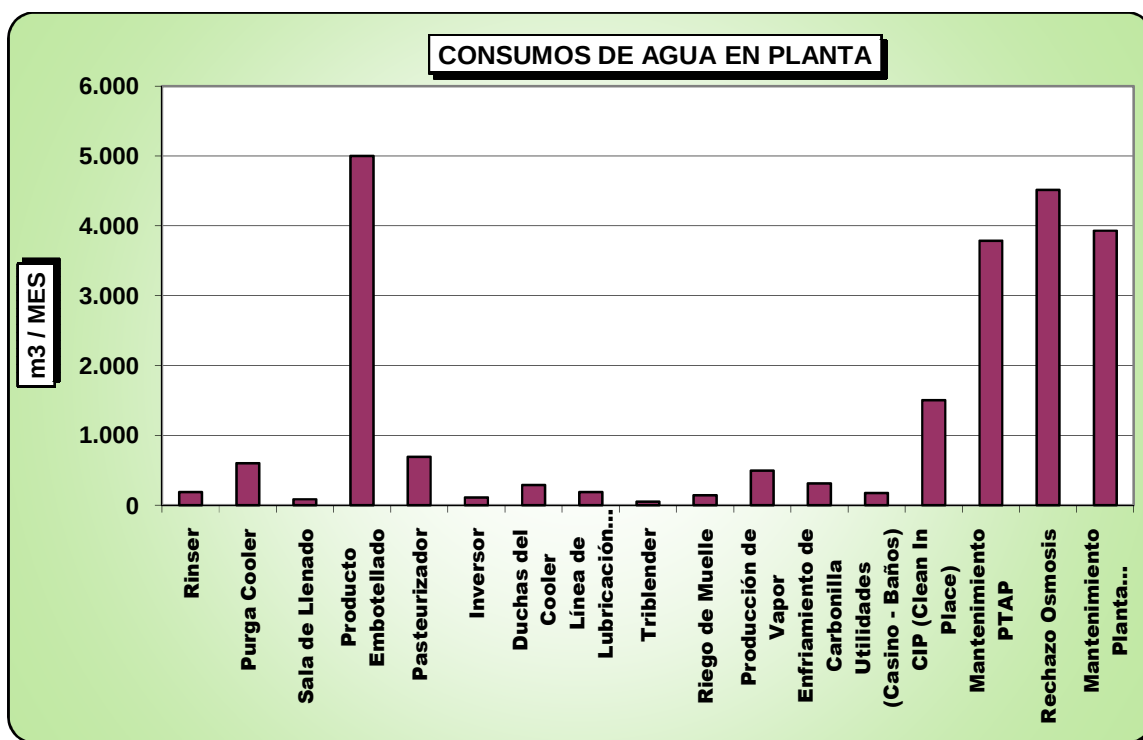


Figura 6. Diagrama de barras del Balance de agua
Fuente: Chaves, C. 2010. Trabajo de Campo.

De la tabla 7 se tiene que sin contar con el consumo de la producción, los procesos en los que más agua se consume son el rechazo de la ósmosis con un 20,46%, seguido del mantenimiento que se le realiza semanal a la planta de producción que equivale al 17,80% del consumo total, el tercer proceso que más consume agua es el mantenimiento que se realiza a la línea de potabilización de agua que equivale al 17,17% seguido por un 6,82% que corresponde a los CIP's, un 3,13% que corresponde al pasteurizador, seguido por la purga del cooler y la producción de vapor con 2,73% y 2,24% respectivamente.

Como se observa, son varios los procesos que tienen un alto consumo de agua, sin embargo, no todos dependen de la máquina 100%, es decir, que cambiando de máquina se garantiza un menor consumo, por el contrario estos consumos generalmente están relacionados con los comportamientos de los operadores.

Para efectos de este trabajo, el enfoque se ha hecho en el reuso del agua en los diferentes procesos que usen más agua como el rechazo de la ósmosis, el mantenimiento de la línea de potabilización y la purga del cooler. Para esto fue necesario realizar una caracterización físico – química de cada una.

7.2 Caracterización Físico – Química del agua en diferentes procesos

Debido a que la Empresa es del sector de alimentos y bebidas, se debe tener cuidado con los estudios para un reuso del agua dentro del proceso de producción de las bebidas, por lo tanto la caracterización es fundamental para decidir en qué proceso se puede reusar el agua.

7.2.1 Caracterización del Rechazo de la Osmosis

La caracterización de los vertimientos del rechazo de la osmosis fue realizada por la empresa Análisis Ambiental Ingenieros Consultores en enero de 2011 reportando los resultados en la tabla 8.

Tabla 8. Resultados de Análisis de Laboratorio.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	8,4
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	24,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<2
Sólidos Sedimentables	mL/L/10 min	<0,1
Sólidos Sedimentables	mL/L/1 hora	<0,1
Dureza Total	mg/L	800
Grasas y/o Aceites	mg/L	<2.0
Cloruros	mg Cl/L	41,4
Arsénico	mg As/L	<0,001
Zinc	mg Zn/L	<0,05
Mercurio	mg Hg/L	0,002
Plomo	mg Pb/L	<0,01
Sílice	mg Si/L	128,7
Hierro	mg Fe/L	<0,01
Cloro Residual Libre	mg Cl ₂ /L	0,07
Coliformes Totales	NMP/100mL	<2,7
Coliformes Fecales	NMP/100mL	<2

Fuente: Análisis Ambiental, 2011

Los valores de pH oscilaron entre un máximo 7.25 y un mínimo de 7.54 unidades de pH, con una temperatura de 26°C

7.2.2 Caracterización Purga del Cooler

La caracterización de la purga del cooler fue realizada en el laboratorio de aguas de las instalaciones de la Empresa, se realizó una caracterización físico-química cuyos resultados se observan en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados Caracterización Purga del Cooler.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	80
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	210
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	118
Alcalinidad	mg/L	68
Conductividad	μs/cm	249
pH	und de pH	8,13
Turbiedad	UNT	1,09
Dureza Total	mg/L	26
Color	und PtCo	5
Hierro	mgFe/L	0,01
Cloro	mgCl ₂ /L	0,46
Silice	mgSi/L	72,9
Manganeso	mgMg/L	0,024

Fuente: Chaves, C. 2011. Trabajo de Campo.

La temperatura de la purga del cooler varía entre 44,9°C y 46.5°C

7.2.3 Caracterización del Agua de Mantenimiento de la PTAP.

Para la caracterización del agua de mantenimiento de la planta de potabilización se definió primero los parámetros para su posible reuso. Teniendo en cuenta que es una empresa de alimentos, los parámetros de seguridad son muy exigentes, por lo tanto se realizó una reunión con los jefes de cada departamento de la Empresa para definir en qué proceso se reusaría esa agua, se analizó todo el proceso de mantenimiento y se llegó a la conclusión que el proceso que más agua gasta son los retrolavados de los filtros.

Esta oportunidad de reuso se explicará en el capítulo de los análisis de oportunidades de uso eficiente del agua, por ahora se reportó las turbiedades en cada minuto de retrolavado en las tablas 10 y 11.

Tabla 10. Turbiedad por minuto de retrolavados de filtros con manhole abierto.

Tiempo [min]	RETROLAVADO DE FILTROS TURBIEDAD [NTU] (MANHOLE ABIERTO)						
	FM 2	FM 3	FM 4	FAV 1	FAV 2	FAV 3	FAV 4
0	111	78.7	232	9.85	80.2	11.9	31.1
1	29.8	60.5	149	5.15	16.2	10.5	35.6
2	19	49.2	65.1	5.49	7.86	6.82	14.4
3	15.1	31.5	37.6	5.52	5.46	4.64	10.3
4	13.5	15.8	19.4	5.22	4.9	3.16	8.23
5	14.9	10.6	17.2	5.02	4.72	1.92	7.29
6	13.9	8.32	15.1	4.65	4.7	1.21	6.34
7	9.93	4.22	13.7	2.27	4.54	0.82	4.53
8	55.2	3.18	12.9	4.07	4.53	0.73	4.7
9	9.92	1.2	12.7	88.8	3.62	0.56	0.43
10	5.25		12.1	76.8	2.57	0.45	0.41
11	3.57		15.5	26.3	250		
12	1.07		16.2	11.9	205		
13			8.95	8.04	30		
14			2.62	6.13	15.2		
15			2.53	1.15	9.98		
16			1.44	2.21	8.73		
17					3.58		
18					1.35		

Fuente: Chaves, C. 2011. Trabajo de Campo.

Tabla 11. Turbiedad por minuto de retrolavados de filtros con manhole cerrado.

T [min]	RETROLAVADO DE FILTROS TURBIEDAD [NTU] (MANHOLE CERRADO)							
	FM 1	FM 2	FM 4	FAV 1	FAV 2	FAV 4	FC 3	FC 4
	0.85	4.61	106	0.86	0.74	88	13	10
1	18.5	16.6	96	22.6	20	74	9.5	6
2	53.5	15.4	84	44.6	70.7	61	3	4
3	31.5	12.1	53	28.6	30.5	50	1	1.5
4	23.5	10.3	33	18.6	15.5	46	0.8	0.9
5	14.7	8.63	29	12.9	7.89	41	0.6	0.7
6	9.19	7.59	10	11.2	5.22	19	0.6	0.5
7	7.8	6.68	8	10.5	4.7	11	0.3	0.3
8	5.76	6.72	5	4.5	1.85	4	0.2	0.2
9	5.21	5.84	4	2.6	3.88	2		
10			1.5	2.6	1.15	1.4		
11			1.3	1.4	0.76	1		
12			0.8	0.58	0.46	0.8		
13			0.5		0.29	0.4		
14			0.4		0.98	0.3		
15					1.47			

Fuente: Chaves, C. 2011. Trabajo de Campo.

Nota: Los datos reportados en amarillo indican el momento de la inyección de aire a mitad del proceso para remover sólidos, por lo tanto se espera aproximadamente 2 o 3 minutos para el asentamiento de la arena y se toma turbiedad de nuevo.

7.3 Estrategias de UEA y sus beneficios

Alrededor del mundo las grandes empresas de bebidas y alimentos como PepsiCo, Coca Cola Company, Diageo Australia Limited (fabricantes de bebidas internacionales), SABMiller comprendieron el rol que juega el agua en sus empresas en todas las etapas, transporte, mantenimiento, procesos entre otros, por lo tanto su trabajo se ha tornado proactivo para lograr un ahorro de agua en las operaciones del proceso de las bebidas y así reducir el agua residual, ahorrar dinero y reducir su exposición al riesgo de futuros cambios en la disponibilidad de agua dulce (Smith, M. H, 2011).

Después de analizar los datos obtenidos tanto por el balance como por la caracterización, y teniendo en cuenta la incursión de Colbesa al trabajo proactivo de un ahorro de agua, se decidió para iniciar tres estrategias para un uso eficiente del agua, reuso de la purga del túnel de enfriamiento en la línea de lubricación de las bandas transportadoras, hornos y lubricación del inversor, retorno de los últimos minutos de enjuague de los retrolavados de los filtros y capacitaciones constantes para un proceso arduo de sensibilización de los trabajadores.

7.3.1 Reuso de la purga del túnel de enfriamiento

De la tabla 7 se tiene que el volumen a reusar proveniente del túnel de enfriamiento es de 781,48 m³ por mes lo que equivale a 1,8 m³/h.

El caudal necesario para los hornos se había calculado con toda la línea de lubricación, sin embargo para cálculos específicos se aforó de manera independiente obteniendo como resultado un caudal total para los tres hornos de 0,274 m³/h.

De los aforos realizados para el balance de agua se tiene que el caudal del inversor es 0,38 m³/h, el caudal de las duchas del túnel de enfriamiento es 0,8 m³/h y el caudal de la línea de lubricación es 0,43 m³/h.

$$Q_{Total} = 0,274 \text{ m}^3/\text{h} + 0,8 \text{ m}^3/\text{h} + 0,38 \text{ m}^3/\text{h} + 0,43 \text{ m}^3/\text{h}$$
$$Q_{Total} = 1,89 \text{ m}^3/\text{h}$$

De acuerdo a lo anterior, el caudal de retorno necesario es de 1,89 m³/h por lo tanto se decidió conseguir un tanque de almacenamiento galvanizado de 2 m³ de volumen, el material debe ser acero inoxidable como el material de la tubería existente y se llegó al acuerdo de hacerlo como el tanque del reuso del rinser (ver foto 3) contiguo al taller de mantenimiento en la parte exterior.

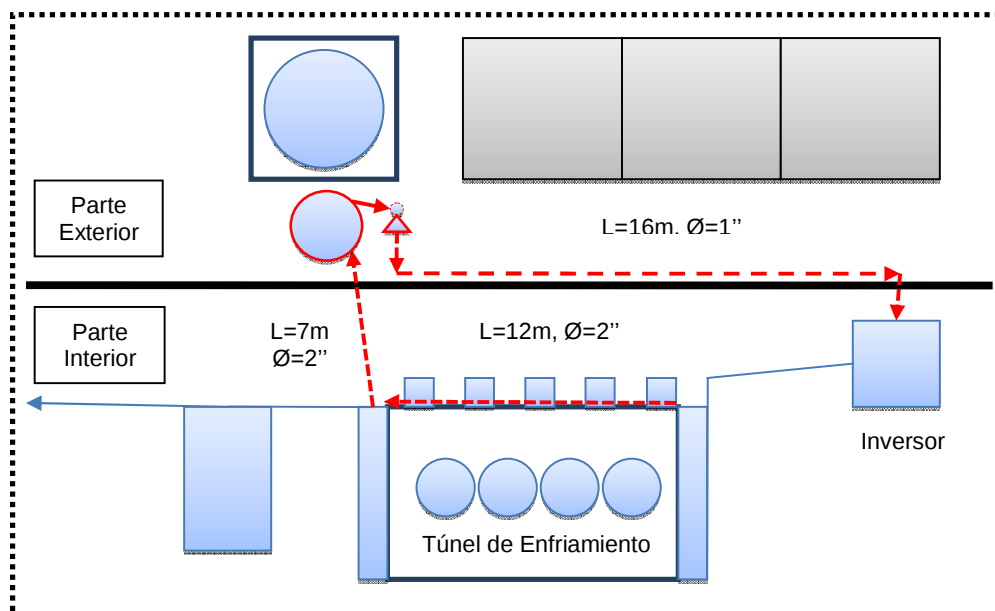


Figura 7. Esquema de reuso de la purga del túnel de enfriamiento
Escala: Sin escala

- Convenciones
-  Tanque galvanizado
 -  Bomba
 -  Tubería proyectada

7.3.1.1 Requerimientos para el proyecto

- Tanque galvanizado de acero inoxidable, capacidad 2 m³. Costo aproximado: \$1'500.000
 - Bomba 15 L/min. Succión 1½" y descarga 1". Costo aproximado: \$2'500.000
 - 46 m aprox de tubería galvanizada, accesorios y mano de obra. Costo aproximado: \$2'300.000
- Costo aproximado del proyecto: \$6'300.000

7.3.1.2 Beneficios e impacto al indicador

- Ahorro aproximado de 480 m³ mensuales descontando el volumen que ya se reusa del rinser 300 m³ aproximadamente.
- Ahorro monetario por año es de \$4'147.200 aprox.

- Ahorro equivalente a una reducción de 0,09 L/L en el indicador teniendo como base una producción promedio de 5200 m³.
- El retorno de la inversión teniendo en cuenta que el m³ de agua clarificada (agua usada en el túnel de enfriamiento) tiene un costo mensual aproximado de \$720, es de 1,52 años (18 meses).

7.3.2 Retorno de enjuague de retrolavado de los Filtros de Osmosis 2

De la tabla 5 se tiene el volumen que genera los retrolavados de los filtros. Esta estrategia está enfocada solo a la línea de filtros de la osmosis 2 debido a que su conjunto de tuberías y válvulas ya están sistematizadas para funcionar en modo automático por diferencial de presiones para entrar en retrolavado.

Para definir este proyecto fue necesario realizar un seguimiento a los retrolavados con manhole cerrado minuto a minuto y medir la turbiedad en cada uno, con estos datos se concluyó que se instalaría un turbidímetro en línea y se conectaría una Tee en la tubería que dirige el agua a la caja de desagüe para desviar así el agua que tenga turbiedades menores a 9 UNT y retornarla a la piscina de almacenamiento que maneja turbiedades entre 10 y 25 UNT, esto con el fin de evitar posibles problemas con desajustes en la turbiedad del tanque de almacenamiento que desencadene problemas en la dosis de dosificación de los químicos en la potabilización del agua.

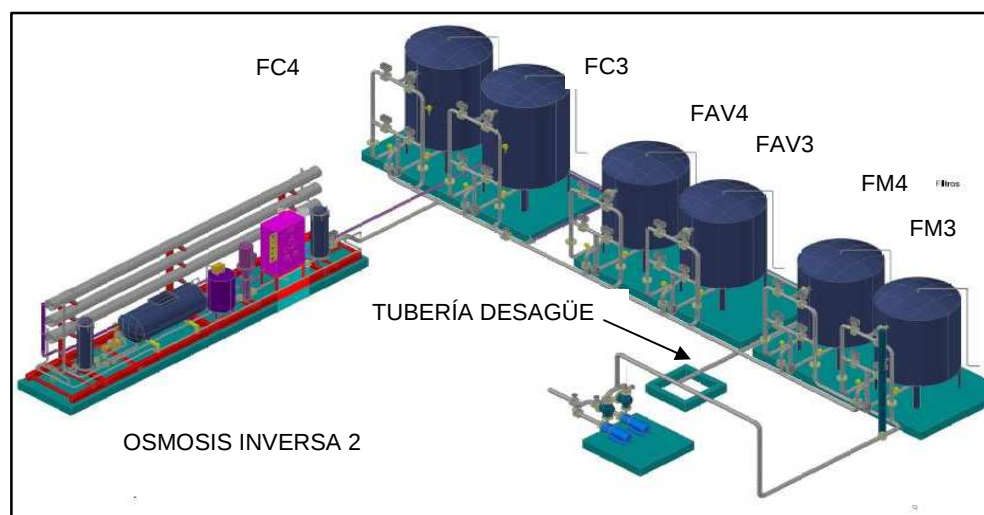


Figura 8. Isométrico de Filtros de Osmosis 2

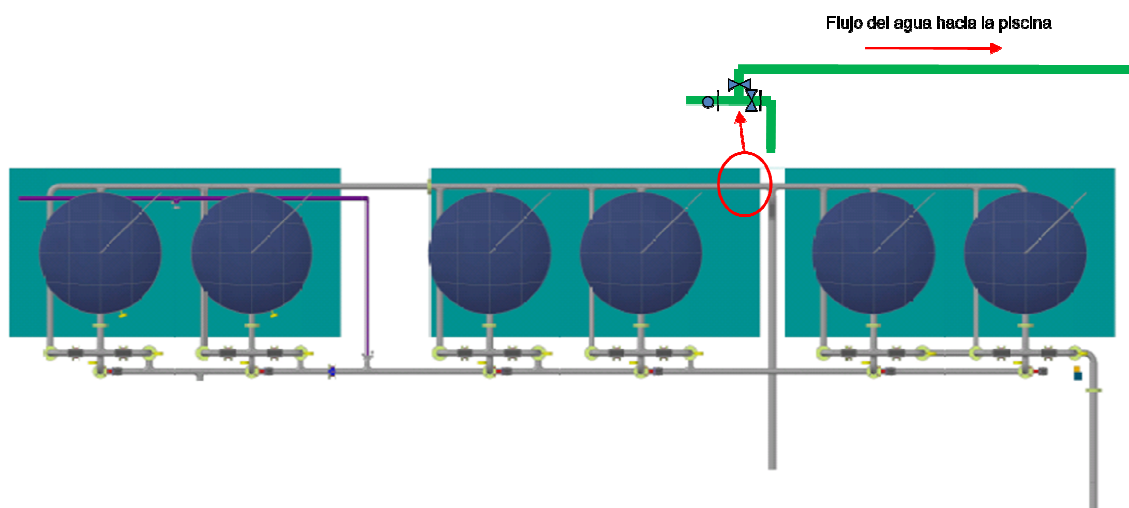


Figura 9. Instalación de accesorios para el retorno.

Convenciones

- Turbidímetro HACH en línea
- ⋈ Juego de válvulas automáticas

7.3.2.1 Requerimientos para el proyecto

- Instalación válvulas automáticas. Costo aproximado \$2'000.000
- Tubería de retorno. Costo aproximado: \$4'500.000
- Sistema de medición de turbiedad en línea. Costo aproximado: \$5'500.000
- Sistema eléctrico. Costo aproximado: \$2'000.000

Costo aproximado del proyecto: \$14'000.000

7.3.2.2 Beneficios e impacto al indicador

- De acuerdo a la tabla 11, el ahorro aproximado de los seis filtros por retrolavado es de 42 m³, teniendo en cuenta de la tabla 5 el número de retrolavados realizados al mes el ahorro del recurso hídrico asciende a 1000 m³ mensuales aproximadamente.
- Ahorro equivalente a una reducción de 0,19 L/L en el indicador teniendo como base una producción promedio de 5200 m³.
- El retorno de la inversión teniendo en cuenta que el m³ de agua antes de la filtración tiene un costo mensual aproximado de \$450, es de 2,6 años (31 meses).

7.3.3 Sensibilización Ambiental

El manejo del agua y el agua residual constituye un problema práctico para las industrias de bebidas y alimentos (Fillaudeau et al. 2005). Para contrarrestar estos problemas se halla un sin número de tecnologías dependiendo del problema principal, sin embargo hay un factor que incide directamente en el uso del agua que se deja siempre como último recurso, la conciencia ambiental.

A pesar de una creciente evidencia de la relación de desempeño ambiental y mejora de resultados económicos, la tasa de adopción de Producción Más Limpia y las iniciativas de minimización de residuos en las industrias es baja. La Producción Más Limpia va más allá de la instalación de equipos costosos para producción.

Varios trabajos publicados en reducción de residuos en la industria enfatiza la importancia de la participación del personal en programas de minimización de residuos. Su razonamiento es que, a menos que una empresa establezca un ambiente de trabajo donde los empleados participen activamente en la presentación o implementación de ideas que mejoren la producción, la empresa no se ha establecido completamente una base para un programa de mejoramiento continuo (Puplampu and Siebel, 2004).

Puplampu concluye de su trabajo que para que una campaña de sensibilización sea exitosa, se debe identificar en primera instancia que clase de barreras tiene el personal al trabajar. Las barreras mentales son las más dañinas que se pueden presentar en cualquier operación, variedad, grados, sin tener en cuenta el producto o servicio. Algunas de estas barreras son (Davis, 1999):

- La barrera de la “Justificación” que defiende la razón de porque una minimización en los residuos no se puede hacer.
- La barrera de “Eso se ha hecho antes” que hace referencia a programas similares realizados con anterioridad.
- La barrera de “No es mi trabajo” que previene a los trabajadores de tomar cualquier responsabilidad adicional orientada hacia la minimización de residuos.

Davis también propone tres claves para superar estas barreras:

- Conseguir que los empleados se den cuenta y se apropien del hecho de que sin cambios, las operaciones de la empresa poco a poco se hará cada vez menos competitiva.
- Conseguir que los trabajadores entiendan que llegarán a un punto donde incluso sus mejores esfuerzos sean muy poco si no se trabaja en equipo.

Con esta capacitación realizada en la cervecería Ghaniana y la inmersión del personal en la búsqueda de iniciativas de reducción de agua, la empresa obtuvo una reducción en el

consumo de agua del 4.2% en la cuarta semana de capacitación, en la séptima semana de capacitación obtuvo una reducción del 3.3%, se hizo un refuerzo de la capacitación en la semana novena y se obtuvo una reducción del 3.0% en el consumo de agua.

Según este estudio realizado, es fundamental para el uso eficiente del agua en la Colbesa la sensibilización y educación ambiental PERMANENTE para lograr los cambios en las mentalidades y en las actitudes del personal e implementar con ellos la cultura ciudadana a la que hace referencia Mockus en su campaña a la alcaldía de Bogotá D.C en 1994, la cual dice ser: “conjunto de costumbres, acciones y reglas mínimas compartidas que generan sentimiento de pertenencia, facilitan la convivencia urbana y conducen al respeto del patrimonio común y al reconocimiento de los derechos y deberes ciudadanos... consiste en coordinar y desencadenar acciones que inciden sobre la manera como los ciudadanos perciben, reconocen y usan, los entornos urbanos y cómo se relacionan entre ellos en tal entorno. Una frase final: “Pertenecer a una ciudad es reconocer contextos y en cada contexto respetar las reglas correspondientes” (Bromberg, 2010).

Aunque el término Cultura Ciudadana se empezó a trabajar en la ciudad de Bogotá como resultado de una campaña política, y que ha logrado grandes avances en el comportamiento de los ciudadanos, se hace necesario contextualizarlo como Cultura Ambiental y lograr un sentido de pertenencia entre los trabajadores de la empresa que conlleve a un respeto mutuo con ellos y con el recurso hídrico con el que a diario interactúan.

Teniendo en cuenta que no es constante el término Cultura Ambiental, en la empresa se llevan a cabo diferentes acciones para un mejor rendimiento, se hacen reuniones cada semana llamadas LUP – Lección de Un Punto, con esto se busca que los trabajadores tengan la iniciativa de mejorar la producción o reducir consumos desde cualquier punto de vista, sin embargo es necesario que se hagan las capacitaciones enfocadas al cambio mental hacia una cultura ambiental,

Por otro lado, el carácter generalizado de muchos instrumentos de divulgación social y ambiental es una limitación en la precisión de los resultados de estudios empíricos que sólo se centran en la divulgación en un informe anual (Guthrie et. all. 2008), es por esto que es importante difundir la información referente al desempeño ambiental que la empresa haya tenido durante un plazo de tiempo determinado, por lo tanto se implementó la cartelera ambiental para publicar información de los consumos generados en el mes, tanto de agua como energía, divulgando la información e invitando al personal a ser partícipe de ella.

8. CONCLUSIONES

- El 20,46% del gasto mensual de la empresa es generada por el rechazo de la osmosis, casi igual al volumen del producto finalmente embotellado, esta agua tiene una alta dureza por lo que no se puede recircular en el proceso para evitar colmataciones en las membranas del sistema de la osmosis y para no alterar las características del agua de pozo si se decidiera enviar a los tanques de almacenamiento o piscinas.
- El 17,80% del consumo total mensual corresponde al gasto del mantenimiento con un volumen aproximado de 4000 m³, volumen que al reducirse puede afectar positivamente el indicador si se invierte en la educación ambiental y la cultura ciudadana de los usuarios.
- Si se realizan capacitaciones de manera constante para inculcar una cultura ciudadana, se puede obtener un ahorro en el orden del 3 – 5% según lo encontrado en la literatura, con reducciones de este orden se logra impactar el indicador L/L buscando su reducción.
- Logrando la implementación de las estrategias propuestas, se lograría una reducción del orden de 1500 – 1700 m³ mensuales donde la cultura ambiental juega un papel que la afecta directamente.
- La cultura del agua y la educación ambiental permanente es fundamental para lograr un cambio de mentalidad frente al uso de los recursos.
- Es importante visualizar el uso eficiente del agua de una manera holística e incluirla en la planeación estratégica de la empresa para obtener resultados significantes y que perduren en el tiempo, es decir que su desempeño sea proactivo y conlleve a un mejoramiento continuo.

9. RECOMENDACIONES

- De acuerdo con trabajo realizado, la empresa debe integrar el DGA-Departamento de Gestión Ambiental con la educación en cultura ambiental permanente porque es fundamental la sensibilización para un cambio en el comportamiento del personal.
- Aunque Colbesa esté bajo los parámetros exigidos por PepsiCo, se recomienda que la empresa entre en los procesos de sistema de gestión de calidad y ambiental del ICONTEC, tanto en la norma ISO 9000 como en la norma ISO 14000 para lograr holísticamente la optimización de los recursos.
- Para un mejoramiento continuo en la minimización del uso del agua, es necesario que se realicen recorridos a toda la empresa completando el formato de Revisión de Fugas y dando aviso al departamento de mantenimiento en caso de encontrar una fuga que no pueda reparar el operador con los instrumentos que tiene a mano.
- Se recomienda instalar medidores en procesos o máquinas que demanden cantidades grandes de agua como el túnel de enfriamiento, en los reusos o retornos para realizar una revisión detallada controlando los consumos y descartando fugas existentes.
- Seguir los estudios para la validación del CIP cada 60 horas, actualmente se realiza cada 48 horas.
- Teniendo en cuenta que a la PTAR se conduce toda el AR que Colbesa genera, se recomienda un estudio de factibilidad de separación de estas AR antes de mezclarse en la caja principal, debido a que la naturaleza de estas son diferentes como la que se obtiene de los procesos como la que se obtiene de los baños, lo que implica un caudal menor para la PTAR y el agua proveniente de procesos se podría reutilizar en mantenimiento de jardines o lavado de los montacargas, reduciendo a su vez el indicador de agua.
- Se recomienda aprovechar la cubierta de la planta que tiene un área de 5000 m², para recoger aguas lluvia y unirlas con el AR de los procesos anteriormente descritos, para utilizarlas en el mantenimiento general de la planta que se hace semanalmente, teniendo una posible disminución en el indicador de 0,76 L/L.

10. BIBLIOGRAFÍA

ABD EL-SALAM, M., EL-NAGGAR, H. (2010). In-plant control for water minimization and wastewater reuse: a case study in pasta plants of Alexandria Flour Mills and Bakeries Company, Egypt. *Journal of Cleaner Production*.

AHRENS, D. (2009). Water processing: Recovering water in beverage and food production.

ALDAYA, M., CHAPAGAIN, A., HOEKSTRA, A., MEKONNEN, M. (2009). Water Footprint Manual. State of Art.

ARANGUREN, M. (2010). *Porqué el agua vale lo que vale*. En: Revista del Agua: Bienestar, Desarrollo y Riqueza – GERFOR. Nº 1 (Jul. – Dic. 2010). Pág. 35–39.

ARREGUÍN – Cortés, F.I. (1994). *Uso Eficiente del Agua en Ciudades e Industrias*. Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua. Memorias. Disponible en: http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/cap3.html. [Consultado el 25 de octubre de 2010].

BLANPAIN-AVET, P., DAUFIN, G., FILLAUDEAU, L. (2006). Water, wastewater and waste management in brewing industries. *Journal of Cleaner Production*

BROMBERG, P. (2010). **¿Cultura ciudadana y los retos del gobierno urbano, o el gobierno urbano y los retos de la cultura ciudadana?** (pp. 33 - 56). Bogotá D.C.: Alcaldía Mayor de Bogotá.

CAMPOS, M.; MADDAUS, W. y MANZIONE, M., *California Industries Discover that Water Conservation Pays, Proceedings of the Conserv 90*. Phoenix, Arizona, Estados Unidos, August 12-16, (1990). **Citado por** ARREGUÍN – Cortés, F.I. 1994. En *Uso Eficiente del Agua en Ciudades e Industrias*. Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua. Memorias. Disponible en: http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/cap3.html. [Consultado el 25 de octubre de 2010].

CNPML. Centro Nacional de Producción Más Limpia. Presentación en diapositivas. Disponible en: <http://www.vitalis.net/III%20Seminario%20Ahorro%20y%20uso%20eficiente%20de%20agua%201%20Olga%20Lucia.pdf>

CNPML. Centro Nacional de Producción Más Limpia. Disponible en: <http://www.tecnologiaslimpias.org/html/archivos/catalogo/Catalogo%20ID32.pdf>

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA, CRC. (2009). Resolución 0452 del 30 de Noviembre de 2009. Concesión de aguas Subterráneas, Permiso de perforación pozo profundo No. Ccca-35

CUGANESAN, S., GUTHRIE, J., WARD, L. (2008). Industry specific social and environmental reporting: The Australian Food and Beverage Industry.

Davis, J.W. (1999). Fast track to waste-free manufacturing.

ENTREVISTA con Gladys González López. Cientista Social. 10 de mayo de 2011.

ENTREVISTA con Julio Arnoby Vega. Ingeniero Industrial y Licenciado en Química y Biología, Especialista en Gerencia Ambiental y Desarrollo Sostenible y Mcs en Educación Ambiental. 10 de mayo de 2011.

ENTREVISTA con Lina María Jaramillo R. Microbióloga y Coordinadora Ambiental de Colbesa S.A. Caloto, 23 de abril de 2010.

GARCÍA, O. J., Aprovechamiento de las Aguas Residuales en la Empresa Rivetex, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México, Junio de 1991.

Ley 373 de (1997). Programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Ministerio del Medio Ambiente. República de Colombia.

MAXIME, D., MARCOTTE, M. ARCAND, Y. (2005). Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. Journal of Cleaner Production.

MIDZIC-KURTAGIC, S., SILAJDZIC, I., KUPUSOVIC, T. (2010). Mapping of environmental and technological performance of food and beverage sector in Bosnia and Herzegovina. Journal of Cleaner Production.

MONTAÑO, J. G, (2002). Guía de Ahorro y Uso Eficiente Del Agua. Centro Nacional de Producción Más Limpia. Ministerio del Medio Ambiente. República de Colombia.

North Carolina. Department of Environmental and Natural resources. Water Efficiency Manual for commercial, industrial and institutional facilities. (2009). Disponible en <http://www.p2pays.org/ref/01/00692.pdf>. [Consultado el 10 de mayo de 2011]

OSUNA, M.A. (2010). Reutilización del Agua Lluvia. En: Revista del Agua: Bienestar, Desarrollo y Riqueza – GERFOR. N° 1 (Jul. – Dic. 2010). Pág. 42–47.

PALACIO, N. (2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. Pág 16.

PUPLAMPU, E. Y SIEBEL, M. (2005). Minimization of water use in a Ghanaian brewery: effects of personnel practices. Journal Of Cleaner Production.

REGLAMENTO TÉCNICO DE AGUA Y SANEAMIENTO. RAS. (2009). Resolución 2320. Periodos de diseño, dotaciones y porcentajes de pérdidas para diseños.

ROMERO, G. A. y GONZÁLEZ, M. J., Estudio para la Reutilización de las Aguas Residuales en la Industria Azucarera, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México, Diciembre de (1990). Disponible en: http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/cap3.html [Consultado el 25 de octubre de 2010].

SÁNCHEZ, L.D.; PEÑA, M.; SÁNCHEZ, A. (2005). Uso Eficiente del Agua. Universidad del Valle. Instituto Cinara. Disponible en: <http://www.es.irc.nl/page/26732>. [Consultado el 25 de octubre de 2010].

SIEGEL, RP. (2011). Are beverages companies doing enough? A challenge to do a drop more. Disponible en: <http://www.triplepundit.com/2011/04/beverage-companies-doing-enough/>. [Consultado el 25 de abril de 2011]

SMITH, M.H. (2011). Water Efficiency Opportunities. Drink and Beverages Sector – Best Practice Guide

Lecturas Adicionales

ARGÜELLO, T.; CESCO, M.; COLOMBO, M.; HELUANE, H.; INGARAMO, A. 2004. Uso Eficiente del Agua en Ingenios Azucareros. URL: [http://www.infoiarna.org.gt/media/file/areas/agua/documentos/artic/\(3\)%20N25P4-11.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/media/file/areas/agua/documentos/artic/(3)%20N25P4-11.pdf) [Consultado el 25 de octubre de 2010].

AYOUB, G., MALAEB, L. (2011). Reverse osmosis technology for water treatment: State of the art review.

BLOCHËR, C., NORONHA, M., FÜNFROCKEN, L., DORDA, J., MAVROV, V., JANKE, H.D., CHMIEL, H. (2002). Recycling of spent process water in the food industry by an integrated process of biological treatment and membrane separation.

Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua: Para la Vida y el Desarrollo Sostenible. URL: <http://www.univalle.edu.co/~cinarauv/archivos/pdf/2.pdf>

TOKOS, H., PINTARIC, Z.N., GLAVIC, P. 2010. Energy saving opportunities in heat integrated beverage plant retrofit.

URL

1. Wikipedía, 2011. http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:MunsCauca_Caloto.png
2. Google Earth, 2011.

ANEXOS

1. Árbol de Problemas

