

SEGUIMIENTO A LAS VARIABLES DEL PROCESO DE PRODUCCION, PARA
EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE PRODUCTO TERMINADO EN LA
CERVECERIA BUCARAMANGA.

ROLANDO ANDRES ACOSTA FERNANDEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA

2009

SEGUIMIENTO A LAS VARIABLES DEL PROCESO DE PRODUCCION, PARA
EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE PRODUCTO TERMINADO EN LA
CERVECERIA BUCARAMANGA.

ROLANDO ANDRES ACOSTA FERNANDEZ

Proyecto de Grado para optar al título de Ingeniero Químico

Director

CRISOSTOMO BARAJAS FERREIRA

M.Sc Ingeniería Química

Codirector

Cesar Augusto Gómez Plata

Gerente de Producción Cervecería de Bucaramanga

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA

2009

DEDICATORIA

Agradecer infinitamente a Dios por permitir un logro más en mi vida.

A mis papas que con sus esfuerzos han permitido mi desarrollo como persona.

A mis hermanas que han sido una motivación más para triunfar.

A mi tía Hilda, por su apoyo y por acogerme como un hijo más.

A Angélica por estar presente durante los mejores momentos.

A mis amigos, hoy soy yo mañana serán ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al Ing. Luis Alberto Coconubo, por su amistad y por haberme brindado su apoyo para desarrollar mi práctica empresarial en la Cervecería de Bucaramanga y permitir mi desarrollo profesional con esta experiencia. A los Ing. Cesar Augusto Gómez, Jairo Ávila Y Alexander Jiménez por su guía durante el desarrollo de este proyecto y las enseñanzas para un mejor desempeño profesional. Sin dejar atrás las enseñanzas recibidas por los operarios de la planta que estuvieron presentes durante el desarrollo de mi práctica y fueron de gran apoyo en el proceso.

Gracias a todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Química, por sus enseñanzas durante toda mi carrera, especialmente al Profesor Crisóstomo Barajas por dirigir mi proyecto y permitir que buen desempeño de mi carrera como estudiante.

A esta gran Universidad que siempre fue mi segundo hogar, que me acogió y que hoy despido con gran gratitud, por permitir formarme como mejor persona y un profesional ético.

Por último y no porque lo sean, a mis amigos, por su apoyo durante toda la carrera, por su amistad y compañerismo.

TABLA DE CONTENIDO.

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. CONCEPTOS TEÓRICOS.	3
2.1. ELABORACIÓN DE MOSTO, ÁREA DE COCINAS.	3
2.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA.	4
2.3. PRODUCTO DE LÚPULO.	7
2.4. ESPUMA DE LA CERVEZA.	7
2.5. SEIS SIGMA.	8
3. DESARROLLO EXPERIMENTAL.	9
3.1. DETERMINACIÓN DE VARIABLES ANALIZADAS DURANTE EL PROCESO.	11
3.2. DOSIFICACIÓN DE AMARGO Y DETERMINACIÓN EN PRODUCTO TERMINADO.	11
3.3. DETERMINACIÓN DE COLOR EN PRODUCTO TERMINADO.	13
3.4. DETERMINACIÓN DE ESTABILIDAD DE ESPUMA.	13
3.5. PROTOCOLO DE SEGUIMIENTO AL COLAPSO DE ESPUMA, CERVEZA ÁGUILA LIGHT	14
3.6. EQUIPO DE DOSIFICACIÓN EN EL ÁREA DE FILTRACIÓN.	14
3.7. DOSIFICACIÓN DE LÚPULO ISOHOP Y COLOR CAMELO EN LA SALA DE FILTRACIÓN.	16
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS.	18
4.1. SEGUIMIENTO PROCESO ÁGUILA LIGHT.	18
4.2. DOSIFICACIÓN DE LÚPULO ISOHOP Y COLOR CAMELO DURANTE LA FILTRACIÓN.	20
4.3. ESTANDARIZACIÓN.	25
5. CONCLUSIONES.	26
6. RECOMENDACIONES.	28

LISTA DE GRAFICAS.

	Pág.
Gráfica 1. Comportamiento de espuma y pH promedio en los UTK.	18
Gráfica 2. Comportamiento de espuma y pH promedio en los UTK 31.	19
Gráfica 3 Espuma y pH, primer semestre del 2009	20
Gráfica 4. Comportamiento prueba de amargo marca Águila UTK madurador 14.	21
Gráfica 5. Comparativo prueba de amargo, marca Costeñita UTK madurador 12.	22
Gráfica 6. Ensayo utilización agitador marca Pilsen.	23
Gráfica 7. Ensayo dosificación color caramelo Marca Águila.	24

LISTA DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1. Intervalos de calidad producto determinado.	11
Tabla 2. Capacidad de la bomba de dosificación.	15
Tabla 3. Comportamiento unidades de amargo en el proceso.	20

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Programa general de trabajo.	10
Figura 2. Espectrofotómetro SHIMADZU UV-1700.	12
Figura 3. Equipo Haffmans para medición colapso de espuma.	13
Figura 4. Primer equipo de dosificación.	15
Figura 5. Nuevo recipiente de dilución.	16
Figura 6 Hoja de cálculo para la Dosificación de Lúpulo	17

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Esquema proceso de elaboración	31
Anexo B. Especificaciones lúpulo Isohop	32
Anexo C. Filosofía Seis Sigma	36
Anexo D. Seis Sigma primer trimestre 2009. Cervecería Bucaramanga	37
Anexo E. Protocolo Seguimiento inicial al proceso de producción de Águila Light	38
Anexo F. Cambios realizados al proceso de elaboración de Águila Light	40
Anexo G. Resultados obtenidos seguimiento al proceso de elaboración Águila Light	41
Anexo H. Comparativo, Valores de pH antes y después del seguimiento	43
Anexo J. Grafica Seguimiento de Amargo	44
Anexo K. Mezcla de Isohop y Color Caramelo en filtración	45

RESUMEN

TITULO: SEGUIMIENTO A LAS VARIABLES DEL PROCESO DE PRODUCCION, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE PRODUCTO TERMINADO EN LA CERVECERIA BUCARAMANGA.*

AUTOR: ROLANDO ANDRÉS ACOSTA FERNÁNDEZ.**

PALABRAS CLAVES: Bavaria S.A, Cerveza, Amargo, Color, Colapso de espuma, Control de Calidad, Seis Sigma.

DESCRIPCION

Bavaria S.A y SABMiller plc; desean adoptar una filosofía operativa para el reconocimiento como compañía de clase mundial, que permita el mejoramiento continuo de la calidad mediante la eliminación de causas de los problemas durante el proceso de elaboración.

La Cervecería de Bucaramanga ha tenido un cambio estructurado para la flexibilidad del proceso y la capacidad de elaboración. Teniendo en cuenta que la elaboración de diferentes marcas presenta un reto para el aseguramiento de la calidad y se presenta variabilidad entre las características del producto terminado de cada marca de cerveza, la Cervecería ha optado por realizar seguimientos al proceso que busquen encontrar y solucionar posibles fallas en el mismo.

Este trabajo de grado muestra el monitoreo realizado a variables características durante algunas etapas del proceso de elaboración para marcas de cerveza como Águila, Póker, Costeñita y Águila Light; con el fin de identificar posibles soluciones a la variabilidad de datos, fuera de los rangos de calidad Seis Sigma. Permitiendo una futura estandarización del proceso y mejora del sistema de aseguramiento de la calidad.

El seguimiento permite visualizar la posibilidad de controlar las variables estudiadas durante el proceso, para garantizar estabilidad en los estándares de calidad, manejo de datos y especificaciones del producto terminado.

* Practica Empresarial

** Escuela de Ingeniería Química, Director: Ing. Cesar Gómez Cervecería de Bucaramanga, Co-Director: MSc Crisóstomo Barajas Ferreira

SUMMARY

TITLE: FOLLOW-UP TO THE VARIABLES OF THE PROCESS OF PRODUCTION FOR THE IMPROVED OF FINISHED PRODUCT QUALITY AT BUCARAMANGA BREWER.*

AUTHOR: ROLANDO ANDRÉS ACOSTA FERNÁNDEZ.**

KEYWORDS: BAVARIA S.A., BEER, BITTERNESS, COLOR, COLLAPSE OF FOAM, QUALITY CONTROL, SIX SIGMA.

DESCRIPTION

Bavaria S.a. and SABMiller plc; they want to take an operational philosophy for the recognition as a world class company, that allows the improvement continuous quality through the Elimination of causes problems during the production process.

The Bucaramanga Brewery has been a change structured for flexibility process and production capacity. Bearing in mind that the development of different brands presents a challenge for the assurance of the quality and it is variability between the characteristics of the finished product every brand of beer, the brewery has chosen to perform follow-ups the process seeking to find and fix any faults in the same.

This degree work shows the monitoring carried out to typical variables during some stages of the process for brands of beer as Águila, Poker, Costeñita and Águila Light; for identifying possible solutions to the data variability, outside the ranges of Six Sigma quality. Allowing a future standardization process and improving the system of quality assurance.

The follow-up shows The follow-up shows the possibility of controlling the studied variables during the process, to ensure stability in the standards of quality, management of data and the finished product specifications.

* Internship Bucaramanga Brewer

** Chemical Engineering Department, Director: Mr. Cesar Gómez Bucaramanga Brewer, Co-Director: MSc Chrysostom Card Ferreira

1. INTRODUCCION

El crecimiento de la cervecería Bucaramanga en los últimos años ha sido un proceso acelerado, desde el punto de vista tecnológico y productivo; estando en este momento ubicada en el primer lugar del país por sus sistemas de Gestión Integral (GSI) y productividad. Con este crecimiento se elaboran de otras marcas de cerveza, tal es el caso de Pilsen, Póker y Águila light.

Bavaria S.A y SABMiller plc., desean adoptar una filosofía operativa para el reconocimiento como compañía de clase mundial, que permita el mejoramiento continuo de la calidad mediante la eliminación de causas de los problemas durante la producción, metodología denominada “Seis Sigma”¹. Dirigiéndose a la implementación de herramientas estructuradas para la solución de problemas, con la ayuda de métodos gráficos, que permitan saber donde hay variaciones, la importancia de los problemas a ser resueltos y si los cambios han tenido el impacto deseado.

La cervecería ha tenido un cambio estructurado para la flexibilidad y capacidad de elaboración en el área de producción; en este momento cuenta con una sala de cocimientos, con capacidad de 450 Hl/cocimiento, y un área de fermentación y maduración que consta de 34 tanques con capacidad de 2000 y 3000 Hl. Teniendo en cuenta que la elaboración de diferentes marcas presenta un reto para el aseguramiento de calidad, y se presentan variabilidades considerables en las características del producto terminado, la cervecería ha optado por realizar

¹ Ver Anexo C. Filosofía Seis Sigma.

seguimientos al proceso que busquen encontrar y solucionar posibles fallas en el mismo.

Este trabajo de grado, muestra resultados sobre el monitoreo que se realizó durante algunas etapas del proceso de elaboración, para marcas como Águila, Pilsen, Costeñita y Águila Light; con el fin de identificar posibles soluciones a la variabilidad de datos fuera de los rangos de Índice Seis Sigma, Permitiendo una futura estandarización del proceso y mejora del sistema de aseguramiento de calidad estadístico.

Las variables fisicoquímicas que se estudiaron, se monitorearon diariamente y según protocolo establecido para este informe. Las variables a tratar son:

1. Unidades de amargo de la cerveza.
2. Unidades de Color.
3. Porcentaje de dilución en filtración.
4. Colapso de espuma.
5. pH de la cerveza y levadura.

La toma y medición de las variables anteriormente mencionadas se realizó en las etapas del proceso y fueron analizadas en el Laboratorio de Calidad de la Cervecería. El seguimiento se realizó bajo la supervisión del Departamento de Producción y el Departamento de Calidad.

El seguimiento dejó visualizar la posibilidad de controlar las variables estudiadas durante el proceso, para garantizar estabilidad en los estándares de calidad, manejo de datos y especificaciones del producto terminado.

2. CONCEPTOS TEORICOS

El proceso de elaboración de la cerveza² se encuentra dividido en diferentes subprocesos que permiten dar las características básicas al mosto y cuerpo de la misma, tales subprocesos serán descritos de manera general, para enfatizar en las variables del proceso a las cuales se les realizo seguimiento.

2.1 ELABORACION DE MOSTO, AREA DE COCINAS.

2.1.1 MATERIAS PRIMAS [1]

- **AGUA:** El agua debe ser apropiada para el consumo humano y acondicionada para la elaboración de cerveza, la calidad del agua usada en la cervecería es de vital importancia, considerando que constituye el 90% de la cerveza.
- **MALTA:** La cebada malteada es el principal ingrediente usado en la producción de cerveza. En la Cervecería Bucaramanga usa en su gran mayoría malta de dos hileras con un 78% en peso de extracto. La malta es una alta fuente de extracto fermentable, sabor y color; esta contiene hasta un 65% de almidón y entre 7 a 12% de proteína, incluyendo las enzimas para la degradación del almidón. La actividad diastásica en este cereal es la suficiente para convertir una mayor cantidad de almidón que la proporcionada por la misma malta.
- **LÚPULO:** Proporciona un sabor amargo que contrarresta la sensación dulce de la malta haciendo la cerveza más apetecible en aroma y sabor. En su materia seca el lúpulo está compuesto por: 18,5% de compuestos amargos,

² Ver Anexo A. Esquema Elaboración de Cerveza.

0,5% de aceite de lúpulo, 20% de proteína, 3,5% de taninos y 8% de sustancias minerales. El lúpulo se presenta en varias formas: conos, pellets o extractos, que dentro del proceso cervecero tiene las funciones de:

- Proteínas antibacterianas (otorga mayor estabilidad a la cerveza).
- Estabiliza la formación de espuma.
- Importante contribuyente de aroma en la cerveza.
- Contribuye a la formación del turbio caliente.

- **OTRAS MATERIALES SUMINISTRADOS AL MOSTO:** El ácido fosfórico suministra cuerpo a la cerveza. El bajar el pH, proporciona un buen ambiente para la acción de las enzimas y mejora la claridad del mosto al contribuir a la formación de la coagulación en caliente.

El calcio aportado como CaCl_2 , reacciona con las fosfatasas para crear una solución buffer. Además permite proteger ciertas enzimas en la malta de la inhibición por el calor y mejora la actividad de licuación del almidón.

2.2 PROCESO DE ELABORACION DE CERVEZA

- **MOLIENDA:** El molienda o trituración de malta es necesario para facilitar su dispersión y parcial disolución en el agua, procurando un fácil trabajo de las enzimas sobre almidones, proteínas, etc., y disponer posteriormente de un adecuado lecho filtrante. Las películas deben ser quebradas pero no desmenuzadas, separando el interior del grano de la película (almidón).
- **SALA DE COCIMIENTO:** El objetivo de los procesos en la sala de cocimiento es dar un tratamiento adecuado a las materias primas empleadas en la fabricación de la cerveza, teniendo como producto final un mosto lupulado y hervido, que cumpla con las especificaciones fijadas.

En la *Olla de crudos* los adjuntos son sometidos a un tratamiento especial de acuerdo a temperaturas y tiempos determinados, con el fin de preparar su componente principal, el almidón, para que el trabajo enzimático sobre esté, en la olla de mezclas, sea óptimo. Mientras la masa de adjuntos hierve en la olla de crudos, la masa de malta se está agitando en la olla de mezcla; después de un tiempo determinado, se bombea la masa de crudos sobre la masa de malta para que bajo ciertas condiciones de temperatura y tiempo predeterminadas actúen las enzimas de la malta, transformando los almidones en azúcares fermentables.

De la olla de mezclas pasa la masa a la olla de filtración, donde se obtiene, por medio del lecho filtrante un líquido claro azucarado denominado mosto. El mosto pasa a la olla de cocción para hervirlo por un tiempo aproximado de dos horas, con el objetivo de estabilizarlo químicamente, esterilizarlo biológicamente y agregarle el lúpulo que le proporciona las sustancias amargas que darán su carácter.

El mosto obtenido de la maceración, se cuece durante 60 (hasta 63) minutos durante este tiempo se agrega el lúpulo. Durante la cocción pasan a esté componentes amargos y aromáticos del lúpulo y al mismo tiempo se precipitan sustancias albuminoideas. Durante la cocción del mosto ocurre una serie de procesos, que son de gran importancia para elaboración de una buena cerveza:

- Disolución y transformación de los componentes del lúpulo.
- Formación y precipitación de compuestos formados por proteínas y polifenoles.
- Evaporación del agua.
- Esterilización del mosto.
- Destrucción de todas las enzimas.
- Carga térmica del mosto.
- Reducción del valor de pH del mosto.

- Formación de sustancias reductoras.
- Evaporación de sustancias aromáticas indeseadas (Dimetil Sulfuro).

Luego pasa por un enfriador donde se baja la temperatura del mosto a un valor adecuado para el proceso de fermentación.

- **FERMENTACIÓN:** Es el proceso de transformar los azúcares fermentables del mosto en alcohol y gas carbónico, por acción de la levadura. El mosto frío se recibe en tanques donde se agrega la levadura, comenzando el proceso de fermentación; luego se pasa a los tanques de fermentación donde en condiciones adecuadas, la levadura transforma los azúcares en alcohol y gas carbónico.
- **MADURACIÓN:** Comúnmente se divide en dos etapas que son reposo y acabado, entre el reposo y el acabado puede haber una prefiltración, preenfriamiento y precarbonatación. Los objetivos de la maduración son acumular o almacenar cerveza, dejar sedimentar en forma natural la materia amorfa y la levadura que aún tiene la cerveza, refinación del sabor por eliminación de las sustancias volátiles que causan el sabor verde, separación por precipitación de los compuestos que se forman al ser enfiada la cerveza.
- **FILTRACIÓN:** Es un proceso de separación, en el cual se extraen las células de levadura y otras sustancias de turbidez aun contenidas en la cerveza. En este proceso también se separan aquellas sustancias, que de lo contrario precipitarían por si solas en el curso de las próximas semanas y meses y causarían turbidez a la cerveza. El objetivo de la filtración es hacer que la cerveza sea conservable de manera tal que por un tiempo prolongado no se produzcan cambios visibles. La filtración ocurre de manera tal que la cerveza aun turbia es separada por un medio filtrante en un líquido filtrado clarificado y un residuo de filtración o torta filtrante, que queda retenido.

2.3 PRODUCTOS DE LÚPULO [2]

La utilización de productos de lúpulo ofrece ventajas importantes:

- Debido a la utilización de productos de lúpulo homogéneos, se logra uniformidad en el amargo de la cerveza.
- Los productos de lúpulo pueden ser almacenados prácticamente por tiempo indefinido. De esta manera es posible mantener la disponibilidad del lúpulo de cosechas convenientes. Al mismo tiempo ya no es más dependiente de las enormes variaciones de precio en el mercado.
- Se puede mejorar el rendimiento de los compuestos amargos mediante el uso de productos de lúpulo.
- Los productos de lúpulo causan menores costos de transporte y almacenamiento.
- Los productos de lúpulo pueden ser dosificados automáticamente.

Los productos de lúpulo más usuales pueden ser divididos en dos grupos: pellets de lúpulo y extractos de lúpulo (isohop)³.

2.4 ESPUMA DE LA CERVEZA [3]

La espuma se forma en el llenado del vaso por las burbujas de CO₂, que se escapan a causa de la reducción de presión. Durante el ascenso, las burbujas de CO₂ se enriquecen con sustancias tensioactivas. Estas sustancias tienen una tensión superficial reducida; es decir, que son capaces de aumentar su superficie de manera limitada y formar una envoltura elástica alrededor de la burbuja de gas. Cuanto más CO₂ se encuentra disuelto, tanta más espuma se forma, pero la formación de la espuma no es idéntica con la retención de la espuma: la espuma solo es estable por la presencia de estas sustancias tensioactivas. El colapso de espuma comienza directamente después de la formación de está, pero la

³ Ver Anexo B. Especificaciones Lúpulo Isohop.

velocidad de colapso es muy variable. El colapso comienza con el reventamiento y el flujo de retorno de las capas alrededor de las burbujas de gas, donde se estimulan los procesos de evaporación y la espuma se solidifica en la parte superior. Un efecto positivo para la espuma, tienen sobre todo los productos de alta degradación proteica de alto peso 10-40 kDa, en particular la proteína de transferencia de lípidos y la proteína Z, así como los α -ácidos del lúpulo. Es por ello que de una cerveza lupulada de forma más intensa se puede esperar una espuma más estable. La influencia de la maceración sobre la espuma es importante: todos los reposos que estimulan la degradación de proteínas y glucanos hacen disminuir con esto simultáneamente la retención de la espuma. Se debe tratar de alcanzar temperatura de mezclas elevadas (62 a 65°C) y reposos prolongados a 70 o 72°C con pH 5,2 a 5,3.

2.5 SEIS SIGMA [4]

El producto deseado resulta de la concurrencia de varios factores y condiciones que caracterizan al proceso. Materias primas, Maquinas, Medio ambiente, Mano de obra, Management, Métodos. Cada uno de estos factores está sujeto a *variaciones* que realizan aportes más o menos significativos a la fluctuación de las características del producto, durante el proceso de fabricación.

Seis Sigma, es una estrategia de negocios enfocada en el mejoramiento continuo mediante el entendimiento de las necesidades del cliente, en un manejo eficiente de datos y metodologías estadísticas, que permiten eliminar la variabilidad en los procesos con el fin de eliminar defectos. “*Sigma* es un concepto estadístico que representa la cantidad de variación presente en un proceso, en relación con las especificaciones o requerimientos del cliente.”⁴

⁴ Ver Anexo C. Filosofía Seis Sigma

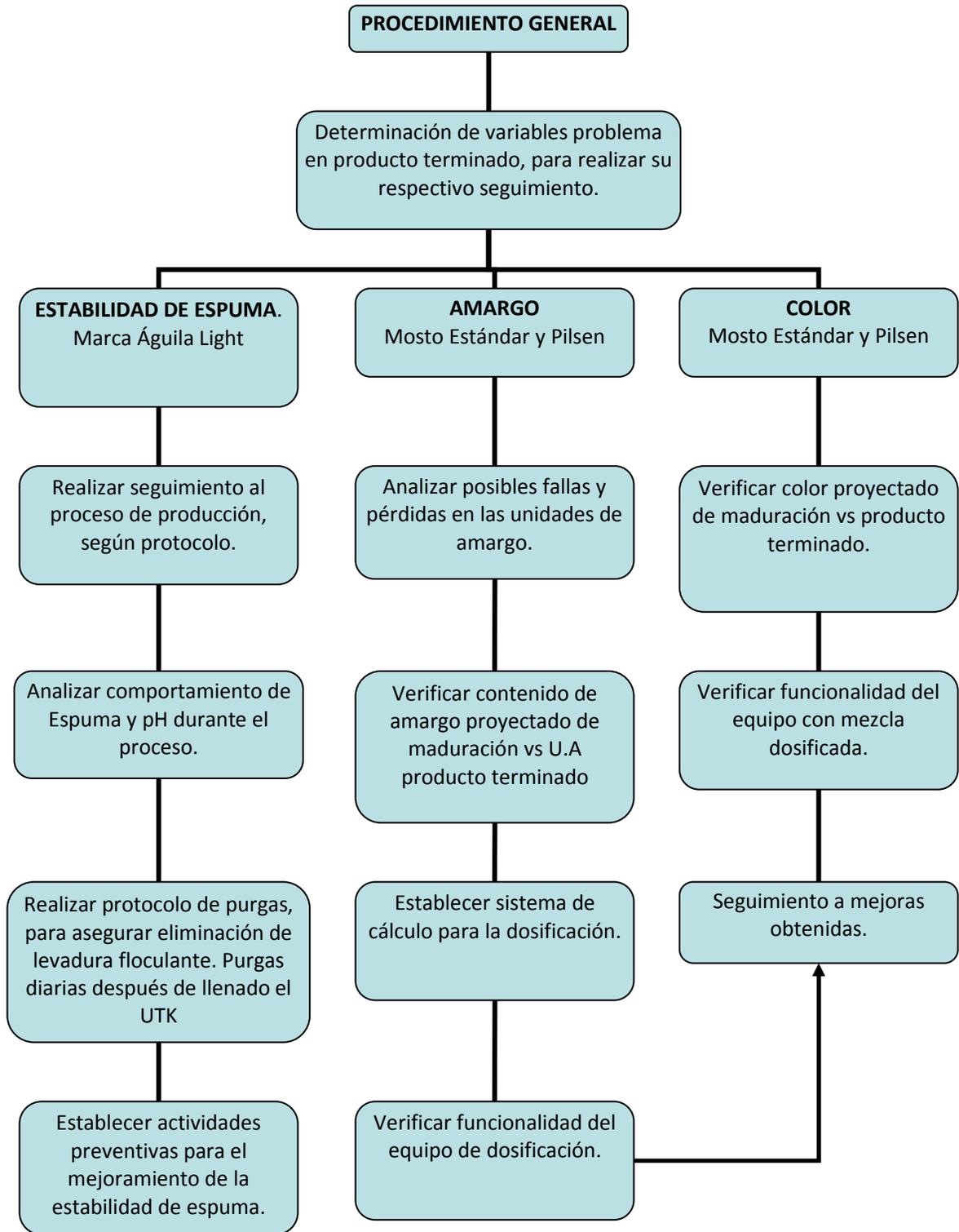
3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Dentro de la rutina diaria del aseguramiento de la calidad existen variables críticas del proceso que se deben medir a lo largo del proceso de elaboración, por tanque llenado, y otras que buscan establecer un comportamiento más general del proceso. La periodicidad del análisis se estipuló a través de la estadística, durante años de operación de la cervecería, catalogando como variables críticas las de más alta importancia en la calidad del producto.

Los análisis rutinarios del aseguramiento de calidad se realizaron a la cerveza luego del embotellado y pasteurización, y durante puntos establecidos por el protocolo; además se toman datos de análisis realizados durante el proceso de cocción, fermentación y maduración. Los datos estadísticos de producto terminado basados en la filosofía Seis Sigma, presentan variabilidad que causan problemas en la cervecería a nivel nacional; por tanto se decide realizar seguimiento a las variables más importantes durante el proceso para asegurar una mejora en los resultados.

El proceso general de trabajo está planteado en la figura 1. Para cada secuencia se presenta a continuación los puntos de control establecidos y puntos de toma de muestra, con la metodología desarrollada. Durante el seguimiento del protocolo establecido, se toman decisiones, en cuanto a equipos utilizados, frecuencia de toma de muestra y cambios en el proceso; con el fin de comparar resultados para determinar mejoras. Estas decisiones se verán reflejadas en los resultados y análisis de este proyecto. El anexo D, muestra los resultados del índice Seis Sigma de la cervecería durante el primer trimestre del año.

Figura1. Programa general de trabajo.



3.1 DETERMINACION DE VARIABLES ANALIZADAS DURANTE EL PROCESO.

En base a los resultados de la cervecería en el índice Seis Sigma, durante el primer trimestre del año 2009, se identifican variables críticas para diferentes marcas. Se presentan grandes dificultades con valores de estabilidad de espuma, en especial con Águila Light, la cual es una marca reciente para la cervecería y por tanto de vital importancia para el control del proceso. Adicionalmente se presentan variaciones considerables con variables como el color y amargo de las marcas Águila, Costeñita, Pilsen y Póker. Esto lleva a realizar los seguimientos enfocados hacia el control de estas variables ajustándolas a los requerimientos de calidad de la cervecería. La siguiente tabla describe algunas especificaciones de calidad utilizados por la cervecería.

Tabla 1. Intervalos de Calidad para producto terminado.

INTERVALOS DE CALIDAD PARA PRODUCTO TERMINADO.						
MARCA	EXTRACTO REAL (°P)	COLOR (EBC)	AMARGO (U.A)	DIACETILO (ppb)	ESPUMA (seg)	HAZE 90 (EBC)
AGUILA	3,91 a 4,21	4,7 a 6,7	18 a 22	≤ 40	≥ 240	≤ 0,7
COSTEÑITA	3,75 a 4,05	4,7 a 6,7	18 a 22	≤ 40	≥ 240	≤ 0,7
POKER	3,91 a 4,21	4,7 a 6,7	16 a 20	≤ 40	≥ 240	≤ 0,7
PILSEN	3,67 a 3,97	5 a 7	15 a 19	≤ 40	≥ 240	≤ 0,7
AGUILA LIGHT	2,05 a 2,35	5,9 a 7,9	12 a 16	≤ 40	≥ 260	≤ 0,7

3.2 DOSIFICACION DE AMARGO Y DETERMINACION EN PRODUCTO TERMINADO. [5]

Durante la elaboración del mosto, en la olla de cocción se realiza la primera dosificación de lúpulo, que se espera sea optima para garantizar el amargor en producto terminado, se dosifican el 35% en extracto de lúpulo y el 65% de lúpulo en pellets. Para la dosificación se tienen los siguientes indicadores:

- Extracto de lúpulo: concentración igual a 50% de α -ácidos.
- Lúpulo en pellets: concentración igual a 11% de α -ácidos.

Si se desea obtener una cerveza con 18 U.A en producto terminado; se utilizan las siguientes formulas, teniendo en cuenta, que con seguimientos previos el aprovechamiento del lúpulo en cocinas es del 60%, en fermentación del 68% y en filtración del 100%. Trabajando con un factor de dilución del 1,674 y sabiendo que el volumen por cocimiento equivale a aproximadamente 442 hl:

$$\text{➤ } \textit{Amargo maduración} = \frac{18 \text{ (U.A)} \times 1,674}{100\%} = 30,1 \text{ U.A} \quad (3,1)$$

$$\text{➤ } \textit{Amargo en fermentación} = \frac{\textit{U.A maduración (30,1)}}{\textit{Aprovechamiento Fermen. (68\%)}} = 44,3 \text{ U.A} \quad (3,2)$$

Para la dosificación de ácidos α :

$$\text{➤ } \textit{ppm dosificadas} = \frac{\textit{amargo mosto (44,3 U.A)}}{\textit{Aprovechamiento cocinas (60\%)}} = 73,9 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \quad (3,3)$$

$$\text{➤ } \textit{Acidos } \alpha \textit{ dof} = \frac{\textit{ppm dosificadas} \times \textit{volumen de cocimiento}}{10} = \frac{73,9 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 442 \text{ hl}}{10} = 3266,38 \text{ g}$$

$$\text{➤ } \textit{Extracto de lúpulo en CO2} = 3266,38 \times 0,35 = 1143,38 \text{ g } \alpha \textit{ _acidos}$$

$$\text{➤ } \textit{Lúpulo en pellets} = 3266,38 \times 0,65 = 2123,147 \text{ g } \alpha \textit{ _acidos}$$

Dosificación teórica de lúpulo:

$$\text{➤ } \textit{Extracto de lúpulo} = \frac{\textit{g } \alpha \textit{ _acidos}}{\textit{concentración } \alpha \textit{ _acidos}} = \frac{1143,38}{0,5} = 2286,76 \text{ g} \quad (3,7)$$

$$\text{➤ } \textit{Lúpulo en pellets} = \frac{\textit{g } \alpha \textit{ _acidos}}{\textit{concentración } \alpha \textit{ _acidos}} = \frac{2123,147}{0,11} = 19301,33 \text{ g} \quad (3,8)$$

El análisis de amargo se realizo con un espectrofotómetro SHIMADZU de precisión UV-1700, y celdas de cuarzo de 1 cm que no causan interferencia. El análisis de amargo se realizo a la cerveza filtrada en BBT y luego al producto envasado a la salida de la pasteurizadora, con una frecuencia determinada por los ensayos deseados.

Figura 2. Espectrofotómetro SHIMADZU UV-1700



El procedimiento de determinación de amargo se siguió bajo el instructivo 05-001856 “Determinación de unidades de amargo”⁵. Los reactivos utilizados para la marcha son el iso-octano como disolvente de los componentes del amargo, al ácido clorhídrico 3N como medio acidificante y el Octanol que se agrega de forma mínima para desgasificar la muestra. Se agitan las muestras a 350 rpm por un tiempo mínimo de 15 min, luego las muestras son centrifugadas por 3 minutos en una Centrifuga G2000.

3.3 DETERMINACION DE COLOR EN PRODUCTO TERMINADO

La determinación de la intensidad de color, se realizó a la cerveza filtrada en los BBT’s, basado en los mismos tanques examinados para U.A; siguiendo el instructivo 05-002503, “Determinación de intensidad de color”⁶. Para el uso de esta técnica no es necesaria la utilización de reactivos, se utiliza como blanco agua destilada y un espectrofotómetro SHIMADZU UV-1700*.

3.4 DETERMINACION DE ESTABILIDAD DE ESPUMA.

La estabilidad de espuma es una característica fundamental de las cervezas de alta calidad, la espuma ayuda a conservar características como el amargo, alcohol y color.

Figura 3. Equipo Haffmans para medición de colapso de espuma.



⁵ WSDBAMS0715, Técnica de uso exclusivo de la empresa.

⁶ 05-002503, Técnica de uso exclusivo de la empresa.

El colapso de espuma es determinado según instructivo BAMS0740, "Determination of beer Foam Stability"⁷. Las muestras fueron tomadas en botellas especiales contrapresionadas para simular las características de un BBT, recogidas durante: inicio y fin de fermentación, antes de trasiego, inicio y fin de maduración, luego de filtrada y por ultimo en producto terminado.

3.5 PROTOCOLO DE SEGUIMIENTO AL COLAPSO DE ESPUMA, CERVEZA AGUILA LIGHT

Se desarrollo un protocolo de seguimiento basado en los puntos más importantes del proceso, empezando por la utilización de maltas, tiempos de descanso, pH durante la cocción, aireación, régimen de control de fermentación, levadura dosificada, descansos de diacetilo, carbonatación, etc, finalizando con las características del producto terminado; todo esto con el fin de realizar comparación entre lotes de producción, verificar fallas entre subprocesos y crear una base de datos de la producción de Águila Light. Este protocolo⁸ con algunos resultados, es citado en los anexos de este libro, para cada punto de dicho seguimiento se recolectan los datos y se realizan las pruebas necesarias, durante el transcurso del proceso de elaboración y envasado; se analizan 25 tanques con aproximadamente 20 días de duración del proceso de elaboración.

3.6 EQUIPO DE DOSIFICACION DE ISOHOP EN EL AREA DE FILTRACION.

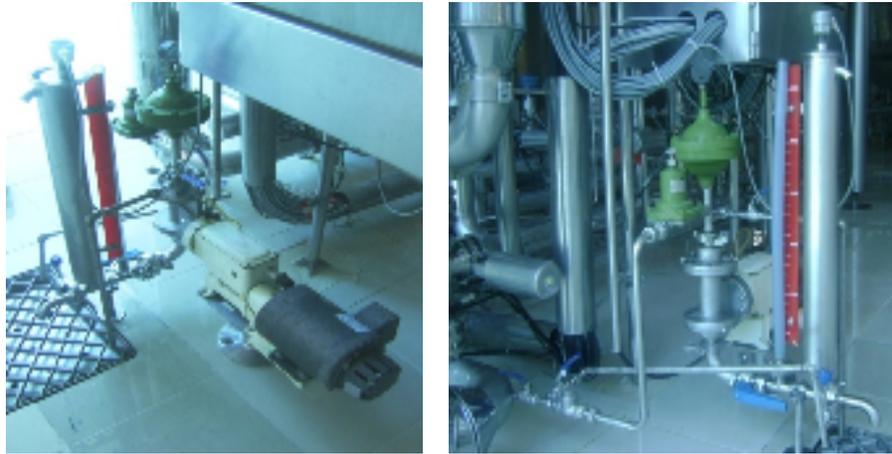
Para disminuir la variabilidad presente en los valores de las características de producto terminado, se decide instalar un sistema de dosificación de lúpulo, y color cuando sea necesario ajustarlo; ubicado sobre la línea de entrada de cerveza concentrada del filtro de velas. Se realizó la instalación de dos sistemas de dosificación, debido a fallas presentadas por el primer recipiente de mezcla.

⁷ BAMS0740, Técnica de uso exclusivo de la empresa.

⁸ Ver Anexo B. Protocolo de Seguimiento Cerveza Águila Light.

➤ PRIMER EQUIPO DOSIFICADOR

Figura 4. Primer sistema dosificador.



El equipo consta de una bomba dosificadora con capacidad de 25 ml/min en posición 2,0; dicha posición es graduable según la necesidad de flujo y la cantidad de hectolitros a filtrar (ver tabla 1). Además cuenta con un recipiente de mezcla de 2500 ml, el cual fue aforado luego de la instalación. Este recipiente tiene un sensor de nivel en la parte superior, que emite la señal directamente a la bomba. El aforo realizado a la bomba dosificadora, puede presentar variaciones debido a la presión que presenta el filtro; este aforo se realiza a 3 bar, y la presión del filtro puede variar entre 2 a 8 bar, según la capa de filtración formada por la tierra diatomácea.

Tabla 2. Capacidad de la bomba de dosificación.

Flujo de la bomba de lúpulo		
Posición	ml/min	ml/ 5 min
2,0	25	125
3,0	37	185
4,0	50	250
5,0	63	315
6,0	75	375
7,0	90	450
8,0	130	650
9,0	140	700
10,0	150	750

➤ SEGUNDO EQUIPO DOSIFICADOR

Durante la utilización del primer equipo de dosificación, se presentaron problemas con la concentración de Isohop dosificado, debido a taponamiento de las líneas de inyección de la bomba; razón por la cual se decide la instalación de un recipiente de mas capacidad de dilución ($\leq 15\%p/V$); con sensor de nivel en la parte inferior y acondicionado para realizar su limpieza con la línea de CIP (clean in place) del filtro. Se realizo aforo al recipiente de dilución hasta 23 litros, después de la señal del sensor de nivel para verificar su funcionalidad y se instala líneas adicionales para realizar purgas a la tubería en caso de presentar taponamiento de la misma.

Figura 5. Nuevo recipiente de dilución.



3.7 DOSIFICACION DE LÚPULO ISOHOP Y COLOR CAMELO EN LA SALA DE FILTRACION

Durante el proceso de elaboración los cerveceros pronostican las unidades de amargo y color en producto terminado, basados en las dosificaciones realizadas desde la sala de cocinas, los cálculos realizados por el laboratorio de calidad en la etapa de maduración y en el factor de dilución utilizado luego de la filtración.

$$\text{Amargo esperado en prod final} = \frac{\text{U.A en maduración}}{\text{Factor de dilución}} \quad (3,9)$$

$$\text{Color esperado en prod final} = (\text{Color en maduración} / \text{Factor de dilución}) * 0,6 \quad (3,10)$$

Basado en los archivos de control de calidad y control de proceso de la cervecería, se realiza un monitoreo de las unidades de amargo y color, de las características del Isohop a utilizar y de la relevancia que tiene el cálculo de unidades esperadas de maduración; para la dosificación se hace necesario la utilización de una hoja de Excel sencilla mostrada en la Figura 6, utilizada por los operarios del área de filtración; la cual calcula los gramos o mililitros a dosificar, los litros de solución a preparar, el tiempo de llenado del BBT, la apertura de la bomba necesaria y la relación peso a volumen.

Figura 6. Hoja de Cálculo para la dosificación de Lúpulo.

INFORMACION DE ENTRADA	
Unidades de amargo a ajustar en BBT	3,3
Hectolitros de cerveza a filtrar en BBT	1250
Litros de solución preparada con agua en el tanque	14
RESULTADOS	
Isohop a dosificar, gramos	1964
Isohop a dosificar, ml	1841
Tiempo de llenado BBT, min	115
Aforar caudal de la bomba ml/min en:	122
% peso /volumen. Estandar (5 a 18)	14,0
DATOS BASE	
Contenido de isoalfa ácidos, %	30
Factor de aprovechamiento de amargo, %	70
Densidad, g/ml	1,067
Flujo del filtro, hls/h	400
Flujo cerveza normal, hls/h	652
\$/Kg Isohop	433781

PROCEDIMIENTO

- 1 Digitar de la orden de filtración las unidades de amargo a ajustar por tanque madurador y volumen del BBT a filtrar
- 2 Digitar el volumen total de agua y lúpulo en el tanque de preparación. Buscar que el % peso/volumen este entre 5 al 18%.
- 3 Medir este volumen de isohop a dosificar en una probeta plástica de
- 4 Diluir el lúpulo en el tanque de preparación con agua desaireada sin CO2 hasta el volumen fijado en el numeral 2
- 5 Homogenizar la solución y tapar el recipiente.
- 6 Después de la esterilización del sistema, purgar tubería de drenaje de la bomba de lúpulo para retirar burbujas de aire
- 7 Verificar sistema de dosificación de lúpulo en automático.
- 8 Validar caudal de la bomba durante la dosificación

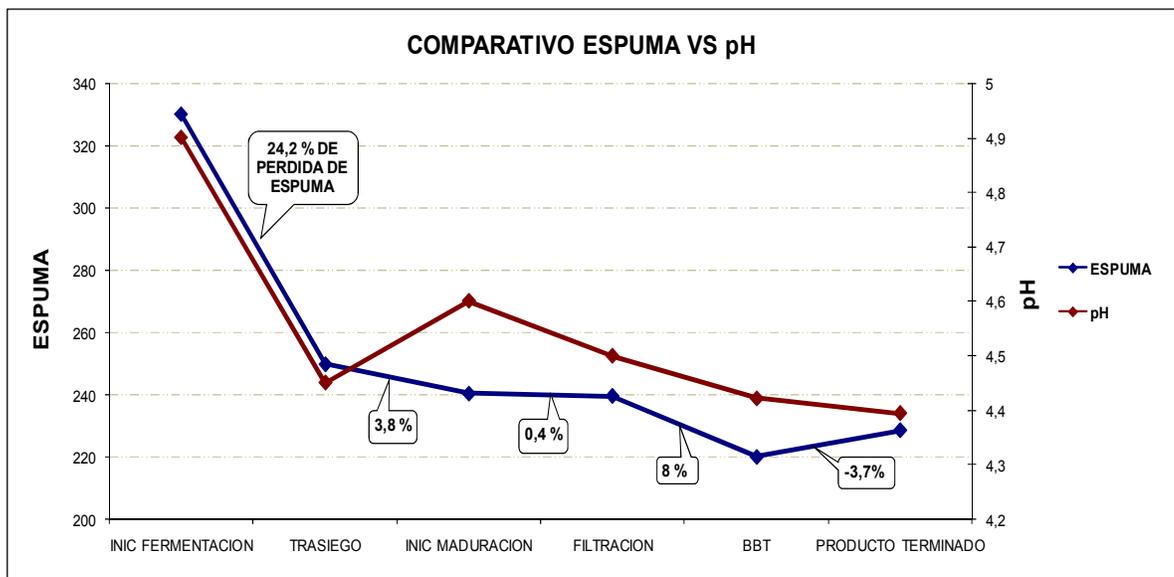
Flujo de la bomba de lúpulo		
Posición	ml/min	ml/ 5 min
5,0	63	315
6,0	75	375
7,0	90	450
8,0	130	650
9,0	140	700
10,0	150	750

4. RESULTADOS Y ANALISIS

4.1 SEGUIMIENTO PROCESO AGUILA LIGHT

El seguimiento realizado al comportamiento de la espuma y factores de control durante el proceso, permitió resaltar problemas de inestabilidad y pérdida de espuma durante la Fermentación. La grafica 1, muestra el comportamiento promedio de la espuma y pH en los UTK (unitanques) analizados.

Grafica 1. Comportamiento de espuma y pH promedio en los UTK.

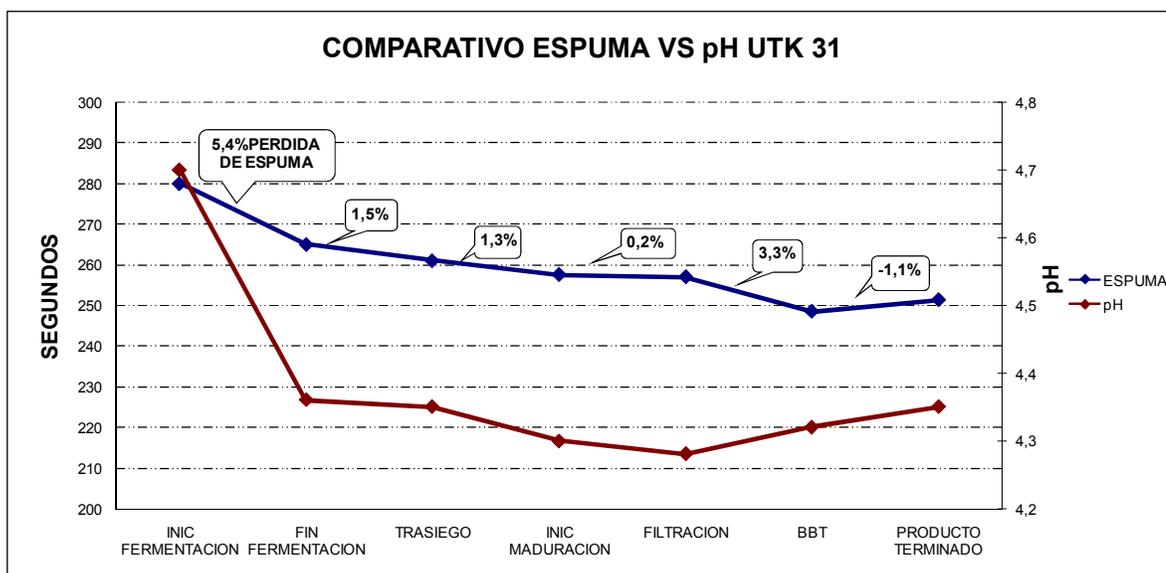


Se encontró que la mayor pérdida de espuma se presenta durante la etapa de Fermentación con un valor aprox. de 24%, lo cual conlleva a una ineficiencia durante el resto de proceso. Ahora bien se observa que el comportamiento del pH tiende a disminuir debido a la recolección de la levadura, aunque durante el proceso de trasiego de Fermentación a Maduración, se presenta un aumento en el mismo, debido a la presencia de levadura sedimentada en los tanques de fermentación, lo cual afecta la buena formación de espuma durante el proceso.

Basados en los datos obtenidos del seguimiento inicial (Anexo E), se decide realizar cambios específicos durante el proceso de fermentación y trasiego, para garantizar una fermentación más lenta y por tanto mejor controlada. Dichos cambios se presentan en el Anexo F. Se inicia nuevamente el seguimiento reportando datos que reflejan mejoras; que si bien, no son los resultados esperados en producto terminado, se entiende que es debido al acoplamiento del proceso a los cambios realizados. Estas mejoras se observan en el Anexo G.

Los resultados obtenidos en el ultimo UTK elaborado de Águila Light, antes de detener la producción de la marca, debido a la parada programada de la planta Bucaramanga; dejan ver la eficiencia de los cambios y del seguimiento realizado.

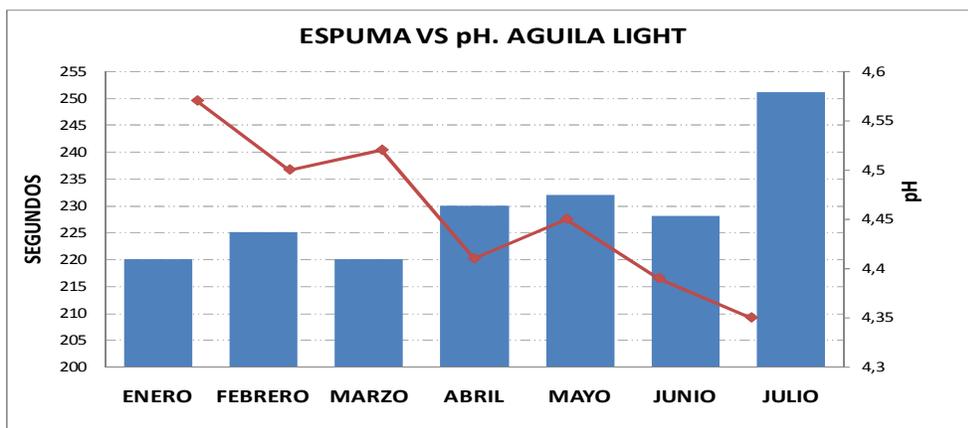
Grafica 2. Comportamiento de espuma y pH promedio UTK 31.



Como se puede observar en la Grafica 2, aunque la estabilidad de espuma a las 24 de llenado el tanque es baja, comparada con otros tanques; se presenta una mejor estabilidad en este valor, presentando una pérdida de 5,4 % de espuma en la etapa de fermentación, la cuál era la etapa de mayor pérdida de espuma. Los resultados muestran un valor en promedio de 251 segundos en la estabilidad de la

espuma, lo cual representa una ganancia en la calidad del producto de 20 segundos. Adicionalmente se observa que el valor de pH⁹ de la cerveza se logra estabilizar durante casi todo el proceso inclusive durante el trasiego, debido a las purgas realizadas diariamente para desechar levadura floculante que pueda aumentar el valor de pH.

Grafico 3. Espuma y pH primer semestre del 2009



4.2 DOSIFICACION DE LÚPULO ISOHOP Y COLOR CAMELO DURANTE LA FILTRACION

Para validar el valor de amargo proyectado de maduración se realizó el análisis a 5 tanques maduradores de diferente marca, que fueron filtrados para llenar 7 BBT's de capacidad 1500 hl.

Tabla 3. Comportamiento unidades de amargo en el proceso

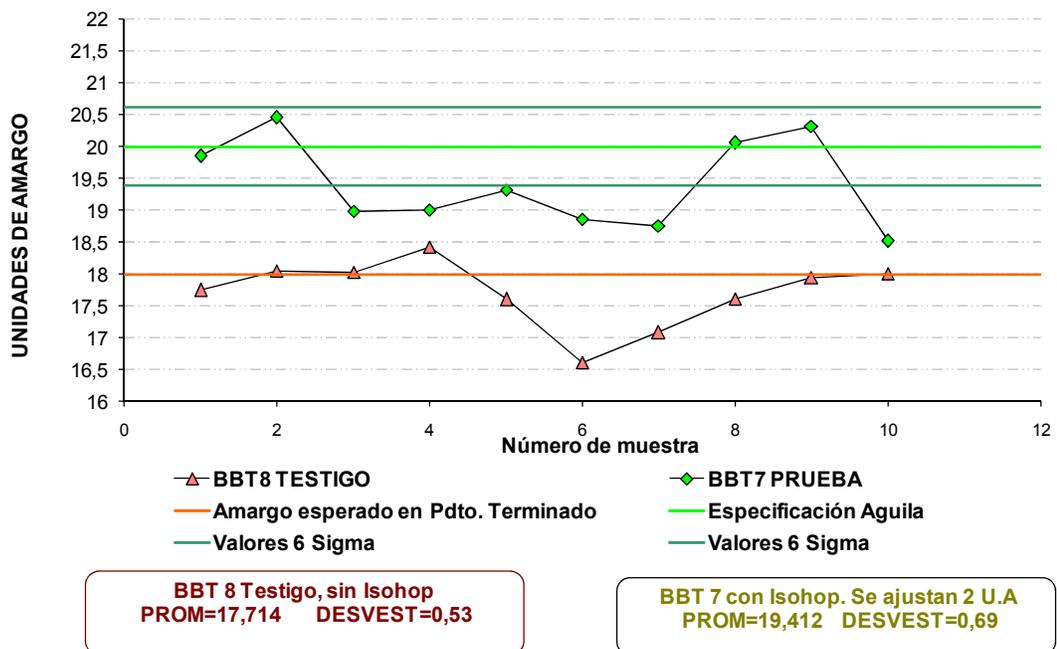
MARCA	UTK MADURADOR	U.A EN MADURACION	BBT	U.A PROYECTADAS	TREN DE ENVASE	U.A PRODUCTO TERMINADO (DUPLICADO)		Δ U.A
AGUILA	9	31,9	2	19,4	2	19,183	19,36	0,1285
			3		1	20,541	19,987	-0,864
AGUILA	13	29,4	2	18	1	18,272	18,274	-0,273
			6		2	17,577	17,257	0,583
AGUILA	12	30,94	2	19	1	19	19,6	-0,3
POKER	14	27,01	3	16,6	2	17,823	17,227	-0,925
PILSEN	7	22,7	7	14	2	15	15,1	-1,05

⁹ Anexo H. Valores de pH antes y después del Seguimiento.

Las unidades de amargo proyectadas son determinadas según la “*ecuación 3,9*”. Esta validación lleva a la concluir que no existe la necesidad de adicionar un factor de ajuste para la determinación de las unidades de amargo proyectadas de maduración, debido a que el promedio de la variabilidad entre los datos de producto terminado y los esperados no supera +/- 0,5; una variabilidad aceptable para este valor dentro de la filosofía Seis Sigma.

Para validar la funcionalidad del equipo de dosificación instalado, se realiza la filtración de un UTK madurador hacia dos BBT’s, para su respectiva comparación. Se puede observar que el BBT 7, el cual fue dosificado, muestra una variación de 0,7 U.A, además de estar por fuera de las especificaciones de Seis Sigma. Los resultados de unidades de amargo en producto terminado están reflejados en la Grafica 4. Durante la filtración de esta cerveza se presentaron problemas con las líneas de dosificación al filtro, debido a taponamientos por causa de la concentración de Isohop (50% p/v) y a la viscosidad del mismo.

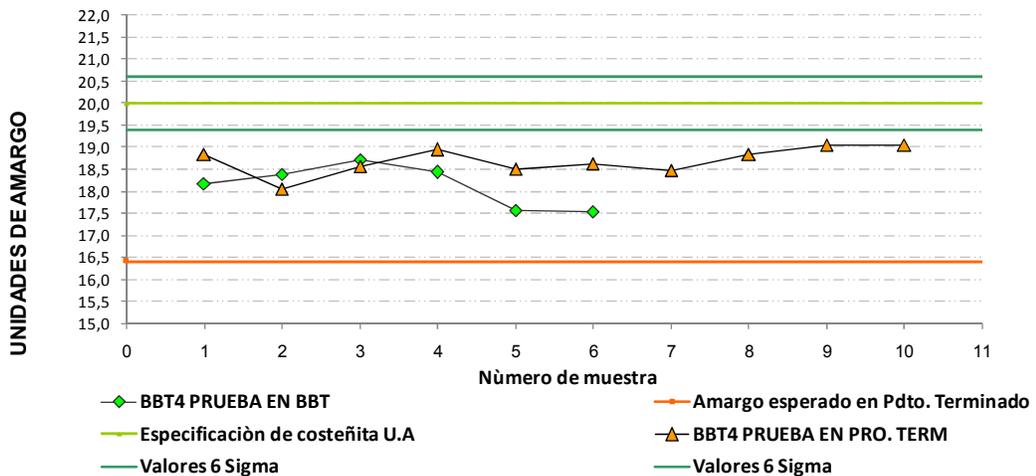
Grafica 4. Comparativo prueba de amargo marca Águila, UTK madurador 14



Se recomienda la instalación de un nuevo recipiente de dilución (concentración recomendada $\leq 15\%$ p/v); adicionalmente la grafica refleja la necesidad de utilizar un factor de rendimiento en la dosificación, que permita nivelar el valor de amargo dentro de la especificación requerida (valor recomendado 70%).

Para verificar el aforo del nuevo recipiente instalado se espera la reubicación del sensor de nivel, debido a la precipitación del lúpulo en la dilución, lo cual representa una pérdida de aproximadamente 4 litros de solución de Isohop. Luego de esto, se realiza la filtración de un UTK madurador para obtener cerveza Costeñita. Con este ensayo se logra estabilizar de manera adecuada los datos de amargo en producto terminado, y se evidencia que el Isohop tiende a estabilizar el valor de amargo desde el llenado del tanque. Es notable que los valores se encuentran aun fuera de los estándares de Seis Sigma, por lo cual se considera adecuado realizar un ajuste al cálculo de la dosificación con un factor de rendimiento del 60%.

Grafica 5. Comparativo prueba de amargo, marca Costeñita. UTK madurador 12



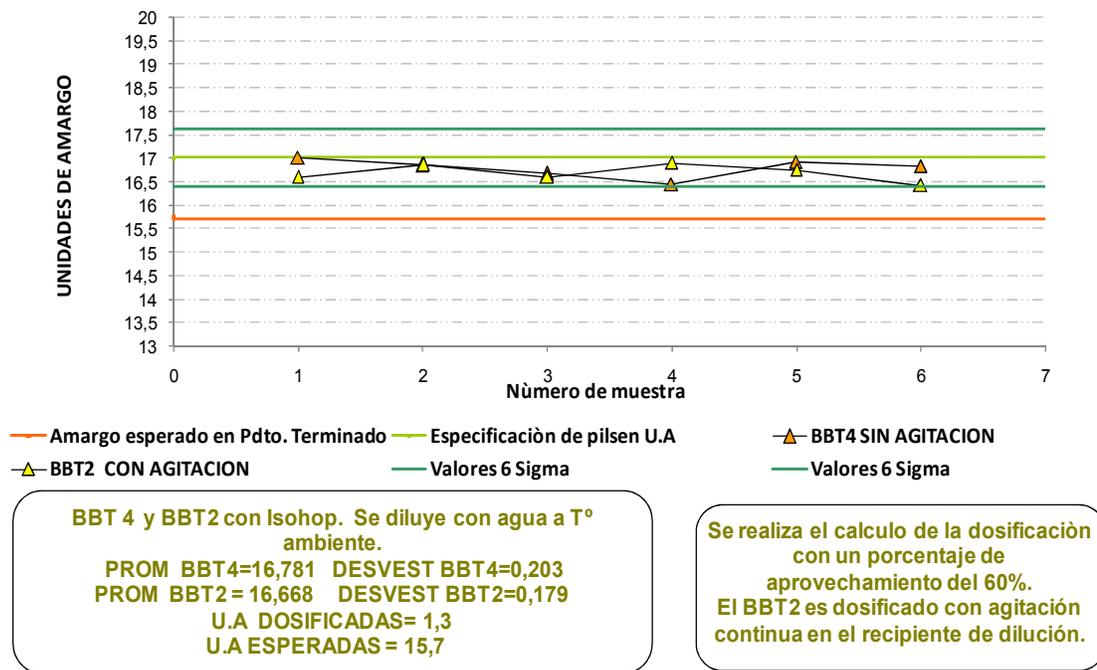
BBT 4 con Isohop. Se utiliza un tarro nuevo de lupulo y se diluye con agua a T° ambiente.
 PROM=18,7 DESVEST=0,31
 UNIDADES DE AMARGO DOSIFICADAS = 3,3
 U.A ESPERADAS = 16,4

Se realiza el calculo de la dosificaciòn con un porcentaje de aprovechamiento del 70%. Se toman muestras en BBT cada 200 HI filtrados.
 PROM BBT =18,137 U.A

Adicionalmente se decide enviar muestras a los laboratorios de calidad de la Bavaria S.A Bogotá, del Isohop utilizado, para verificar la calidad del producto.

Se decide realizar un ensayo para verificar la necesidad de utilizar un agitador en el recipiente de dilución, ver Grafica 5. Se puede observar que la agitación no es necesaria durante la dosificación, debido a que solo se presenta una diferencia de 0,1 U.A entre BBT´s. Además el factor de rendimiento del 60% para el Isohop utilizado es el más aconsejable, pues en los dos BBT´s se obtuvieron resultados centrados en los límites de calidad, para el producto terminado. Luego de realizar estos ensayos, se han seguido monitoreando diferentes tanques dosificados, ver Anexo I; los cuales reflejan un parte satisfactorio dentro del manejo estadístico de la calidad del producto y la dosificación de Isohop en el área de filtración.

Grafica 6. Ensayo utilización de agitador. Marca Pilsen

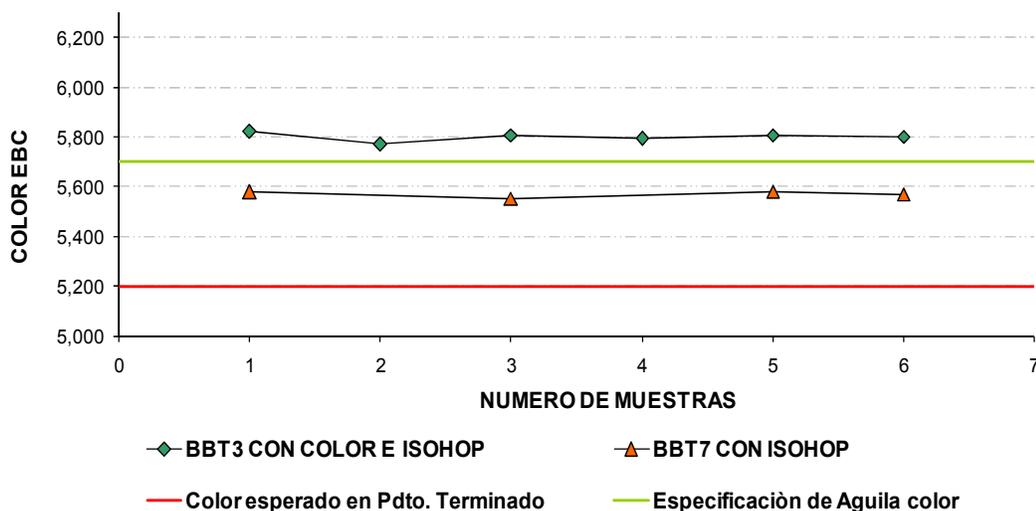


Debido a que algunos tanques maduradores presentaron deficiencias de unidades EBC de color, se decide verificar la implementación de la dosificación de color

caramelo por el mismo sistema de dosificación de lúpulo isohop. Para tal propósito se decide realizar una prueba con dos BBT's. Los resultados se muestran en la Grafica 7; tanto el color como el amargo, del producto terminado, no es afectado con la mezcla del color caramelo e isohop en la dosificación; debido mantener una diferencia mínima de 0,3 U.A en promedio entre BBT's¹⁰. Ahora bien el BBT 7 presenta 0,2 U.A por encima de lo esperado, diferencia que también se presenta en la dosificación de isohop, debido a descartar la necesidad de utilizar un factor de ajuste para los valores esperados.

En general la dosificación de color es satisfactoria debido a que se logra aumentar 0,6 U.A basados en el color esperado desde maduración, adicionalmente es aconsejable dosificar tanques con un mínimo de 1 EBC de color de deficiencia, para evitar ruido los limites de calidad.

Grafica 7. Ensayo dosificación de color caramelo. Marca Águila.



BBT3 se ajusto 0,5 unidades en color y 1 unidad de amargo. El BBT7 testigo ajustado 1 unidad de amargo.
 PROM COLOR BBT3= 5,8 PROM COLOR BBT7= 5,57
 PROM AMARGO BBT3 = 20,013 PROM AMARGO BBT7 = 19,734
 COLOR ESPERADO= 5,2 EBC

Se dosificaron 1741 gr de color caramelo, mezclados con la dosificación de lupulo necesaria, en la bomba antes del filtro.

¹⁰ Ver Anexo J. Mezcla de Isohop y Color Caramelo en la dosificación.

4.3 ESTANDARIZACION

Basados en los seguimientos realizados y los resultados obtenidos, se espera poder estandarizar este año el proceso de elaboración de Águila Light, con miras a mantener y mejorar la calidad del producto terminado; por medio de la capacitación de los operarios y especialistas de mantenimiento, el control del proceso y el seguimiento del mismo para verificar errores y soluciones rápidas.

En cuanto a la dosificación de Isohop y Color Caramelo se han programado capacitaciones sobre el tema y la manipulación del equipo, para poder garantizar la eficiencia del sistema de dosificación y por consiguiente la calidad del producto terminado. Se elaboraron protocolos de limpieza¹¹; adicionalmente se están elaborando protocolos de seguimiento y toma de muestras, para garantizar el buen desarrollo de las prácticas de producción y de la filosofía Seis Sigma.

¹¹ Ver Anexo K. Instructivo de Dosificación de Lúpulo Líquido durante la Filtración.

5. CONCLUSIONES

El seguimiento realizado al proceso de producción de Águila Light permite concluir que:

- La etapa de fermentación presenta pérdidas de espuma alrededor del 24%, lo cual, deja ver la necesidad de un mayor control de la etapa, garantizando una fermentación más lenta, que permita la permanencia de sustancias tensoactivas en la cerveza durante el proceso. Refleja que un proceso de fermentación, controlado con un régimen de temperatura de 11°C y acompañado de un descanso de diacetilo de 14,5°C, garantiza la estabilidad y la reducción de pérdida en la espuma durante esta etapa. Adicionalmente la inyección de levadura con relación de 1 kg levadura/ Hl, reduce los rebotes de espuma presentados en los tanques a causa de la formación de CO₂; los cuales representan una gran pérdida de calidad durante el proceso.
- El protocolo de purgas establecido, permite evidenciar una dependencia entre el valor de pH y la estabilidad de espuma, es decir, a mayor valor de pH menor será la estabilidad de la espuma en la cerveza durante el proceso; por tal motivo es recomendado estabilizar este valor luego de la remoción de levadura, en un rango aproximado de 4,25 a 4,35.
- Los cambios realizados al proceso durante el seguimiento, han tenido resultados favorables. Aunque no se haya alcanzado el valor de colapso de espuma deseado, se logra aumentar dicho valor cerca de 20 segundos, lo cual permite disminuir la brecha entre los resultados del producto terminado y el valor de calidad establecido para esta característica.

El análisis de la dosificación de lúpulo Isohop y color caramelo durante la filtración permite concluir:

- En base a la evolución de los resultados obtenidos durante el acople del sistema dosificador, éste es la solución más eficaz y controlada, para disminuir la variabilidad de reportes de calidad y garantizar las características de sabor adecuado a la cerveza. Además es posible predecir el comportamiento de variables como el amargo y color durante el proceso para garantizar una dosificación efectiva. Se encuentra necesario la utilización de un factor de rendimiento del 60%, en la dosificación del lúpulo para obtener datos acordes con los intervalos establecidos por el índice Seis Sigma.

6. RECOMENDACIONES

Los seguimientos realizados mostraron algunas falencias en los equipos y los procesos de elaboración, por lo cual es recomendable:

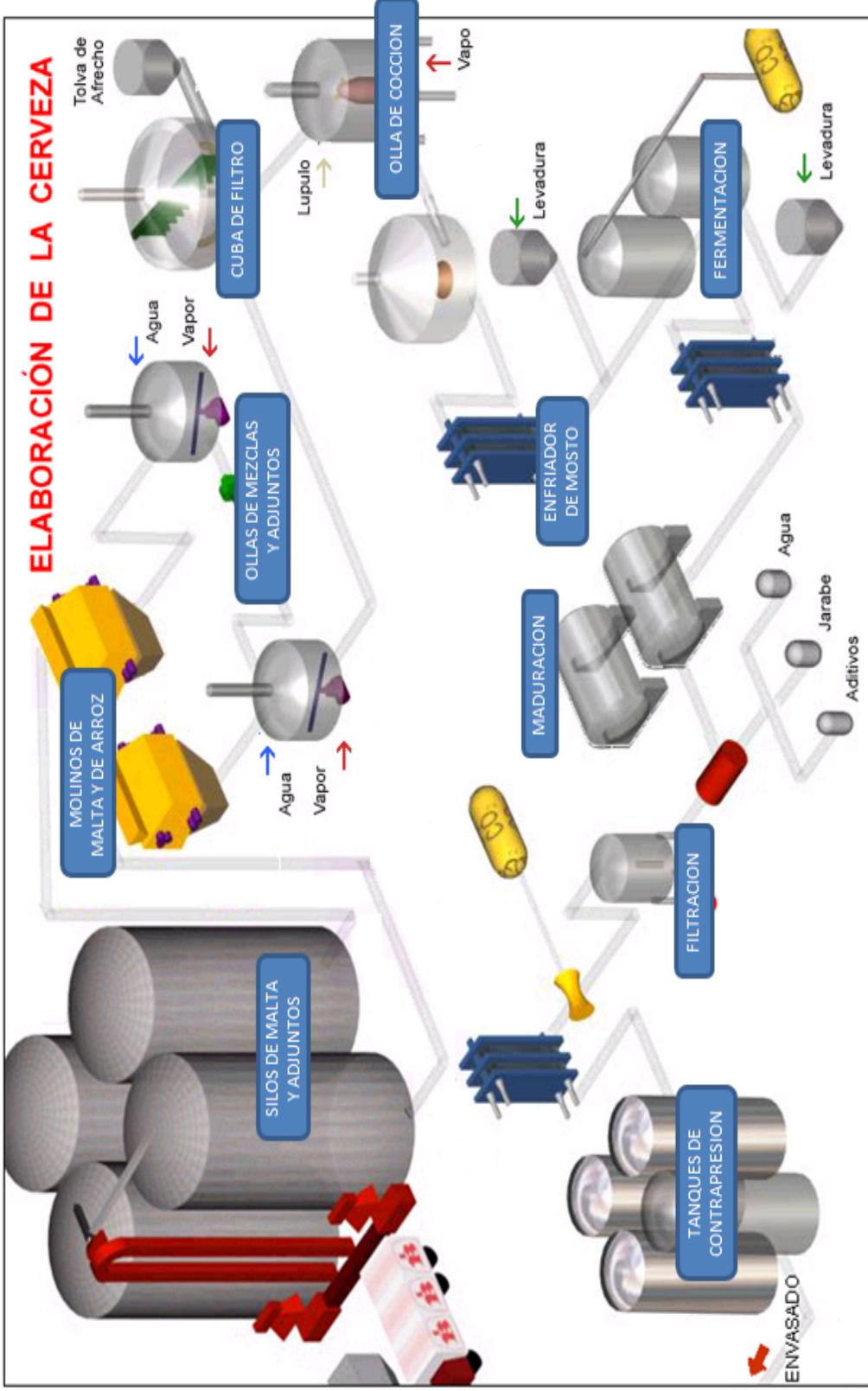
- Verificar que la mezcla de malta utilizada en la elaboración de Águila Light, posea un promedio de 400 en fuerza diastásica y un contenido de proteínas superior al 12%, para garantizar mejor estabilidad de la espuma a las 24 horas de llenado el tanque fermentador.
- Seguir realizando seguimiento al proceso y establecer un protocolo de purgas riguroso para garantizar la estabilización del valor de pH, en Águila Light.
- Realizar análisis de amargo por duplicado al producto terminado, para evitar inconvenientes con la variabilidad de datos, por posibles errores de manipulación de la técnica de determinación de unidades de amargo.
- Implementar un medidor másico sobre la línea de dosificación, para no depender del aforo de la bomba, el cual puede presentar errores causados por la presión dentro del filtro.
- Se sugiere la instalación de un agitador en el recipiente de dilución del dosificador, en caso de dosificar color caramelo, lo cual puede causar obstrucción de las tuberías por su viscosidad.
- La adecuación de un sistema de alarma, en caso de falla en la bomba de dosificación, debido a que el único control es el sensor de nivel del recipiente de dilución.
- Realizar capacitaciones a los operarios y ayudantes del área, para garantizar la efectividad de los seguimientos y cambios realizados a los procesos.
- Realizar control de calidad a las materias primas (Isohop y Color Caramelo) que se utilicen cada vez que se cambie de lote, para verificar el factor de rendimiento de la dosificación.

BIBLIOGRAFÍA

- **[1] [5]** Dr. Hans–Jürgen Manger, H.J.M; Wolfgang Kunze, W.K; (n.d). “*Tecnología para cerveceros y malteros*”. Berlín, Alemania: VLB BERLÍN.
- BRAUWELT, “*Revista para toda tecnología cervecera y la industria de bebidas*”. Alemania. Verlag Hans; Carl GMBH & Co.KG Nuremberg.
- **[4]** Ing. Gustavo López (n.d); “*Metodología Six-Sigma: Calidad Industrial. México*”. Instituto de Ingeniería –UABC.
- **[2]** Maed K, Yokoi S, Kamada K, Kamimura M; (2009); Foam Stability and Physicochemical Properties of Beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemist*. USA. v.49 (1) pag. 14-18.
- Sofie M, Koen G; Guido Aerts, Luc De Couman, (2009). Analytical-Sensory determination of Potential Flavour deficiencies of Light Beers. *Journal of the Institute of Brewing*. V.115(1), pag 49-63.
- **[1]** Florez Vergara Adriana; Comparación de dos procesos de cocción de mosto en la cervecería Bucaramanga. “*Proyecto de grado*”. Dir. Edgar Castillo. Practica Empresarial. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2005.
- Meter Pande, Robert Neuman, Roland Cavanagh; (n.d). “*The Six Sigma Way*”. New York, USA. McGraw-Hill.
- Garcia Maria Consuelo (2008). Comparación de algunas metodologías actuales para la evaluación de la estabilidad de espuma. En “*Cerveza y Malta*” Pág. 27-33. Asociación Española de técnicos de Cerveza y Malta.
- **[4]** Wolfgang Kunze, (n.d) “Beer Foam”; Extracto from Technology Brewing and Malting. Obtenida 15 de Junio de 2009, de <http://oz.craftbrewer.org/LibraryMethods/other/KunzeFoam.shtml>

- Podera A, Antkiewicz P, Tuszyrski T, Malgorzata M. (2009). Accumulation and Release of Metal Ions by Brewer's Yeast During Successive Fermentations. *"Journal of the Institute of Brewing"*. V.115(1) pag. 78-83.
- **[3]** Karel K, Alexandr M, Danusa H. (2008) "Antioxidant Characteristics of Hops and Hop Products". *Journal of the American Society of Brewing Chemist*. USA v.114(2); pag. 16-166.
- Klimovitz Ray. (2002). El cervecero e la Practica. "Master Brewers Association of. (3ra Edicion).
- Group Chief Brewer (2008), "Brewing Ingredients & Processing Material Standards-Hop and Hop Products. Portal corporativo SABMiller plc. Pag 1-15.
- Bech, L.M., Vaag, P., Heinemann, B., Breddam, K.: Throughout the brewing process barley lipid transfer protein 1 (LTP1) is transformed into a more foam-promoting form. Proceedings of the European Brewery Convention Congress, Brussels, 561-568 (1995)
- Sorensen, S.B., Bech, L.M., Muldbjerg, M., Beenfeldt, T., Breddam, K.: Barley lipid transfer protein 1 is involved in beer foam formation. MBAA Technical Quarterly, Vol. 30, No. 4, 136-145 (1993)
- EVAN EVANS D; SURREL Anne; SHEEHY Megan; STEWART Douglas C; ROBINSON Louise H. (2008). "Comparison of Foam Quality and the Influence of Hop α -Acids and Proteins Using Five Foam Analysis Methods". *American Society of Brewing Chemists*, Saint Paul. v.66 (1) pag 1-10.

Anexo A. Esquema proceso de elaboración de cerveza



Anexo B. Especificaciones Lupulo Isohop

BARTH-HAASGROUP

Isohop®

Información general:

Isohop® es una solución estandarizada al 30% de ácidos iso-alfa obtenidos de extracto CO₂. Isohop® es un producto clasificado por la autoridad estadounidense FDA (Food and Drug Administration) como extracto de lúpulo modificado y su uso es permitido en la fabricación de cerveza conforme a la disposición 21CFR 172.580(b)(2-5).

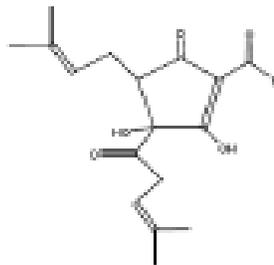


Tabla 1: Estructura del ácido iso-alfa

Características del producto:

Los ácidos iso-alfa son los ácidos amargos originarios del lúpulo como se encuentran en cervezas lupuladas al estilo tradicional. Isohop® se emplea para **reemplazar** por razones de rendimiento y economía una parte del extracto de lúpulo o bien de los pellets y para poder regular exactamente el amargor de la cerveza terminada. La sustancia activa en Isohop® es la misma que la que se produce durante la ebullición de mosto con pellets o extracto.

Para el control preciso de las unidades de amargor, Isohop® debería añadirse después de la fermentación. En caso de cervezas High Gravity Isohop se ofrece como alternativa económica al lupulado tradicional. En lo que se refiere a la estabilidad y la conservación de espuma Isohop® se comporta como lúpulo flor, pellets o extracto. Isohop® tiene un efecto antibacteriano y protege la cerveza de contaminaciones. Isohop® consigue rendimientos extraordinarios a un coste relativamente bajo.

BARTH-HAASGROUP

e-mail: Info@BarthHaasGroup.com www.BarthHaasGroup.com

Especificación del producto:

Descripción:	solución acuosa de sales potásicas de ácidos iso-alfa, de color amarillo claro hasta ambar
Concentración:	la concentración estandar es de un 30.0% ± 0.5 de ácidos iso-alfa (HPLC)
pH:	8.0–10.0
Densidad:	1.075 kg/m ³ (+-5) (con 20°C/68°F)
Viscosidad:	16.06 mPas (con 20°C/68°F)
Solubilidad:	soluble en agua (con pH 8-10) y alcohol
Acidos alfa:	< 0.7%
Acidos beta:	< 0.3%
Plomo:	Cumpliendo la legislación actual de la Unión Europea y de los Estados Unidos
Metales pesados:	Cumpliendo la legislación actual de la Unión Europea y de los Estados Unidos

Empleo del producto:

Isohop® normalmente se añade después de la fermentación y antes de la última filtración, con lo que se alcanza un rendimiento del 80-90% en la cerveza elaborada, dependiente del momento y la eficiencia de la dosificación (añadiéndolo en la sala de cocción, el rendimiento de Isohop® bajaría a un 50-60%). El producto se dosifica al lado de una corriente turbulenta, por ejemplo en el remolino producido por una bomba centrífuga. La bomba dosificadora tiene que ser regulada de tal manera que Isohop® sea alimentado durante un 70% del tiempo de función de la bomba. Deberían de evitarse altas concentraciones locales de ácidos iso-alfa y el producto debería aplicarse aparte, no junto con otros aditamentos. Isohop® es añadido directamente a la cerveza, a temperatura ambiente, sin dilución. Si es necesario diluir el producto, tendría que ser con agua destilada ajustada mediante KOH a un valor pH de 9-10. Favor de no aplicar bases de sodio para ajustar el valor pH, dado que sosa cáustica forma complejos insolubles con la mayoría de los ácidos de lúpulo.

La cantidad necesaria de Isohop® se calcula tomando como base la concentración del producto y el rendimiento supuesto. Mediante ensayos previos en la cervecería se determinará la dosis correcta también con respecto al amargor sensorial. Isohop® produce un amargor completamente natural. Recomendamos limpiar las partes que hayan estado en contacto con el producto con agua caliente alcalino o con etanol.

Cálculo para ajustar el amargor:

Los siguientes cálculos parten de un rendimiento del 80% y de que Isohop® es utilizado conforme a lo descrito anteriormente (IAA = ácidos iso-alfa).

Unidades de amargor sensorial deseadas = B

$$\text{IAA a añadirse (80\% de rendimiento)} = B \times \frac{100}{80} = x \text{ mg/l}$$

$$\text{Dosis en g IAA/hl cerveza} = B \times \frac{100}{80} \times \frac{100}{1000} \text{ g/hl} = x \text{ g/hl}$$

Dosis de Isohop® en g/hl :

$$\text{(30\% IAA)} = B \times \frac{100}{80} \times \frac{100}{1000} \times \frac{100}{30} \text{ g/hl} = x \text{ g/hl} = B \times 0.42 \text{ g/hl}$$

Dosis de Isohop® en ml/hl :

$$\text{(30\% IAA)} = B \times \frac{100}{80} \times \frac{100}{1000} \times \frac{100}{30} \text{ g/hl} = x \text{ g/hl} = \frac{B \times 0.42 \text{ g/hl}}{1.075 \text{ g/ml}} = B \times 0.39 \text{ ml/hl}$$

(por ej. para 5 unidades de amargor sensorial: 5 X 100/80 X 100/1000 X 100/30 se necesitan 2.1 g/hl)

Embalaje:

Normalmente en recipientes HDP de 20 kg o 10 kg, tamaños mayores a petición.

Almacenaje y caducidad:

Isohop® es muy estable. Recomendamos almacenarlo en recipientes llenos y cerrados a una temperatura de 2 - 8 °C, protegidos contra insolación. Almacenado según las instrucciones, Isohop® conservará su calidad durante al menos 18 meses. Más información encontrarán en nuestras recomendaciones de almacenaje (storage guidelines).

Seguridad:

Más información al respecto les proporcionará la hoja de datos de seguridad correspondiente (MSDS) en nuestra página web.

Métodos de análisis:

Existen dos tipos de análisis para determinar los ácidos iso-alfa: el análisis específico de los ácidos iso-alfa mediante HPLC y métodos conductométricos y fotométricos espectrales respectivamente. Al determinar las unidades de amargor rogamos observen que el factor empírico 50 del cálculo debe ser remplazado por el factor 70.

- EBC 7.8 para ácidos iso-alfa, ácidos alfa, ácidos beta (HPLC)
- EBC 7.9 para ácidos iso-alfa

Asesoramiento técnico:

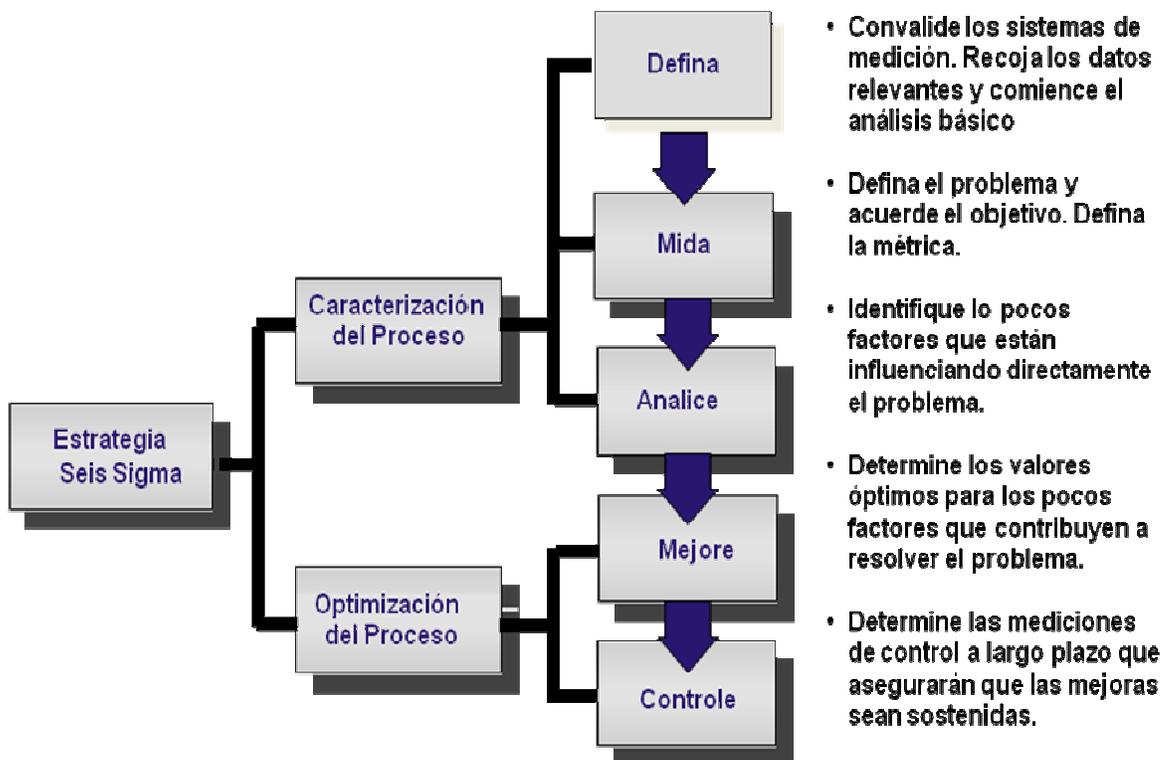
Para alcanzar un resultado óptimo, con mucho gusto les asesoraremos en el tema de empleo de Isohop® en la fabricación de cerveza.

Anexo C. Filosofía Seis Sigma

El valor de sigma en un proceso está basado en “defectos por millón de oportunidades (DPMO)”. “Seis Sigma” es equivalente a 3.4 DPMO. En este caso la cervecería Bucaramanga apunta a manejar variaciones de desviación estándar igual 0,87812; dentro de su media establecida para valores característicos del control de calidad. Nuestros resultados (Y’s) son determinados por nuestras variables (X’s). Si sabemos bastante acerca de nuestras variables, podemos predecir exactamente los resultados.

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k)$$

Conociendo y controlando las variables reducimos la variabilidad en los resultados. Eliminamos y reducimos inspección, evaluación y retrabajo.



Anexo D. Seis Sigma Primer trimestre 2009, Cervecería Bucaramanga

Sigma index Cervecería de Bucaramanga

		ENERO	FEBRER	MARZO
Consumer Quality Index	Sigma Index	32,40%	46,40%	53,60%
4.1 Real extracto	Aguila	3,21	3,38	4
	Costeñita	2,44	2,78	2,66
	Poker	3,35	2,08	4,85
	Pilsen	2,84	2,5	3,1
	Aguila Light	0 datos	3,02	3,62
4.2 Colour	Aguila	2,69	5,32	4,76
	Costeñita	3,34	3,23	5,54
	Poker	3,48	2,53	6,06
	Pilsen	2,63	2,65	5,11
	Aguila Light	0 datos	3,07	10
4.3 Bitterness	Aguila	2,88	3,37	2,84
	Costeñita	3,31	4,14	3,26
	Poker	3,06	10	3,6
	Pilsen	3,76	3,35	3,29
	Aguila Light	0 datos	0,63	1,95
4.4 Carbon Dioxide	Aguila	3,05	3,35	3,25
	Costeñita	3,26	3,04	2,98
	Poker	3,03	3,39	3,13
	Pilsen	2,75	3,59	3,26
	Aguila Light	0 datos	2,72	2,84
4.5 Alcohol	Aguila	2,84	3,14	3,23
	Costeñita	2,19	2,43	3,15
	Poker	2,41	2,59	2,3
	Pilsen	2,94	2,38	2,82
	Aguila Light	0 datos	4,36	6,18
4.6 Diacetyl	Aguila	7,11	10	10
	Costeñita	4,57	10	10
	Poker	5,63	7,66	10
	Pilsen	10	10	10
	Aguila Light	0 datos	10	6
4.7 Foam	Aguila	2,27	2,92	2,08
	Costeñita	3,19	4,34	2,34
	Poker	1,98	2,27	2
	Pilsen	2,39	3,88	2,19
	Aguila Light	0 datos	0	0
4.8 Haze 90	Aguila	4,39	6,11	6,02
	Costeñita	4,85	8,36	7,52
	Poker	4,14	5,29	4,5
	Pilsen	6,18	10	5,17
	Aguila Light	0 datos	7,33	10

● Sigma >=4.5

● 3.5 > Sigma < 4.5

● Sigma <=3.5

Intervalos superiores a 3.5, representan resultados satisfactorios.

Anexo E. Protocolo seguimiento inicial al Proceso de Producción de Águila Light.

**CERVECERIA BUCARAMANGA
 REPORTE ESPECIAL
 ELABORACION AGUILA LIGHT**

	30	29	27	33	27
UTK DE FERMENTACION					
N° COCIMIENTOS	774-779	975-980	1026-1031	1076-1081	1130-1135
FECHA ELABORACION	20/04/2009	13/05/2009	19/05/2009	25/05/2009	31/05/2009
MALTA METCALFE (Kg)	4497	4465	4376	4474	4453
PROTEINA TOTAL 1 (% s.s.)	12,34	12,55	13,4	13,4	13,4
INDICE SOLUBLE1 (% s.s.)	5,1	5,3	5,61	5,61	5,61
FZA DIASIASICA 1 (*WK)	41,33	42,23	41,87	41,87	41,87
MALTA SCARLET (Kg)	421	433	423	423	423
PROTEINA TOTAL 2 (% s.s.)	11,02	10,9	10,71	10,91	10,91
INDICE SOLUBLE2 (% s.s.)	4,75	4,48	4,45	4,44	4,44
FZA DIASIASICA 2 (*WK)	43,10	41,10	41,55	40,70	40,70
PROTEINA TOTAL 3 (% s.s.)	352	342	424	341	341
INDICE SOLUBLE3 (% s.s.)					
FZA DIASIASICA 3 (*WK)					
MALTA TOTAL (Kg)	7246	7279	7279	7214	7282
PROMEDIO PROT. TOTAL (% s.s.)	11,8	11,9	12,3	12,5	12,4
PROMEDIO IK. TOTAL	42,0	41,8	41,7	41,4	41,4
PROMEDIO F.D. TOTAL	395	398	423	392	391
MACERACION					
VOL. AGUA A MEZCLAS	249	249	249	249	249
RELACION AGUA	3,44	3,42	3,42	3,45	3,42
DESCANSO A 62 C (MINUTOS)	50	60	60	60	60
DESCANSO A 66 C (MINUTOS)	40	40	40	40	40
DESCANSO A 69 C (MINUTOS)	20	20	20	20	20
DESCANSO A 72 C (MINUTOS)	10	10	10	10	10
RESULT. V-3	1,58	1,45	1,41	1,53	1,45
PH MASA	5,53	5,50	5,50	5,50	5,50
PRESION VAPOR (Bar)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
TEMP. VAPOR (°C)	130	130	130	130	130
TOTAL TIEMPO MEZCLAS(Min)	168	168	168	168	128
COCCION					
DINAMICA SI/NO	SI	SI	SI	SI	SI
TIEMPO MINUTOS (min) EBULLI. DINAMICA	45	63	63	63	63
N° DE PICOS	4	5	4	5	4
TEMP. MOSTO MAXIMA°C	102	102	102	102	102
TEMP. MOSTO MINIMA°C	98	98	100	98	98
PRESION VAPOR (Bar)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
TEMP. VAPOR (°C)	127	127	127	127	127
TIEMPO HORA AGREG. LUPULO	20	20	20	20	20
TIEMPO EN WHIRPOOL. (min)	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
AIREACION MOSTO (ppm)	NO	NO	NO	NO	NO
TEMP. MOSTO COCCION	98 a 102	98 a 102	99 a 102	100 a 102	98 a 102
FERMENTACION					
TEMP. MOSTO FRIO (C promedio de cocimientos)	8,57	8,21	8,28	8,1	8,3
PH MOSTO FRIO	5,25	5,23	5,22	5,23	5,22
DOSIFICACION LEVADURA HLS	32	33	33	33	33
REL. KG. LEVADURAVHL MOSTO	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
GENERACION	T063-5	LAA1	LAA2	LAA3	LAA4
VIABILIDAD %	97	99	97	98	98
CONSISTENCIA %	67	67	67	69	68
ESPUMA LLENADO EL TANQUE (s)	280(72 HORAS)	312 (24 HORAS)	338 (24 HORAS)	280	261
TEMP. FERMENTACION	12	12	12	12	12
TEMP. DESCANSO DIACETILO	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
PRESION FERMENTADOR (psi)	2 a 10	2 a 10	2 a 10	2 a 10	2 a 10
PRIMERA PURGA 6 HORAS CERRADO EL TANQUE	SI 10 HORAS	NO	NO	1HI a las 14 horas	1HI a las 12 horas
PH	4,56	NO	NO	4,64	5,63

Anexo F. Cambios realizados al Proceso de elaboración de Águila Light.

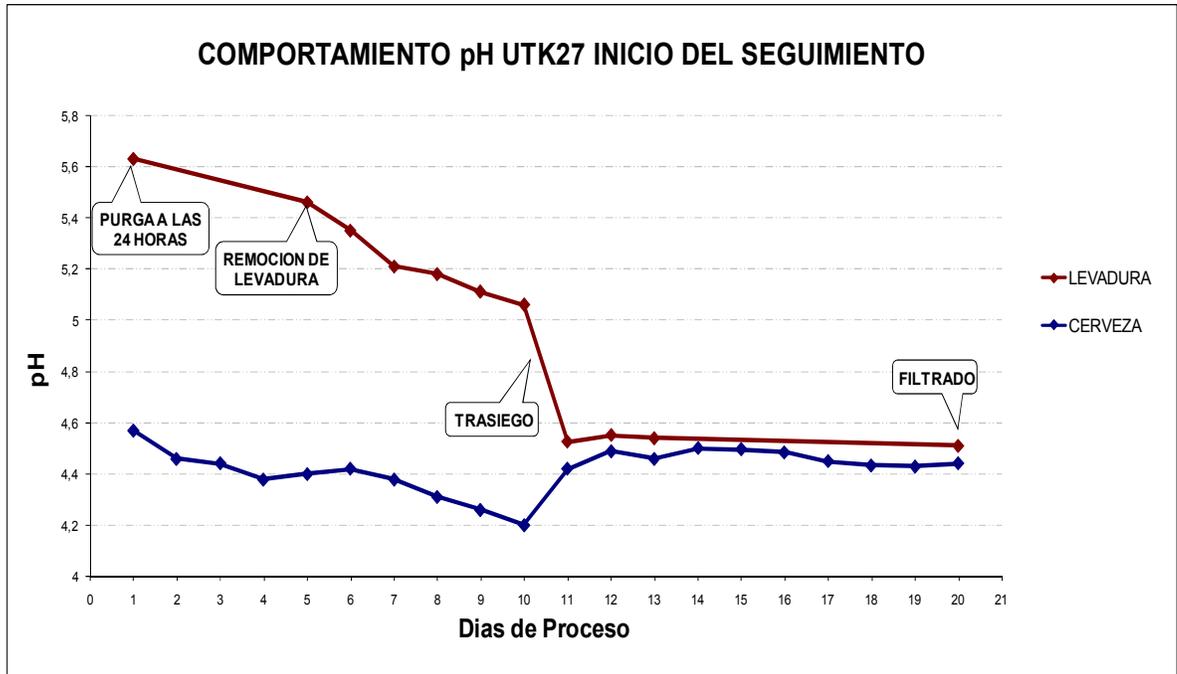
ESPUMA AGUILA LIGHT
ACCION INMEDIATA
Ajustar mezcla de maltas, de tal forma que el contenido de proteínas de la mezcla sea superior a 11,5%.
Ajustar la dosificación de ácido fosforico en la olla de mezclas de tal forma que se logre un pH inferior o igual a 5,4
Ajustar la dosificación de ácido fosforico en la olla de cocción de tal forma que se logre un pH en el mosto frio entre 5,10 y 5,15
El procolo de recibo de cocimientos debe ser el siguiente: 1) Los dos primeros cocimientos a 7°C, 2) los dos siguientes cocimientos a 8°C, 3) El quinto recibirlo a 9°C y el ultimo recibirlo a la temperatura del tanque en ese momento.
Los cocimientos se deben recibir con una contrapresion en el tanque entre 5 a 6 psig
Inyectar la levadura en los cocimientos 1 y 3 con factor de 1 Kg de levadura/Hectolitro
Mantener la aireación en los mostos de 10,5 ppm de oxigeno
Par el descanso de diacetilo cerrar frio en 6 °P y hacer descanso en 15,5 °C
Realizar purgas diarias al tanque fermentador para eliminar levaduras floculantes que se autolicen y afecten el pH
Hacer seguimiento el pH durante toda la fermentación y reportar en la libreta
Despues de la extracción de la levadura continuar con las purgas cada 24 horas, incluso durante toda la maduración
Precarbonatar la cerveza durante todo el trasiego de fermentación a
Evaluar la variación del Ph durante el trasiego, cada 30 min
Hacer medición de espuma y pH durante: 1) A las 24 horas de llenado el tanque, 2) Antes de la purga para hacer el trasiego, 3) En el tanque madurador a las 24 horas de haber sido trasegado, 4) Antes de la purga de Filtración y 5) Una vez llenado el BBT

Anexo G. Resultados Obtenidos Seguimiento al Proceso de Elaboracion de Aguila Light

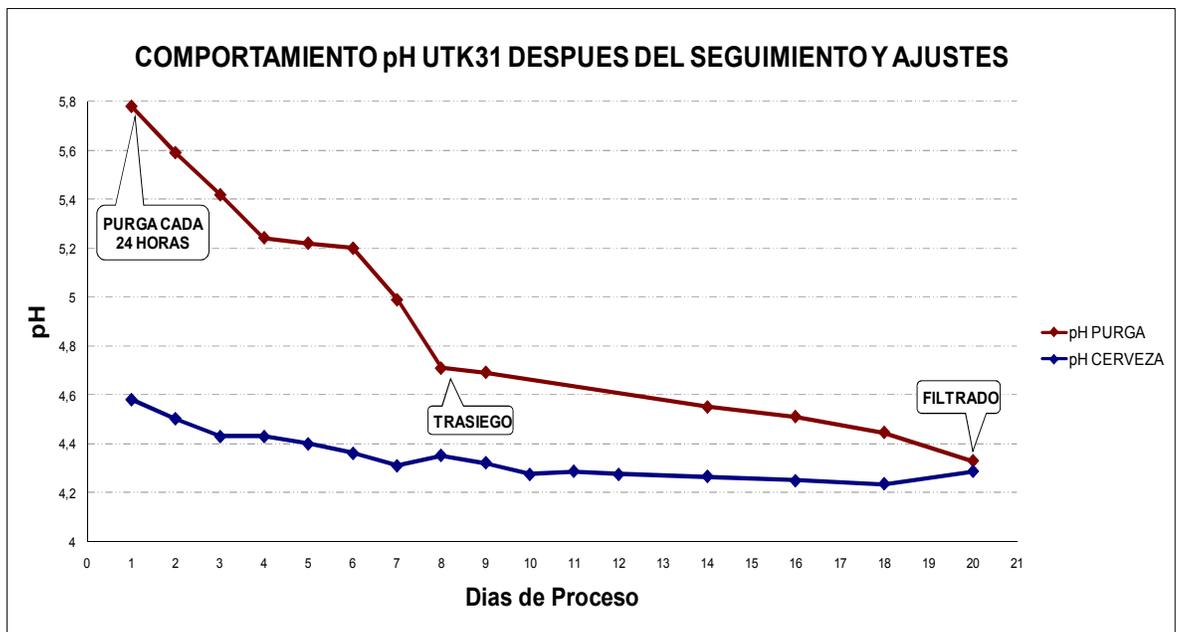
**CERVECERIA BUCARAMANGA
 REPORTE ESPECIAL
 ELABORACION AGUILA LIGHT**

	31	33	27	31
UTK DE FERMENTACION				
N° COCIEMENTOS	1240-1245	1282-1287	1334-1339	1435-1440
FECHA ELABORACION	12/06/2009	18/06/2009	24/06/2009	04/07/2009
MALTA METCALFE (Kg)	4446	4516	4450	4470
PROTEINA TOTAL 1 (% s.s.)	12,32	12,32	12,61	12,5
PROTEINA SOLUBLE1 (% s.s.)	5,34	5,34	5,31	5,57
INDICE KOLBACH 1	43,34	43,34	42,11	44,56
FZA DIASTASICA 1 (*WK)	394	394	380	382
MALTA SCARLET (Kg)	2873	2787	2833	2853
PROTEINA TOTAL 2 (% s.s.)	10,46	10,46	10,73	10,45
PROTEINA SOLUBLE2 (% s.s.)	4,36	4,36	4,13	4,06
INDICE KOLBACH 2	41,68	41,68	38,49	38,85
FZA DIASTASICA 2 (*WK)	288	288	283	284
MALTA BAUDIN (Kg)				
PROTEINA TOTAL 3 (% s.s.)				
PROTEINA SOLUBLE3 (% s.s.)				
INDICE KOLBACH 3				
FZA DIASTASICA 3 (*WK)				
MALTA TOTAL (Kg)	7319	7303	7283	7323
PROMEDIO PROT. TOTAL (% s.s.)	11,6	11,6	11,9	11,7
PROMEDIO IK. TOTAL	42,7	42,7	40,7	42,3
PROMEDIO F. D. TOTAL	352	354	342	344
MACERACION				
VOL. AGUA A MEZCLAS	249	249	249	249
RELACION AGUA	3,40	3,41	3,42	3,40
DESCANSO A 62° C (MINUTOS)	40	40	50	40
DESCANSO A 66° C (MINUTOS)	40	40	80	80
DESCANSO A 69° C (MINUTOS)	0	0	0	0
DESCANSO A 72° C (MINUTOS)	10	10	10	10
RESULT. V-3	1,72	1,64	1,55	1,6
PH MASA	5,41	5,42	5,41	5,43
PRESION VAPOR (Bar)	1,3	1,3	1,3	1,2
TEMP. VAPOR (°C)	130	130	130	120
TOTAL TIEMPO MEZGLAS (Min)	128	128	128	150
COCCION				
DINAMICA SI/NO	SI	SI	SI	SI
TIEMPO MINUTOS (min) EBULLI. DINAMICA	63	63	63	63
N° DE PICOS	4	4	4	4
TEMP. MOSTO MAXIMA °C	102	102	102	102,65
TEMP. MOSTO MINIMA °C	98	98	98	97,3
PRESION VAPOR (Bar)	1,3	1,3	1,3	1,35
TEMP. VAPOR (°C)	127	127	127	124
TIEMPO HORA AGREG. LUPULO	20	20	20	20
TIEMPO EN WHIRPOOL. (min)	10,5	10,5	10,5	10,5
AIRACION MOSTO (ppm)	NO	NO	NO	NO
TEMP. MOSTO COCCION	98 a 102	98 a 102	98 a 102	97 A 103
FERMENTACION				
TEMP. MOSTO FRIO (°C promedio de cocimientos)	8,01	8,26	8,3	8,35
PH MOSTO FRIO	5,11	5,12	5,12	5,11
DOFIFICACION LEVADURA HLS	26	26	26	26,4
REL. KG. LEVADURA/HLS MOSTO	1	1	1	1
GENERACION	toc4-2	toc4-3	toc4-4	toc5-3
VIABILIDAD %	98	96	97	98
CONSISTENCIA %	68	65	68	63,1
ESPUMA LLENADO EL TANQUE (s)	300	290	289	280
TEMP. FERMENTACION	11	11	11	11
TEMP DESCANSO DIACETILO	15,5	15,5	15,5	14,5
PRESION FERMENTADOR (psi)	0 a 5	0 a 6	0 a 6	0 a 5
PRIMERA PURGA 6 HORAS CERRADO EL TANQUE	4 HI a las 12 horas	0	0	0
PH	4,76	0	0	0

Anexo H. Comparativo, Valores de pH antes y después del seguimiento.

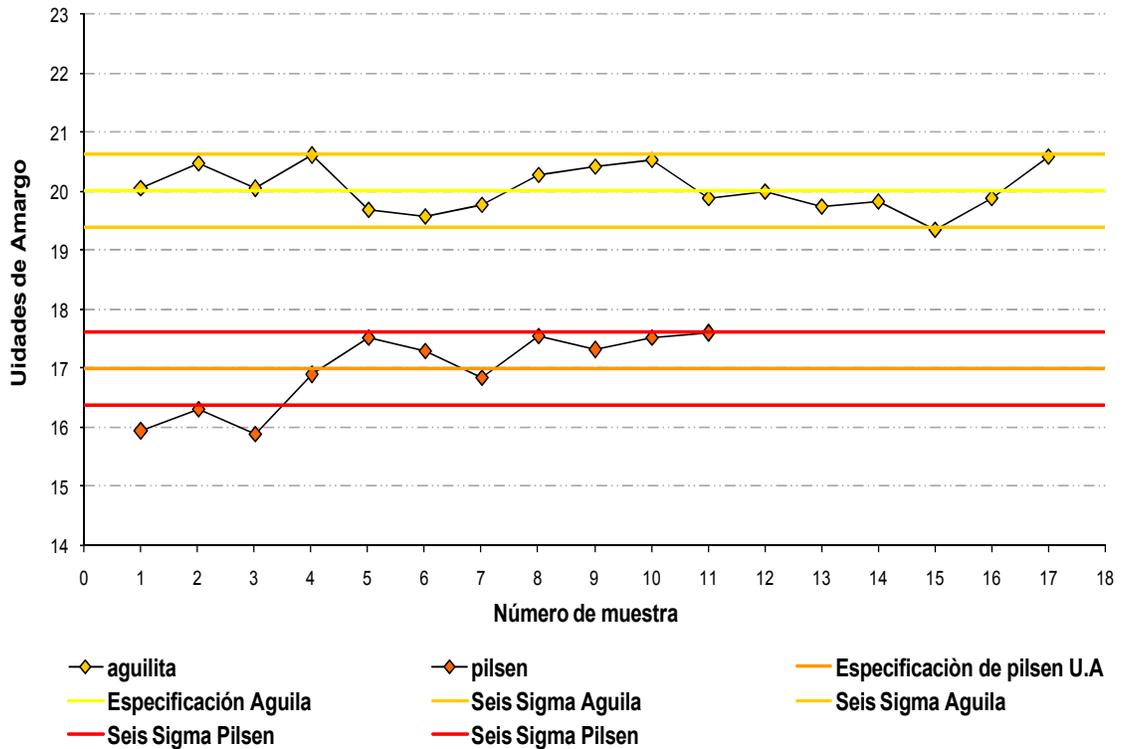


El pH de la cerveza presenta inestabilidad durante el proceso, lo cual causa pérdidas de espuma. Luego de los cambios realizados se logra estabilizar dichos valores, obteniendo una mejor retención de espuma y por consiguiente de sabor.



Anexo J. Verificación de Amargo en las marcas Águila y Pilsen.

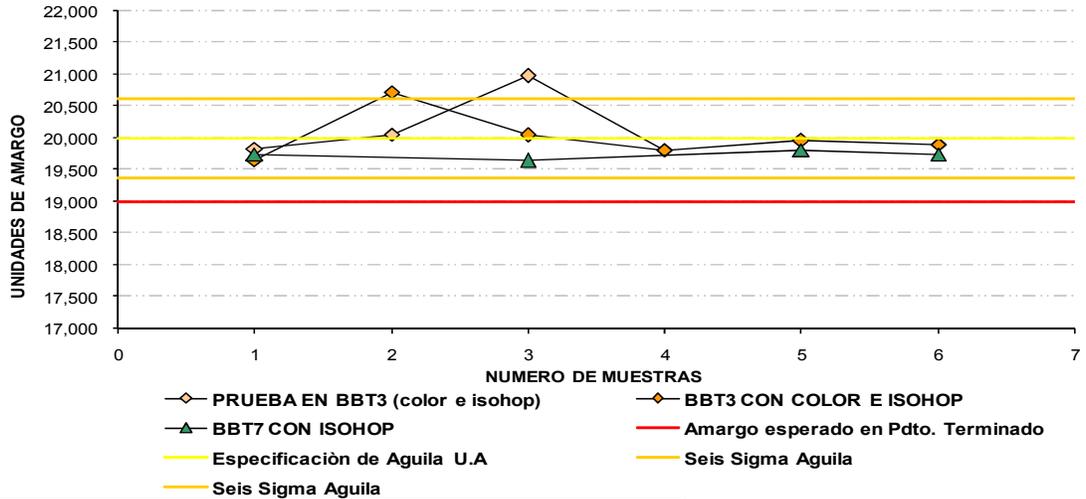
COMPORTAMIENTO DE AMARGO EN PRODUCTO TERMINADO



Los datos presentados en la grafica son el acumulado de dos semanas de producción, los cuales presentan un índice seis sigma de 6,2 para cerveza Águila y 4,35 para cerveza Pilsen. Lo cual deja ver el avance en el control de las características del producto terminado.

Anexo K. Mezcla de Isohop y Color Caramelo en la dosificación.

COMPARATIVO PRUEBA DE AMARGO AGUILA TANQUE MADURADOR 9.



BBT3 se ajusto 0,5 unidades en color y 1 unidad de amargo. El BBT7 es el comparativo ajustando 1 unidad de amargo.
 PROM COLOR BBT3= 5,8 PROM COLOR BBT7= 5,57
 PROM AMARGO BBT3 = 20,013 PROM AMARGO BBT7 = 19,734

Se dosificaron 1741 gr de color caramelo, mezclados con la dosificación de lupulo necesaria, en la bomba antes del

COMPARATIVO PRUEBA DE COLOR AGUILA TANQUE MADURADOR 9.

