
Estandarización de la dosificación de anti incrustantes utilizados en evaporadores de la industria azucarera para reducir tiempos de limpieza mecánica.**Antifouling dosage standardization to reduce mechanical cleaning time of evaporators in a sugar industry.****Normalização de dosagem de anti-incrustante para reduzir tempo a limpeza mecânica de evaporadores na indústria do açúcar.****Meza Palma Juan Carlos¹, Símpalo López Wilson Daniel², Esquivel Paredes Lourdes Jossefyne¹³.**

Resumen

La presente tesis tuvo como objetivo estandarizar la dosificación de antiincrustante utilizado en el proceso de evaporación para reducir el tiempo de limpieza mecánica de los evaporadores. A través del desarrollo de la tesis, en el diagnóstico situacional se identificó que el proceso de evaporación es el que mayor tiempo de mantenimiento mecánico demanda, siendo este proceso fundamental para la toma de tiempos de trabajo de cada elemento de la actividad de limpieza mecánica de los evaporadores. Para el procesamiento de datos se hizo uso de técnicas de ingeniería, tales como el estudio de tiempos, los cuales se procesaron en el programa de Excel. Se compararon los tiempos de los dos tipos y dosis de antiincrustantes, mostrando que el antiincrustante LIPESA a una dosis de 9 partes por millón (PPM), es el que permite reducir el tiempo de limpieza mecánica de los evaporadores. A partir de estos resultados de planteo un método de trabajo adecuado utilizando el antiincrustante Lipesa, el cual permitió reducir los tiempos de las actividades de la limpieza mecánica de los evaporadores en un 14%.

Palabras clave: Estandarización de antiincrustantes, evaporadores, limpieza mecánica, reducción de tiempo.

Abstract

The present thesis aimed to standardize the dosage of antifouling used in the evaporation process to reduce the mechanical cleaning time of the evaporators. Through the development of the thesis, in the situational diagnosis, it was identified that the process of evaporation is the one that the longest mechanical maintenance demands, being this process fundamental for the taking of working times of each element of the activity of mechanical cleaning of the evaporators. For data processing, engineering techniques were used, such as the time study, which were processed in the Excel program. The times of the two types and doses of antifouling were compared, showing that the LIPESA antifouling at a dose of 9 parts per million (PPM), allows reducing the mechanical cleaning time of the evaporators. Based on these results, a suitable working method was used using the Lipesa antifouling, which allowed to reduce the time of the mechanical cleaning activities of the evaporators by 14%.

Keywords: Anti-fouling standardization, evaporators, mechanical cleaning, time reduction.

Resumo

Este anti-incrustante tese destinada padronizar a dosagem utilizada no processo de evaporação para reduzir o tempo de limpeza mecânica dos evaporadores. Através do desenvolvimento da tese, na análise da situação foi constatado que o processo de evaporação, é a maior parte do tempo a procura de manutenção mecânica e este processo fundamental para tornar o tempo de trabalho de cada elemento da actividade de limpeza

¹Escuela de Ingeniería Industrial. Bachiller. Universidad César Vallejo. Chimbote. Perú. carlos30.06@hotmail.com

²Escuela de Ingeniería Industrial. Magister. Universidad César Vallejo. Chimbote, Perú. wilson_dsl@hotmail.com. <http://orcid.org/0000-0002-8397-7145>

³Dirección de Investigación. Magister. Universidad César Vallejo. Chimbote, Perú. lesquivel@ucv.edu.pe. <http://orcid.org/0000-0001-5541-2940>

Recibido: 05/04/2017 Aceptado: 10/05/2017

mecânica evaporadores. Para o processamento dos dados foi feita utilizando técnicas de engenharia, como o estudo do tempo, que foram processados no programa Excel. os tempos dos dois tipos e doses de anti-incrustação foram comparados, mostrando que o Lipesa anti-incrustante numa dose de 9 partes por milhão (ppm), que é a redução do tempo de limpeza mecânica dos evaporadores. A partir destes resultados representava um método de trabalho apropriadas para utilização no Lipesa anti-incrustante, o que permitiu reduzir os tempos das actividades da limpeza mecânica dos evaporadores 14%.

Palavras-chave: Padronização de anti-incrustantes, evaporadores, a limpeza mecânica, redução de tempo.

Introducción

La acumulación de incrustaciones en el interior de los tubos de los evaporadores, es uno de los problemas de producción que más preocupa a los ingenieros en el proceso de evaporación de jugo de caña en las industrias azucareras.

Se trata de incrustaciones que se adhieren en el interior de los orificios de las tuberías de los evaporadores, de tal manera que se obstruye el intercambio de calor entre el vapor y el jugo clarificado que pasa por este proceso para la obtención de la meladura.

Al generarse este problema el personal encargado de realizar la limpieza mecánica de los evaporadores requiere de mayor tiempo para realizar el trabajo, debido a la dureza de la incrustación, porque se debe realizar mayor trabajo en el interior de los tubos de los evaporadores, con las escobillas y espirales metálicos. En una primera limpieza de los tubos del evaporador solo se desprende una parte de la capa de la incrustación, ya que el espesor y dureza de la incrustación no permite que escobillas metálicas realicen su trabajo y rompan por completo el incrustamiento de los tubos del evaporador, haciendo que el personal encargado de la limpieza mecánica del evaporador, realice la rectificación del interior de los tubos en donde aún existan las incrustaciones,

Todo este proceso, genera un retraso en la entrega del trabajo, y tiempos muertos en la espera de la limpieza mecánica del evaporador, además aumenta considerablemente la utilización de horas hombre, los cuales podrían ser utilizados en la limpieza mecánica de los demás evaporadores de la línea de evaporación de jugo de caña de las industrias azucareras.

En el libro “Ingeniería de la caña de azúcar”, se menciona que como agentes anti incrustantes, se han propuesto varios aditivos químicos que se supone que al ser adicionados al jugo modifican las características de cristalización o precipitación, previniendo la formación de incrustación en los tubos. Ninguno de estos agentes químicos ha sido exitoso consistentemente en la industria de azúcar de caña. Se ha informado que algunos conducen a incrustaciones más blandas, las cuales son más fáciles de remover, o que permiten prolongar el tiempo entre paradas para la limpieza de los tubos (Rein, 2012).

En el último efecto ocurren la mayor cantidad de incrustaciones. Con frecuencia las incrustaciones son más severas en el primer efecto que en el segundo y tercer efecto. Generalmente, las incrustaciones encontradas en los primeros efectos consisten de calcio de fosfatos, y son algo más suaves que las incrustaciones encontradas en los últimos efectos, que son caracterizadas por una concentración de sílice mucho mayor, las cuales son más duras y difíciles de remover (Rein, 2012).

Con el trabajo de evaluación se comprobó que existen algunas deficiencias, como falta de supervisión constante, niveles de re-orden de insumos de limpieza tardíos, ausentismo del personal de limpieza sin que el área de limpieza sea cubierta, el personal actual no cubre el servicio de limpieza los fines de semana en que la planta de producción trabaja, no cuentan con equipo de limpieza especializado para realizar ciertas actividades; estas deficiencias podrían ser cubiertas y mejoradas con un servicio de limpieza sub-contratado. Con la propuesta de implementar formatos de revisión de labores basados en las BPMs, y lista de revisiones diarias, se busca que la planta de producción de pastas alimenticias lleve una estadística que demuestre los avances de la implementación del sistema de limpieza sub-contratado (Ramírez, 2008).

El proceso de limpieza en sitio o CIP (por sus siglas en inglés), es fundamental para la gerencia en cuanto al aseguramiento de la calidad de los productos elaborados, ha sido identificado como un elemento crítico en el cumplimiento del plan de producción. El estudio elaborado demostró una brecha considerable entre los tiempos establecidos por la gerencia y los resultados prácticos en la ejecución del mismo, el cual concluyó por el análisis de los resultados que la demora en los pasos que constituyen el CIP, era motivada a causas que se lograron identificar y que requerirán para su mejora, elementos estructurales y conductuales. En sus recomendaciones menciona, crear conciencia en los operadores de la limpieza en sitio para que se registre los datos del proceso con la finalidad que los datos de la ejecución del proceso sean confiables, a través de talleres donde se les indique la importancia de una ejecución adecuada del CIP en la obtención de un producto en óptimas condiciones para el consumo humano (Simons, 2007).

Hoy en día la responsabilidad de la inocuidad de alimentos es más grande para los productores; por lo tanto, los procedimientos y métodos de manufactura deben determinar diseños que permitan tal objetivo. Las empresas productoras de alimentos han implementado metodologías de limpieza e higiene que van amarradas con la productividad de operación. Tal es el caso de un diseño de sistema de limpieza CIP. Este sistema de limpieza es empleado por las empresas que utilizan como medios de transporte los sistemas de tuberías que hacen que el producto se mueva de un punto a otro, evitan el desarmado durante la limpieza y desinfección, para el cual se permite el uso constante de estos equipos libre de contaminación. La calidad del producto depende de la limpieza que presenten los equipos e instalaciones en toda la planta, por lo tanto, se debe estrechar su relación con el sistema de limpieza CIP (Castro, 2006)

La evaporación se produce cuando por efecto de la temperatura, la energía cinética de las moléculas de un líquido aumenta, lo que les permite liberarse de la atracción de las moléculas vecinas y pueden desprenderse de la solución. La evaporación es una operación unitaria que depende de muchos factores y variables, ya que en cada proceso en donde se utiliza las condiciones de operación siempre fluctúan (Salas, 2000).

La limpieza hidrocínética es la utilización de la fuerza del agua presurizada para quebrar o quitar materiales indeseados que se agregan en superficies planas o curvas, impidiendo el buen funcionamiento de instalaciones industriales. Siendo eficiente, por no utilizar productos químicos, es una herramienta ambientalmente correcta y segura en sus diversas aplicaciones (Linares, 2014).

La limpieza química de evaporadores, utiliza agua, hidróxido de sodio, ácido sulfámico, energía en forma de calor y una cantidad de tiempo considerable de trabajo, para retirar incrustaciones en cañerías (Linares, 2014).

Tipos:

Decapado (pickling) y pasivación de acero inoxidable: Es el proceso de limpieza que se aplica a equipos o piezas de acero inoxidable para retirar óxidos de hierro y otros contaminantes, principalmente pre-operativamente para evitar que el metal no sufra corrosión. Esto se logra mediante la generación de una superficie “pasiva”, es decir, que no tiende a la corrosión. Se aplica a tanques, tuberías, y en general, a cualquier elemento fabricado en acero inoxidable.

Desincrustación: Su objetivo es retirar depósitos o incrustaciones adherentes, generalmente encontrados en superficies con transferencia de calor, que son provocados por sales insolubles como carbonatos, silicatos, sulfatos así como óxidos de hierro y cobre, y combinaciones entre ellos. Se aplica a tuberías, cambiadores de calor, calderas, evaporadores y condensadores de diferentes metales (CESCO, 2010).

En muchas regiones productoras de azúcar la limpieza mecánica de los tubos es aún más económica que la limpieza química, particularmente en países donde los costos laborales son bajos. La labor requerida es intensa y generalmente representa una tarea con mucho calor y es poco agradable. Tiene la ventaja de evitar la disposición de efluentes, como si ocurre con la limpieza química. Sin embargo conduce a una reducción de la vida útil de los tubos debido al

progresivo daño mecánico; por otro lado se evita la corrosión al interior del evaporador que ocurre con la limpieza química. Este método consiste en hacer pasar por el interior de tuberías elementos abrasivos, para retirar-arrastrar el incrustamiento. Este proceso en combinación con otros métodos, da excelentes resultados (Rein, 2012).

Tipos:

Soplados – Barridos. Este es un método mecánico para retirar suciedad del interior de equipos, generalmente tuberías y se puede realizar con gases o vapores a presión. Este es normalmente un paso previo o posterior a otros métodos, según el grado de limpieza requerido. Se aplica a tuberías y equipos asociados.

Pigging – Corrida de diablos. Consiste en hacer pasar por el interior de tuberías elementos con forma de bala, con o sin elementos abrasivos, para retirar-arrastrar el ensuciamiento. Se le conoce también con el nombre de pigs, balas, poli-balas, poli-pigs, marranos, diablos, etc. Este proceso es también usado como una etapa de limpieza, que en combinación con otros métodos, da excelentes resultados (CESCO, 2010).

El antiincrustante es un compuesto químico que tiene la propiedad de evitar que las sales del agua se depositen (precipiten) en conducciones, depósitos, o cualquier superficie. Normalmente, estas sales son carbonatos, silicatos y sulfatos de calcio. Las aguas con alta concentración de estas sales se denominan "aguas duras".

Los compuestos antiincrustantes suelen reaccionar con el calcio y el magnesio de manera que no puedan formar precipitados cristalinos que formen incrustaciones. Tipos:

Antiincrustante – Amplio espectro. Es un antiincrustante de amplio espectro diseñado para inhibir la formación de incrustaciones inorgánicas en los procesos de separación por membranas. Inhibe las incrustaciones de carbonato de calcio hasta con un ISL de 2.6. Inhibe efectivamente la formación de incrustaciones de sulfato de calcio, fosfato de calcio, fluoruro de calcio, sulfato de bario, sulfato de estroncio y sílice. Estabiliza los iones metálicos para prevenir la precipitación de óxidos metálicos y dispersa las partículas existentes de óxido de hierro (Incrustación de membranas 2016).

Antiincrustante – Alto sulfato de calcio. Es un antiincrustante con amplio espectro diseñado para inhibir la formación de incrustaciones inorgánicas en los procesos de separación por membranas. Es altamente efectivo en aguas de alimentación para ósmosis inversa con un alto potencial de formación de incrustaciones de sulfato de calcio. Detiene el crecimiento de cristales de sulfato de calcio. Las incrustaciones de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ son extremadamente difíciles de remover una vez se han formado en una membrana de ósmosis inversa. (Genesys Internacional, 2016).

Antiincrustante – Para sílice. Es una mezcla de antiincrustantes, antiensuciantes y dispersantes de sílice. Está especialmente diseñado para ser usado en lugares donde los niveles de sílice son altos, hasta con 250% de saturación de sílice en el afluente de rechazo. Dispersa efectivamente los contaminantes de silicato de aluminio como las caoilinitas. Estabiliza los iones metálicos como el hierro y el magnesio así como también partículas coloidales como lodo y arcilla. Controla la formación de incrustaciones de sulfato de calcio, fosfato de calcio. (Genesys Internacional, 2016).

Material y métodos

El método de la investigación es experimental, porque se analizó la variable y manipuló en cierto grado, proporcionó al investigador guías u orientaciones para realizar determinados controles en el estudio. La investigación corresponde al tipo cuasi experimental, debido a que las muestras no se cogen al azar, sino que los grupos ya están formados antes del experimento y el diseño es con post prueba y grupos intactos.

La población para el presente trabajo de investigación está conformada por los tiempos de limpieza mecánica en los equipos de la industria azucarera.

La muestra está constituida por los tiempos de limpieza mecánica existentes en los diez evaporadores de la planta azucarera, constituida por: I efecto (dos evaporadores), II efecto (dos evaporadores), III efecto (un evaporador), IV efecto (tres evaporadores) y V efecto (un evaporador). El muestreo es un estadístico no probabilística, ya que cada elemento poblacional fue seleccionado por la facilidad con que se puede obtener los datos.

Técnica para la recolección de Datos:

Observación directa. Esta técnica permitió observar atentamente el proceso con que se realiza la limpieza mecánica de los evaporadores, tomar los tiempos de operación de los equipos, tiempos de limpieza mecánica de cada evaporador y registrarla para un análisis posterior, buscando el mayor número de datos que nos favorezcan para nuestra investigación.

Observación experimental. Con esta técnica se pudo manipular la variable independiente (dosificación de antiincrustantes) y analizar como repercute en la variable dependiente (tiempo de limpieza mecánica), con el objetivo de mencionar lineamientos de propuestas y soluciones a tomar en cuenta.

Inspección. Esta técnica permitió identificar las causas de las severas incrustaciones que se depositan en el interior de los tubos de los evaporadores, los tiempos improductivos que existen en la limpieza mecánica de los evaporadores.

Instrumentos para recolección de datos

En la elaboración de la investigación se tomaron en consideración instrumentos que nos permitan elaborar de manera confiable la recolección de datos aprovecharemos la tecnología puesta a nuestra disposición y otros medios que nos faciliten el manejo de información recolectada para lograr en favorecer al presente proyecto de investigación y poder cumplir con los objetivos de la investigación; aquí mencionamos algunas:

Diagrama de operaciones. Este instrumento ayudó a representar gráficamente y realizar una pequeña descripción de cada paso del proceso de limpieza mecánica de los evaporadores, a identificar los tiempos por la realización de cada proceso, y así tener una descripción visual de las actividades implicadas en el proceso mostrando la relación secuencial entre ellas la Ficha de registro.

Hoja de trabajo. La hoja de trabajo de Excel es esencial para el registro de los datos obtenidos con la técnica de observación, para así poder evaluar y analizar el tipo de dosificación de antiincrustante utilizado, los días de limpieza mecánica requeridas con cada tipo de antiincrustante. Para ello se utilizaran una serie de fórmulas, las cuales podremos manejar con este instrumento.

Resultados

Diagnóstico.- con la aplicación del diagrama de operaciones de producción de azúcar (Figura 1), se buscó determinar cada una de las actividades, teniendo presente el tiempo que toma el proceso de producción de azúcar. Se determinó el tiempo de mantenimiento que se emplea para la ejecución de cada equipo interviniente en el proceso de producción de azúcar, encontrando en el proceso de evaporación mayor tiempo para la realización de su mantenimiento,

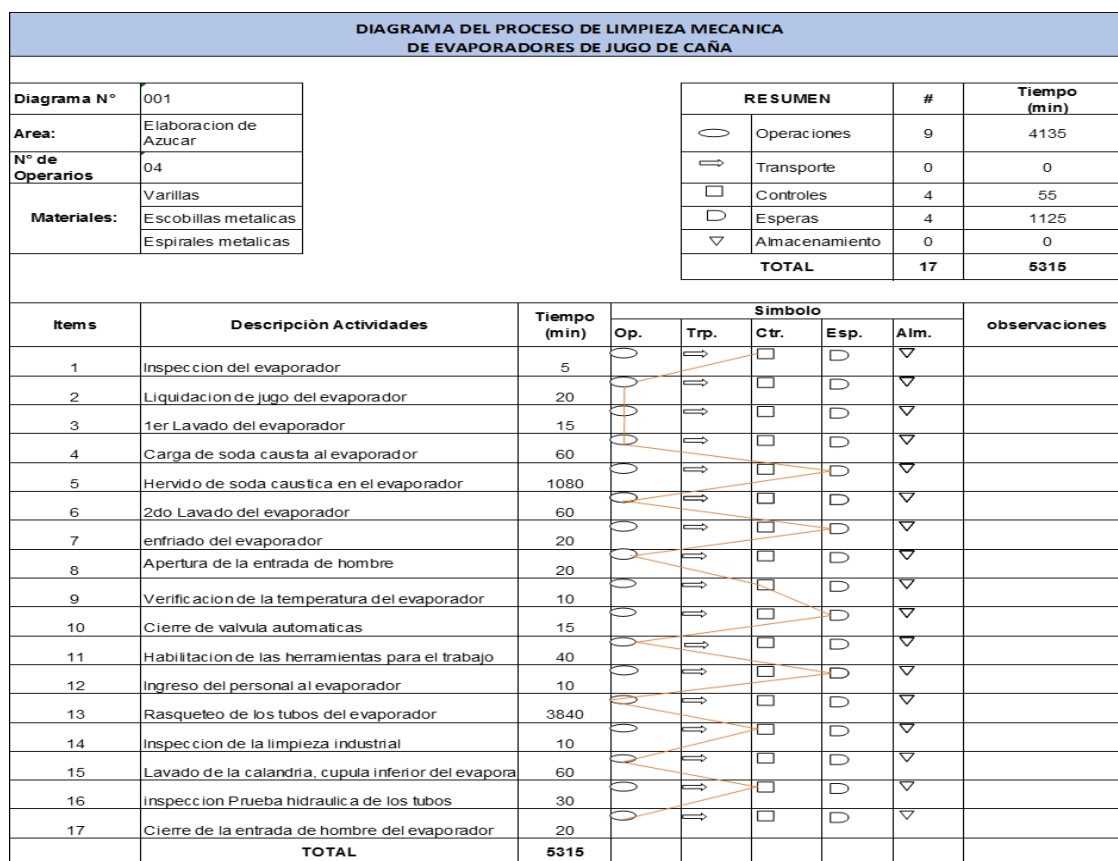


Figura 1: Diagrama de proceso de limpieza mecánica de evaporador del V efecto

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó la toma de los tiempos de mantenimiento mecánico de cada efecto, con el fin de determinar el efecto en el cual se emplea mayor tiempo de trabajo por parte de los operadores que se encargan de realizar este trabajo. El rasqueteo de los tubos del evaporador es la actividad en donde se emplea un mayor tiempo de trabajo. Debido a que exige un mayor nivel de esfuerzo físico. Se procedió a analizar los elementos que componen esta actividad las cuales se muestran a continuación (Tabla 1):

Tabla 1. Elementos del rasqueteo de los tubos del evaporador.

N°	Elementos de la Tarea
1	Limpieza de la boca del tubo del evaporador
2	Introducción de la varilla al tubo del evaporador
3	Rasqueteo del tubo del evaporador
4	Retiro de la varilla del tubo del evaporador

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis y toma de tiempos.- Se tomó 5 tiempos a cada elemento de la actividad. Este instrumento ayudó a tomar los tiempos de los 4 operadores, con el tipo de antiincrustante y dosis correspondientes.

Tabla 2. Toma de tiempo del operador "A" con dosis a 9 PPM - Lipesa

Nº	Elemento de la tarea	T1 (min)	T2 (min)	T3 (min)	T4 (min)	T5 (min)	T PRO M.	Valoración	Tiempo básico (min)	Tolera ncias (14%)	Tiempo estandar
1	Limpieza de la boca del tubo del evaporador	0,3	0,6	0,7	0,3	0,5	0,48	100%	0,48	0,07	0,55
2	Introducción de la varilla al tubo del evaporador	0,5	0,7	0,6	0,7	0,6	0,62	90%	0,56	0,08	0,64
3	Rasqueteo del tubo del evaporador	1,0	0,8	0,7	0,4	0,4	0,66	110%	0,73	0,10	0,83
4	Retiro de la varilla del tubo del evaporador	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,24	85%	0,20	0,03	0,23
Tiempo Estándar de toda la actividad											2,24
Total de Horas Hombre											12,82

Fuente: Elaboración Propia.

El operador "A" trabajando a una dosis de 7.5 PPM, realizó el trabajo a un tiempo estándar por tubo a limpiar de 2.24 min. Lo cual se encuentra por debajo del Takt Time que es 2.80 min, y por la realización total de su trabajo lo realizó en 12.82 hrs, tiempo que está por debajo de lo permitido 16 hrs por operador.

Tabla 3. Toma de tiempo del operador "A" con dosis a 9 PPM - Tawa

Nº	Elemento de la Tarea	T1 (min)	T2 (min)	T3 (min)	T4 (min)	T5 (min)	T PRO M.	Valoración	Tiempo Básico (min)	Tolera ncias (14%)	Tiempo estandar
1	Limpieza de la boca del tubo del evaporador	0,5	0,6	0,5	0,8	0,5	0,58	100%	0,58	0,08	0,66
2	Introducción de la varilla al tubo del evaporador	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	90%	0,27	0,04	0,31
3	Rasqueteo del tubo del evaporador	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	0,86	110%	0,96	0,13	1,08
4	Retiro de la varilla del tubo del evaporador	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,26	85%	0,22	0,03	0,25
Tiempo estándar de toda la actividad											2,30
Total de horas hombre											13,14

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de la eficiencia de los diferentes tipos de antiincrustantes.

La Tabla 4, muestra la comparación del costo de los 2 tipos de antiincrustantes, con sus respectivas dosificaciones.

Tabla 4. Costo total por tipo y dosis de antiincrustantes.

PRODUCTO	7,5 PPM (S/.)	9 PPM (S/.)	TOTAL (S/.)
LIPESA 9184	4847,21	3984,58	8831,79
DISPERSOL 583A	4995,03	4536,98	9532,01

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 4, se muestra que con una dosis de 9 PPM con el antiincrustante LIPESA, se genera un costo de S/. 3984.58 al mes a comparación con el antiincrustante TAWA, que genera un costo de S/. 4536.98. El cual tiene una diferencia de S/.552 al mes, lo que hace una minimización de costos de S/. 6628.8 al año.

También se observa que la dosis óptima para la realización de trabajo es de 9 ppm, ya que esta reduce los costos de operación. Además se muestra que la primera opción de antiincrustante LIPESA es mejor que TAWA debido a la diferencia de costos que existe entre el uno y otro.

Método de trabajo utilizando el antiincrustante más efectivo para la limpieza mecánica del evaporador.-

Las actividades de inspección de evaporador, liquidación de jugo, 1er lavado, carga y hervido de soda caustican, es realizada por el operador de turno. Cuando ingresan a laborar los colaboradores, encargados de realizar la limpieza mecánica de los evaporadores, se realiza el 2do lavado del evaporador, en el cual podemos aprovechar el tiempo que demora en realizar esta actividad para habilitar las herramientas de trabajo. Lo cual nos reduciría una actividad de 40 minutos.

Es preferible cambiar de posición la actividad de apertura de la entrada de hombre del evaporador, para que así se pueda enfriar el equipo en menos tiempo. Mientras se realiza la apertura de la entrada de hombre del evaporador, se puede realizar el cierre de la válvula automática en coordinación con el personal de trabajo. Esto ayudó a reducir 2 actividades las cuales se pueden realizar en paralelo con otras actividades, como lo describimos anteriormente. Además, trabajando con el antiincrustante eficiente a una dosis estándar se redujo considerablemente el mayor tiempo que existe en las actividades del proceso de limpieza mecánica de los evaporadores.

Discusión

Los tiempos de limpieza para un evaporador utilizando la técnica de limpieza hidrocínética y la técnica de limpieza química; son de doce y veinticuatro horas respectivamente. Se puede observar que existe una relación de uno a dos, con respecto al tiempo de trabajo entre las dos técnicas (Linares, 2014).

Asimismo, los tiempos de limpieza mecánica del evaporador utilizando dos tipos de insumo químico (antiincrustante) con las diferentes dosis para cada tipo de antiincrustante, refleja en uno de ellos una disminución de horas hombre empleadas en la actividad de rasqueteo de los tubos del evaporador, para fines de esta investigación se observa que el antiincrustante con una mayor dosis, genera un mayor costo en el insumo químico, pero lo que es compensado con la disminución de horas hombre, minimizando el costo que se emplea en el pago de las horas hombre y teniendo un costo competitivo con los de otros insumos químicos a diferentes dosis, ya que la importancia de este trabajo se basa en la minimización de tiempo, llevado de la mano con la minimización de costos y aumento de productividad de la empresa.

Sobre la base de la información obtenida a través de las entrevistas y reuniones con el personal involucrado en el proceso CIP y de los datos analizados, se puede concluir que el funcionamiento del sistema CIP puede ser mejorado incorporando aspectos para disminuir la brecha entre el tiempo de ejecución establecido por la gerencia y el tiempo actual para su realización, ya que aportaría un beneficio importante a la gerencia de envasado, como mayor productividad y menor incertidumbre en cuanto al cumplimiento del plan de producción (Simons, 2007).

De la misma manera, en el trabajo de investigación desarrollado con la aplicación de un método de trabajo adecuado se pueden minimizar los tiempos encontrados al realizar el diagnóstico situacional, ya que encontramos un método (dosis de antiincrustante eficiente), que nos ayuda a reducir el tiempo que se tiene establecido para la entrega de la limpieza mecánica del

evaporador, beneficiando al personal, debido a la disminución de esfuerzo físico empleado en el trabajo de limpieza mecánica y a la empresa generando una minimización de costo al realizar la limpieza mecánica, y un aumento de productividad al tener habilitados los equipos, listos para entrar en la línea de producción, evitándose problemas de parada.

Conclusiones

El diagnóstico situacional a la empresa se observó que el área de evaporación no cuenta con un método de trabajo adecuado en el cual se pueda reducir los tiempos de las actividades de la limpieza mecánica de los evaporadores para optimizar los tiempos de trabajo.

En las actividades de la limpieza mecánica de los evaporadores, la actividad que demanda menor tiempo es el retiro de la varilla de los tubos del evaporador y la actividad que demanda mayor tiempo es el raspado manual de los tubos del evaporador.

El antiincrustante de fórmula acuosa de poliacrilato de sodio (lipesa) a una dosis de 9 partes por millón (PPM), es la más eficiente, reduce el tiempo de limpieza mecánica de los evaporadores.

La selección del insumo, dosis y método de trabajo adecuado permitió reducir los tiempos de las actividades de la limpieza mecánica de los evaporadores en un 14%.

Referencias Bibliográficas

- Castro, J. (2006). *Establecimiento de controles, para el procedimiento y operación del sistema de limpieza CIP, en la planta de producción de jugos y Refrescos, S.A.* (Tesis pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- CESCO (2010). *Proceso de limpieza para de equipos: Proveedores de servicios de limpieza de equipos.* Mexico: QuimiNet. Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/conozca-los-diferentes-procesos-de-limpieza-para-equipos-44181.htm>
- GENESYS Internacional (2016). *Incrustación de membranas: Productos para planta de OI.* España: Disponible en: http://www.genesysro.com/genesys_spanish/ro-membrane-antiscalant-cleaning-chemicals.php
- Linares, M. (2014). *Evaluación comparativa técnica y económica de los métodos de limpieza hidrocínética y limpieza química para evaporadores tipo Roberts en ingenios azucareros* (Tesis pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 90 pp.
- Ramírez, C. (2008). *Evaluación y diseño de un sistema de limpieza sub-contratado en la planta de producción de pastas alimenticias.* (Tesis pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 104 pp.
- Rein, P. (2012). *Ingeniería de la caña de azúcar.* Berlín: Dr. Bartens.
- Salas, G. (2000) *Procesos industriales II. Operación unitaria evaporación.* Disponible en: [http://es.scribd.com/doc/29577400/Evaporación.](http://es.scribd.com/doc/29577400/Evaporación)
- Simons, B. (2007). *Cleaning In Place (CIP) en líneas de envasado de una planta de cerveza y malta.* Tesis (Especialista en Gerencia de tecnología), Universidad Simón Bolívar. Venezuela. 99 pp.