

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

Tesis:

**“Implementación de un control estadístico para el
llenado de envases de cerveza”**

que para obtener el título de Ingeniero Químico presenta:

Fermín Bardales Olaya

No. 8540253-9

Asesor: Dr. Ricardo Paramont Hernández García



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Agradezco a Cervecería Modelo el haberme permitido concluir con este trabajo de tesis sobre temas tan importantes como es la fabricación de la cerveza, en especial a los Ingenieros Gaspar Rubio Parente y Fernando Méndez Altamirano que me dieron las facilidades y autorización para desarrollar este trabajo.

Doy gracias a mis padres Alfredo Bardales y Catalina Olaya por haberme ayudado en todo momento y por haberme apoyado para lograr ser un profesionalista.

Por último agradezco a mi esposa Mary Jiménez por apoyarme para lograr concluir este importante paso en mi vida profesional.

Gracias

Índice

Objetivos	4
Introducción	5
Identificación del problema de llenado de las botellas	6
El Proceso de llenado de las botellas de cerveza	6
Generalidades sobre la cerveza	8
Fabricación de la cerveza	8
Historia de la fabricación de cerveza	9
Historia de la fabricación de la cerveza en México	11
La ciencia de la fabricación de cerveza	11
Otros datos sobre la cerveza	14
Capítulo I Elaboración de la Cerveza	18
Materias primas	18
Proceso de elaboración de la cerveza	19
Separación del mosto	20
Ebullición del mosto	21
Adición del lúpulo	22
Enfriamiento del mosto	22
Fermentación	22
Recolección de CO ₂	23
Almacenamiento	24
Capítulo II Embotellado y Empacado	25
I) Desempacado	25
II) Lavado	25
III) Inspección del envase	32
IV) Llenado	32
V) Pasteurizado	35
VI) Empacado	41
VII) Almacenamiento	41
Capítulo III Calidad en la Cerveza	42
Descripción de defectos en la cerveza y la identificación de las causas en el proceso de elaboración y embotellado que los provocan	43
Capítulo IV Aplicación del Control Estadístico de Procesos para el Llenado de las Botellas de Cerveza.	45
Herramientas estadísticas	46
Estudio del área de oportunidad. Identificación de las causas del problema de llenado de las botellas	46
Investigación sobre posibles soluciones	47
Diagramas de dispersión.	47
Histogramas	47
Gráficos de control	50
Principios del grafico de control	50

Patrones de anormalidad en el llenado de las botellas.	51
Elaboración de gráficos de control para el llenado de las botellas.	52
Los 20 pasos para el control estadístico con gráficos de control	52
Elaboración de un gráfico X-R	54
Capítulo V Enseñando al Personal que Opera las Llenadoras el Uso de la Herramienta Estadística Seleccionada.	58
Elaboración de material didáctico sobre el uso de la herramienta estadística dirigido a los operadores de las llenadoras.	58
Capacitación de los operadores de las llenadoras sobre el uso de la herramienta estadística.	
Análisis y Discusión	59
Conclusiones	61
Bibliografía	63

Objetivos

Objetivo Particular

Establecer la herramienta estadística adecuada para tener en control estadístico el volumen en llenadoras de cerveza de 1.5 litros.

Objetivos generales

Describir el proceso de elaboración y embotellado de una cerveza.

Identificar los defectos en el producto final (la cerveza) debidos a fallas específicas en algún paso de su elaboración y embotellado.

Elaborar material didáctico para explicar cómo aplicar la herramienta estadística seleccionada al personal que opera las llenadoras en una industria cervecera.

Introducción

Se establecerá la fabricación de la cerveza y ciertos aspectos que son vitales en su calidad.

La fabricación de la cerveza se puede dividir en dos importantes procesos:

El proceso de elaboración de la cerveza que consta de 6 etapas:

- 1) Malteo: es la germinación controlada de la cebada.
- 2) Cocimientos: es el mezclado de las materias primas para producir el mosto.
- 3) Separación del mosto: es la separación del mosto y el bagazo.
- 4) Ebullición del mosto: es la eliminación de agua en el mosto por medio de su ebullición.
- 5) Fermentación: es la fermentación del mosto para producir la cerveza.
- 6) Almacenamiento: es la conservación de la cerveza hasta su envío a las llenadoras.

El proceso de embotellado que consta de siete etapas:

- 1) Desempacado: consiste en retirar la botella del cartón y colocarla en transportadores automáticos que la llevarán a la siguiente etapa.
- 2) Lavado: consiste en lavar mediante agentes detergentes y temperatura el interior y exterior de la botella a fin de garantizar una condición estéril.
- 3) Inspección del envase: consiste de una revisión óptica de las botellas vacías antes de ser llenadas y son retiradas todas las botellas mal lavadas.
- 4) Llenado: consiste en llenar la botella con cerveza sellándola en forma automática, garantizando que el producto cumpla con normas higiénicas y comerciales a nivel nacional e internacional.
- 5) Pasteurizado: consiste en someter a la cerveza ya embotellada a un incremento progresivo de temperatura hasta que alcance los 60° C y darle un tiempo de permanencia en esta temperatura para eliminar cualquier tipo de microorganismo que pudiera encontrarse en el interior del producto; este proceso se llama pasteurización.
- 6) Empacado: consiste en depositar suavemente el producto dentro del empaque de cartón según las características que requiere el cliente.
- 7) Almacenamiento: consiste en el almacenamiento bajo ciertas condiciones hasta su distribución al mercado.

La calidad de la cerveza está en los ojos, nariz, boca y mente del consumidor. Aunque resulta difícil descubrir que es lo que ve, huele, saborea y piensa.

El sabor es el atributo más importante del producto y hay una necesidad por una degustación responsable para detectar el sabor.

Para tener una cerveza de calidad se supone que ésta, no debe tener aspectos reconocidos como indeseables. Para esto se tomaran cuatro aspectos:

1. Perfil del sabor.
2. Referencias de sabor.
3. Análisis químico y físico.
4. Especificaciones de materias primas y del proceso.

Los equipos de llenado son fundamentales en el proceso de envasado, ya que en ellos se centra la productividad, así como el control de parámetros de calidad y algunos requisitos legales establecidos para el producto (contenido neto).

El proceso de llenado de botellas se realiza de la siguiente manera:

Entrada la botella a la llenadora y se coloca en la válvula de llenado mediante un pistón elevador; por medio de una goma se realiza el sello entre la botella y la válvula de llenado.

Se abre un conducto de la válvula mediante el cual se conecta la cámara de vacío la llenadora con el interior de la botella, retirando el aire contenida en ella.

Posteriormente se abre otro conducto de la válvula por donde ingresa CO₂ a la botella, presurizándola hasta alcanzar un equilibrio de presión entre la contrapresión del tazón y el interior de la botella.

Una vez alcanzado el equilibrio de presiones, la válvula se abre, permitiendo el paso del líquido a la botella por el exterior del tubo de llenado.

Cuando el nivel del líquido alcanza el tubo, se obstruye la salida del CO₂, por lo que deja de fluir cerveza y se realiza una descompresión suave del interior de la botella hasta alcanzar la presión atmosférica.

La botella llena baja de la válvula mediante la liberación de la presión del pistón elevador y se desplaza hacia una estrella de transferencia que la transporta a la coronadora, para el cierre hermético. Durante esta transferencia se utiliza un espumador para desplazar el aire remanente en el espacio libre de la botella.

Por lo anterior las condiciones de operación que influyen en el volumen son:

- presión del jetter

- contrapresión
- velocidad de la llenadora
- operador

Generalidades sobre la cerveza

Fabricación de la cerveza

La fabricación de la cerveza se puede dividir en dos importantes procesos:

El proceso de elaboración de la cerveza consta de 6 etapas:

- 1) Malteo: es la germinación controlada de la cebada.
- 2) Cocimientos: es el mezclado de las materias primas para producir el mosto.
- 3) Separación del mosto: es la separación del mosto y el bagazo.
- 4) Ebullición del mosto: es la eliminación de agua en el mosto por medio de la ebullición de éste.
- 5) Fermentación: es la fermentación del mosto para producir la cerveza.
- 6) Almacenamiento: es la conservación de la cerveza hasta su envío a las llenadoras.

El proceso de embotellado consiste en siete etapas:

- 1) Desempacado: consiste en retirar la botella del cartón y colocarla suavemente en transportadores automáticos que la llevarán a la siguiente etapa.
- 2) Lavado: consiste en lavar mediante agentes detergentes y temperatura el interior y exterior de la botella a fin de garantizar una condición comercialmente estéril de la misma.
- 3) Inspección del envase: consiste de una revisión óptica de las botellas vacías antes de ser llenadas y son retiradas todas las botellas mal lavadas.
- 4) Llenado: consiste en llenar la botella con cerveza sellándola en forma automática, garantizando que el producto cumpla con normas higiénicas y comerciales a nivel nacional e internacional.
- 5) Pasteurizado: consiste en someter a la cerveza ya embotellada a un incremento progresivo de temperatura hasta que alcance los 60° C y darle un tiempo de permanencia en esta temperatura para eliminar cualquier tipo de

microorganismo que pudiera encontrarse en el interior del producto; este proceso se llama pasteurización. Este proceso se efectúa en máquinas de gran tamaño de forma rectangular por las que circula un sistema que acarrea el producto y lo somete a un baño de agua caliente hasta alcanzar la temperatura requerida y posteriormente lo va enfriando mediante el rocío de agua a temperatura ambiente.

- 6) Empacado: consiste en depositar suavemente el producto dentro del empaque de cartón según las características que requiere el cliente.
- 7) Almacenamiento: consiste en el almacenamiento bajo ciertas condiciones hasta su distribución al mercado.

Historia de la fabricación de Cerveza

La fabricación de cerveza se ha vuelto una afición popular y muchas personas preparan la cerveza ahora en sus casas.

Algunos historiadores creen que la cerveza puede haber existido antes del alba de la civilización mientras la especie humana todavía era formada por numerosas tribus nómadas. La fabricación de cerveza es más compleja que el vino y se ha dominado por muchas culturas de maneras diferentes. Los Mesopotámicos antiguos y sumerios estaban preparándola ya en 1,000 A.C. Sin embargo, lápidas de arcilla, con una receta para la cerveza, de aproximadamente el año 6,000 A.C., en Babilonia, es la primera evidencia documentada de fabricación de cerveza. Esta receta utilizó pan hecho de la cebada germinada. El pan servía como levadura viva y cuando el pan estaba cortado en pedazos pequeños se ponía en un jarro grande con agua, para producir la malta, omitiendo fermentar la cerveza. Aunque crudo, las " personas comunes " consideraron esta bebida lista para beber, filtrando esta mezcla antes de beberla. A veces se agregaron hierbas y miel como condimento. Aunque las recetas para su cerveza lejos de las variedades en botella de hoy, todavía es reconocible como la cerveza. El arroz en la China antigua fue usado para hacer la cerveza y en las civilizaciones precolombinas, el maíz se usó en lugar de la cebada y, sin conocerlo, agregaban su propia enzima al almidón, masticando el maíz primero antes de ponerlo en el tanque de fermentación. La saliva de sus bocas servía como enzima en el proceso de conversión de almidón a azúcar y dio a su cerveza un sabor distinto. En las áreas rurales de Rusia el kvass era hecho agregando pedazos de pan rancio, negro para maltear, harina, azúcar y agua, y se mezclaba para fermentar. Esto producía una invención que era sólo 1-2% alcohol, pero los rusos han mantenido la producción de kvass durante varios cientos años.

Es interesante que históricamente se consideraba que la producción de cerveza, en muchas culturas, era trabajo de mujeres junto con la producción de otros productos comestibles como la mantequilla y queso. De hecho, el origen de la cerveza en muchas culturas se atribuye a las mujeres. Los babilónicos a Siris y la cerveza de Roma se dedicó a Ceres que era la Diosa del Maíz y su nombre para la cerveza era cerevisia que es la derivación para el epíteto específico para la levadura de cervecero el cerevisiae de S. Desde que las mujeres fueron consideradas más íntimas a la diosa del maíz, eran hechas sacerdotisas de esta diosa. La cerveza era considerada un regalo celestial. El nórdico creyó que la cerveza era la bebida de Vahalla, su cielo para aquéllos que murieron en batalla y la cerveza en China era simplemente un regalo del cielo.

El papel de las mujeres y la cerveza continuaría hasta la edad media, cuando los monasterios empezaron a hacer la cerveza, volviéndose un proceso dominado por el hombre. Aunque la cerveza no era una razón de muy de buen gusto se adoptó la cerveza como bebida de opción en muchas culturas tempranas, debido a que el agua era a menudo de calidad pobre y contaminada. Los ejércitos romanos llevaban la cerveza con ellos cuando viajaron para conquistar las tierras distantes y evitar ponerse enfermos en las tierras extranjeras. Cuando una área era conquistada la levadura romana se introducía usando los lotes anteriores de cerveza asegurando que ellos tendrían una bebida decente. Bohemia región histórica y reino anterior de la República Checa actual había establecido las cervecerías estatales en 1256 en el pueblo de Budweis y por 1384 las cervecerías de Pilsen estaban bajo el mando de Carlos IV (el Emperador Santo de Roma, 1316-78).

Cuando el Nuevo Mundo fue invadido por los europeos la cerveza ya estaba presente, ya que Colón bebió cerveza de maíz ofrecida por los indios americanos nativos.

La cerveza fue considerada una necesidad por algunos de los colonos tempranos, como George Washington y William Penn, quienes empezaron sus propias cervecerías. Inicialmente importaron la cerveza de Inglaterra pero por 1629 sus propias cervecerías locales empezaron. Estas cervezas tempranas eran todas cervezas inglesas y serían hasta 1840 cuando los inmigrantes alemanes empezaron cervecerías con cerveza añeja. Entre algunas de las personas que empezaron estas cervecerías alemanas Frederick Pabst, Bernard Stroh, Joseph Schlitz, Adolph Coors, Henry Weinhard y Theodore Hamms.

Por mediados del 1600 se establecieron bien las cervecerías en el Nuevo Mundo. La cerveza incluso contribuyó a la educación más alta para las mujeres en 1861, cuando

Matthew Vassar invirtió su fortuna ganada con la cerveza, estableciendo la Universidad de Vassar.

Había aproximadamente 4,137 cervecerías en los Estados Unidos en 1876 con cerveza de calidad. Este número se cayó a 1,100, en 1919, año antes de la prohibición. Después de que la prohibición fue derogada sólo 700 cervecerías volvieron a abrir. Por 1970 menos de 40 cervecerías permanecían.

Historia de la fabricación de cerveza en México

Bernhard Bolgard fundó la Cervecería de la Pila Seca y Federico Herzog, la de la Candelaria en 1849. Estas cervecerías utilizaban una malta secada al sol, preparada a base de cebada mexicana y piloncillo. El volumen de cerveza producido era pequeño y no sobrevivieron estas cervecerías cuando tuvieron que hacer frente a la producción de mejores cervezas de malta.

Carlos Fredenhagen fundó en 1860 la Cervecería de San Diego en la Ciudad de México; Augusto Marendaz estableció en 1865 una pequeña compañía, que se convirtió en la Cervecería Toluca México S. A.

Santiago Graf adquirió en 1875 la pequeña cervecería construida en Toluca por Marendaz. Graf cambió los procedimientos de fabricación de cerveza comenzando a fabricar cerveza de fermentación baja.

En 1890 se fundó la Cervecería Cuauhtemoc en Monterrey N. L.

En 1894 fue fundada la Cervecería Moctezuma por Henry Manthey.

El 25 de octubre de 1925 se inauguró la Cervecería Modelo de México.

La Ciencia de la fabricación de Cerveza

Aunque hay una distinción entre la cerveza, vino y licor así como otras bebidas alcohólicas conocidas, ellas comparten una cosa en común, que son productos de fermentación de levaduras principalmente el *Cerevisiae* de *Saccharomyces* o en el caso de las cervezas normalmente el *Carlsburgiensis* de S.

La reacción para producir las bebidas alcohólicas generalmente llamada fermentación y puede resumirse como:

Levadura + Glucosa \rightarrow Alcohol (Etanol) + CO₂

Esta reacción también es importante cocinando pan, pero el producto deseado es entonces el anhídrido carbónico en lugar del alcohol. La producción de alcohol ocurre mejor en la ausencia de oxígeno. Sin embargo, del punto de vista de la levadura, el alcohol y anhídrido carbónico son los productos desechados y cuando la levadura continúa creciendo y metaboliza el azúcar, la acumulación de alcohol será tóxica cuando alcanza una concentración entre 14-18% matando las células de la levadura. Ésta es la razón por la que el porcentaje de alcohol en el vino y cerveza sólo puede ser 16% máximo. Para producir las bebidas (el licor) con las concentraciones más altas de alcohol los productos fermentados deben destilarse.

El respeto reservado al vino en muchos países mediterráneos, es compartido y superado en gran parte de los países del centro y norte de Europa por otra bebida: la cerveza.

Generalmente, bebidas derivadas del jugo de fruta fermentado son el vino. Sin embargo, hablando comercialmente, el "vino" es el jugo de la uva fermentado de la vid (*Vitis*). Otros vinos se envían específicamente por el nombre de la fruta de los jugos de los que se fermentan. Por ejemplo, vino de la baya de saúco, el vino del melocotón, el etc. Por otro lado normalmente la cerveza se deriva de la fermentación de malta obtenida de cebada germinada.

Hay una percepción diferente acerca de las personas que beben la cerveza y las que beben vino. Los bebedores de cerveza parecen ser de "cuello azul". Después de que se jugó un juego de fútbol, hay normalmente mucha cerveza. Cuando usted va al béisbol o al fútbol, la cerveza es más a menudo la bebida comprada, y no el vino. Por otro lado el vino, es una bebida consumida en los restaurantes caros, las cenas formales, los asuntos sociales, etc. Las personas que beben sólo vino parecen ser personas "de cuello blanco". Sin embargo, si se comparan los procesos de la cerveza y el vino, hacer cerveza es casi una ciencia, mientras que el hacer vino, es relativamente simple. La levadura responsable de fermentar los azúcares en las frutas está normalmente presente en la uva. Para que cuando la producción humana de vino empezó, involucró las frutas, aplastándolas y permitiéndoles fermentar, un proceso más simple que hacer cerveza.

Hoy en día se consume la cerveza en todo el mundo pero aunque la fabricación de cerveza es casi totalmente automatizada se utilizan todavía los mismos procedimientos que se han usado por centenares de años.

No era hasta el siglo XIX que se conocería que las levaduras eran los organismos que realmente eran responsables del proceso de fermentación.

Aunque el proceso de fermentación se había usado por miles de años, se pensaba que era mágico el proceso por lo que se desarrollaron muchos rituales y supersticiones en la fermentación. No era hasta el trabajo de Louis Pasteur en los años 1850 y 1860. Pasteur pudo observar bajo el microscopio las células de levadura usuales, pero también notó que había un número grande de células en forma de varas y esferas pequeñas. Cuando Pasteur puso una cantidad pequeña de este material en una solución de azúcar provocando una fermentación vigorosa formando ácido láctico a lo largo de la formación de un depósito grisáceo en la solución formó las células de vara y esfera. Pasteur defendió que las células eran una nueva "levadura" que específicamente convirtió el azúcar en ácido láctico durante su crecimiento. Posteriormente Pasteur estudió varios organismos y sus procesos de fermentación mostrando que los productos de fermentación diferentes producidos invariablemente fueron acompañados por los microorganismos específicos.

Al principio la cerveza era una bebida alcohólica con el sabor de malta y grano. Era llano y ligeramente dulce. No sería hasta el Siglo VIII que los cerveceros en Europa central encontraron que la suma de flores de los Brincos conservó la cerveza y le dio el sabor ligeramente amargo que la hizo más sabrosa. Sin embargo, los Brincos no eran el único aditivo amargo usado. Varias culturas usaron otros aditivos, se usaron taninos del Roble y árboles de la Ceniza en Escandinavia; la canela en Europa del sur y en América se usó el hinojo dulce.

Antiguamente, los ingredientes principales de la cerveza eran la cebada malteada, el agua y la levadura. En ocasiones se añadía romero y tomillo para evitar que la cerveza se estropeará (acción contra el moho y las levaduras) y para darle sabor. Esta cerveza era turbia y contenía muchas proteínas e hidratos de carbono, lo cual la convertía en una bebida muy nutritiva que consumían tanto los campesinos como la nobleza.

Existe la creencia de que en el siglo XV se descubrió una nueva versión de cerveza. Los mercaderes de Flandes y Holanda introdujeron el lúpulo en su elaboración, lo cual le confería cierto sabor amargo. La variedad que contenía lúpulo se denominó "cerveza" y la que carecía de dicho ingrediente, "ale". La nueva variedad con lúpulo se hizo tan popular que a partir del siglo XVIII todas las cervezas se fabricaban con lúpulo.

En la Edad Media, los monjes europeos refinaron el proceso e institucionalizaron el uso del lúpulo por su sabor y sus propiedades como conservador.

La historia de la cerveza es fascinante ya que desde hace mucho tiempo sus diferentes variedades han servido tanto como bebida nutritiva para los monjes durante el ayuno como para saciar la sed de los buscadores de oro en California.

Otros datos sobre la cerveza

El país con mayor número de marcas de cerveza es Bélgica con 327.

Actualmente solo existen 100 empresas fabricantes en el mundo de las 3.200 que había a principios del siglo XX.

El método para comprobar la calidad de la cerveza es la forma en que la espuma se adhiere al lado del vaso después de cada trago. A esta silueta de espuma se le denomina "encaje de Bruselas" por el origen de esta cerveza.

La cerveza debe ser servida siempre con dos dedos de espuma y a una temperatura de 5°, pero nunca en vaso congelado porque al derretirse la película del interior se añade agua. La espuma deberá ser fina y persistente para que se adhiera al vaso. Debe tener un color brillante y un aspecto espumoso.

En Alemania existe un helado de cerveza. Su contenido de alcohol es más bajo que el de la cerveza clásica.

La cerveza más cara del mundo se llama "Tutankamon", que se fabrica en Londres y se elabora según la receta recuperada por unos arqueólogos de la Universidad de Cambridge en el Templo del Sol de la reina Nefertiti, en Egipto. Su precio es de US\$ 52 la botella y se fabrica en edición limitada y numerada.

Para saber más sobre el proceso de cerveza se dan unas definiciones básicas.

Cerveza: Cualquier bebida alcohólica producida por la fermentación de azúcares obtenida del grano. En la cultura occidental la cebada es generalmente el grano usado.

Etanol: Alcohol que es el producto metabólico de levadura en el vino y fabricación de cerveza. Específicamente se produce por la levadura durante la fermentación.

Fermentación: El proceso por el cual la levadura convierte los azúcares en alcohol y CO₂.

Levadura: El " ingrediente " que convierte los azúcares simples en etanol. Las especies más comunes usadas son cerevisiae de Saccharomyces y carlsburgiensis de S. sin embargo, también se usan otras especies.

Cervezas de trigo: Son muy refrescantes y tienen una elevada proporción de trigo añadida a la cebada. De fermentación alta son conocidas como "blancas" porque producen una espuma muy pálida durante la fermentación.

Presentación: El recipiente de la cerveza -vaso, copa o jarra- no debe presentarse congelado pues dificulta la formación de espuma y la apreciación visual del líquido y a la hora de saborear una cerveza, deben de tenerse en cuenta su brillo, su transparencia y la cremosidad de su espuma.

Color y sabor: La graduación alcohólica, el amargor, el cuerpo y la temperatura determinan el sabor de una cerveza. Los colores -rubia, negra, tostada o blanca- no implican ningún sabor asociado, únicamente dependen del mayor o menor tueste del cereal durante el malteado.

Lúpulo: es una planta trepadora silvestre que a través de un cuidadoso cultivo a lo largo de los siglos, ha desarrollado unas características que dan a la cerveza su aroma y amargor tan característico. Además por sus propiedades antisépticas sirve para protegerla y conservarla, impidiendo el desarrollo de microorganismos nocivos. Para la elaboración de la cerveza se utilizan los conos o flores femeninas del lúpulo. Existen distintas variedades de lúpulo, que tienen distintos grados de aroma y amargor. Cada productor utilizará una u otra variedad, o varias especies en distintos momentos del proceso de elaboración, dependiendo del carácter que quiera darle a la cerveza. Las mejores y más conocidas variedades son la Saaz originaria de Bohemia en la República Checa, Goldings y Fuggles de Gran Bretaña y Hallertau y Tettnang de Alemania. Su cultivo requiere de cuidados y climas especiales por lo cual no se puede producir en México.

Adjuntos: Se utilizan el arroz y la harina de maíz. Las propiedades del mosto varían de acuerdo a los adjuntos que se utilicen, ya que con éstos se puede aumentar la brillantez de la cerveza.

Levaduras: son unos microorganismos que se añaden al mosto en el proceso de fermentación y transforman los azúcares en alcohol y anhídrido carbónico. Por la gran importancia que tienen en el proceso de elaboración, cada productor tiene sus propias levaduras cultivadas, que le dan a la cerveza características especiales y distintas a las de otros productores.

PRODUCTO DE BELLEZA

En la antigüedad, los egipcios mantenían la frescura de su piel mediante la aplicación de espuma de cerveza. En Prusia, en el siglo XVI, las princesas empleaban la cerveza para cuidar el cutis y desarrollar el busto. Hoy en día, los fabricantes de champú incluyen cerveza en sus productos por sus propiedades suavizantes.

CONTRIBUCIÓN A LA SALUD

La cerveza posee un alto contenido en vitaminas, sales minerales, proteínas, fibras, micronutrientes y carbohidratos. Según un estudio realizado en la Universidad de Cardiff (Reino Unido), la cerveza incrementa el colesterol "bueno", mejora la coagulación de la sangre, tiene un alto valor nutricional y favorece la digestión. Sus autores aconsejan el consumo diario de cerveza incluso a las mujeres en periodo de lactancia, dado que sus proteínas estimulan el flujo de la leche materna.

CERVEZA EN LA DIETA

La cerveza contiene de 4 a 5 grados de alcohol y carece de grasas. Una cerveza, por ejemplo tiene menos calorías que un refresco, un vaso de vino o un zumo de piña. Calorías por cada 100 ml.: Cerveza (42), refrescos (44), zumo de piña (54), vaso de vino (67).

LA CERVEZA EN PET

Hoy en día se continúan utilizando para el embotellado de la cerveza los envases de vidrio o de metal pero la industria esta buscando el plástico como otra opción para embotellar la cerveza.

Hasta el momento se han tenido problemas con la vida útil de una cerveza en PET ya que esta ha sido determinada entre 2 a 7 semanas, debido principalmente a los problemas con la carbonatación de la cerveza y al oxígeno disuelto que alteran el sabor y favorece el crecimiento bacteriano.

La compañía Anheuser & Bush realizo una encuesta para determinar la aceptación o rechazo del envase de plástico para la cerveza encontrando que en una escala del uno al diez, al envase de plástico el consumidor le asigno un nivel de aceptación de 8, pero siendo superado por el vidrio con una calificación de 8.6

CERVEZA EN CASA

A continuación se explica como se puede producir una cerveza hecha en casa:

Herramientas

Termómetro industrial, cacerola, cucharón, colador grande, un embudo, dos garrafones, hielera (con mucho hielo), botella con tapa hermética y válvula.

Insumos

Agua, cebada, azúcar, levadura y lúpulo

Proceso

- Prepara el enfriador. Primero pon un garrafón rodeado de hielo en la hielera.
- Muele el grano de cebada en una licuadora pero sin llegar a convertirlo en harina.
- Calienta agua en la cacerola hasta alcanzar 49 °C y agrega el grano mientras lo revuelves con el cucharón.
- Apaga el fuego y no lo vuelvas a encender hasta que la temperatura este en los 43 °C, durante media hora procura mantener la temperatura entre los 43 y 49 °C, revolviendo de vez en cuando.
- Ahora deja que la temperatura varíe entre los 63 y 68 °C, revuelve espaciadamente esta vez durante una hora y media.
- Es el momento de colar la mezcla. Guarda el líquido en un garrafón, el resto del grano lo devolvemos a la cacerola y repetimos el procedimiento, pero esta vez a 70 °C. Todas las veces que haga falta según la cantidad que se desee de cerveza.
- Hay que limpiar la cacerola y poner todo el líquido a hervir durante una hora, aquí se le agrega el lúpulo.
- Después se pone todo el líquido en el garrafón de la hielera; tiene que enfriarse lo más rápido posible.
- Ya fría agrégale la levadura y bate para que se oxigene. Aquí empieza la fermentación por eso es importante que salgan todos los gases del garrafón, pero que no entre aire, para esto puedes usar la válvula. Cuatro días después tendremos cerveza sin gas.
- Por ultimo hay que sacar con un sifón toda la cerveza evitando arrastrar levaduras y le agregaremos un poco de azúcar, nunca más de media

cucharada por litro, lo revolveremos bien para que se vuelva a oxigenar y la embotellamos en un envase hermético, donde descansara a la sombra durante 10 días.

- Posteriormente se enfría y se puede disfrutar de la cerveza terminada.

Capítulo I

Elaboración de la cerveza

Materias primas

Las materias primas son de gran importancia para la producción de una cerveza con alta calidad, ya que de ello depende que la cerveza mantenga su sabor.

Agua

El agua utilizable para la industria de la cerveza debe estar libre de organismos que produzcan enfermedades y de sustancias que causen efectos fisiológicos perjudiciales. El agua debe ser transparente, sin color ni olor y libre de cualquier sabor extraño. Por lo anterior al agua se le debe realizar lo siguiente:

- a. Pruebas microbiológicas para detectar bacterias coliformes.
- b. Pruebas de turbiedad para determinar la presencia de partículas suspendidas.
- c. Determinar la presencia de nitrato, ya que niveles elevados de nitrato indican que el agua ha sido contaminada anteriormente con residuos animales o aguas de cloacas.
- d. pH del agua debe de estar dentro del rango de 4 a 9.

Malta

Es el producto de la germinación controlada de la cebada, el cual es de 110 a 115 días y crece entre 60 y 115 cm siendo posteriormente almacenada en silos.

El malteo se lleva a cabo en tres etapas principales:

- a) Remojo: se realiza en tanques cilíndricos con fondo cónico, abiertos en su parte alta, donde la humedad de la cebada se aumenta de 11-13.5 % hasta 44-48 %, la cual es necesaria para la germinación.
- b) Germinación: se lleva a cabo en cámaras especiales donde a la cebada le crecen pequeñas raíces.

- c) Secado: La malta se pasa a un secador donde mediante aire caliente se seca quedando con una humedad de 3.5-4 %; la temperatura de secado determina el color de la malta.

Proceso de elaboración de la cerveza

La malta se envía a los silos y se guarda en tolvas de almacenamiento temporal posteriormente se limpia en cribadoras oscilatorias inclinadas y se aspira para eliminar polvo, cascarilla y granos ligeros; después se muele la malta y se almacena en tolvas de paso.

Durante la maceración se busca disolver los componentes valiosos de las materias primas. En un recipiente llamado cocedor se cuecen el arroz y la harina de maíz y en otro macerador se cuece la malta.

Cocedor de adjuntos.- Debe de estar construido con un material que no afecte la calidad de la masa. Por lo que se deben de utilizar tanques principalmente de acero inoxidable o revestidos con este material. Además este recipiente debe estar equipado con una hélice o un mezclador de turbinas y un sistema de amortiguadores, que no sólo proporcione rotación sino también el movimiento vertical de la masa para que se revuelva adecuadamente para asegurar temperaturas uniformes, pero realizando suavemente el mezclado.

El cocedor de adjuntos debe de estar equipado con una chimenea o escape que transporte el vapor y gases generados durante el calentamiento y ebullición.

El calentamiento se logra por medio de una camisa de vapor de doble pared pero requiere un cuidadoso control para minimizar el efecto de sobrecalentamiento que puede producir una caramelización y tal vez un chamusqueo de la masa en la superficie interior del cocedor. Esto reduce la eficacia del calentamiento y puede afectar de manera perjudicial el sabor de la cerveza resultante.

El control de temperatura con calentamiento por camisa de vapor requiere una cuidadosa operación, siendo necesario prever el efecto de histéresis, que puede variar con el grado de residuo caramelizado adherido a la superficie interior del cocedor.

El cocedor de adjuntos debe estar equipado con un registro preciso de tiempo-temperatura, acoplado con un controlador de temperatura para lograr la ebullición de la masa con una temperatura controlada. El sistema debe de estar provisto de un

sensor de temperatura de reserva y un control manual, que se utilizarían en el caso de una secuencia anormal del cocedor.

El cocedor debe tener un sistema de limpieza en sitio para realizarle una limpieza adecuada a este recipiente semanalmente.

Cocedor de malta.- Debe de ser un recipiente cilíndrico vertical hecho con acero inoxidable. Este recipiente de maceración debe estar equipado con un agitador, que proporcione un mezclado rápido y uniforme lo más suave posible.

Para este recipiente aplica lo mismo que para el cocedor de adjuntos en cuanto al mezclado y al calentamiento, pero es crítico mantener un control preciso sobre el grado de elevación del calentamiento dentro del recipiente durante la mezcla de las masas durante el proceso de maceración. Esta etapa de calentamiento se logra por el calor proporcionado por la masa de adjuntos en ebullición al ser transferidos.

La velocidad de elevación de temperatura se controla por la velocidad a la cual se bombea la masa de adjuntos. Si fuera necesario se aplica calor a la masa para alcanzar la temperatura de conversión para mantener una curva suave de elevación de temperatura.

Separación del mosto

La separación del mosto es esencialmente un proceso físico; después que se ha alcanzado la conversión de la masa, o sea la degradación de los almidones a azúcares y dextrinas, se eleva la temperatura de la masa de 75-77 ° C como preparación para la separación del mosto de los sólidos. A esta temperatura, la viscosidad del mosto favorece una completa separación, las enzimas están predominantemente inactivas, aunque haya alguna actividad residual de alfa-amilasa, la acción bacteriana está bloqueada y no se tiene ningún problema en la extracción de las sustancias previamente insolubles de los granos, principalmente taninos de la cáscara de la malta.

Como preparación para recibir la masa, se enjuaga a fondo la paila de filtración y se calienta hasta la temperatura de la masa o ligeramente por encima de ésta, mediante el regado o inyección de agua caliente por el fondo a través del sistema de captación del mosto.

En el primer cocimiento de la semana o si la tina se enfría durante algún tiempo entre dos cocimientos se debe esterilizar primero con agua hirviendo. Posteriormente la masa es llevada a la tina de filtración tan suave como sea posible, distribuyéndose

de manera uniforme a través del piso de la paila. La masa fluye fácilmente, pero la maquina de filtración se utiliza para ayudar a la distribución y nivelación el lecho.

Después que se ha establecido el lecho del filtro y el mosto a logrado claridad, se detiene la circulación y se desvía el primer mosto a la paila de cocción.

A medida que se extrae el primer mosto, se inicia el riego poco antes de que el nivel del mosto llegue a la parte superior del lecho de granos.

A la terminación del riego, se suprime el agua. El mosto diluido es recogido hasta que la paila de cocción haya sido llenada al nivel predeterminado o a un punto que resulte perjudicada la claridad del mosto.

Después que el último mosto y los drenajes hayan dejado el lecho de granos, el afrecho es extraído de la tina de filtración y enviado a un colector de productos derivados para que sea secado o transportado húmedo hacia su utilización final como alimento animal.

Ebullición del mosto

Ya que la cantidad de agua que debe de usarse para hacer la masa y filtrar el extracto normalmente produce un mosto de una densidad menor a la deseada, este debe de concentrarse por medio de la evaporización. Para lograr la concentración requerida en un plazo razonable, la ebullición debe de ser vigorosa. Una ebullición que evapore entre el 5 y 10 % del volumen del mosto en una hora es considerada satisfactoria.

La ebullición del mosto es normalmente de 1.5 a 2 horas. La ebullición prolongada puede precipitar una mayor cantidad de materiales finos. La coagulación debe de ser gruesa para permitir su fácil eliminación.

Vigor de la ebullición.- Es necesario mezclar en forma completa el mosto para mantener una temperatura uniforme en toda la olla de cocción, ya que de otra manera se desarrollarán sitios de mayor temperatura cerca de la superficie de calentamiento, produciendo caramelización.

Las burbujas de vapor que aparecen en una ebullición intensa ayudan a formar un buen coágulo. Las partículas minúsculas de proteína desnaturalizada son atraídas a la superficie de tales burbujas, cuando revientan, las partículas pequeñas se aglutinan para formar grumos grandes.

Adición del lúpulo

El principal aporte del lúpulo al sabor de la cerveza es el amargor seco que se debe principalmente a los ácidos iso-alfa. Los ácidos iso-alfa se forman durante la ebullición del lúpulo dentro del mosto, debido a los ácidos alfa contenidos en las resinas del mismo.

El lúpulo debe de agregarse a la olla en tres cargas:

La primera debe ser alrededor de $\frac{1}{4}$ del total y se agrega después de 15-20 minutos de ebullición vigorosa del mosto para ayudar en la coagulación del filtrante. La segunda o carga principal de lúpulo aproximadamente la $\frac{1}{2}$ del total, se agrega $\frac{1}{2}$ hora mas tarde. La tercera y última carga se realiza 15 minutos antes del vaciado de la olla.

Enfriamiento del mosto

El enfriador más común es el tipo Baudelot que consta de una serie de tubos horizontales, ensamblados dentro de soportes verticales. El mosto fluye por gravedad a través de la parte exterior de los tubos dentro de una bandeja receptora, que contiene las válvulas de salida del mosto y del agua de limpieza. El medio refrigerante puede ser agua corriente, agua enfriada, salmuera o amoníaco, que pasa a través de los tubos, en contracorriente al mosto.

Fermentación

El mosto después de dejar el enfriador a una temperatura entre 8 y 11°C, es aireado pasando aproximadamente a 8 ppm de oxígeno disuelto.

La siembra normalmente se realiza inmediatamente después del enfriamiento, ya que el mosto puede ser contaminado microbiológicamente.

La dosis de levadura normalmente se aproxima a los 10 millones de células por ml de mosto al inicio de la fermentación. La dosis de levadura depende principalmente del peso específico del mosto, perfil de temperatura y grado deseado de fermentación.

Dosis bajas de levadura dan como resultado un extenso desarrollo de la levadura y tienden a producir cervezas más aromáticas, mientras que dosis altas producen menos desarrollo, pero puede conducir a una autólisis subsiguiente de la levadura

El tanque de arranque-sedimentación recibe el mosto sembrado y aireado. Aproximadamente de 6 a 13 horas después de la siembra, comienza a aparecer espuma blanca cerca del costado del recipiente y simultáneamente algo de levadura inactiva y otros sólidos se sedimentan en el tanque, donde permanecen cuando se transfiere al mosto en fermentación.

Entre 10 y 20 horas después de la siembra, el mosto queda cubierto de espuma fina, que cambia a una espuma gruesa voluminosa de color blanco. Dependiendo del fermentador y la velocidad de fermentación, el volumen total de espuma puede ser 1/3 del volumen total del fermentador.

Hacia el final de la fermentación la levadura se aglutina y se sedimenta quedando en el fondo del tanque.

Recolección de CO₂

Los fermentadores cerrados ofrecen la ventaja de permitir la recolección del CO₂ generado. Como el CO₂ se usa en otras etapas del proceso, la pureza del gas durante la recolección debe de ser de 99.98 %, esto aproximadamente 24 horas después del inicio de la fermentación. Cuando la fermentación es casi completa, la generación de gas es tan lenta que se termina la recolección.

Velo coloidal

El velo coloidal se forma en gran medida durante el periodo de fermentación en frío y almacenamiento, y es eliminado durante la clarificación de la cerveza.

El velo coloidal es algo soluble a temperaturas de 20° C o más, pero se vuelve insoluble a las temperaturas de refrigeración en que es consumida la cerveza.

Almacenamiento

La cerveza fermentada isotérmicamente a temperaturas por debajo de 10° C, es bombeada junto con la levadura suspendida desde el recipiente de fermentación hasta el tanque de reposo. La cerveza es llevada al almacenamiento con 0.5° a 1°C de extracto fermentable, para permitir una fermentación secundaria en el tanque. La cerveza normalmente no se enfría por debajo de la temperatura de fermentación antes de ingresar al tanque de reposo, de manera que la fermentación secundaria

puede seguir adelante como si lo hubiera hecho en el fermentador. La refrigeración de la bodega de reposo baja la temperatura de la cerveza en el tanque, a través de un período de días, hasta el nivel de temperatura deseado para la maduración en frío.

La fermentación secundaria elimina el oxígeno de la cerveza que es absorbido durante la transferencia. También representa un medio de mantener la levadura en suspensión, de manera que pueda producirse la disminución requerida en los componentes indeseables del sabor.

Para una buena fermentación secundaria, la levadura no debe de ser demasiado flaculenta, ya que sedimentaría demasiado rápido a medida que baje la temperatura dentro del tanque. Una vez que el tanque es colocado bajo contrapresión, se sedimenta la levadura y se detiene la fermentación, de manera que no debe aplicarse la contrapresión antes de llegarse al punto deseado de fermentación final. Posteriormente la cerveza es enfriada a 0° C, pasando a un tanque de terminación y retenida durante varios días, previamente a su filtración final. Se requiere un mínimo de 4 semanas en reposo para la maduración completa del sabor.

Capitulo II

Embotellado y Empacado

Una de las etapas más importantes en el proceso de una cerveza es su embotellado y empacado ya que de esto depende el éxito o fracaso de una cerveza en el mercado.

El proceso de embotellado consta de varias etapas:

- I. Desempacado
- II. Lavado
- III. Inspección del envase
- IV. Llenado
- V. Pasteurizado
- VI. Empacado
- VII. Almacenamiento

I) Desempacado

La función de este equipo consiste en desempacar rápidamente las botellas, sin la necesidad de que se requiera un operario.

Esta máquina contiene un número determinado de mordazas igual al número de botellas que contenga el cartón, las agarra y una serie de levas provocan que las mordazas depositen las botellas en un transportador, que las conduzca a la lavadora mientras que el cartón ya vacío sigue por una banda hacia un lugar donde se revisa el estado del cartón y es almacenado. En esta área se debe cuidar que el empaque no sea dañado en la desempacadora ya que esto puede ocasionar una mala imagen del producto, además se debe revisar que las mordazas no tengan rastros de grasa ya que esto puede ocasionar contaminación de las botellas o daño del cartón.

Las desempacadoras pueden extraer botellas de todos los tamaños y de cualquier empaque sólo colocando o eliminando mordazas del equipo.

II) Lavado

El lavado de botella es fundamental en el proceso cervecero, ya que la botella en ocasiones llega a estar muy rezagada, teniendo impurezas fuertemente adheridas como arena de playa y arcillas que no son fáciles de remover en la lavadora, además de acumulación de materia orgánica en su interior por residuos de cerveza, en los cuales se desarrollan microorganismos como levaduras, hongos, bacterias, también,

traer líquidos que pueden ser solventes o gasolina y también etiquetas. Bajo estas condiciones, el proceso de lavado tiene características particulares para obtener botellas limpias y estériles para conservar las condiciones organolépticas, sanitarias y de estabilidad de la cerveza, de lo contrario, se afectarán las características del producto, el cual puede ser susceptible de contaminarse, presentar enturbiamiento o tener cambios en el sabor.

Las lavadoras son los equipos que hacen posible la existencia de la botella retornable, ya que sin la existencia de lavadoras, el uso repetitivo de botella en el proceso de embotellado resultaría insalubre y no garantizaría al cliente la adquisición de un producto de buena calidad. Es gracias a las lavadoras, que una botella puede llenarse, salir al mercado y regresar nuevamente a cumplir con otro ciclo más de envasado sin el riesgo de dar al consumidor un producto contaminado, de mala calidad y que pueda afectar su salud.

Son 4 variables importantes ligadas entre sí utilizadas en el proceso de lavado, las que controladas en forma adecuada garantizan un lavado efectivo y una buena esterilización en la botella, son ellas las que establecen las condiciones de operación del equipo. A continuación se enumeran estas condiciones:

1. La temperatura de soluciones.

El calentamiento gradual de la botella hasta llegar a la fase intermedia del lavado y el descenso de la misma hasta el enjuague final es muy importante en una lavadora para evitar fracturas o rotura de botellas, para lo cual, no debe existir una diferencia mayor de 20°C entre cada tanque de calentamiento.

Las temperaturas deben ser vigiladas y mantenidas dentro de los rangos de trabajo.

La temperatura controlada nos ayuda principalmente en la esterilización y en el eficiente lavado, acelera el ataque a las bacterias, la penetración y remoción de las etiquetas y la disolución de tintas o gomas.

Las bajas temperaturas ocasionan mal lavado y deficiente esterilización, mientras que las temperaturas muy altas o fuera de los rangos recomendados ocasionan rotura excesiva y llegan a afectar al decorado de las botellas. Estas dos últimas consecuencias del control de las temperaturas aumentan considerablemente los costos de producción.

2. La concentración de sosa cáustica.

La sosa cáustica es el más fuerte y económico de los hidróxidos solubles, aporta toda la causticidad de la solución, es un esterilizador por excelencia, un poderoso

solvente, el cual peptiza rápidamente la materia orgánica, saponifica aceites o grasas, razones por las cuales es el más usado.

El valor germicida de la sosa cáustica es proporcionado por la concentración de las soluciones, las temperaturas y el tiempo de inmersión.

Existen concentraciones mínimas y máximas que deben cumplirse para que el efecto germicida se lleve a cabo; así para una concentración baja aunque se aumente la temperatura y se prolongue el tiempo de inmersión, dicho efecto será bajo e insuficiente, por lo que el lavado será ineficiente. Si por el contrario la concentración es alta no se aumentará el poder germicida y sí se disminuirá la duración del envase por presentarse ataque al vidrio, reblandeciéndolo, empañándolo y decolorando el grabado.

La sosa ataca los metales blandos como el aluminio, zinc, y estaño, por lo que estos metales deberán evitarse en las máquinas lavadoras. Por el contrario, el hierro o el acero inoxidable no son dañados por la causticidad, y como la sosa tiene entre sus características un alto grado de tensión superficial, le permite ser un buen lubricante al formar una película entre las piezas móviles que están en contacto con la solución, protegiendo las cadenas, engranes, paredes de los tanques y todas las piezas de hierro que tienen contacto con la solución.

3. El tiempo de inmersión.

El tiempo de inmersión de las botellas en la solución cáustica varía según las características de cada lavadora, de su velocidad, así como también la variación del tiempo equivalente en minutos de tratamiento cáustico a presión, sin embargo, nunca debe ser menor a 10 minutos, por lo tanto, es muy importante inspeccionar la velocidad de la lavadora.

Es importante el tiempo de contacto de las soluciones cáusticas con las botellas para destruir los microorganismos, remover los hongos y los sólidos, y penetrar las etiquetas y disolver el pegamento con el cual están adheridas a la superficie.

4. La presión del agua de enjuague.

Es de vital importancia la presión y gasto de agua de cada uno de los ciclos de enjuague, además de que el funcionamiento de los aspersores sea el adecuado, es decir, evitar que estén tapados, mal orientados o incrustados. Requiriéndose revisar la presión del asperjado del enjuague.

Características de una lavadora

Una lavadora está compuesta de varias zonas o partes, cada una de las cuales cumple con ciertas funciones específicas las cuales se mencionan a continuación:

Cargador. Da comienzo al proceso de lavado, consiste en unos dedos o reglas, que toman las botellas de la banda de transportación y las colocan en un conjunto de discos giratorios para que éstos los guíen a las buchacas de las canastillas.

Canastillas. Son un conjunto de compartimentos colocados en línea, los cuales tienen buchacas que son las que sostienen las botellas al ser lavadas, todas las canastillas están sujetadas por una cadena general, la cual las conduce con todo y botellas al recorrido por todas las etapas de la lavadora.

Preenjuague. Una vez que la botella llega al cargador y se deposita en las buchacas, entra a la zona de prelavado, esta etapa consiste en un asperjado interno y externo al envase, el objetivo de dicha etapa es comenzar a limpiar la botella, atemperarla y evitar que se introduzca suciedad excesiva y restos de cerveza al primer tanque de sosa ocasionando contaminación rápida de la solución cáustica.

Zona de inmersión cáustica. Del prelavado las botellas pasan a la zona de lavado, esta etapa está compuesta por tanques que contienen solución cáustica en los cuales se sumerge el envase por la acción de la cadena general y las canastillas, para una mayor eficiencia en el lavado también se aplica asperjado en el interior de la botella a la salida de los tanques con la misma sosa. El número de tanques, así como de las veces que se asperja la botella depende de la marca de la lavadora, algunas marcas que por diseño carecen de asperjado cáustico, están provistas de agitadores cuya función es limpiar la botella por medio de fricción mecánica creada por el movimiento de la solución, a las cuales en la actualidad se les ha adaptado el sistema de asperjado. En esta parte de la lavadora es de vital importancia el control adecuado del tiempo en que la botella permanece dentro de la solución, ya que de ello depende el grado de limpieza en la botella.

Extractores de etiquetas. Cuando se tiene botella que por presentación utilice etiqueta ya sea en el cuerpo de la botella o en el cuello, al ser sometida al lavado, deja la etiqueta en los primeros tanques de cáustico y estos necesitan eliminarla inmediatamente, ya que si no es así, aparte de que la solución se ensucia puede haber problemas de mal enjuague por taponamiento de aspersores. Para eliminar la etiqueta se utilizan extractores, éstos están colocados a los lados de los tanques cáusticos, la solución fluye junto con la etiqueta hacia el tanque del extractor, en el tanque del equipo en cuestión se encuentran colocados cedazos o mallas en forma de bandas que atrapan toda la etiqueta y la trasladan hacia fuera; en la parte final de la malla se elimina la etiqueta por medio de un cepillo o con agua y aire y finalmente, otra banda transporta la etiqueta a un contenedor.

Tanques de arrastre. Este tanque es el encargado de eliminar la sosa residual que la botella trae consigo causado por la exposición de ésta con la solución en el proceso de lavado cáustico, el cual consiste en sumergir el envase en dicho tanque por un tiempo determinado, el agua que el tanque contiene es estática por lo que la concentración de sosa aumenta con el tiempo debido a lo cual se debe estar bajando dicha concentración con agua que proviene de la enjuagadora.

Zona de enjuague. Esta zona es muy importante, porque es la última etapa en que se debe garantizar que la botella está muy bien lavada, de no ser así, se estará haciendo una mala inspección en algunas variables de la lavadora, tales como, presión de las asperjas de la enjuagadora, niveles de los tanques de cáustico, mala limpieza del equipo, concentraciones muy altas, etc. el enjuague consta de asperjados internos y externos de la botella. El agua utilizada en el enjuague debe ser clorada, a la cual se le dan varios usos para optimizarla, el flujo del agua es a contracorriente respecto al avance de la botella y se divide en varios usos, el agua de primer uso es la que se le aplica a la botella en la última parte de la enjuagadora con asperjado interior y exterior, esta agua se recupera y se asperja a la botella en la penúltima parte del enjuague, la misma agua se vuelve a recuperar como agua de tercer uso y se vuelve a asperjar, y así sucesivamente, hasta el último enjuague.

La remoción de los componentes usados en el lavado es muy importante ya que si existe presencia de arrastre cáustico en las botellas, su efecto sobre la cerveza será muy adverso ya que modifica el pH, neutraliza el CO₂, y como consecuencia la cerveza además de afectarse en sus propiedades organolépticas, es susceptible de contaminarse, de allí la importancia de un buen enjuague para lograr una óptima eficiencia y bajo costo.

En la enjuagadora se consideran decrementos graduales en las temperaturas de las botellas, las cuales deben salir de la lavadora a una temperatura cercana a la del bulbo húmedo de la zona donde está ubicada la planta.

Zona de descarga. Es la zona que se encarga de colocar la botella lavada en la banda, la cual consta de un conjunto de discos volteadores entre las cuales se encuentran unos aditamentos llamados excéntricos o riñones, los cuales toman la botella y la depositan en la banda, este equipo debe funcionar correctamente porque de lo contrario puede romper o tirar botellas y provocar una contaminación de éstas con el lubricante utilizado en los transportadores.

La sosa cáustica tiene una alta tensión superficial, la cual es una desventaja al no tener un escurrimiento rápido en las superficies de los envases, cadenas y cangilones, causando así el arrastre cáustico.

Por lo anterior, las soluciones cáusticas deben complementarse para aumentar la eficiencia de la solución y esto se logra por medio de aditivos que deben tener las siguientes características:

- 1) Poder humectante. Acción de agentes tenso-activos que disminuyen la tensión superficial y promueven la humedad. Al disminuir la tensión superficial aumenta su acción humectante al poder penetrar en poros y ralladuras o rebabas de la superficie a lavar, ayudando a remover las partículas extrañas, además de tener un escurrimiento más rápido para evitar el arrastre cáustico entre tanques. También, habrá un ahorro de agua de enjuague puesto que la película de cáustico escurre más fácilmente.
- 2) Poder emulsificante. Se define como la acción mecánica de desmenuzar en partículas muy pequeñas ciertas sustancias grasosas, resinas y aceites de una solución y mantenerlas en suspensión.
- 3) Poder secuestrante. Es la acción de agentes quelantes para contrarrestar los efectos de la dureza producida por los iones de calcio y magnesio presentes en la solución, estos agentes capturan a los iones mencionados creando un compuesto químico estable y soluble en agua que impide que estos elementos interfieran con el proceso detergente.

Condiciones de operación en lavadoras

1. Las lavadoras deberán trabajar a una velocidad establecida; nunca deberá estar debajo de 10 minutos el tiempo de inmersión de la botella en los tanques de cáustico.
2. Antes de introducir botellas a las lavadoras, éstas deberán de tener la concentración de cáustico y las temperaturas dentro de los límites establecidos.
3. Los aspersores de la zona de prelavado deberán estar destapados, orientados y siempre en operación; esto nos evitará estar introduciendo suciedad excesiva y restos de cerveza al primer tanque de cáustico ocasionando gastos excesivos de sosa.
4. Se deberá verificar que no haya pérdidas de cáustico por válvulas, uniones, niveles altos de solución en los tanques, compuertas mal cerradas, concentraciones excesivas; Igualmente no deberá haber pérdidas de vapor por las tapas superiores de los tanques que estén mal colocadas o trampas de vapor en mal estado.

5. Verificar el arrastre cáustico en las botellas si éste es positivo, se deberá detectar la causa del problema y se debe corregir lo más rápido posible, sin embargo, lo importante es evitar dicho suceso.
6. El lavador deberá vigilar constantemente el estado en que sale la botella. Las botellas que salen con cemento, pintura o parafina, se deben romper.
7. La concentración de sosa debe ser monitoreada constantemente para evitar que disminuya del rango establecido y esto pueda ocasionar que la botella salga de la lavadora contaminada y dar problemas de calidad en el producto final.
8. La botella que sale de la lavadora ya limpia, es sometida a una prueba que determina que tan efectivo fue el proceso de enjuague en la lavadora, esto se realiza agregándole unas gotas de solución alcohólica de fenoftaleína. El cambio de color de la fenoftaleína es de incolora con pH de 7.8 a rosado con un pH de 8.0 por lo que sí la botella no presenta coloración rosada significa que no hay rastros de sosa y por consiguiente la botella se encuentra industrialmente limpia.
9. Después de descargarse de la lavadora las botellas limpias y vacías, deben ser resguardadas de la contaminación mediante cubiertas colocadas encima de los transportadores de botellas.

Limpieza de lavadoras

Es de vital importancia mantener en una limpieza total, desinfectadas y esterilizadas las áreas, equipos y todo lo que en el proceso ocupe, de tal forma que se cumpla con las leyes sanitarias pero además que asegure al cliente un producto higiénico y saludable. Por lo que se debe realizar lo siguiente:

- Vaciar los tanques de agua fresca y lavarlos con agua a presión. Los tanques de las enjuagadoras se lavarán con solución detergente, fibra y cepillo en su interior.
- El preenjuague y cargador se limpian con agua a presión y vapor, incluyendo el cabezal de aspersores, paredes y fondo. Las cadenas y las guías de la mesa del cargador se lavarán con cepillo y solución detergente.
- Cerrar los servicios generales de vapor, agua, aire y cerrar purgas en las líneas de condensados y se pararán las bombas.

III) Inspección del envase

Los inspectores electrónicos ópticos revisan las botellas vacías antes de ser llenadas y que se encargan de retirar todas las botellas mal lavadas ya sea que presenten

sólidos en el interior o suciedad impregnada, además de retirar botellas con defectos como: desportilladas, fracturadas, con columpios (delgados trozos vidrio que van unidos en el interior de la botella, siendo peligrosos ya que al llenarse la botella se rompen quedando peligrosas astillas de vidrio), con piedras incrustadas en el vidrio, etc.

Los fabricantes de los inspectores de botellas vacías han establecido una serie de botellas de prueba que deben de usarse para controlar la operación del inspector a intervalos regulares, con el fin de mantener en óptimas condiciones el funcionamiento los inspectores. Ya que estos equipos revisan el 100 % de las botellas debe verificarse su buen funcionamiento.

IV) Llenado

La llenadora establecerá algunas de las características finales de la cerveza envasada como es cantidad de CO₂, contenido de aire y volumen.

Inicialmente para comenzar a utilizar las tuberías, mangueras de cerveza y la llenadora se deben enfriar usando agua fría para prepararse para el llenado. Cuando estén frías las tuberías, se drena el agua y se utiliza contrapresión en el tazón de la llenadora para eliminar el agua. Posteriormente el sistema es puesto a presión y se permite el ingreso de la cerveza en las tuberías, después de esto la llenadora está lista para funcionar. Es importante al iniciar el llenado determinar si la cerveza que se encuentra en el tazón de la llenadora no contiene agua, para lo cual se debe determinar si la densidad no ha cambiado respecto a la especificación que se tenga para la cerveza.

Durante su funcionamiento, se bombea cerveza terminada a través de las tuberías de la llenadora. Las bombas de cerveza deben de ser de tipo de desplazamiento positivo con controles de velocidad. La velocidad de la bomba debe de regularse para bombear el mismo volumen que está usando la llenadora o un volumen que se le aproxime lo más posible para evitar que la cerveza en el tazón empiece a alborotarse y salga botella mermada de la llenadora. Cuando la llenadora está en funcionamiento, la contrapresión sobre el tazón debe de regularse de manera que se obtenga el llenado deseado en la botella.

El llenado se realiza de la manera siguiente:

La botella entra a la llenadora por medio de un tornillo sinfín, del cual pasa a una estrella de entrada, colocándola en una plataforma, la botella se eleva y es sellada con la llenadora por medio de una goma. Por medio de levas se adiciona una contrapresión de CO₂ a la botella con el fin de igualar la presión del tazón con la botella y posteriormente llenarla con cerveza que está aproximadamente de 1 a 4° C,

se cierra la válvula de llenado y después se abre una purga para igualar la presión de la botella con la presión atmosférica, saliendo la botella de la llenadora para pasar a la coronadora.

Todo el aire que hay dentro del espacio libre de una botella llenada debe de desplazarse antes de colocarle la tapa. Esto se puede hacer de tres maneras:

- a. Golpeador. El golpeador es una varilla regulable cargada con un resorte que golpea cada botella, lo cual produce espúmeo que llena el espacio libre. El golpeador debe de usarse con cautela, ya que puede dañarse la superficie de la botella, produciendo rotura si es que se le golpea demasiado fuerte.
- b. Inyección. Se inyecta un chorro de agua o cerveza a alta presión dentro de la botella, lo cual hace que espumee, desplazando así el aire dentro de la botella.
- c. Dispositivo ultrasónico electrónico. La energía ultrasónica agita la cerveza causando una rápida liberación de CO₂ para crear espuma que desplace el aire.

Una rápida comprobación para determinar la captación de aire es sacando una botella a la salida del coronador y darle vuelta lentamente. Si se notan burbujas de aire, debe regularse el dispositivo para controlar la espuma dentro de la botella. Esta comprobación debe de ser hecha con frecuencia por el operario de la llenadora durante el transcurso de su jornada de trabajo. Además, las mediciones gasométricas para determinar el contenido de aire dentro de la botella llena deben hacerse en forma rutinaria.

Las tapas son transportadas a la tolva por medio de una banda magnética, una alimentación neumática de tapas pero se debe de evitar que las tapas sean vaciadas a mano directamente dentro de la tolva ya que esto puede contaminar la cerveza envasada. Cualquiera que sea el método empleado, sólo debe mantenerse medio llena la tolva, esto es para reducir la posibilidad de que se compriman las tapas y no sean alimentadas lo suficientemente rápido dentro de la canaleta. Así mismo; cuando se comprimen, aumenta la posibilidad de que el acabado de la tapa quede rasguñado.

Las tapas se comprimirán también dentro de la tolva si se hace funcionar la coronadora durante plazos prolongados de tiempo sin botellas y dará lugar a la falla de alimentación de tapas cuando las botellas se trasladen a través de la coronadora.

También debe de comprobarse frecuentemente el funcionamiento del coronador. Esto se hace sacando una botella de cada pistón coronador. Debe de realizarse una

inspección visual de la superficie de la tapa, con el fin de detectar rasguños o hendiduras. Si se encuentran hendiduras, debe de efectuarse una inspección con mayor detenimiento del pistón coronador para comprobar si tiene piezas que funcionan mal.

El diámetro de la tapa colocada debe de comprobarse usando un calibrador “pasa” o “no pasa”. Las tapas requieren un grado de cerrado. Si se utiliza una tapa con revestimiento de plástico intermedio debe de usarse un “no pasa” de 1.125. El coronado apropiado está en ese límite.

Pruebas de llenado, contenido de aire y CO₂

Las muestras para efectuar pruebas de verificación de contenido de aire, del CO₂ y del llenado deben de tomarse al azar. Para esta prueba resulta aconsejable calentar las muestras hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Un dispositivo de perforación de tapa o corona y medidor de presión se usan junto con una bureta de absorción para la medición del aire. Después de agitar la muestra en esta unidad, se registran la máxima presión y temperatura. Para hallar el volumen de CO₂, se usa un grafico de volumen de CO₂. Normalmente hay una pérdida de CO₂ entre el tanque de embotellado y lo envasado de aproximadamente 0.15 a 0.25 volúmenes. Es importante mantener en la norma establecida para la cerveza embotellada el CO₂ ya que un valor bajo puede variar las características de la cerveza y un valor alto provocar rotura de la botella.

El aire en el tanque de embotellado debe de mantenerse al menor nivel posible, preferiblemente menos de 0.5 ml por muestra de 355 ml.

La llenadora no extrae el aire. Tenderá a captar aire pero la captación debe de mantenerse lo más baja que sea posible. La captación de aire desde el tanque de almacenamiento al embotellado debe de ser 0.6 ml por recipiente de 355 ml en promedio. No obstante los envases individuales no serán uniformes.

La unidad de llenado o llenadora se debe limpiar y someter a medidas higiénicas después de la producción del día, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

V) Pasteurizado

La finalidad principal de la pasteurización de la cerveza es mejorar la estabilidad biológica del producto final, es decir se desactivarán todos los microorganismos capaces de crecer en la cerveza y las enzimas que pueden causar cambios químicos indeseables. La cerveza contiene constituyentes químicos (azúcares, aminoácidos, péptidos, oxígeno, etc.) que durante el tratamiento de calor pueden reaccionar y

afectar la calidad de la cerveza. Además, la cerveza siempre contendrá un número dado de organismos, que habrán de ser desactivados durante la pasteurización.

Los siguientes factores pueden tener un efecto en la velocidad de desactivación de microorganismos:

Temperatura

Tiempo

Tipo de infección (organismos presentes)

Velocidad de infección (concentración de organismos)

Composición química de la cerveza

La calidad del producto final no debe ser afectada por el tratamiento de calor, si es pasteurizado por plato o por túnel. Las especificaciones del producto considerando olor, sabor, brillantez, color y estabilidad de espuma deben ser mantenidas, pero el número de microorganismos presentes deberá ser reducido a tal nivel que la cerveza sea biológicamente estable.

Para la cerveza la pasteurización es suficiente ya que microorganismos como las esporas pueden sobrevivir a la pasteurización, pero son incapaces de crecer en la cerveza.

La levadura de la cerveza y el *Pediococcus* requerirán un tratamiento de calor correspondiente a aproximadamente una UP para lograr una estabilidad biológica efectiva. Para el *Lactobacillus* el número necesario de UP's es aproximadamente de 5 y para la levadura silvestre hasta 10. Para el *Pectinatus cerevisiiphilus* se requieren 0.5 UP's. De acuerdo a lo anterior la cerveza puede ser pasteurizada a 10 UP's.

Es importante notar que factores como contenido alto de alcohol, concentraciones altas de constituyentes de lúpulo y bajo pH tendrán un efecto benéfico en el resultado de la pasteurización.

La unidad de pasteurización (UP) se define como un calentamiento a 60°C durante un minuto.

El número total de UP's para el proceso de pasteurización es la suma integrada de todas las combinaciones de tiempo – temperatura quedando establecido de acuerdo a la siguiente formula:

$$UP's = \sum_0^t 1.393^{(T-60)}$$

Donde:

t = tiempo transcurrido
T = temperatura

TABLA 1
Unidades de pasteurización alcanzadas por cada minuto de permanencia a diferentes temperaturas

TIEMPO (MIN)	TEMPERATURA (°C)	UNIDADES DE PASTEURIZACION
1	68.0	14.18
1	67.5	12.01
1	67.0	10.18
1	66.5	8.62
1	66.0	7.31
1	65.5	6.19
1	65.0	5.25
1	64.5	4.44
1	64.0	3.77
1	63.5	3.19
1	63.0	2.70
1	62.5	2.29
1	62.0	1.94
1	61.5	1.64
1	61.0	1.39
1	60.5	1.18
1	60.0	1.00
1	59.5	0.85
1	59.0	0.72
1	58.5	0.61
1	58.0	0.52

1	57.5	0.44
1	57.0	0.37
1	56.5	0.31
1	56.0	0.27
1	55.0	0.23
1	55.0	0.19
1	54.5	0.16
1	54.0	0.14
1	53.5	0.12
1	53.0	0.10

Ya que la pasteurización de la cerveza es realizada a temperaturas mucho más bajas, que aquéllas empleadas en la esterilización de comida, los efectos del calor usualmente son pequeños si la cerveza tiene un bajo contenido de oxígeno.

Si el contenido de oxígeno es alto y/o la combinación especificada de tiempo de proceso y temperatura es excedida, el olor y sabor de la cerveza puede ser afectado. Al tener una pasteurización excesiva y el oxígeno disuelto en la cerveza es alto se producen compuestos como 2-furfural, heptanal y otros compuestos que indican en cantidades mayores a 0.3 ppm una contaminación térmica.

El color de la cerveza también puede ser afectado por una pasteurización excesiva y oxígeno disuelto alto, formándose productos como el hidroximetil-furfural. Similarmente, la estabilidad química y la brillantez de la cerveza pueden ser afectados por la pasteurización. Si el contenido de oxígeno es alto se puede formar niebla en el producto terminado.

En un pasteurizador llamado de "túnel" el tratamiento de calor es aplicado al producto después de que ha sido llenado y sellado dentro de la botella. El riesgo de reinfeción del producto es mínimo y es la manera más segura de producir un producto biológicamente estable.

Mientras las botellas pasan a través del túnel, son rociadas con agua a diferentes temperaturas para lograr el calentamiento y enfriamiento.

Una característica del pasteurizador de túnel es que está dividido en una serie de zonas, cada una operando a una temperatura diferente.

Controlando la temperatura de cada zona y el tiempo de tránsito a través de la máquina, es posible controlar el grado de tratamiento de calor.

El principio de un pasteurizador de túnel es que las botellas son transportadas a través de la máquina y rociadas con agua de diferentes temperaturas para lograr un calentamiento y enfriamiento progresivo del producto. El tiempo de tránsito a través de la máquina en combinación con las temperaturas de cada una de las secciones dan el efecto necesario de tratamiento de calor.

Las transmisiones de velocidad variable se usan ahora para el sistema de transporte, esto permite controlar el tiempo de tránsito a través del pasteurizador.

El túnel está dividido en secciones: cada sección está compuesta de un tanque de agua formando la base, una bomba de circulación y un sistema de distribución de agua.

El nivel de agua es mantenido a un nivel constante en los tanques admitiendo el agua por medio de una válvula de control y cualquier exceso de agua es dejado drenar por un desagüe.

Aunque durante la operación del pasteurizador no se requiere calor adicional para las etapas de enfriamiento y calentamiento regenerativo, un calentador es provisto para el arranque y para ajustar cualquier irregularidad operacional. Sin embargo, el calentamiento es requerido en las secciones de supercalentamiento y retén. El calentamiento puede ser por inyección directa de vapor o indirectamente usando un intercambiador de vapor. En las secciones de enfriamiento el exceso de temperatura es reducido con agua fría y enviando el agua caliente al desagüe.

La recuperación de calor es lograda interconectando secciones de calentamiento y enfriamiento.

El rocío de agua para la primera sección de enfriamiento será bombeada desde el tanque de recolección a la base de la última sección de calentamiento. Este arreglo es repetido de 3 a 5 veces a lo largo del pasteurizador. Solamente en las secciones de pasteurización el rocío de agua circula dentro de la misma zona.

El agua de los tanques que es bombeada pasa por un filtro para atrapar pedazos de vidrio, etiquetas u otra materia que pudiera causar bloqueo o taponamiento. Los pasteurizadores deben por diseño tener este filtro accesible para realizarle una limpieza frecuente.

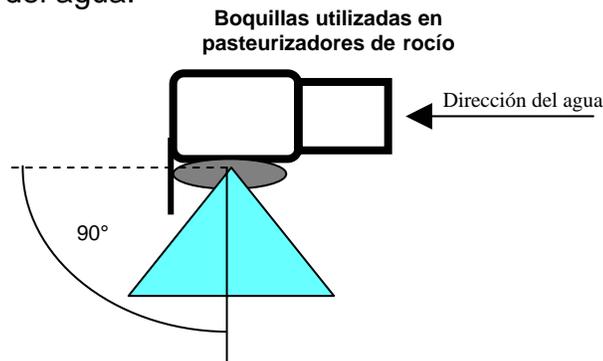
El rocío del agua es distribuido sobre las botellas por dos métodos diferentes:

Platillos de rocío

Los platillos de rocío tienen una base perforada a través de la cual el agua es distribuida uniformemente sobre la cubierta de transporte.

Boquillas de rocío

Las boquillas son de gran calibre para minimizar la obstrucción, están diseñadas para dar un rocío de superposición para asegurar que cada botella recibe igual contacto con el rocío del agua.



Los pasteurizadores deben tener un acceso fácil para su limpieza. Los tanques distribuidores de agua y filtros deben tener puertas de acceso para la remoción física de incrustación, vidrio roto y materia orgánica formada dentro de éstos. Las boquillas deben ser fácilmente removibles para su limpieza o reemplazo. Los platillos de rocío deben ser de acceso rápido para su inspección y limpieza.

La combinación de calor y humedad hacen a los pasteurizadores de túnel demandantes en cuestión de materiales de construcción. Por lo que actualmente son de acero inoxidable ya que este material tiene alta resistencia a la corrosión.

La figura muestra claramente la existencia de un punto que será el último en recibir los efectos del tratamiento térmico: el punto frío. Este punto se encuentra aproximadamente entre 6 y 10 mm desde la base del contenedor pero dependerá de varios factores tales como la viscosidad del producto y las características físicas del contenedor.



El proceso de calentar y enfriar gradualmente los contenedores minimiza el riesgo de choque térmico que podría destruir las botellas de vidrio. Como una regla general la diferencia de temperatura entre el agua de rocío y el contenido de las botellas debe de ser entre 22 y 25 °C durante el calentamiento y entre 18 y 22 °C durante el enfriamiento, el cual es compatible para la mayoría de las botellas de vidrio.

Otro factor que debe de considerarse es la presión generada en la botella durante la pasteurización. La presión dependerá del volumen de gas sobre el líquido, referido como "el espacio de cabeza". Como regla general "el espacio de cabeza" debe ser cerca de 3 % del contenido de la botella.

VI) Empacado

Las botellas son empacadas en un cartón de corrugado o una caja de cartón reforzado para su embarque.

Las cajas son transportadas al paletizador, donde quedan automáticamente apiladas en palets, listas para el embarque.

VII) Almacenamiento

Si la carga paletizada de cerveza va a ser almacenada durante un tiempo, debe tenerse cuidado de no exponer las cargas a corrientes de aire caliente de calentadores. La temperatura de la cerveza debe de mantenerse a no más de 37 ° C.

La cerveza que tiene un contenido de aire elevado ligeramente y que es almacenada a temperaturas de 32 - 39 ° C tiene la posibilidad de captar un sabor oxidado en poco tiempo.

Debe tenerse cuidado de evitar daños provenientes de montacargas durante las maniobras de estibado o carga, además se debe de cuidar la altura de las estibas ya que se pueden dañar los cartones paletizados.

Capítulo III

Calidad en la cerveza

La calidad de la cerveza está en los ojos, nariz, boca y mente del consumidor. Aunque resulta difícil descubrir que es lo que ve, huele, saborea y piensa.

El sabor es el atributo más importante del producto y hay una necesidad por una degustación responsable para detectar el sabor.

Para tener una cerveza de calidad se supone que esta, no debe tener aspectos reconocidos como indeseables. Para esto se tomarán cuatro aspectos:

1. Perfil del sabor.
2. Referencias de sabor.
3. Análisis químico y físico.
4. Especificaciones de materias primas y del proceso.

Fabricar una cerveza de calidad y conseguir que llegue al consumidor en su mejor estado requiere de una serie de consideraciones.

Aparte de los reportes de muestreo y análisis está el aspecto de ingeniería y mantenimiento. Idealmente no debe cambiar la calidad de la cerveza, pero depende de varios factores que pueden alterar la calidad:

1. Una fuerza laboral leal y consistente
2. Una adecuada supervisión por parte de personal competente.
3. Servicios de laboratorio.
4. Buen mantenimiento e higiene en las áreas de proceso.
5. Establecer tiempos de limpieza y mantenimiento.
6. La calidad de la cerveza es únicamente responsabilidad de los operadores de los procesos, ya que ellos tienen un control real sobre la calidad.
7. Las organizaciones encargadas de asegurar la calidad varían según su filosofía y pueden cubrir desde un servicio de laboratorio hasta algo más completo en técnica, asesoría, consolidación y auditorías de varias plantas

En los 2 capítulos anteriores se vio el proceso para producir una cerveza desde su elaboración hasta su embotellado y pasteurizado, en este capítulo se establecerán los defectos que puede presentar una cerveza las causas que lo pueden originar, las soluciones a este defecto y como evitar que se presenten.

Descripción de defectos de la cerveza y la identificación de las causas en el proceso de elaboración y embotellado que los provocan.

Defecto	Causa	Corrección	Prevención
Turbidez con carbohidratos	Uso de materias primas o de inferior calidad	Enfriar para eliminar mediante filtración el velo que se desarrolle.	<p>Elaborar cerveza Aumentar el porcentaje de adjuntos. Usar malta modificada con nitrógeno. Usar formaldehído en la maceración. Usar masa de bajo pH. Usar aditivos en la olla de cocción: sulfitos. Evitar el excesivo uso de estabilizadores de espuma.</p> <p>Embotellado Mantener poco aire en el envase. Evitar la sobrepasteurización. En el almacenamiento y distribución:</p> <ol style="list-style-type: none"> Mantener el producto tan frío como sea posible. No congelarlo. Evitar variaciones de temperatura. Evitar agitarlo. Protegerlo de la luz. Rotar las existencias. Llevar la cerveza envasada al consumidor tan pronto como sea posible.
Turbidez metálica: presencia de estaño produce velo en la cerveza	Estaño por presencia en el agua	Utilizar enzimas a prueba de enfriamiento. Utilizar la absorción del material coloidal con carbón activado.	
Turbidez coloidal proteína-tanino: cuando el velo es visible para el consumidor, se convierte en un defecto	Las materias primas se pueden cuagular formando masas que aparecen como turbidez, como precipitado o como sedimento	Eliminar la fracción de proteína por medio de: silicatos, arcillas de bentonita, ácido tánico Eliminar el antocianógeno por medio de: pirrolidina polivinílica o nylon.	

Defecto	Causa	Corrección	Prevención
Sabor desagradable	Hongos originados en materiales descompuestos, adjuntos de malta, lúpulo y en CO ₂ o aire de contrapresión	N / A	Mantener las superficies limpias evitando el moho en las bodegas.
	Bacterial	N / A	Tener un control microbiológico estricto durante la fermentación. Supervisar la pasteurización adecuada del producto.
Sabor Clorofenólico	Agua contaminada por desperdicios industriales, insecticidas, asfalto, materia vegetal descompuesta.	N / A	Realizar una secuencia de filtraciones, dióxido de cloro u ozono y posteriormente usar carbón activado.
	Agentes de limpieza		No utilizar indebidamente las soluciones de cloro para limpiar tanques con revestimiento fenólico
Mal sabor u olor	Exposición a la luz: menos de un minuto al sol, pocas horas a la luz diurna o pocos días a iluminación fluorescente normal	N / A	Proteger la cerveza de la luz con longitud de onda de 50 nm
Oxidado	Contenido de aire alto	N / A	Mantener bajo el contenido de aire en la botella al llenarla
	Altas temperaturas de almacenamiento		Mantener debajo de 32 ° C la temperatura de la cerveza en el almacenamiento

Capítulo IV

Aplicación del Control Estadístico de Procesos para el Llenado de las Botellas de Cerveza

El control estadístico de procesos lo integran una serie de herramientas que son de gran utilidad para el análisis de datos obtenidos a través de mediciones u observaciones específicas en insumos que recibe la empresa, la manufactura dentro del proceso y el producto terminado, entre otras. Para su aplicación es importante la participación del trabajador en las funciones de calidad. Los beneficios al implantar dicho control se reflejan necesariamente en un incremento en la productividad, reducción de costos, mejoramiento constante del producto y la satisfacción del cliente.

El sistema de control estadístico de procesos es una herramienta de gran ayuda en el área productiva, de control y aseguramiento de calidad de una empresa que requiere es obtener una base de datos de la información de las muestras recogidas del proceso, en dicha base se pueden definir cualquier conjunto de productos con sus características o variables a controlar.

Lo anterior debe ser aplicado por cualquier empresa o industria que desee asegurar y controlar la calidad de los productos, servicios y procesos en laboratorio y planta. Los métodos de control estadístico de procesos tienen mucha importancia en el mejoramiento de la calidad, porque sabemos que representa la manera más segura y menos costosa de alcanzar los objetivos deseados.

Usar la estadística pudiera parecer muy difícil de lograr, pero la estadística no es más que una manera “astuta” de utilizar los números para tomar decisiones en la operación de cualquier planta y reducir el número de problemas de fabricación.

Se dice que un proceso está en control estadístico cuando no es afectado por causas especiales de variación. Si las variaciones que se presentan son debidas solo a causas comunes, el proceso está bajo control estadístico. Si en el proceso se presentan causas especiales de variación se dice que está fuera de control.

Como los procesos de fabricación raramente se encuentran libres de este tipo de defectos, es importante tener algún método sistemático de detectar las desviaciones notables de un estado de control estadístico, cuando estas se presentan o si es posible antes.

Herramientas estadísticas

Las **7 herramientas para el control de la calidad** pueden ser descritas genéricamente como "métodos para la mejora continua y la solución de problemas". Consisten en técnicas gráficas que ayudan a comprender los procesos de trabajo de las organizaciones para promover su mejoramiento. Son de creación occidental, excepto el **diagrama causa-efecto** que fue ideado por Ishikawa.

El éxito de estas técnicas radica en la capacidad que han demostrado para ser aplicadas en un amplio conjunto de problemas, desde el control de calidad hasta las áreas de producción, marketing y administración. Las organizaciones de servicios también son susceptibles de aplicarlas.

Estudio del área de oportunidad. Identificación de las causas del problema de llenado de botellas

De acuerdo al proceso de llenado se tienen problemas en el llenado de envases, debido a que no se lleva un control adecuado de este, por lo que el volumen se encuentra demasiado alto y sin control respecto de la norma establecida. Debido a lo anterior se realizó una lluvia de ideas para determinar las fallas que se presentan.

PROCESO	Variable	FALLA
LLENADO Y CORONADO	Velocidad de llenadora.	Baja velocidad
		Alta velocidad
	Contrapresión en el tazón	Baja contrapresión
		Alta contrapresión
	Presión del jetter	Baja presión
		Alta presión
	Posición del jetter	Fuera de posición
	Temperatura de la cerveza a pie de llenadora.	Temperatura de cerveza alta
	Presión de la cerveza a pie de llenadora.	Baja presión de cerveza
	Temperatura de la cerveza envasada a la salida de la llenadora.	Temperatura alta
Presión de cilindros elevadores	Presión baja	
	Presión alta	

Investigación de las posibles soluciones

De acuerdo a lo obtenido en la lluvia de ideas, es necesario establecer la herramienta estadística a utilizar para determinar las soluciones a aplicar y poder realizar un control adecuado del volumen.

Un **diagrama de dispersión** sirve cuando nos interesa saber si existe algún tipo de relación entre dos variables. Por ejemplo, puede ocurrir que dos variables estén relacionadas de manera que al aumentar el valor de una, se incremente el de la otra. En este caso hablaríamos de la existencia de una correlación positiva. También podría ocurrir que al producirse una en un sentido, la otra derive en el sentido contrario; por ejemplo, al aumentar el valor de la variable x , se reduzca el de la variable y . Entonces, se estaría ante una correlación negativa. Si los valores de ambas variable se revelan independientes entre sí, se afirmaría que no existe correlación.

Se trata de una herramienta especialmente útil para estudiar e identificar las posibles relaciones entre los cambios observados en dos conjuntos diferentes de variables. Suministra los datos para confirmar hipótesis acerca de si dos variables están relacionadas. Proporciona un medio visual para probar la fuerza de una posible relación.

Un **histograma** es un gráfico de barras verticales que representa la distribución de un conjunto de datos.

Su construcción ayudará a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores. Muestra grandes cantidades de datos dando una visión clara y sencilla de su distribución.

El Histograma es especialmente útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para analizar más detalladamente o tomar decisiones sobre la base de ellos. También es un medio eficaz para transmitir a otras personas información sobre un proceso de forma precisa e inteligible.

Permite la comparación de los resultados de un proceso con las especificaciones previamente establecidas para el mismo. En este caso, mediante el histograma puede determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y

hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones.

Proporciona, mediante el estudio de la distribución de los datos, un excelente punto de partida para generar hipótesis acerca de un funcionamiento insatisfactorio.

El diagrama de Ishikawa, o **Diagrama Causa-Efecto**, es una herramienta que ayuda a identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de características de calidad. Ilustra gráficamente las relaciones existentes entre un resultado dado (efectos) y los factores (causas) que influyen en ese resultado.

Este diagrama permite que el grupo se concentre en el contenido del problema, no en la historia del problema ni en los distintos intereses personales de los integrantes del equipo. Ayuda a determinar las causas principales de un problema, o las causas de las características de calidad, utilizando para ello un enfoque estructurado.

Estimula la participación de los miembros del grupo de trabajo, permitiendo así aprovechar mejor el conocimiento que cada uno de ellos tiene sobre el proceso, incrementa el grado de conocimiento sobre un proceso, identificar las causas-raíz, o causas principales, de un problema o efecto y es útil para clasificar y relacionar las interacciones entre factores que están afectando al resultado de un proceso.

Estratificación es un método consistente en clasificar los datos disponibles por grupos con similares características. A cada grupo se le denomina estrato.

Los estratos a definir lo serán en función de la situación particular de que se trate, pudiendo establecerse estratificaciones atendiendo a:

Personal.

Materiales.

Maquinaria y equipo.

Áreas de gestión.

Tiempo.

Entorno.

Localización geográfica.

Otros.

La estratificación permite aislar la causa de un problema, identificando el grado de influencia de ciertos factores en el resultado de un proceso. Puede apoyarse y servir de base en distintas herramientas de calidad, si bien el histograma es el modo más habitual de presentarla.

El **Diagrama de Pareto** constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales).

Esta herramienta ayuda a concentrarse en las causas que tendrán mayor impacto en caso de ser resueltas. Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.

Ayuda a evitar que se empeoren alguna causas al tratar de solucionar otras. Su formato altamente visible proporciona un incentivo para seguir luchando por más mejoras.

También determina cuál es la causa clave de un problema, separándola de otras presentes pero menos importantes. Contrasta la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes. Pueden ser asimismo utilizados tanto para investigar efectos como causas.

Una **hoja de verificación** es un impreso con formato de tabla o diagrama, destinado a registrar y compilar datos mediante un método sencillo y sistemático, como la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos. Esta técnica de recopilación de datos se prepara de manera que su uso sea fácil e interfiera lo menos posible con la actividad de quien realiza el registro.

Es un método que proporciona datos fáciles de comprender y que son obtenidos mediante un proceso simple y eficiente que puede ser aplicado a cualquier área de la organización. Las hojas de verificación reflejan rápidamente las tendencias y patrones subyacentes en los datos.

En la mejora de la calidad, se utiliza tanto en el estudio de los síntomas de un problema, como en la investigación de las causas o en la recolección y análisis de datos para probar alguna hipótesis.

También se usa como punto de partida para la elaboración de otras herramientas, como por ejemplo los gráficos de control.

Gráficos de control

Los gráficos de control fueron ideados por Shewhart durante el desarrollo del control estadístico de la calidad. Han tenido una gran difusión siendo ampliamente utilizados en el control de procesos industriales. Sin embargo, con la reformulación del concepto de Calidad y su extensión a las empresas de servicios y a las unidades administrativas y auxiliares, se han convertido en métodos de control aplicables a procesos llevados a cabo en estos ámbitos.

Existen diferentes tipos de gráficos de control:

- Por variables. Que a su vez pueden ser de media y rango, mediana y rango, y valores medidos individuales.
- Por atributos. Aceptable-inaceptable, sí-no, etc.

En los procesos productivos existen muchos factores que deben ser mejorados y éstos a su vez consisten de varios problemas pequeños, por lo que en ocasiones resulta difícil saber cual atacar primero y que camino seguir para resolverlos.

La capacidad para leer o “interpretar” los gráficos de control y determinar justamente que acción correctiva debe tomarse, es cuestión de experiencia y buen juicio.

Un gráfico de control consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de ellos colocado por encima de la línea central y otro por debajo, y en unos valores característicos registrados en el gráfico que representa el estado del proceso.

Existen gráficos de control por variables y por atributos, estas se subdividen en otros tipos. De estas gráficos se utilizaran tan solo los gráficos X-R.

Principios del gráfico de control

La calidad de un producto manufacturado por medio de un proceso inevitablemente sufrirá variaciones. Estas variaciones pueden deberse al azar (y son inevitables en el proceso) ó a causas asignables; cuando en un proceso existe variación por causas asignables, se dice que el proceso está en un estado de descontrol. Para controlar un proceso, se requiere poder predecir el resultado dentro de un margen de variación

debido al azar, es decir, se requiere la eliminación de causas asignables de fluctuación errática. Los límites de control se colocan de modo que revelen la presencia ó ausencia de estas causas asignables.

Un mérito del gráfico de control es que indica cuando se debe "dejar en paz" un proceso y también cuando hay que intervenir para corregir los problemas, y en ocasiones da una idea de donde buscar.

El uso más importante de un gráfico de control es para mejorar el proceso, y en base a esto se ha encontrado que, generalmente:

1. La mayoría de los procesos no operan bajo un control estadístico.
2. Consecuentemente, el uso consistente del gráfico de control sirve para identificar las causas asignables. Si esas causas pueden ser eliminadas del proceso, la variabilidad puede ser reducida y se mejorará el proceso.
3. El gráfico de control solo indica cuando se presenta un patrón de variación anormal, por lo cual se requiere de actividades de ajuste para eliminar estos. En la identificación y eliminación de las causas asignables es importante encontrar la raíz del problema y atacarla.
4. El gráfico de control nos da información para lograr que el proceso cumpla con las especificaciones (logre habilidad)

El gráfico de control nos da información muy útil para conocer nuestro proceso, tal como la media, la desviación estándar, la fracción no-conforme, etc., y con esta se puede determinar la capacidad del proceso.

La distancia que existe entre los límites de control y la línea central es de 3 desviaciones estándar.

Los límites de control son la voz natural del proceso, cuando existen patrones de anomalía con respecto a estos límites es cuando se debe de investigar y actuar para eliminar estos patrones.

Patrones de anomalía en el llenado de las botellas

De acuerdo a lo revisado y obtenido se tienen 12 patrones de anomalía los cuales se describirán en el capítulo V.

Gráficos X-R

Los gráficos X-R son gráficos de control que se utilizan para controlar y analizar un proceso en el cual la característica de calidad del producto que se está midiendo toma valores continuos, y esto proporciona la mayor cantidad de información sobre el proceso. \bar{X} representa el valor promedio de un subgrupo. Un gráfico R se utiliza generalmente en combinación con un gráfico \bar{X} para controlar la variación dentro de un subgrupo.

- ¿que es el promedio y como se calcula?

Promedio es la suma de todos los volúmenes entre el número de ellos

- Promedio = $(v_1+v_2+v_3+v_4+v_5)$ entre 5
- ¿que es el rango y como se calcula?
- Rango es la variación que se tiene entre los volúmenes de la muestra
- Rango = volumen máximo menos volumen mínimo

- ¿cuál de los dos es más importante?

- El rango es más importante ya que depende de la observación del operador para determinar las causas de las variaciones, debido a que al tener la menor variación posible nuestro proceso ya esta casi controlado.
- El promedio se puede ajustar mediante el cambio de los tubos por unos de diferente altura

ELABORACIÓN DE GRAFICOS DE CONTROL

El control estadístico con gráficos de control consiste en 20 pasos.

- 1. DEFINIR EL PLAN DE USO DE LA GRAFICA
 - instrumento de medición, tamaño de muestra, frecuencia de muestreo, punto de muestreo, método de muestreo, formato de la gráfica.
- 2. CAPACITACIÓN
 - Definir alcance y temas a cubrir, usuarios a capacitar, dar capacitación, registrar capacitación.
- 3. RECOLECCIÓN DE DATOS

- Realizar mediciones de Contenido Neto, Registrar los datos en el área establecida, Recolectar 25 subgrupos mínimo.
- 4. ELABORAR EL PRIMER GRAFICO
 - Graficar de acuerdo al formato a utilizar
- 5. CALCULO DE LOS PRIMEROS LÍMITES
- 6. REEVALUACIÓN DEL PLAN DE USO
 - Revisar las decisiones tomadas en el paso 1 y en su caso modificar o confirmar.
- 7. PREPARACIÓN DE LAS GRÁFICAS
 - Trazar límites de Control, líneas centrales, escala, dividir la gráfica en tercios, tener disponibles las gráficas en los lugares de uso.
- 8. LLENADO DE LA BITACORA DE PROCESO
 - Continuar tomando datos, registrar condiciones de operación y cualquier cambio que se realice a los parámetros iniciales.
- 9. APLICACIÓN DE ACCIONES
 - Reaccionar a los patrones anormales hasta eliminarlos, recolectar y analizar las gráficas.
- 10. CONTROL DE PROCESO
 - No tener más de un punto fuera de control en 35 puntos o no tener 2 en 100 puntos, no deben presentar otros patrones de anomalía
- 11. CALCULAR LA CAPACIDAD DEL PROCESO
- 12. SEGUNDA REEVALUACIÓN DEL PLAN DE USO
- 13. MEJORA DEL PROCESO
- 14. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
- 15. Cpk IGUAL A 1
- 16. Cpk IGUAL A 1.1
- 17. Cpk IGUAL A 1.2
- 18. Cpk IGUAL A 1.33
- 19. Cpk MAYOR A 1.33
- 20. PROGRAMA PARA Cpk

Elaboración de un gráfico X-R

Paso 1. DEFINIR PLAN DE USO DEL GRAFICO. RESPONSABLE: Encargado

Definir la variable	Se estableció que la variable a controlar era el volumen en botella de 1.5 litros
Definir el usuario	El usuario es el operador de la llenadora
Seleccionar el instrumento de medición	El instrumento de medición es la balanza ya que se determina el volumen del contenido de la botella por peso
Definir el tamaño de muestra	Se estableció una muestra de 5 datos para formar un punto
Establecer frecuencias de muestreo	El muestreo se realiza cada 2 horas
Definir punto de muestreo	A la salida de la llenadora se realiza el muestreo
Definir método de muestreo	Se toman 5 botellas al azar, no importando el número de la válvula

Paso 2. CAPACITACION. RESPONSABLE: Encargado

Definir el alcance	Se realiza solo en la línea de producción 5 con volumen de 1.5 litros
Dar y Registrar la capacitación	Se capacita a los llenadores de la Línea 5

Paso 3. TOMA DE DATOS. RESPONSABLE: Operador

Se realizan las mediciones de acuerdo al paso 1 Se registran los datos en una hoja de recolección	Se recolectan 125 datos obteniendo 25 subgrupos con 5 datos cada uno
------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

Paso 4. ELABORAR GRAFICO RESPONSABLE: Supervisor

Se calculan las \bar{x} 's como el promedio de cada subgrupo.

Se calculan los rangos R de cada subgrupo restando el valor mínimo del máximo de los datos del subgrupo.

Se grafican los rangos y las medias.

Paso 5. CÁLCULO DE LOS LÍMITES DE CONTROL. RESPONSABLE: Supervisor

Se calculan cada una de las líneas de control para el gráfico \bar{X} y el gráfico R

Gráfico X

Se calcula la media de medias (valor de línea central), sumando los valores de las medias y dividiendo el resultado entre el número de medias.

Línea central ($LC = \bar{X}$)	1497.23
Límite de control superior ($LSC = \bar{X} + A_2 R$)	1511.68
Límite de control inferior ($LIC = \bar{X} - A_2 R$)	1482.78

Gráfico R

Se calcula la media de los rangos, sumando los valores de los rangos y dividiéndolo entre el número de rangos.

Línea central ($LC = \bar{R}$)	25.05
Límite de control superior ($LCS = D_4 R$)	52.96
Límite de control inferior ($LCI = D_3 R$)	0.00

Paso 6. REEVALUACION DEL PLAN DE USO DEL GRAFICO. RESPONSABLE: Encargado

Se realiza una reevaluación de la información, no siendo necesario modificar el plan de uso del gráfico

Definir la variable	Se estableció que la variable a controlar era el volumen en botella de 1.5 litros
Definir el usuario	El usuario es el operador de la llenadora
Seleccionar el instrumento de medición	El instrumento de medición es la balanza ya que se determina el volumen del contenido de la botella por peso
Definir el tamaño de muestra	Se estableció una muestra de 5 datos para formar un punto
Establecer frecuencias de muestreo	El muestreo se realiza cada 2 horas
Definir punto de muestreo	A la salida de la llenadora se realiza el muestreo
Definir método de muestreo.	Se toman 5 botellas al azar, no importando el número de la válvula

Paso 7. PREPARACION DE GRAFICAS. RESPONSABLE: Operador

Encabezado lleno. Trazar límites de control Trazar líneas centrales. Seleccionar la escala. Dividir el gráfico en tercios. Tener los gráficos disponibles en el área de uso.	Se prepara el gráfico: Datos de la línea, proceso, variable a controlar, límites de control en medias y rangos.
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Paso 8. LLENADO DE BITACORA DE PROCESO. RESPONSABLE: Operador

Se continúa tomando datos.
Se calculan medias y rangos.
Se registran y grafican los valores de medias y rangos
Se registran las condiciones iniciales de operación.
No se tienen cambios en los parámetros iniciales.

Paso 9. APLICACIÓN DE ACCIONES RESPONSABLE: Operador

Reacciona a los patrones anormales que se presenten en el gráfico de control.
Registra ajustes a los parámetros de proceso.

Paso 10. LOGRAR EL CONTROL DEL PROCESO. RESPONSABLE: Operador

No tener mas de un punto fuera de control en 35 puntos o
no tener más de 2 en 100 puntos.
No deben de presentarse otros patrones de anormalidad.

Paso 11. CALCULAR LA CAPACIDAD DEL PROCESO. RESPONSABLE:

Supervisor
Aplicar las formulas establecidas en los gráficos.

Paso 12. REALIZAR UNA 2ª REEVALUACION DEL PLAN DE USO DE LA GRAFICA. RESPONSABLE: Supervisor

Se realiza una 2ª reevaluación de la información, no siendo necesario modificar el plan de uso del gráfico
Se estableció que la variable a controlar era el volumen en botella de 1.5 litros
El usuario es el operador de la llenadora
Se estableció una muestra de 5 datos para formar un punto
El muestreo se realiza cada 2 horas
A la salida de la llenadora se realiza el muestreo
Se toman 5 botellas al azar no importando el número de la válvula

Paso 13. FORMA UN EQUIPO DE TRABAJO

Paso 14. APLICAR METODOS DE SOLUCION DE PROBLEMAS

Solicita la participación de un representante por actividad (producción, mantenimiento, calidad, etc.). Define un coordinador de ese grupo Define un método de trabajo del equipo Define la frecuencia de reuniones.	Se forma un grupo de trabajo, definiendo la metodología para solucionar la causa de la formación de los patrones anormales y mejorar el CPk hasta lograr mantenerlo por arriba de 1.33
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Paso 15. EL EQUIPO DE TRABAJO LOGRA UN CPk IGUAL A 1.

Paso 16. EL EQUIPO DE TRABAJO LOGRA UN CPk IGUAL A 1.1

Paso 17. EL EQUIPO DE TRABAJO LOGRA UN CPk IGUAL A 1.2

Paso 18. EL EQUIPO DE TRABAJO LOGRA UN CPk IGUAL A 1.33

Paso 19. EL EQUIPO DE TRABAJO LOGRA UN CPk MAYOR A 1.33

Paso 20. EL EQUIPO DE TRABAJO ESTABLECE UN PROGRAMA PARA MANTENER UN CPk MAYOR A 1.33.

Capítulo V

Enseñando al Personal que Opera las Llenadoras el Uso de la Herramienta Estadística Seleccionada

Elaboración de material didáctico sobre el uso de la herramienta estadística dirigido a operadores de las llenadoras.

La mayoría de las responsabilidades en el control de calidad son responsabilidades conjuntas, y la introducción de los gráficos de control no es la excepción. El equipo de control de calidad es el responsable de introducir los gráficos y asegurarse que funcionen. Sin embargo, el supervisor tiene una responsabilidad especial en esta conexión, ya que es el miembro del equipo que trata directamente con la gente. Algunas de las responsabilidades específicas del supervisor son las siguientes:

- Informarse él mismo de los principios generales de estadística.
- Entender el funcionamiento de todos los gráficos de su área.
- Explicar a la gente asociada con los gráficos los siguientes puntos:
 - a. La importancia de los gráficos.
 - b. Como deben trabajar.
 - c. Los beneficios para ellos de uso apropiado de los gráficos.
- Asegurarse que la gente que elabora y lee el gráfico lo hace correctamente.
- Analizar los gráficos y otros procesos de control, y ver si funcionan como se pretende.

Algunas de las responsabilidades específicas del operador de la llenadora son las siguientes:

- Aprender los principios básicos de la estadística.
- Entender el funcionamiento de los gráficos de control
- Entender la importancia de los gráficos y los beneficios para ellos del uso apropiado de los gráficos.
- Elaborar e interpretar correctamente los gráficos de control.

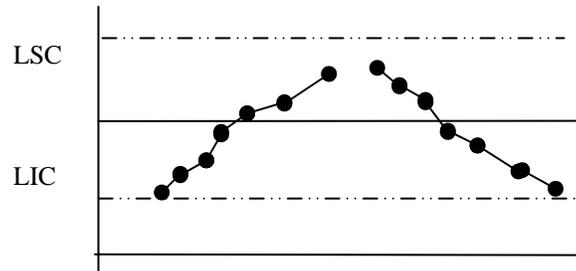
Capacitación de los operadores de las llenadoras sobre el uso de la herramienta estadística

Para lo anterior se realizó un curso especial para el uso correcto del gráfico de control por variables $\bar{x} - R$ en el cual se explica desde el cálculo de los datos de \bar{x} y R hasta los patrones anormales a identificar y las posibles causas.

Patrones de anomalía que se presentan en los gráficos de control

Patrón tendencia 1:

Un movimiento continuo de 7 puntos hacia arriba o hacia abajo.

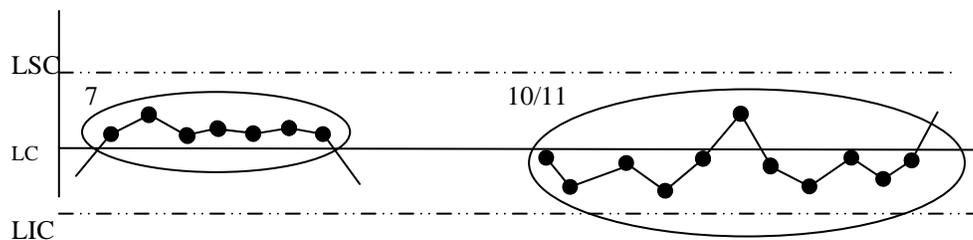


MEDIA	RANGO
a) Herramientas deterioradas.	a) Cambio en técnicas de operación.
b) Maquinaria vieja.	b) Cambio en programa de mantenimiento.
c) Mantenimiento incorrecto con efectos acumulativos.	c) Herramientas deterioradas.
d) Cambio en cantidades requeridas de producción.	d) Mejora o detrimento de la pericia del operario.
e) Deterioro gradual del equipo.	e) Fatiga del operario.
f) Acumulación de productos de desecho.	f) Cambio gradual en la homogeneidad de la calidad del material recibido.
g) Fatiga del operador.	
h) Cambio gradual en estándares.	
i) Efecto estacional incluyendo temperatura y humedad.	

Patrón tendencia 2:

7 puntos consecutivos del mismo lado de la línea central o:

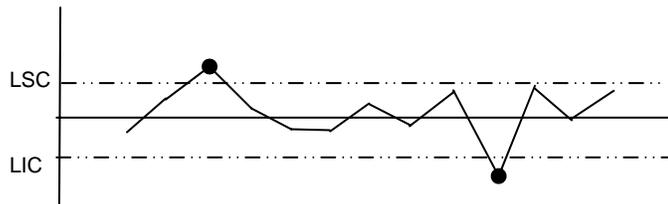
- Al menos 10 de 11 puntos consecutivos están de un lado de línea central.
- Al menos 12 de 14 puntos consecutivos están de un lado de la línea central.
- Al menos 14 de 17 puntos consecutivos están de un lado de la línea central.
- Al menos 16 de 20 puntos consecutivos están de un lado de la línea central.



MEDIA	RANGO
a) Maquinaria vieja.	a) Fatiga del operario.
b) Mantenimiento incorrecto con efectos acumulativos.	b) Cambio en programa de mantenimiento.
c) Fatiga del operador.	c) Cambio gradual en la homogeneidad de la calidad del material recibido.
d) Cambio en el aparato o método para inspección.	

Patrón fuera de control :

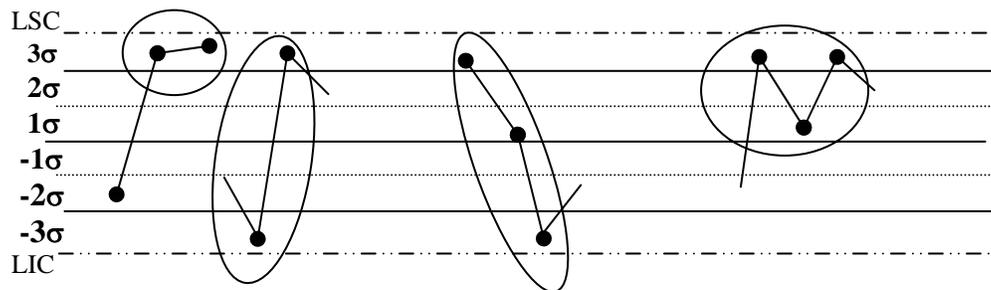
Un punto fuera de los límites de control.



MEDIA	RANGO
a) Error de medición.	a) Daño accidental en manejo.
b) Error en el trazado.	b) Operación incompleta.
c) Datos obtenidos sobre una escala no lineal.	c) Operación omitida.
d) Operación incompleta.	d) Avería de instalaciones.
e) Operación omitida.	e) Unidad experimental.
f) Avería en instalaciones.	f) Medición errónea.
	g) Error en trazado.

Patrón tendencia 3 :

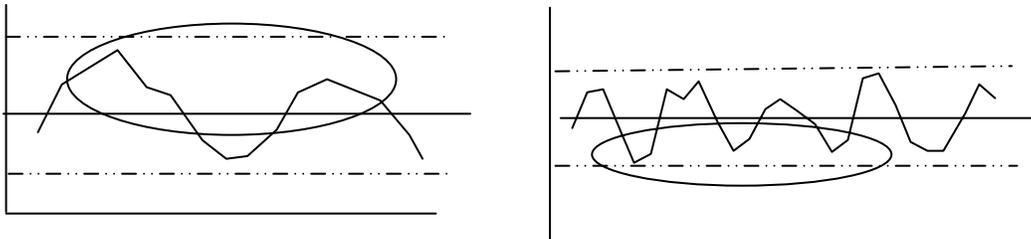
2 de 3 puntos consecutivos caen más allá de la zona de 2-sigma pero dentro de los límites de control.



MEDIA	RANGO
a) Sobreajuste de la máquina.	a) Mezcla de material.
b) Diferentes lotes de material mezclados en la bodega.	b) Operador no entrenado.
c) Descuido del operador al fijar control de temperatura o regulación de tiempo en un aparato.	c) Máquina en necesidad de reparación.
d) Comportamiento errático de controles automáticos.	d) Operador descuidado.
e) Piezas mezcladas en la línea.	e) Piezas defectuosas.
	f) Equipo de prueba inestable.

Patrón tendencia 4 :

Cuando la curva presenta una serie de puntos en forma ascendente y/o descendente con patrones repetidos para casi el mismo intervalo.

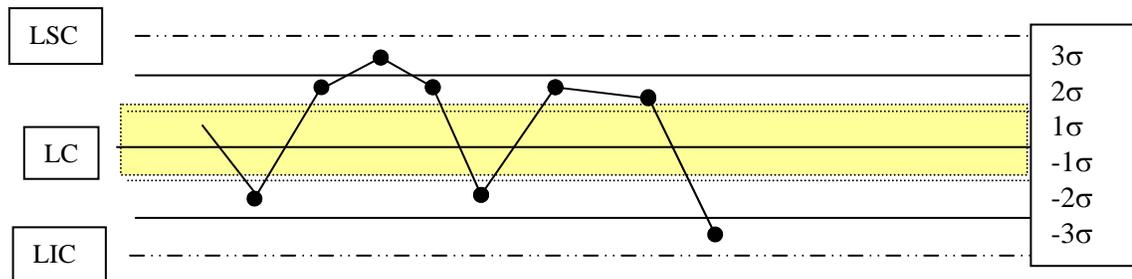


Causas

MEDIA	RANGO
a) Cambio sistemático en el medio ambiente (tal como la temperatura).	a) Fatiga del operador.
b) Fatiga del operador.	b) Diferencias entre los cambios de día y noche.
c) Rotación regular de operadores y máquinas.	c) Herramientas gastadas o inservibles.
d) Fluctuaciones en voltaje, presión o algunas otras variables en el equipo de producción.	d) Programa de mantenimiento.
e) Diferencias entre aparatos de medición usados por inspectores.	e) Fatiga de los operarios.
f) Combinación de subconjuntos u otros procesos.	
g) Diferencias en los cambios de día y noche.	

Patrón tendencia 5 :

Cuando 8 puntos consecutivos caen en ambos lados de la línea central, pero fuera de la zona de 1 sigma.

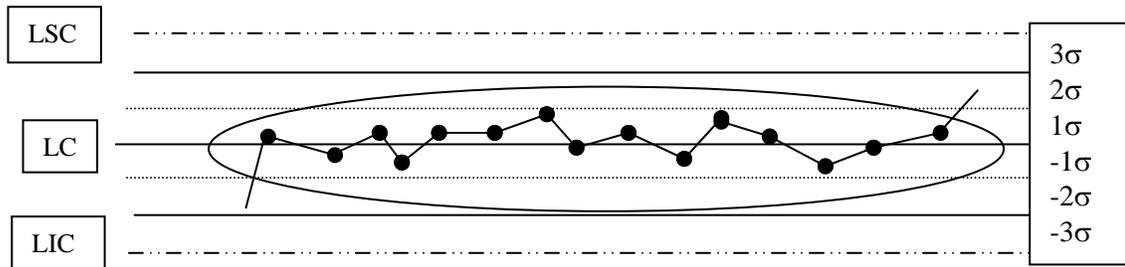


Causas

MEDIA	RANGO
a) "Sobrecontrol" cuando los operadores efectúan ajustes con demasiada frecuencia.	a) Diferentes lotes de material en bodega.
b) Diferencia consistentes en materiales, operadores.	b) Grandes cantidades de piezas mezcladas en la línea.
c) Diferentes lotes de material en bodega.	c) Salto en controles automáticos.
d) Grandes cantidades de piezas mezcladas en la línea.	

Patrón tendencia 6 :

15 puntos consecutivos en la zona de 1 sigma (arriba y debajo de la línea central).

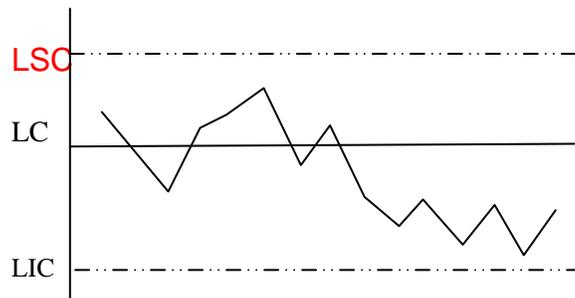


Causas

MEDIA	RANGO
a) Subgrupos incorrectos; la gráfica R recibe mas variabilidad que la gráfica X.	a) Recopilación, en cada muestra, de cierto número de mediciones provenientes de universos muy variados.
b) Cálculo de límites de control incorrecto.	

Patrón salto :

Un cambio brusco de nivel se presenta por un cambio instantáneo de un número de datos en una dirección u otra.



Causas

MEDIA	RANGO
a) Cambio a un diferente tipo de material.	a) Cambio en motivación de operadores.
b) Nuevo operador.	b) Nuevos operadores.
c) Nuevo inspector.	c) Nuevo equipo.
d) Nueva prueba.	d) Cambio a un material diferente.
e) Nueva máquina.	e) Cambio en el método.
f) Cambio en el aparato o método para inspección.	
g) Cambio en organización o método.	

Formulas para realizar un grafico de control X-R

Media (\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x}{n}$$

n = número de muestras

Límite Superior de Control de medias (LSC)

$$LSC = \bar{x} + A_2 \bar{R}$$

Límite Inferior de Control de medias (LIC)

$$LIC = \bar{x} - A_2 \bar{R}$$

—

R= Rango promedio

Para rangos se tienen las siguientes fórmulas:

$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^N R}{N}$	Límite / Superior / control = $LSC_R = D_4 R$ Límite / Superior / control = $LIC_R = D_3 R$
--------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------

N= Número de datos de rangos

Capacidad de proceso (Cp)

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6s}$$

Habilidad de proceso (Cpk)

$$Cp_{LSEk} = \frac{LSE - \bar{x}}{3s}$$

$$Cp_{LIEk} = \frac{\bar{x} - LIE}{3s}$$

$$Cp_k = Cp_{LSEk}$$

Solo teniendo:

$$Cp_{LSEk} < Cp_{LIEk}$$

O si tenemos

$$Cp_k = Cp_{LIEk}$$

si

$$Cp_{LSEk} > Cp_{LIEk}$$

Factores para el cálculo de límites de control

n (tamaño de muestra)	A_2	d_2	D_3	D_4
2	1.880	1.128	0	3.267
3	1.023	1.693	0	2.574
4	0.729	2.059	0	2.282
5	0.577	2.326	0	2.114
6	0.483	2.534	0	2.004
7	0.419	2.704	0.076	1.924
8	0.373	2.847	0.136	1.864
9	0.337	2.970	0.184	1.816
10	0.308	3.078	0.223	1.777

Análisis y Discusión

En la actualidad para trabajar en una compañía cervecera es necesario tener conocimientos diversos en varios temas.

Para el control estadístico de un proceso en tiempo real se utiliza un gráfico de control para evaluar la estabilidad de un proceso. En todo proceso se tienen variaciones que se agrupan en causas aleatorias de variación las cuales son debidas al azar y están presentes en todo proceso; y las causas específicas que deben ser descubiertas y eliminadas, para alcanzar el objetivo de estabilizar el proceso.

Los gráficos de control son útiles para vigilar la variación de un proceso en el tiempo, probar la efectividad de las acciones de mejora emprendidas, así como para estimar la capacidad del proceso. Ayudan a la mejora de procesos, de forma que se comporten de manera uniforme y previsible para una mayor calidad, menores costos y mayor eficacia.

Por lo anterior es importante en el área laboral manejar adecuadamente esta herramienta estadística para lograr resultados satisfactorios y desarrollar adecuadamente los procesos para lograr que estos sean más eficientes.

Beneficios de los gráficos de control

Variables:

- Información sobre la variabilidad básica de la característica de calidad
- Información sobre la congruencia en el comportamiento o rendimiento
- Grado promedio de la característica de calidad

Fracción defectiva:

- Información sobre puntos de mejora en el proceso.
- Mejora en métodos y normas de inspección
- Orientación en recibos de proveedores.

Información útil de los gráficos de control

- Establecimiento o mejora de las normas para la inspección.
- Evaluación periódica del rendimiento o comportamiento del departamento en términos de calidad.
- Evaluación de la calidad del suministro de diversos proveedores.
- Establecimiento de inspección efectiva del proceso.

Objetivos de los gráficos de control

Cuando se inicia un gráfico de control en un área ó trabajo determinado, es necesario tener en mente algunos objetivos tangibles. Estos objetivos pueden ser:

- Mejorar la calidad
- Reducir pérdidas o re-trabajos
- Hacer el proceso más estable, esto es, menos sujeto a problemas impredecibles.
- Encontrar la causa de algunas dificultades, las cuales se presentan frecuentemente.
- Descubrir cuales operaciones o características son capaces de cambiar o influenciar a otras operaciones.
- Estratificar la importancia de las especificaciones.

Conclusiones

De acuerdo a lo establecido anteriormente se explicó de manera adecuada como se debe de producir una cerveza con la más alta calidad desde su elaboración hasta su embotellado teniendo los mayores cuidados para evitar daños en el producto que provocarían una mala imagen del producto que van desde una cerveza con propiedades organolépticas malas (mal sabor, olores extraños) o daños en la presentación (mal etiquetado, cartón roto o incompleto encintado deficiente).

Los principales cuidados se deben tomar en cuenta principalmente al embotellar la cerveza ya que es donde se le dan las características finales, para que llegue al consumidor final y este decida si continua consumiendo el producto.

La calidad de la cerveza naturalmente presupone la ausencia de aspectos reconocidos generalmente como indeseables.

Además se establece como controlar alguna de las variables que se manejan para producir la cerveza por medio del control estadístico en especial de los gráficos de control.

El control estadístico en los procesos de llenado es de vital importancia para disminuir costos y generar un producto con alta calidad.

Para lo anterior se tienen varias herramientas estadísticas que son de gran utilidad para lograr lo anterior.

Los gráficos de control ayudan a controlar los procesos en tiempo real para que el producto que se obtenga sea lo más uniforme posible y así evitar fallas en el proceso.

Por último es importante establecer un sistema de calidad para dar el reconocimiento por parte del cliente, sobre como una empresa cervecera se esfuerza por cumplir con sus necesidades y expectativas.

De acuerdo a lo revisado anteriormente se estable que se cumplieron los objetivos establecidos

Se cumple con el objetivo principal de este trabajo es establecer la herramienta estadística adecuada para tener en control estadístico el volumen en llenadoras de cerveza de 1.5 litros en el capítulo 4.

Elaborar material didáctico para explicar cómo aplicar la herramienta estadística seleccionada al personal que opera las llenadoras en una industria cervecera en el capítulo 5.

Otros objetivos son:

Describir el proceso de elaboración y embotellado de una cerveza en los capítulos 1 y 2.

Identificar los defectos en el producto final (la cerveza) debidos a fallas específicas en algún paso de su elaboración y embotellado en el capítulo 3.

Bibliografía

1. MANUAL DEL CERVECERO
Kunze, Wolfgang; Technology Brewing and Malting; 2a. Ed. VLB Berlin (1999).
2. BEER: TAP INTO THE ART AND SCIENCE OF BREWING
Charles Bamforth
1998, 245 págs.
3. LA ENCICLOPEDIA DE LA CERVEZA
Berry Verhoef
Editorial Libra, 304 págs.
4. LA ENCICLOPEDIA DE LA CERVEZA
Berry Verhoef
Edimat Libros, 447 págs.
5. EL LIBRO DEL AMANTE DE LA CERVEZA
Christian Berger y Philippe Duboe – Laurence
Editorial J. J. Editl Olañeta, 222 págs.
6. AMANTES DE LA CERVEZA
Josh Leventhal
Editorial Konemann, 178 págs.
7. EL GRAN LIBRO DE LAS CERVEZAS
Gilbert Delos
Edit. Liberlibro, 254 págs.
8. BEER
Michael Jackson
Edit. Dorling Kindersley, 192 págs.
9. BIRRE DEL MONDO
Bill Yenne
Edit. Magris Books, 192 págs.
10. THE WORLD ENCICLOPEDIA OF BEER
Brian Glover
Edit. Lorenz Books, 256 págs.
9. BEER PASTEURIZATION
10. B´VIENDO “Cerveza en envase de plástico”
Rodríguez Tarango, José A. Mayo 2003 No. 56 Págs 5-8.
12. Introduction to Statistical Quality Control

Douglas C. Montgomery

13. Teoría y práctica del control de calidad
Hansen, B.L.

14. Control Estadístico de Calidad
Grant, E.L.; Leavenworth, R.S.

15. Statistical Methods for Quality Improvement
Hitoshi Kume

Internet

1. KBS Collection: Base de datos con más de mil cervezas con fotografías.
<http://tuoppi oulu.fi/kbs/beer>

2. Breweries of the World, Club, Collector's Page, International Meetings, Links, Labels and Coasters GIF
<http://www.multimania.com/ciuitre>

3. Beer Collector (La página del coleccionista de cerveza)
<http://beercollector.homepage.com>

4. Breweriana and Beer Can Search
<http://www.breweriana.com>

5. The Beer Info Source
<http://www.beerinfo.com>

6. Real Beer Page (Mucho de todo)
<http://www.realbeer.com>

7. Beer Web
<http://www.beerweb.com/spanish/home.shtml>

8. Beer.com
<http://www.beer.com>

9. World Of Beer (magazine)
<http://www.WorldOfBeer.com>

10. Beer Masters (Asociación de Maestros de la Cerveza)
<http://www.beermasters.com>