

I. RESUMEN EJECUTIVO

Para poder realizar un adecuado añejamiento del ron es necesario contar con materias primas e insumos de calidad que permitan asegurar las características deseadas del producto final, para añejar el ron se utilizan barriles de roble americano que son los responsables de impregnarlo de aromas, sabores a madera, vainilla y coco los cuales son adquiridos por sus componentes tánicos y el aporte exacto de oxígeno que pasa a través de sus poros, todo este proceso se da al estar el producto en contacto directo con la madera del barril por varios años.

Los barriles de roble americano son adquiridos principalmente de Estados Unidos, estos son enviados en contenedores por vía marítima y pueden pasar varios días e incluso semanas antes de llegar a planta, por todo este tiempo que el barril pasa sin líquido ocurre una reducción de la humedad en la madera por lo que las duelas se comprimen creando pequeñas aberturas, debido a esto es necesario ensanchar la madera nuevamente, para cerrar esas aberturas, y poder llenar el barril con el producto a añejar.

El ensanchamiento de los barriles actualmente se hace llenándolos al total de su capacidad con agua potable, la cual queda en reposo como mínimo por 24 horas, para poder ensanchar 100 barriles diarios es necesario disponer de 20,000 litros de agua y 6 personas laborando, esto hace que el proceso sea muy lento y requiera muchos insumos. Al terminar su función el agua es sacada del barril y descargada directamente a drenajes generales.

Debido a este gasto innecesario de un recurso vital, como lo es el agua, se propone realizar un sistema de ensanchamiento de barriles eliminando el uso directo de agua y sustituyéndolo por vapor.

Para llevar a cabo este sistema es necesario utilizar una caldera de 20 HP la cual generará 690 Lbs/hr de vapor de agua, y realizar la construcción de un cuarto específico para el ensanchamiento.

El área para realizar este proceso se deberá instalar cerca del área de llenado de producto y del taller de reparación para hacer más eficiente el traslado interno de los barriles.

El proceso inicia ingresando los barriles al cuarto de ensanchamiento, en ese momento se alinearán de tal manera que el agujero de la tapadera superior quede directamente posicionado en la salida de vapor, se tiene estimado que para ensanchar un barril es necesario 34.5 lbs/hr de vapor, si la caldera genera 690 Lbs/hr, en total se tiene la capacidad para ensanchar 20 barriles por 1 hora de inyección continua de vapor.

Al implementar este sistema el uso excesivo de agua y su descarga directa a drenajes es minimizado, por lo mismo el impacto ambiental se ve reducido, el sistema se hace más eficiente al utilizar para todo el proceso solamente tres personas y el tiempo de operación es más corto, todo esto se ve reflejado en los costos directos de operación los cuales se reducen.

Se logra una reducción del 70% de la descarga de agua directa a los drenajes, el tiempo de operación de 24 horas a 1 hora, la cantidad de operarios se reduce el 50% y los costos directos de operación se reducen en un 88.24%.

II. INTRODUCCIÓN

El ron es añejado en barriles de roble americano, los cuales pasan en reposo durante muchos años, por normativa el ron no puede añejarse en un barril nuevo por lo que los utilizados para este producto son adquiridos directamente del vaciado de whisky americano en los Estados Unidos.

Los barriles son muy importantes para el proceso de añejamiento ya que son los responsables de los aromas y sabores del producto final, debido a esta característica los barriles son formados únicamente por duelas de madera y cinchos metálicos externos, que son los encargados de dar la forma y el soporte al barril.

Al pasar el barril cierto tiempo sin líquido tiende a crear pequeñas aberturas entre cada duela de madera, si este barril no es reparado al ser llenado con producto presentaría fugas y por lo tanto una merma considerable, para evitar esto es necesario que la madera adquiera nuevamente el nivel de humedad necesaria para poder ensancharse y cerrar las aberturas que se hayan formado.

El proceso actual contempla el llenado de los barriles al máximo de su capacidad (200 litros) con agua lo que representa la utilización de por lo menos 20,000 litros de agua diarios, los barriles pasan llenos por lo menos 24 horas o hasta que las aberturas se hayan cerrado, al obtener el resultado deseado, el agua es sacada de los barriles y tirada directamente a drenajes generales, al pasar tanto tiempo el agua dentro del barril adquiere características no deseadas por lo que no puede ser reutilizada para un proceso similar sin un tratamiento previo.

Debido a la gran cantidad de agua descargada como desecho a los drenajes municipales provenientes de este proceso, se establece la necesidad de implementar un sistema que permita que los barriles sean ensanchados adecuadamente y al mismo tiempo eliminar el uso excesivo de agua.

Se determinó realizar un sistema de ensanchamiento haciendo uso de vapor de agua, para ello es necesario construir un cuarto específico para este proceso, se instalará una caldera de 20 HP a la par del cuarto, esta caldera será la encargada de generar el vapor, los barriles se dispondrán de tal manera que serán inyectados directamente con vapor, se tiene estimado que un barril puede ser ensanchado en una hora.

Al implementar este sistema se reduce los costos directos de operación, la mano de obra y las descargas directas a drenajes.

III. JUSTIFICACIÓN

Una de las materias primas más importantes en el añejamiento de ron, son los barriles que van a ser utilizados para ser llenados con ron y luego pasar en añejamiento por varios años. Los barriles utilizados son obtenidos del proceso de añejamiento de bebidas alcohólicas en otros países, por lo que pasan varios días antes de ingresar al proceso de añejamiento.

Al ingresar los barriles al proceso es necesario revisarlos y hacer los ajustes necesarios en los cuales implica algunas veces cambiar duelas de madera o cinchos metálicos.

Debido a las características del ron, el barril no puede ser ajustado ni apretado con ningún material corrosivo el cual puede afectar las características físicas, químicas, microbiológicas y organolépticas del producto final.

Cuando el barril pasa mucho tiempo sin líquido dentro, tiende a haber una reducción de la humedad en la madera por lo que las duelas se comprimen creando pequeñas aberturas, debido a esto es necesario ensanchar la madera nuevamente para cerrar esas aberturas y poder llenar el barril con el producto a añejar.

Para el proceso de ensanchamiento de barriles se utiliza un promedio de 120,000 litros de agua semanalmente, esta agua no puede ser reutilizada ya que adquiere características organolépticas no deseadas, el tratamiento de esta agua elevaría los costos en esta etapa. Para dar solución al desperdicio de agua y evitar colocar una planta de tratamiento se requiere evaluar la posibilidad de cambiar el sistema para ensanchar los barriles.

Como resultado del establecimiento de un nuevo sistema de ensanchamiento de barriles se espera disminuir los costos directos en el proceso, la reducción del desperdicio de agua y reducción del impacto ambiental por la descarga de aguas residuales a drenajes municipales.

IV. PROBLEMA A RESOLVER

Los barriles de madera (roble blanco americano), que son utilizados para el añejamiento del ron, son traídos de su lugar de procedencia vacíos y por periodos prolongados de tiempo; al resecarse la madera se forman pequeñas grietas y separaciones de las duelas, cuando son llenados posteriormente con ron, presentan fugas del producto, por lo que estos barriles deben ensancharse previamente, agregándoles agua por varias horas para evitar las fugas. Debido a la gran demanda de agua que requiere el proceso de ensanchamiento, surge la iniciativa de proponer un sistema de optimización del proceso de costos en la utilización de agua durante el proceso de ensanchamiento de barriles, para el añejamiento de ron.

Esta iniciativa surge ya que el agua utilizada para el proceso de ensanchamiento, no se puede volver a reutilizar debido a las características organolépticas que adquiere en el proceso; al tomar en cuenta que 1 litro de agua tiene un costo de Q.0.35 y para cada barril se necesita 200 litros de agua, se tiene un costo de agua por barril que se ensancha de Q70.00, al día se ensanchan 100 barriles por lo que se tiene un costo total por día de Q7,000; cantidad que puede reducirse con la implementación de un nuevo sistema que garantice no solo evitar las fugas de ron, la humedad correcta de los barriles, sino que el proceso además adecuado sea altamente rentable, al reducir sus costos.

V. OBJETIVOS

General:

Proponer un sistema de optimización de costos en el proceso de ensanchamiento de barriles en el añejamiento de ron.

Específicos:

- Determinar la metodología a seguir en el sistema de ensanchamiento de barriles en el añejamiento de ron.
- Determinar la reducción de costos directos, mano de obra y viabilidad económica de la implementación del sistema.
- Determinar la inversión inicial necesaria para la implementación del sistema.
- Determinar la reducción del impacto ambiental a través de mediciones de las descargas de aguas a los drenajes.

VI. MARCO TEÓRICO

1. LA CAÑA DE AZÚCAR Y SUS CARACTERÍSTICA

La caña de azúcar es una materia prima con características relevantes que la sitúan como la planta comercial de mayores rendimientos en materia verde, energía y fibra, obtenidos en ciclos de tiempo menores que otras especies.

La caña de azúcar en condiciones de atenciones culturales medias puede producir 100 t de materia verde/ha. Año, las cuales expresadas en términos energéticos significa 13 t de petróleo o 75,000 Mcal de energía metabolizable por su gran capacidad de fijación de la energía a través de la fotosíntesis y su posibilidad de crecer en condiciones de clima y suelo en que otras plantas tienen dificultades.

La caña de azúcar es considerada la planta que más perfeccionado tiene los mecanismos fisiológicos para la producción de sacarosa, pues sus vías fotosintéticas para producirla a partir de los azúcares simples, son mecanismos altamente perfeccionados y desarrollados hasta alcanzar variedades comerciales con alto contenido de sacarosa y resistentes a enfermedades.

Durante la temporada del año en que prevalecen temperaturas altas y es máxima la actividad pluvial, la caña alcanza un gran crecimiento vegetativo. Bajo estas condiciones la fotosíntesis se desplaza, hacia la producción de carbohidratos de alto peso molecular, como la celulosa y otras materias que constituyen el follaje y el soporte fibroso del tallo. Al terminar las lluvias y disminuir la temperatura, adquiere niveles máximos la síntesis de sacarosa que se almacena en el tallo, a lo cual se le denomina madurez tecnológica de la caña (Geplacea, 1990, P 20-35).

1.1. COMPOSICIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Los tallos corresponden a la sección anatómica y estructural de la planta de Caña de Azúcar, que presenta mayor valor económico e interés para la fabricación de azúcar y la elaboración de Alcohol, motivo por el cual su composición química reviste especial significado.

Figura 1. Siembras de caña



En términos generales, la composición química de la caña de azúcar es la resultante de la integración e interacción de varios factores que intervienen en forma directa e indirecta sobre sus contenidos, variando los mismos entre lotes, localidades, regiones, condiciones del clima, variedades, edad de la caña, estado de madurez de la plantación, grado de despunte del tallo, manejo incorporado, periodos de tiempo evaluados, características físico-químicas y microbiológicas del suelo, grado de humedad (ambiente y suelo), fertilización aplicada, entre muchos otros.

En términos globales la Caña está constituida principalmente por Jugo y Fibra, siendo la Fibra la parte insoluble en agua formada por Celulosa, la que a su vez se compone de azúcares simples como la Glucosa (Dextrosa). A los Sólidos Solubles en agua expresados como porcentaje y representados por la Sacarosa, los Azúcares Reductores y otros componentes, comúnmente se les conoce como Brix. La relación entre el contenido de Sacarosa presente en el jugo y el Brix se denomina Pureza del Jugo. El contenido "Aparente" de Sacarosa, expresado como un % en peso y determinado por polarimetría, se conoce como "Pol". Los Sólidos Solubles diferentes de la Sacarosa, que contempla los Azúcares Reductores como la Glucosa y la Fructuosa y otras sustancias orgánicas e inorgánicas, se denominan usualmente "No Pol" o "No Sacarosa", los cuales corresponden porcentualmente a la diferencia entre Brix y Pol.

Además de los Azúcares contenidos en el jugo, existen también otros constituyentes químicos de naturaleza orgánica e inorgánica, representados por Sales de Ácidos Orgánicos, Minerales, Polisacáridos, Proteínas y otros No Azúcares. La calidad de los jugos afecta el procesamiento de la Caña y la recuperación de la Sacarosa en la fábrica. El contenido de Almidones en el jugo es bajo (aproximadamente entre 50 y 70 mg/l); se ha encontrado que esta es una característica muy ligada a las variedades, que puede ser modificada (reducida) mediante prácticas agrícolas como el riego y la fertilización con potasio.

De la composición de la Caña, el 99% corresponde a los elementos Hidrógeno, Carbono y Oxígeno. Su distribución en el tallo es de aproximadamente un 74,5% de agua, 25% de Materia Orgánica y 0,5% de Minerales. Para muchos tecnólogos y especialistas, la Caña como materia prima se constituye fundamentalmente de Fibra y Jugo.

La Fibra se define como la fracción de sustancias insolubles en agua que tiene interés no sólo por su cantidad sino también por su naturaleza, y el jugo como una solución diluida e impura

de Sacarosa. La calidad y contenido del jugo depende en un alto grado de la materia prima que le dio origen.

Los Sólidos Solubles están representados por los Azúcares y los No Azúcares Orgánicos e Inorgánicos. Los Azúcares se representan a su vez por la sacarosa, la Glucosa y la Fructuosa, manteniendo la primera el mayor porcentaje, el cual puede alcanzar valores próximos al 18%. Los otros azúcares del jugo aparecen en proporciones variables, dependiendo del estado de maduración de la materia prima.

La Sacarosa se Hidroliza con facilidad en soluciones ácidas según la siguiente reacción:



A esta reacción Hidrolítica se le aplica generalmente el nombre de Inversión y los Monosacáridos: Glucosa y Fructuosa producidos reciben el nombre de Azúcares Reductores. Altos contenidos de estos azúcares en los tallos denuncian un estado de inmadurez, con presencia de otras sustancias indeseables como Almidón. En el caso de Cañas maduras, los Azúcares Reductores contribuyen relativamente poco en la mayor recuperación de azúcar en forma de cristales.

La Glucosa es un componente normal de la Caña de Azúcar en cualquier fase de Desarrollo de la planta, encontrándosele en el jugo en mayor o menor cantidad. La Fructuosa o Levulosa se encuentran en mayores concentraciones en Cañas que aún no alcanzan su madurez fisiológica y disminuye conforme éste estado avanza y la planta madura.

Los No Azúcares Orgánicos están representados por sustancias como: materias nitrogenadas (proteínas, aminoácidos, amidas, etc.), grasas y ceras, pectinas, ácidos libres y combinados (málico, succínico, oxálico, etc.).

Los No Azúcares Inorgánicos que representan las cenizas, tienen como componentes principales: Sílice, Potasio, Fósforo, Calcio, Sodio, Magnesio, Azufre, Hierro, Aluminio, Cobre, Zinc, etc. En este caso, el Potasio es el mineral que aparece en mayor proporción entre el contenido mineral del jugo, debido a su elevada solubilidad en agua. Cuando la vinaza es

agregada por irrigación a las plantaciones de Caña, la concentración de Potasio puede aumentar de manera sensible, pudiendo acarrear problemas en la fase industrial de Cristalización en el Ingenio, debido a su alto poder Melasigénico interfiriendo directamente en la formación de los cristales de sacarosa.

El Calcio, el Magnesio y el Silicio se depositan en las tuberías provocando incrustaciones. Los demás constituyentes de las Cenizas también se comportan negativamente, excepto el Fósforo Inorgánico que auxilia de manera positiva en la Clarificación del jugo; la concentración de este mineral es limitante para alcanzar una buena Clarificación de los jugos (Chaves, 2011).

1.2. PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

1.2.1. Labores de campo

El proceso productivo se inicia con la preparación del terreno, etapa previa de siembra de la caña. Una vez madura la planta, las cañas son cortadas y se apilan a lo largo del campo, de donde se recogen a mano o a máquina, se atan en haces y se transportan al ingenio. No debe transcurrir mucho tiempo al transportar la caña recién cortada a la fábrica porque de no procesarse dentro de las 24 horas después del corte se producen pérdidas por inversión de glucosa y fructuosa.

Se reproduce por trozos de tallo, se recomienda que la siembra se realice de Este a Oeste para lograr una mayor captación de luz solar. El material de siembra debe ser de preferencia de cultivos sanos y vigorosos, con una edad de seis a nueve meses, se recomienda utilizar la parte media del tallo, se deben utilizar preferentemente esquejes con 3 yemas.

El tapado de la semilla se puede realizar de tres formas: manualmente utilizando azadón, con tracción animal ó mecánicamente. La profundidad de siembra oscila entre 20 a 25 cm, con una distancia entre surco de 1.30 a 1.50 m. La semilla debe de quedar cubierta con 5 cm de suelo, el espesor de la tierra que se aplica para tapar la semilla no sólo influencia la germinación y el establecimiento de la población, sino también el desarrollo temprano de las plantas.

1.2.2. Cosecha

La faena de la recolección se lleva a cabo entre los once y los dieciséis meses de la plantación, es decir, cuando los tallos dejan de desarrollarse, las hojas se marchitan y caen y la corteza de la capa se vuelve quebradiza. Se quema la plantación para eliminar las malezas que impiden el corte de la Caña. Aunque se han ensayado con cierto éxito varias máquinas de cortar caña, la mayor parte de la zafra o recolección sigue haciéndose a mano. El instrumento usado para cortarla suele ser un machete grande de acero con hoja de unos 50 cm de longitud y 13 cm de anchura, un pequeño gancho en la parte posterior y empuñadura de madera. La Caña se abate cerca del suelo y se corta por el extremo superior, cerca del último nudo maduro, ya cortadas se apilan a lo largo del campo, de donde se recogen a mano o a máquina para su transporte al Ingenio.

1.2.3. Picado de caña

Las picadoras son unos ejes colocados sobre los conductores accionados por turbinas, provistos de cuchillas giratorias que cortan los tallos y los convierten en astillas, dándoles un tamaño uniforme para facilitar así la extracción del jugo en los molinos.

1.2.4. Molienda

La caña preparada por las picadoras llega a unos molinos (acanalados), de 3 a 5 equipos y mediante presión extraen el jugo de la caña, saliendo el bagazo con aproximadamente 50% de fibra leñosa. Cada molino está equipado con una turbina de alta presión. En el recorrido de la caña por el molino se agrega agua, generalmente caliente, o jugo diluido para extraer al máximo la sacarosa que contiene el material fibroso (bagazo). El proceso de extracción con agua es llamado maceración y con jugo se llama imbibición. Una vez extraído el jugo se tamiza para eliminar el bagazo y el bagacillo, los cuales se conducen a una bagacera para que sequen y luego se van a las calderas como combustible, produciendo el vapor de alta presión que se emplea en las turbinas de los molinos.

1.2.5. Pesado de jugos

El jugo diluido que se extrae de la molienda se pesa en básculas con celdas de carga para saber la cantidad de jugo de sacarosa que entra en la fábrica.

1.2.6. Clarificación

El jugo obtenido en la etapa de molienda es de carácter ácido (pH aproximado: 5.2), éste se trata con lechada de cal, la cual eleva el pH con el objetivo de minimizar las posibles pérdidas de sacarosa. El pH ideal es de 8 a 8.5, lo cual nos da un jugo brillante, volumen de cachaza, aumenta la temperatura entre el jugo mixto y clarificado y se evita la destrucción de la glucosa e inversiones posteriores. Para una buena clarificación se necesita que la cantidad de cal sea correcta ya que esto puede variar la calidad de los jugos que se obtienen.

La cal también ayuda a precipitar impurezas orgánicas o inorgánicas que vienen en el jugo y para aumentar o acelerar su poder coagulante, se eleva la temperatura del jugo encalado mediante un sistema de tubos calentadores.

La temperatura de calentamiento varía entre 90 y 114.4 °C, por lo general se calienta a la temperatura de ebullición o ligeramente más, la temperatura ideal está entre 94 y 99 ° C. En la clarificación del jugo por sedimentación, los sólidos no azúcares se precipitan en forma de lodo llamado cachaza, el jugo claro queda en la parte superior del tanque; el jugo sobrante se envía antes de ser desechada al campo para el mejoramiento de los suelos pobres en materia orgánica.

1.2.7. Evaporación

El jugo procedente del sistema de clarificación se recibe en los evaporadores con un porcentaje de sólidos solubles entre 10 y 12 % y se obtiene una meladura o jarabe con una concentración aproximada de sólidos solubles del 55 al 60 %.

Este proceso se da en evaporadores de múltiples efectos al vacío, que consisten en un conjunto de celdas de ebullición dispuestas en serie. El jugo entra primero en el pre-evaporador y se calienta hasta el punto de ebullición. Al comenzar a ebullición se generan vapores los cuales sirven para calentar el jugo en el siguiente efecto, logrando así el menor punto de ebullición en cada evaporador. Una vez que la muestra tiene el grado de evaporación requerido, por la parte inferior se abre una compuerta y se descarga el producto. La meladura es purificada en un clarificador.

1.2.8. Cristalización

La cristalización se realiza en los tachos, que son aparatos a simple efecto que se usan para procesar la meladura y mieles con el objeto de producir azúcar cristalizada mediante la aplicación de calor. El material resultante que contiene líquido (miel) y cristales (azúcar) se denomina masa cocida. Esta mezcla se conduce a un cristizador, que es un tanque de agitación horizontal equipado con serpentines de enfriamiento. Aquí se deposita más sacarosa sobre los cristales ya formados, y se completa la cristalización.

1.2.9. Centrifugación

La masa cocida se separa de la miel por medio de centrifugas, obteniéndose azúcar crudo o mascabado, miel de segunda o sacarosa líquida y una purga de segunda o melaza. El azúcar moscabado debe su color café claro al contenido de sacarosa que aún tiene.

Las melazas se emplean como una fuente de carbohidratos para el ganado (cada vez menos), para ácido cítrico y otras fermentaciones.

1.2.10. Refinación

El primer paso para la refinación se llama afinación, donde los cristales de azúcar moscabado se tratan con un jarabe denso para eliminar la capa de melaza adherente, este jarabe disuelve poca o ninguna cantidad de azúcar, pero ablanda o disuelve la capa de impurezas. Esta operación se realiza en mezcladores. El jarabe resultante se separa con una centrifuga y el sedimento de azúcar se rocía con agua.

Los cristales resultantes se conducen al equipo fundidor, donde se disuelven con la mitad de su peso en agua caliente. Este proceso se hace en tanques circulares con fondo cónico llamados cachaceras o merenchales, se adiciona cal, ácido fosfórico (3 partes por millón), se calienta con serpentines de vapor y por medio de aire se mantiene en agitación. El azúcar moscabado, fundida y lavada, se trata por un proceso de clarificación.

1.2.11. Clarificación o purificación

El azúcar moscabado se puede tratar por procesos químicos o mecánicos. La clarificación mecánica necesita la adición de tierra de diatomeas o un material inerte similar;

después se ajusta el pH y la mezcla se filtra en un filtro prensa. Este sistema proporciona una solución absolutamente transparente de color algo mejorado y forzosamente es un proceso por lote.

El sistema químico emplea un clarificador por espumación o sistema de carbonatación. El licor que se trata por espumación, que contiene burbujas de aire, se introduce al clarificador a 65°C y se calienta, provocando que la espuma que se forma se dirija a la superficie transportando fosfato tricálcico e impurezas atrapadas ahí. El licor clarificado se filtra. Este proceso disminuye bastante la materia colorante presente, lo que permite un ahorro en químicos posteriores.

El sistema de carbonatación incluye la adición de dióxido de carbono depurado hacia la azúcar fundida, lo cual precipita el carbonato cálcico. El precipitado se lleva 60% del material colorante presente.

1.2.12. Decoloración - Filtración

El licor aclarado ya está libre de materia insoluble pero aún contiene gran cantidad de impurezas solubles; éstas se eliminan por percolación en tanques que contienen filtros con carbón de hueso o carbón activado

Los tanques de filtración son de 3 metros de diámetro por 6 metros de profundidad, espacio en el que hay de 20 a 80 filtros de carbón; la vida útil del filtro es de 48 hrs. La percolación se lleva a cabo a 82°C.

Los jarabes que salen de los filtros se conducen a la galería de licores, donde se clasifican de acuerdo con su pureza y calidad. Los licores de color más oscuro se vuelven a tratar para formar lo que se conoce como “azúcar morena suave”.

Una vez clasificados los licores se pasan a un tanque de almacenamiento, de donde se toman para continuar el proceso de acuerdo al producto final deseado. Los cristales finos de azúcar se hacen crecer a un tamaño comercial por medio de una velocidad de evaporación o ebullición controlada, de agitación y de adición de jarabe. La velocidad no debe ser muy alta ya que se formarán cristales nuevos impidiendo que los ya existentes crezcan.

De los equipos de cristalización pasamos el producto a los tanques de mezclado para uniformar sus características, de ahí a las centrifugas y finalmente al área de secado. Otra posibilidad es pasar de los cristalizadores a otro tipo de cristalizadores, donde obtenemos otros tamaños de partículas: cristales finos para siembra, de aquí pasamos nuevamente a fundición, mezcladoras y centrifugas para separar las melazas de los cristales.

1.2.13. Secado

El azúcar húmedo se coloca en bandas y pasa a las secadoras, que son elevadores rotatorios donde el azúcar queda en contacto con el aire caliente que entra en contracorriente. El azúcar debe tener baja humedad, aproximadamente 0.05 %, para evitar los terrones.

1.2.14. Enfriamiento

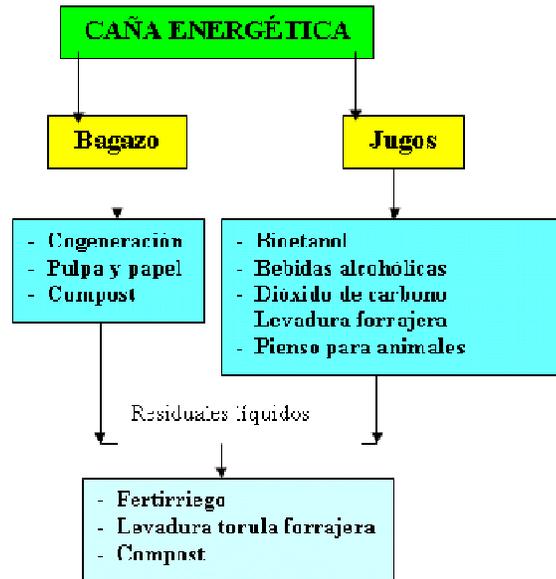
El azúcar se seca con temperatura cercana a 60°C, se pasa por los enfriadores rotatorios inclinados que llevan el aire frío en contracorriente, en donde se disminuye su temperatura hasta aproximadamente 40-45°C para conducir al envase (ver anexo 1. Proceso de elaboración de azúcar) (Proceso productivo de la caña de azúcar, 2011).

1.3. SUBPRODUCTOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar puede utilizarse en una diversidad de formas para la alimentación animal: puede cultivarse para forraje; el jugo de caña puede utilizarse en forma de melaza invertida, las hojas pueden servir para forraje; y el bagazo, o porción fina del bagazo, para forraje basto o como portador de la melaza. Las puntas de caña de azúcar constituyen un pienso importante en muchos países productores de caña de azúcar. El azúcar propiamente dicho se utiliza en los piensos para el ganado cuando el precio es bajo y, naturalmente, todos los tipos de melaza, A, B, C (final) y melaza de refinería se emplean en la alimentación del ganado, o como sustrato para la producción de levadura forrajera.

Como término medio, la caña da alrededor del 10% de azúcar, pero esto varía según la época del año, las condiciones meteorológicas, la variedad, si el campo se ha quemado o no, y la duración del intervalo entre la cosecha y la elaboración (Subproductos de la caña de azúcar, 2011).

Figura 2. Derivados de la caña de azúcar



2. RON

2.1 HISTORIA DE LA INDUSTRIA DEL RON EN GUATEMALA

Con el descubrimiento de América llegaría el tallo azucarero o “Canna de Zuchero” cultivada en Sicilia y en las Islas Canarias, y que habría de prosperar de tal forma, que pronto florecerían enormes plantaciones de caña en todo el Caribe e inclusive en el continente Americano, siguiendo el paso de los conquistadores.

Fue así como esta gramínea procedente de Nueva Guinea realizó un largo recorrido hacia Occidente, gracias a su esmerado cultivo, dio paso a una industria que con el tiempo habría de ser un prospero negocio entre América y Europa: Industria del ron, precursora de grandes Industria licoreras en la cuenca del Caribe.

La elaboración de rones y licores en Guatemala, es pues una herencia de tradición que se mantiene viva y se enriquece cada año.

En la primera parte del siglo veinte varias familias guatemaltecas pioneras en la fabricación del ron se unen para buscar mejorar sus procesos y sistemas de fabricación. Guatemala tierra única de en la que se combinan los valores ancestrales de los mayas, el prospero florecimiento de la caña de azúcar y la posibilidad de hacer realidad su proyecto de unificar sus esfuerzos para lograr estándares superiores en la calidad de sus productos y potenciar los esfuerzos en la búsqueda de nuevas y mejores tecnologías (Historia del ron, 2011).

Es un hecho que el aire frío de las montañas reduce considerablemente el proceso de evaporación y permite someter a los destilados a procesos de maduración mucho más lentos y prolongados (Proceso del ron, 2011).

Hoy a más de 2.300 metros de altura, en las altas cumbres guatemaltecas, el ron envejece rodeado de tradición y de un entorno privilegiado: suelo fértil, un clima cálido y materias primas de enorme calidad, dan como resultado un ron de matices evocadores (Añejamiento de ron, 2011).

2.1.1. La herencia del sistema solera

La presencia española, que ha influido notablemente en la cultura de Guatemala, también se refleja en la elaboración del ron. A través del Sistema Solera, a lo largo de los años el ron pasa de manera consecutiva por barricas que anteriormente han contenido Bourbon, Jerez y

Pedro Ximénez obteniendo así todo el carácter de las diferentes maderas (Proceso del ron, 2011).

2.2 BEBIDAS ALCOHÓLICAS DESTILADAS

Las bebidas destiladas son las descritas generalmente como aguardientes y licores; sin embargo la destilación, agrupa a la mayoría de las bebidas alcohólicas que superen los 20° de carga alcohólica. Entre ellas se encuentran bebidas de muy variadas características, y que van desde los diferentes tipos de brandy y licor, hasta los de whisky, anís, tequila, ron, vodka, cachaca y gin entre otras.

El ingreso monetario que aporta la elaboración de estas bebidas a los gobiernos de los distintos países del mundo es tan grande, que la destilación es una de las industrias y actividades más supervisadas y reguladas a lo largo del planeta. En muchos países la supervisión es efectuada directamente por dependencias de recaudación de impuestos o agentes del tesoro.

2.2.1 Historia de las bebidas destiladas

Antiguamente, el secreto de cada productor era el sistema de destilación que le permitía lograr en su producto el sabor deseado para la bebida. Debido a esto, el proceso de destilación tuvo muy variados tipos y funcionamientos, aunque todos, basándose en el mismo objetivo común de separar el alcohol de un fermento para llevarlo a una bebida.

Para esto, existieron diversos métodos de calentar recipientes y de colectar los vapores condensados en alguna superficie fría destinada a convertir nuevamente el vapor en líquido, colectarlo y transportarlo a otro recipiente de baja temperatura que servía como depósito del 'espíritu' destilado.

Hoy en día todavía se utilizan sistemas y recipientes muy rudimentarios para elevar la temperatura del fermento, en particular para bebidas como el brandy producido por algunas empresas de Francia y el whisky producido por algunas de Escocia e Irlanda. El modelo original en el que muchos se inspiraron se conoce como Tahití. El cual consiste en un recipiente simple de fondo ancho y pico de diámetro reducido. El pico no se encuentra abierto sino que cuenta con un pliegue que se conserva a menor temperatura que la base. A su vez, ese pico cuenta con un

conducto que transportará el vapor condensado hacia un recipiente secundario que se encuentra alejado de la llama que calienta al primero.

El proceso de destilado se remonta a épocas anteriores al año 800 AC (antes de Cristo), momento en el cual se documentó al detalle el primer proceso de fermentación y destilación que se conoce. El siguiente es un cuadro con la referencia histórica que se conoce del proceso de destilación a lo largo de la historia de la humanidad.

Cuadro 1. Referencia histórica del proceso de destilación

Época	País o Zona Geográfica	Bebida fermentada	Material base para el producto	Bebida destilada obtenida
antes del 800 AC	China	Tchoo (tchú)	arroz y mijo	Sautchú (sautchoo)
800 AC	Ceylan e India	Toddy	arroz y melaza	Arrack
	Asia	Kumiss	leche de burra o yegua	Arika
	Tartaria Caucásica	Kefir	leche de burra o yegua	Skhou
	Japón	Sake	Arroz	Sochu
500 DC	Reino Unido (Inglaterra)	agua miel (mead)	Miel	Agua miel destilada
1000	Italia	<u>Vino</u>	Uvas	<u>Brandy</u>
	Karpatos	Fermento	papas y cereales	<u>Vodka</u>
	Países eslavos	<u>brandy</u> de ciruela	Ciruelas	Slivovitza
1100	Irlanda	<u>Cerveza</u>	malta, avena y cebada	<u>Usquebaugh</u> (un tipo de <u>whisky</u>)
1200	España	<u>Vino</u>	Uvas	Aqua vini
	España y Francia	melaza de caña	caña de azúcar	Rum, rhum o ron.

1500	Escocia	<u>Cerveza</u>	malta de cebada	<u>Agua vitae o whisky</u>
1650	Méjico	Fermento	agave (cactus)	Tequila

Fuente: (Macek, 2011).

Según las diferentes zonas geográficas y el paso del tiempo, el proceso de destilación fue evolucionando. Sin embargo, el gran cambio en los procesos, y aquel que permitió lograr bebidas de características equivalentes a medida que se cambiaba de año de producción, partida de material, base, etc., fue en la era industrial.

2.2.2 Principio de destilación

El principio de la destilación se basa en las diferencias que existen entre los puntos de ebullición, a una atmósfera de presión, del agua (100°C) y el alcohol (78.3°C). Si un recipiente que contiene alcohol es calentado a una temperatura que supera los 78.3°C, pero sin alcanzar los 100°C, el alcohol se vaporizará y separará del líquido original, para luego juntarlo y recondensarlo en un líquido de mayor fuerza alcohólica.

Resultados similares pero de separación más difícil pueden lograrse invirtiendo el proceso. Esto implicaría enfriar el alcohol contenido en un líquido, comenzando a congelar el agua cuando se alcancen los 0°C y separar el alcohol de la solución. (El punto de congelación del alcohol es - 114°C). Los mayores componentes de las bebidas destiladas son el alcohol etílico (C₂H₅OH) y el agua.

La combinación de estas dos sustancias en una mezcla directa no produce una bebida sabrosa, aunque esto cambia al adicionarle componentes con carácter propio, y que dan aroma y sabor que hacen sumamente atractivo su consumo.

El secreto de las bebidas alcohólicas destiladas, y en especial del productor, es el de otorgarle a la bebida una fuerza alcohólica elevada y al mismo tiempo que el producto final sea gustoso al paladar. Proceso que fue evolucionando y mejorando con el paso del tiempo.

Generalmente los materiales de los que se parte para la elaboración de bebidas destiladas, son alimentos dulces en su forma natural como la caña de azúcar, la miel, leche, frutas maduras, etc., y aquellos que pueden ser transformados de melazas y azúcares.

Todos estos elementos de los que se parte contienen agentes activos que los transforman naturalmente en alcoholes, excepto en el caso de la papa donde se debe adicionar algún cereal para lograr el mismo efecto. Los agentes activos son enzimas, y están encargados de transformar el azúcar en alcohol. Las enzimas son generalmente compuestos nitrogenados solubles en agua que se comportan como albuminoides, los que, actúan como catalizadores dado que pequeñas cantidades de enzimas logran un cambio efectivo en grandes cantidades de material base destinada al producto.

2.2.3 Bebidas elaboradas por destilación

Las bebidas alcohólicas que incluyen destilación en su proceso de elaboración son muchas, y se distinguen las siguientes:

Whisky: Incluye todas sus variedades; Escocés (Scotch), Irlandés, Whiskies Estadounidenses y Canadienses. Incluyen cierto añejamiento según sea su productor. Siempre a partir de fermento de cereales, cerveza o malta.

Vodka: Los de Europa oriental y báltica a base de papa y cereales, y los occidentales a partir de cereales solamente.

Rum: Ron español o **Rhum** Francés. Partiendo todos de la caña de azúcar, son agrupados en tres variantes. (1) los secos y de cuerpo liviano. Producidos en Cuba, Puerto Rico, México, Argentina, Brasil y Paraguay; (2) los de cuerpo intenso producidos principalmente en Jamaica, Barbados y Demerara (Guyana Británica); (3) los tipo Brandy pero aromáticos de Java e Indonesia, Haití y Martinica.

Brandy o Coñac: A partir de la destilación de vino o frutas molida fermentadas y añejados en toneles de madera. Los más conocidos son los que han tenido origen en Francia bajo el término de coñac y es el reconocido como destilación de vino. Los de fruta parten de manzanas, cereza, albaricoque (damasco), ciruela, etc. aunque son bebidas conocidas no como brandy o coñac sino por las marcas del producto terminado o nombre histórico que se

les haya asignado. La Slivovitz que derivan su nombre de la ciruela utilizada (Quetsch o Mirabelle). El Barat Palinka que deriva del albaricoque y añejada en barriles de madera. El Brandy de cereza que es también conocido como Kirsch en Francia y Kirschwasser en Alemania y Suiza que no tiene añejamiento alguno y por tanto color transparente.

Tequila: Obtenido a partir del mezcal o agave, variedades de cactus del país azteca y desierto del sur de Estados Unidos. Su añejamiento aumenta su calidad. Se comercializa con graduaciones alcohólicas que van desde los 37° hasta los 50°

Oke (Okelehao): Parte de la destilación de melaza de caña de azúcar, arroz y jugo de una fruta local con la que también hacen una comida llamada Poi. Es añejada en barriles de roble.

Ng ka py: Es una variedad de whisky chino de 43° hecho a partir de fermento de mijo y hierbas aromáticas y añejado en madera.

Aguardientes aromáticos: Este grupo incluye varias bebidas alcohólicas de alta graduación (mayor a 40°). Aquí se encuentran el Gin, el ajeno, la Zubrovka y la Akvavit Escandinava (distinta al aquavita escocesa). El gin a partir de fresas, moras o frambuesas; La Zubrovka (45°) pero aromatizada con ciertas variedades de pasturas; La Akvavit Escandinava (46°) que se produce en forma similar al gin pero incluye fermento de papas y se aromatiza con semillas de comino. Su variedad Danesa es incolora y aromatizada con semilla de carvi; Las variedades Noruegas y suecas tienen tono rojizo, son más dulces y picantes. La variedad Finlandesa es aromatizada con canela. La cachaca brasilera es hecha a partir de caña de azúcar, con la diferencia que no incluye añejamiento en madera, ni es aromatizada. Suele complementarse con azúcares y cítricos.

Licores: Es el grupo quizá de menor graduación alcohólica. Y que incluye las bebidas más dulces y aromáticas. La cantidad de combinaciones y sabores existente es ilimitada. En muchos casos es estandarizada y en otros es asociado a una marca. Su graduación alcohólica comienza en los 27° y termina con los más fuertes en los 40°.

2.2.4 La columna de destilación

El primer cambio significativo lo ideó H. Braunschwick en 1512 para la elaboración de un Brandy estilo francés en su destilería. El circuito que propuso, consistía en separar el

condensador del evaporador, para así lograr una mejor separación entre vapores volátiles en un solo circuito cerrado y única operación. Este cambio fue el que inspiró al segundo, aunque con una diferencia de 320 años entre sí.

Esta idea de componentes separados iluminó a Robert Stein, quien ideó en 1832 un proceso separado en dos columnas para su destilería de whisky escocés. Una de las columnas se pensó para la evaporación y la otra para la condensación y separación de vapores.

La primera columna permitía ingresar el vapor del producto calentado el cual recorría un ciclo de compartimientos en forma vertical ascendente. El que fuera vapor de agua, al tener menor punto de evaporación quedaría retenido en estos compartimientos. El vapor de alcohol continuaría el recorrido hasta la parte superior para así encontrar ruta que lo lleve hasta la segunda columna. La segunda columna, sería recorrida por el vapor en forma descendente a través de un circuito de serpentinas que irían reduciendo la temperatura del alcohol, para así asegurar la separación del vapor de agua del vapor de alcohol (ver anexo 2. Proceso de destilación) (Macek, 2011).

2.3 QUE ES EL RON

El ron es un licor alcohólico destilado, obtenido del jugo de la melaza de la caña de azúcar. Usualmente es un sub-producto de la fabricación del azúcar e incluye a los tipos claros ligeros, típicos de la República Dominicana, Cuba y Puerto Rico, y los rones más pesados y de más sabor como los de Jamaica.

Llegó a ser un producto importante de las Antillas (Indias Occidentales) luego de la introducción de la caña de azúcar en 1493 por Cristóbal Colón. Valorada inicialmente por el azúcar que produce, pronto se descubrió que había otros usos para la caña de azúcar. Podía fermentarse el espeso líquido marrón ("melaza"), que queda luego de la extracción del azúcar y destilarse para producir una estimulante bebida alcohólica.

Ya en 1667 se le llamaba simplemente "rum", de donde proviene la palabra española ron y la francesa rhum. La primera mención oficial de la palabra "rum" aparece en una orden emitida por el Gobernador General de Jamaica con fecha 8 de julio de 1661.

El ron fue un factor económico de importancia en los siglos 17 y 18. Era exportado a Europa desde las Antillas y fue usado en el tráfico de esclavos africanos y en el negocio de pieles con indios de América del Norte. El ron también se exportaba a las colonias inglesas en América pero la demanda era tan alta que se establecieron destilerías en Nueva York y en Nueva Inglaterra en el siglo 17. A partir de ahí, las importaciones fueron básicamente de melazas. En 1763 había 150 destilerías en Nueva Inglaterra, que se abastecían principalmente de las Antillas Francesas. Alrededor del 80% del producto era consumido en las colonias norteamericanas, y solamente el resto era enviado a África para ser intercambiado por esclavos, marfil u oro.

El consumo del ron aumentó notablemente en el siglo XVII. A finales de ese siglo, se empezó a usar en Francia la palabra "rhum" para designar las bebidas alcohólicas derivadas de la caña de azúcar. La popularidad del ron empezó a preocupar a las destilerías francesas que buscaron proteger la producción de alcohol en Francia, a costas de las colonias. El 14 de enero de 1713, un decreto real prohibió la venta de melazas y sus derivados en Francia. Esta prohibición duró cincuenta años, durante los cuales floreció el mercado negro del ron.

La destilería más antigua entre las que todavía producen ron es la Mount Gay Distillery, de Barbados, que ha estado funcionando desde 1703.

A finales del siglo 19, ocurrió un colapso de los precios del azúcar por lo que hubo la necesidad de buscar otros mercados. De aquí se originó la idea de producir un nuevo ron, el rhum agricole (o rhum habitant) de las Antillas Francesas. En este caso, el alcohol se obtenía por destilación del jugo de caña fermentado, y no de la melaza, subproducto de la producción del azúcar, como en el ron industrial.

Este alcohol proveniente del jugo fermentado de la caña es llamado Cachaca en Brasil. Difiere del rhum agrícola en que, particularmente, el proceso de fermentación es de mayor duración y que se agrega azúcar al producto terminado.

2.3.1 Categorías y tipos de ron

Dividir el ron por tipos o edades es complicado, debido al hecho de que se produce en muchos países y cada uno tiene su propia legislación. No existe un acuerdo para la vejez mínima o para una clasificación estándar. Argentina los divide en *Blanco*, *Ligero* y *Extra Ligero*, Barbados *White*, *Overproof*, and *Matured*, otros países no quieren poner restricciones a sus productores y

encontramos varios de términos, como *Añejo*, *Solera*, *Solera Reserva*, *Viejo*, *Extra viejo*, XO, Old, o de edades, 3, 5, 7, 10, 15, 20. A pesar de estas diferencias se acepta a nivel regional tres grandes tipos de ron:

Rones de origen hispano

Producción: A partir de melaza.

Crianza: Por sistema de criaderas y soleras.

Estilo: Rones ligeros, de secos a dulzones. Se añade caramelo y azúcar.

Categoría y vejez: Acostumbran a poner un número en la etiqueta que en algunos países representa el más viejo de la mezcla, en otros la edad de la solera, en otros es simplemente un número. Este número no debería interpretarse como la edad del ron.

Zonas: Caribe y Centroamérica en general, Puerto Rico, Cuba, República Dominicana, Panamá, Perú, Uruguay, Nicaragua, Venezuela, Colombia y España (principalmente Canarias y Granada).

Rones de origen británico

Producción: A partir de melaza.

Crianza: Diversos sistemas desde soleras y criaderas a crianzas estáticas en barrica los de mayor calidad.

Estilo: Rones oscuros y potentes, dulzones y especiados. Se añade caramelo (color), azúcar y especias.

Categoría y vejez: Acostumbran a poner una descripción independiente en la etiqueta (Spiced rum, extra old,...) que tiene un significado diferente para cada productor.

Zonas: Barbados, Bermuda, Belice, o Guyana son los típicos rones de este origen.

Rones de origen francés Agrícolas

Producción: A partir de caña de azúcar.

Crianza: Crianza estática en barrica (mismo sistema que el Whisky de Malta Escocés).

Estilo: rones ligeros que destacan por su paleta aromática que proviene de la caña de azúcar. Secos y potentes. Rones controlados por una Denominación de Origen. Caramelo y cualquier tipo de aditivo altamente restringido.

Categoría y vejez: Rhum Ambré (crianza en madera), Rhum Vieux (Crianza en madera superior a 3 años), y años de vejez. Debido a que en estos rones los años representan la edad mínima del ron y que están bajo control, no acostumbran a sobrepasar los 10 años.

Zonas: Guadalupe y Martinica son los típicos rones de este origen. Debido a su producción y sobre todo a su crianza estática, acostumbran a ser más caros que los rones de melaza.

2.4 PROCESO PRODUCTIVO DEL RON

2.4.1 Extracción del jugo de caña de azúcar

En el molino, las cañas son lavadas para quitar los restos de tierra y cortadas en pedazos pequeños para facilitar la extracción del jugo. Los pedazos se hacen pasar por una serie de molinos que extraen el jugo de los tallos. Luego de la primera molienda, se agrega una pequeña cantidad de agua para facilitar las extracciones siguientes del jugo. El residuo sólido, llamado *bagazo*, es frecuentemente reciclado como combustible.

El jugo de la caña (guarapo, "vesou" en francés), de color verde, es filtrado para eliminar los residuos de caña y luego se clarifica para eliminar los sólidos en suspensión. Entonces se calienta y se pasa a evaporadores para retirar el exceso de agua.

En la fabricación del ron agrícola se usa el guarapo para la fermentación, pero para los rones industriales el proceso de extracción continúa para obtener la melaza.

Los derivados de la caña de azúcar, como su jugo, la "miel" virgen (sirope de caña) y las melazas, contienen un gran número de minerales y compuestos orgánicos aparte de la sacarosa. Estos compuestos son esenciales en la producción del ron ya que mucho de los sabores y aromas característicos de los rones se originan de ellos.

Luego de una ebullición se produce un líquido espeso del cual se obtiene el azúcar que se consume corrientemente. El líquido oscuro marronizo que queda se conoce como "melaza ligera" (ligera tanto en sabor como color) o "miel de primera". Luego de una segunda ebullición, la melaza es más oscura y más espesa y se llama "miel de segunda" o "*black treacle*" en inglés.

La melaza (palabra que proviene de "miel") - conocida como "*blackstrap molasse*" en inglés, y que es la materia de donde se hace el ron industrial, resulta de la tercera ebullición y es muy espesa, pegajosa, oscura y algo amarga, aunque todavía contiene aproximadamente 55 por ciento de azúcar no cristalizado junto con un gran número de minerales y compuestos esenciales para el aroma y el sabor. Se necesita aproximadamente 1.5 galones de melaza para hacer un galón de ron.

2.4.2 Fermentación del jugo

Antes de que puedan ser destilados, el guarapo o la melaza deben ser convertidos en un líquido alcohólico (mosto o "vino de caña") por medio de la fermentación. La fermentación, efectuada por levaduras, convierte el azúcar (sacarosa) en dióxido de carbono y alcohol (alcohol etílico, en este caso).

Primero, se prepara una solución con un contenido aproximado de 15% de azúcar diluyendo la melaza con agua cuya calidad es realmente importante. Sin embargo, es frecuente fermentar el jugo de caña, para el "rhum agricole", sin agregar agua siempre que el contenido natural de azúcar sea bajo.

Aunque es posible usar las levaduras silvestres presentes en el aire para inducir la fermentación, la mayoría de los productores utilizan cepas mejoradas de levaduras para contribuir a desarrollar las características de los diferentes rones.

La tasa de fermentación puede controlarse por medio de la temperatura y depende enteramente del tipo de líquido fermentado requerido por el destilador. Si se desea un ron ligero, la fermentación puede completarse en tan corto tiempo como 12 horas, aunque la práctica normal es de uno o dos días. La fermentación lenta - que puede tomar hasta 12 días - produce un tipo más pesado, especialmente cuando el mosto inicial se refuerza con los residuos de destilaciones previas (vinaza o '*dunder*') y/o las despumaciones ('*limings*') que se producen en las pailas de producción del azúcar.

Al completarse la fermentación, el mosto resultante tiene un contenido alcohólico entre 5 y 9 por ciento (Elaboración de ron, 2011).

2.4.3 Destilación

Parece irónico que haya que eliminar por destilación el agua que se agregó a la melaza para la fermentación. Pero esa es la razón de la destilación: separar el alcohol del agua en un mosto. Pero también hay un segundo objetivo que es eliminar indeseables agentes de sabor en forma de esteroides, aldehídos, congéneres (impurezas en el alcohol luego de la destilación) y ácidos, al tiempo que se retienen los deseables.

Hay dos métodos de destilación usados en la producción del ron: la destilación en alambique y la destilación continua en columnas. En ambos el principio es el mismo: cuando se calienta el mosto, el alcohol se evapora a una temperatura inferior que el agua y estos vapores son recogidos y condensados para originar el licor.

2.4.4 Destilación en alambique

La destilación en alambique es la práctica más tradicional y antigua, y usualmente está reservada para la producción de rones 'premium' de gran complejidad y sutileza.

Se vierte el mosto en una olla circular de cobre que ayuda a eliminar las impurezas. Se aplica el calor y, luego de una hora, el alcohol empieza a evaporarse. El vapor es transportado por un tubo a un condensador. El líquido resultante se conoce como 'destilado simple' (en francés, también como **clairin** - "clerén").

Figura 3. Alambiques



Para obtener un mayor contenido alcohólico y un producto final más puro, este líquido es procesado por segunda vez, produciendo así un 'destilado doble', que puede contener hasta 85-90 por ciento de alcohol por volumen. En la actualidad, la mayoría de los rones producidos con este método de destilación se hacen a partir del 'destilado doble'.

2.4.5 Destilación continua en columna

En contraste con la destilación en alambique, la destilación en columna permite que se destile alcohol continuamente. Esta técnica moderna fue introducida en el Caribe a finales del siglo 19 y definitivamente es el método más ampliamente usado, eficiente y económico, produciendo un licor más fuerte y puro.

Figura 4. Columnas de destilación



Gracias a un diseño ingenioso que utiliza la física del intercambio de calor, el mosto es separado en sus vapores constituyentes ("analizado") en el analizador y los vapores son condensados selectivamente ("rectificado") en el rectificador.

Es posible controlar la fortaleza de un ron producido por destilación continua ya que puede retirarse el condensado del rectificador a varias alturas - a mayor altura del rectificador, más fuerte es el licor y es posible lograr un destilado con 95 por ciento de alcohol por volumen. En ambos métodos de destilación, el licor producido es incoloro. Cualquier color en el producto finalizado proviene del envejecimiento en toneles y/o de caramelo.

Uno de los preceptos fundamentales de la destilación es que mientras mayor es el contenido alcohólico del destilado, más puro será. Por lo tanto, los rones destilados en columna, altamente rectificadas tienden a ser vigorosos, limpios y secos con aromas sutiles y apenas se nota la melaza original (algunos incluso se aproximan al vodka en cuanto a su neutralidad) y se les describe como "ligeros". En contraste, los rones producidos en alambiques, que no pueden ser destilados con un contenido mayor de 85 por ciento de alcohol por volumen, son relativamente "pesados" en cuanto a agentes saborizantes.

Algunos fabricantes utilizan mezclas de licores obtenidos por los dos tipos de destilación. Esto se hace tratando de reunir en el producto comercial características de los dos tipos de filtrado (Destilación de ron, 2011).

2.4.6 Envejecimiento (Añejamiento)

2.4.6.1 Llenado de barriles

El periodo de llenado de las barricas depende de la cantidad de mezclas que se realizan, cada barrica es llenada en su totalidad y llevada a añejamiento para su posterior utilización. A partir de esto se debe realizar un seguimiento del producto (Elaboración de vinos, 2011).

2.4.6.2 Añejamiento

Sin dudas que poner un nuevo licor claro en una barrica de roble y dejarlo ahí por unos pocos años lo mejora grandemente y dramáticamente. Y esto no solamente es aplicable a los rones oscuros; también los rones blancos pueden beneficiarse grandemente.

Al igual que muchos otros procesos, las ventajas del envejecimiento en barricas de roble fueron descubiertas por accidente. En los primeros tiempos, el licor crudo se embotellaba directamente después de destilado, lo cual todavía sucede con algunos rones blancos actuales (aunque lo usual ahora es primero filtrarlos y diluirlos). Cuando los productores empezaron a hacer más ron del que se podía consumir en breve tiempo, empezaron a almacenar el exceso en barricas de roble que también eran envases adecuado para transportar el licor. Pronto se notó que el licor blanco tomaba coloración y que desarrollaba un sabor muy superior.

El envejecimiento o añejamiento es uno de los aspectos más controversiales de la producción del ron. Lo que sucede exactamente durante el envejecimiento es una de los secretos de la naturaleza, pero la fusión del licor con la madera es mágica. El ron absorbe taninos, sabor y color de la madera y, debido a la porosidad de la madera, permite que el ron "respire", provocando cambios oxidativos complejos en su composición química.

El proceso de envejecimiento es muy complicado y, en muchos casos, rodeado por encantadoras leyendas de tradiciones familiares. La verdad es que durante el envejecimiento suceden ciertos cambios naturales, tanto físicos como químicos. Estos cambios, denominados como maduración del ron, sirven para mejorar la calidad de la mezcla de los destilados almacenados en las barricas. Durante este tiempo, el oxígeno del aire pasa por los poros de la barrica para oxidar los alcoholes en aldehídos, y los aldehídos en ácidos. A medida que pasa el tiempo, los ácidos reaccionan con los alcoholes para producir ésteres. El tiempo requerido para el envejecimiento apropiado del ron está en proporción directa con su cuerpo. Los rones de "cuerpo fuerte" toman más tiempo para envejecer que sus contrapartidas más ligeros.

Como regla, los rones del tipo ligero son envejecidos de uno a tres años mientras que los de tipo pesado pasan un mínimo de tres años en la barrica. Con el paso de los años, el contenido se vuelve más suave, más maduro, y puede envejecerse con éxito hasta por 20

años antes de empezar a perder sabor, siempre que el clima sea fresco y húmedo. En ambientes más cálidos y más secos envejece más rápidamente y raramente mejora luego de siete años "tropicales", siendo un año "tropical" equivalente aproximadamente a dos o tres años en climas más frescos. Por eso es necesario tener cuidados con las declaraciones de edad; es cierto que mientras más añejo es el ron es mejor, pero también el lugar de envejecimiento es de gran importancia.

Durante el proceso se evapora algo del ron. Esto se conoce como la "Porción del Ángel" y también como la "Duppy's Share" en Jamaica ("duppy" es un término jamaicano para un fantasma o espíritu). En climas templados, esta pérdida representa un dos por ciento anual del contenido de una barrica, pero en Jamaica, por ejemplo, este valor se eleva hasta seis por ciento. Debido a esto es normal que los productores intenten reducir la tasa de evaporación diluyendo el licor fresco hasta 80 por ciento de alcohol por volumen antes de ponerlo a envejecer. Por suerte, los efectos más sutiles y atractivos de la maduración en roble suceden con grados alcohólicos bajos.

Durante el añejamiento ocurre: un proceso de extracción donde los rones extraen los aromas y las sustancias que se encuentran impregnadas en la misma. Reacciones de oxidaciones, a través de los poros del roble ingresan pequeñas cantidades de oxígeno, al interior de las barricas provocándose las reacciones de oxidación. Al inicio del añejamiento la oxidación es más intensa por la mayor concentración de oxígeno disuelto durante el proceso, hay un incremento en el contenido de aldehídos y ácido acético. Que posteriormente da el éster acetato de etilo, causando aromas especiales al producto. Por otro lado los taninos, resinas, fenoles y ligninas de la madera que el alcohol extrae, son los causantes de sabores dulces como el ácido gálico. Se producen cambios de color a tonos dorados. Esterificación es una de las reacciones químicas más importantes que tiene lugar en el seno del destilado durante el añejamiento (alcohol + ácido = éster + agua) (Añejamiento de ron, 2011).

2.4.6.3 Sistema solera

El sistema se basa en el uso de vasijas (llamadas «botas») hechas de roble americano, con una capacidad de entre 250 y 600 litros.

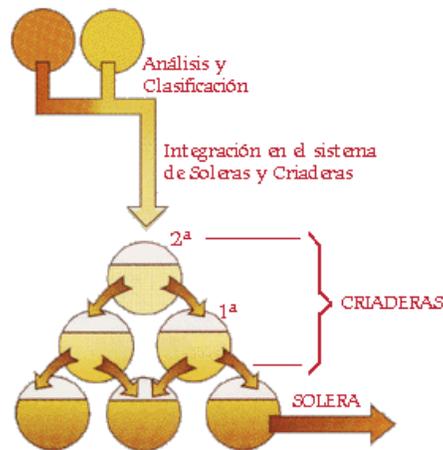
Figura 5. Solera de vinos



Periódicamente se saca un porcentaje del contenido de cada una de esas "botas" para rellenar otras. En concreto suelen disponerse las «botas» en tres alturas. De las botas inferiores se saca aproximadamente un cuarto de su contenido para consumo. De la bota de altura intermedia se saca la cantidad que falta en la inferior y se rellena. Y de igual modo la superior con la intermedia. La superior se rellena con vino nuevo (u holandas para la producción de Brandy).

Este sistema permite que la calidad del producto sea muy alta y homogénea, porque en todas las botas existe una cantidad muy grande de vino (o Brandy) viejo que «enseña» (da cuerpo) al vino que ha llegado más reciente (ya sea de vino nuevo o vino ya envejecido en una bota superior).

Figura 6. Sistema solera



2.4.6.4 Ron de solera

Si bien el método Solera es una antigua práctica artesanal que tradicionalmente se habían reservado los productores españoles de jerez y brandy, actualmente es posible

disfrutar de rones que se aprovechan de esta técnica para producir verdaderos elixires capaces de satisfacer los gustos más exigentes.

El proceso Solera consta de la crianza en barriles, el trasiego en cascada y la posterior crianza en toneles, que le confiere al ron un cuerpo maduro y balanceado, asociado a la redondez del perfecto añejamiento. Cabe destacar que en el criadero de Solera, en los barriles dispuestos en cuatro hileras (una sobre otra), los rones madre, que generalmente tienen más de 25 años de envejecimiento, se combinan con vaciados de alta pureza para pasar entonces a la crianza en barriles.

Cuando el ron alcanza la madurez deseada, una porción es trasegada en cascada desde la hilera superior de barricas hasta la segunda, y así sucesivamente hasta llegar a la cuarta hilera que es la que está más cerca del suelo (de aquí el nombre de Solera que significa, llegar a la del suelo). En esta crianza de barriles, el ron adquiere su frescura, equilibrio, firmeza y buena parte de su madurez.

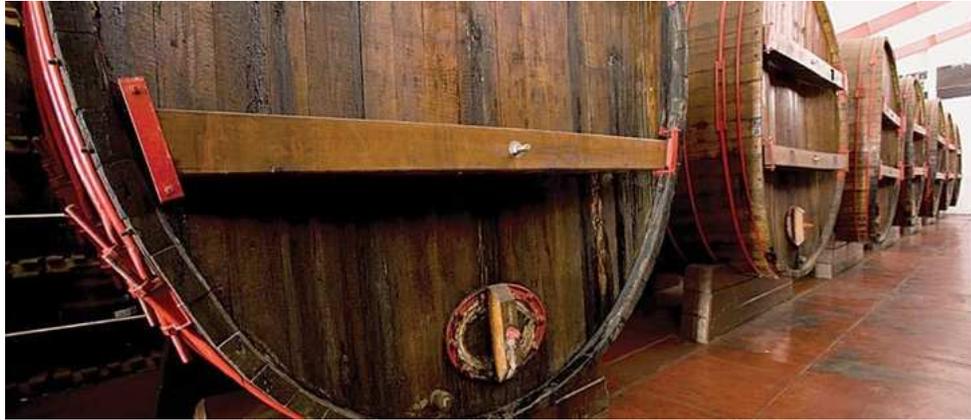
Concluido el trasiego en cascada, sólo una parte del ron de la cuarta hilera es finalmente sometido a un segundo proceso: la sosegada crianza de toneles, donde culmina su maduración. Y como una parte del ron nunca sale de la Solera, el que se embotella es cada vez más añejo, más redondo y más suave (Sistema solera, 2011).

2.4.6.5 Maridaje

En esta etapa es cuando interviene la experticia del maestro mezclador. Su envidiable trabajo es asegurar que el contenido de cada botella sea consistente tanto en cuanto a sabor como a calidad.

El maestro mezclador revisa y selecciona cada una de las barricas que se utilizan en las mezclas. Su paladar y nariz son los autores del sabor, aroma y el color final del ron. El evalúa el proceso de las mezclas que se realizan en las diferentes pipas de roble blanco americano. Después, el tiempo se convierte en el mejor amigo de un perfecto maridaje (Maridaje, 2011).

Figura 7. Pipas de maridajes



2.4.6.6 Filtración

Sea blanco o dorado, el ron se filtra antes de embotellarse. Esto elimina las partículas indeseables resultantes del proceso de envejecimiento al tiempo que mejora la pureza de su color. Para los rones que se van a vender como blancos, el filtrado por carbón activado elimina los tintes aportados por la madera de las barricas.

Algunas industrias aplican tipos especiales de filtración, con objetivos específicos. Barbancourt, de Haití, realiza una filtración final en frío para los rones que serían exportados a países no tropicales para evitar que el cambio de clima produzca algunos depósitos.

2.4.6.7 Embotellado

Al terminar este proceso el ron es rebajado con agua tratada para llegar al grado de comercialización, después de esto es llevado al embotellado final (Maridaje de ron, 2011).

3. BARRICAS DE ROBLE BLANCO (*Tabebuia Rosea/Heterophyllia*)

El roble ha sido durante mucho tiempo empleado en la construcción de barricas y toneles de madera para contener vino y otros alimentos. Esto se debe entre otras cosas a algunas propiedades físicas y químicas que lo hacen único en comparación con otras especies arbóreas.

Algunas de estas características son por una parte, el tamaño de sus rayos radiales, que le confiere a la madera una extraordinaria resistencia al momento de construir la barrica. Por otra parte, la ausencia casi total de resinas y otros compuestos químicos comunes de encontrar en otro tipo de especies, como el pino, hacen del roble una madera bastante pura desde un punto de vista químico.

3.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA DE ROBLE

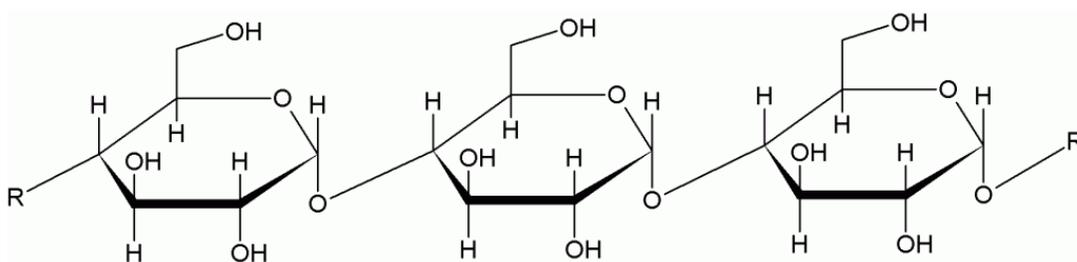
Al igual que todos los tejidos vegetales leñosos la madera de roble está constituida por celulosa, hemicelulosa, lignina, taninos, algunos lípidos y otras sustancias en menor medida. Una excepción es el roble blanco americano *Quercus alba*, que después del proceso de elaboración de las barricas o toneles presenta un cierto contenido de lactonas (lactonas de roble), que confieren al vino variaciones considerables en sabor en comparación con otras especies de roble.

Es muy importante considerar, que al evaluar las aportaciones de la madera al vino durante la crianza, no solamente está involucrada la composición química de la madera empleada, sino que además todos los procesos involucrados en la elaboración de la barrica, como el tiempo de secado, método de secado, tiempos y métodos de tostado, cortes, etc.

3.1.1 Celulosa

La celulosa es el polímero natural más abundante sobre la tierra y consiste básicamente en una cadena lineal de moléculas de glucosa. La celulosa no juega ningún papel organoléptico en el proceso de crianza, siendo importante para mantener la estructura de la barrica. En ciertos casos es posible el rompimiento por hidrólisis ácida de la cadena de celulosa liberando al medio dos unidades de glucosa, molécula llamada celobiosa, que puede servir como nutriente para el desarrollo de levaduras de contaminación del género *Brettanomyces*. La figura siguiente es una ilustración de un segmento del polímero de celulosa.

Figura 8. Polímero de celulosa



3.1.2 Hemicelulosa

La hemicelulosa es un polímero, que a diferencia de la celulosa, puede ser separada en diversos azúcares simples, entre los que se destacan por concentración: Xylosa, mannososa, rhamnosa, arabinosa y galactosa. Otra diferencia fundamental con la celulosa es que la hemicelulosa es menos abundante y a la vez menos estable. Durante la elaboración de las barricas, la madera es sometida a altas temperaturas (mayores a 140° C), con lo que comienza la descomposición de la hemicelulosa a sus azúcares estructurales, los que a su vez son modificados en su composición y pasarán a ser parte esencial del aporte organoléptico de la madera al vino durante el proceso de crianza. Estas modificaciones en la hemicelulosa son extremadamente complejas por lo que la proporción de azúcares liberados y las transformaciones que ellos recibirán son poco predecibles y por lo tanto poco manejables.

La hemicelulosa, al ser sometida a los procesos de secado o maduración y posterior tostado, será la responsable de una modificación en la estructura del vino al aportar azúcares simples, generará compuestos aromáticos por caramelización de dichos azúcares simples, como por ejemplo hidroximetilfurfural, furfural y maltol, que finalmente jugarán un rol en la modificación del color del vino durante el proceso de crianza.

3.1.3 Lignina

La lignina es un polímero tridimensional, la composición química varía según la especie vegetal que se trate, pero en el caso del género *Quercus* está constituida principalmente por dos unidades, el guaiacil y el siringil. En los vinos con crianza estas dos unidades dan origen a dos grupos de compuestos: Los derivados del guaiacil, donde se encuentra la vainillina y el ácido vainillico, responsables de los aromas a vainilla de algunos vinos.

Los derivados del siringil, donde se encuentra el sinapaldehído, el siringaldehído y el ácido siringico. El proceso de elaboración de la barrica tiene una fuerte influencia sobre el destino de la

lignina, así el proceso de tostado y de altas temperaturas provoca la formación de los aldehídos fenólicos antes mencionados.

3.1.4 Taninos del roble

Los taninos del roble corresponden a taninos hidrolizables, que son esteres de glúcidos con ácidos fenólicos o sus derivados. Los ácidos fenólicos más comunes en la formación de estos taninos hidrolizables son:

Acido Elagico: Que dará origen a los elagitaninos

Acido Gálico: Proviene de la hidrólisis del acido elagico, y dará origen a los galotaninos.

Es muy importante señalar que ninguno de estos taninos se encuentran en forma natural en la uva ni en el vino joven, pero suelen ser cedidos a él a través de las barricas durante la crianza o bien ser adicionados en forma artificial. Este tipo de taninos, especialmente los elagitaninos, juegan un rol fundamental en la estabilización del color al actuar indirectamente como antioxidantes, oxidándose ellos preferentemente sobre las antocianinas, y protegiéndolas así de las oxidaciones (Composición de barricas de Roble, 2011).

3.2 PREPARACIÓN DE BARRICAS

De acuerdo a la historia fueron los pueblos Celtas los primeros en experimentar el curvado de la madera mediante el calor del fuego, de esta manera pudo el hombre dar a las barricas, toneles y pipas su forma redondeada, características que proporciona a estos recipientes su extraordinaria resistencia.

Cada barrica o pipa es una obra de arte, un equilibrio perfecto entre la armonía del objeto y la simplicidad de formas. En la actualidad casi todos los rones envejecidos se maduran en barricas de roble que fueron usadas para envejecer whisky (especialmente del tipo 'bourbon' norteamericano), aunque también se usan barricas usadas para coñac y vino. El uso de barricas para 'bourbon' para añejar el ron es relativamente reciente, ya que el mismo 'bourbon' no se añejaba en barricas quemadas de roble hasta 1860, después de 71 años de empezar su destilación en Kentucky en 1789.

Figura 9. Barricas de roble



La edad u origen de las barricas parece que tienen poca influencia, aunque son populares las barricas usadas una vez para el 'bourbon' y algunos son chamuscados nuevamente en el interior. De lo que sí se está seguro es que una barrica pequeña (normalmente de 250 litros de capacidad) es crucial para una buena calidad - mientras más pequeña es la barrica, mayor es la influencia del roble.

Cuando se adquiere una barrica tanto de roble francés como de americano es imprescindible tener el lugar adecuado para la conservación de la madera y del producto que se va a envejecer en ella. Cuando se va a realizar un succionado de la barrica, generalmente cada 12 meses, se vacía la barrica y se inspecciona para ver las condiciones en las que esta para ser utilizada nuevamente.

Las barricas ya usadas en el proceso de añejamiento y que van a ser utilizadas nuevamente en otra etapa del proceso, se debe tener en cuenta el producto que ha tenido. A cada barrica se le debe inspeccionar duela por duela para ver la necesidad de realizar algún cambio, si hay algún cambio de duela la barrica debe ser apretada para evitar fugas posteriores.

En general todas las especies del género Quercus son árboles de hojas lobuladas y madera dura, compacta y de color pardo amarillento; sin embargo, por lo que se refiere a su comportamiento ante el ron existen diferencias muy importantes. Algunas de ellas son:

Roble americano: los árboles de esta especie contienen sustancia llamada metalictolactona cuyo olor recuerda al del coco. La metalictolactona, también llamada whisky lactona (ya que fue en este aguardiente donde se la localizó y aisló por primera vez en 1971), influye directamente en los rones. Otro aroma que procede de la familia de las lactonas es el que hace recordar a la piel deshidratada de la naranja.

Roble Francés: la madera de este árbol aporta menos cantidad de aldehídos aromáticos (aromas a vainilla). La madera de estos árboles es más porosa y de grano más amplio, lo cual facilita las acciones de evaporación y oxidación.

La composición del roble es (% aproximados): celulosa 40-45%; lignina 25-30%; hemicelulosa 20-25%; taninos hidrolizables 2-10%.

3.2.1 Quemado de barricas

Lo que se busca en el tostado del roble, es la degradación de la lignina en otros compuestos aromáticos, tales como: Vainillina (aroma a vainilla), furfural (almendra), hidroximetilfurfural (caramelo), siringaldehído, sinapaldehído, coniferaldehído.

El grado del tostado tiene una gran influencia en el desarrollo de los aromas y sabores, cuanto más profundo sea el quemado de las duelas, más elevado será el contenido en furfural y aldehídos aromáticos. Se distingue diferentes grados o intensidades de tostados:

- Tostado ligero. Realizado en la cara interna de la duela, tiene un efecto en unos 3 a 5 mm. De profundidad.
- Tostado mediano. Alcanza aproximadamente 5 mm. De profundidad y produce un oscurecimiento del roble bastante más intenso que el anterior.
- Tostado fuerte. Carboniza los primeros milímetros de madera de la cara interna de las duelas y oscurece más profundamente su grosor.

Las barricas, el lugar donde descansará por muchos años el ron hasta convertirse en un ron añejo, son armadas manualmente, después de ser armadas cuidadosamente, estas sufren un proceso de quemado en donde se busca reactivar la madera que se fundirá con el ron puro en un ritual de casamiento. El tostado es un cambio de textura del roble que ha de mantener contacto con el ron y una alteración de componentes por calentamiento que puede incidir en las cesiones del roble en cuantía y calidad. El efecto del quemado interior de las duelas de roble para su curvado tiene un importante efecto en los vinos, al menos en los primeros ciclos de uso de la barrica.

Figura 10. Quemado de barricas



3.2.2 Ensanchamiento de barriles

Cuando la madera de la barrica ya está muy seca por la falta de uso es necesario realizar un ensanchamiento de la madera, para ello se utiliza agua, la cual tiene como función principal abrir los poros de la madera para que esta se ensanche de tal manera que se eviten las fugas posteriormente (Enoforum, 2011).

4. AGUA EN LA INDUSTRIA

El problema del uso del agua en la industria tiene tres vertientes: 1) los altos consumos, 2) las descargas contaminantes al drenaje o a través de canales permeables (al suelo) y 3) las descargas directas a cuerpos de agua. De ahí se derivan varios efectos que viene principalmente con su origen pero también con su manejo posterior.

4.1. SITUACIÓN

El agua es un recurso fundamental para la actividad industrial, su utilización ha variado a lo largo del tiempo, disminuyendo su aprovechamiento local o puntual como fuente de energía primaria (molinos y turbinas), pero continúa siendo imprescindible para el desarrollo industrial usada como medio de reacción y disolvente o como regulador térmico en calderas y torres de refrigeración.

Ha aumentado de forma casi exponencial su valor, pasando de ser un bien libre y muy barato a considerarse como primera materia, cara y muy regulada.

4.2. CAUSAS DEL COSTO ALTO DEL AGUA

Se pueden definir tres causas básicas, que además están relacionadas entre si: Escasez, contaminación, evolución tecnológica y de calidad.

4.2.1. Escasez

Una de las principales causas del aumento de valor es la relativa escasez, debida a diversos motivos, que se pueden resumir en tres: disminución de los recursos hidráulicos, concentración urbana e industrial, contaminación. Un primer balance de las disponibilidades de agua indica que hay suficiente. Si se considera que un balance hídrico global permite disponer de un flujo de retorno (aguas superficiales y subterráneas) de 40.000 km³/año, que de estos 26.000 llegan al mar como escorrentía rápida no aprovechable y 5.000 transcurren por zonas deshabitadas, quedan 9.000 km³/año suficientes para una población de 20.000 millones de personas (actualmente hay en la tierra algo más de 6.000 millones).

De todas formas, se han de considerar distintas variables. En primer lugar agua y población están desigualmente repartidas. Por lo que se pueden encontrar zonas

excedentárias en agua y otras con deficiencia crónica, la concentración industrial y urbana aumenta este desequilibrio, por tanto es necesaria una planificación territorial y también del consumo.

Además la evolución actual tiende a una disminución progresiva de los recursos hídricos. A pesar de que no hay unanimidad en los procesos de cambio climático y sus consecuencias como sería la modificación de los niveles medios de precipitación anual, se puede constatar una distribución diferente de las precipitaciones, de tal forma que aún manteniéndose el mismo valor medio, estas se dan con mayor intensidad y menor tiempo, lo que conlleva a una disminución del aprovechamiento directo en las zonas no reguladas y a una menor capacidad de recarga de los acuíferos.

4.2.2. Contaminación

La industria tiene normalmente sus propias fuentes de abastecimiento de agua, superficial o subterránea. El aumento de la contaminación de estas fuentes obliga a tratarla con más intensidad o en último extremo a cambiar de suministro, usando un agua ya tratada mucho más cara.

4.2.3. Evolución tecnológica y de la calidad del producto

Entre los usos específicos del agua en la industria están los relacionados con el proceso productivo, este es en general el uso más importante después de la refrigeración. En algunas industrias como las tenerías, textil, alimentaria, papel, etc. el uso del agua en el proceso productivo es el principal. La mayoría de procesos productivos han evolucionado hacia tecnologías que proporcionan una mayor calidad de producto, pero que al mismo tiempo exigen una calidad más alta en las materias primas que intervienen, y entre ellas el agua de proceso (El agua en la industria, 2011).

4.3. USOS Y TRATAMIENTO DEL AGUA

Uno de los mayores desafíos del siglo XXI es asegurar la suficiente energía y agua para el bienestar de la humanidad, manteniendo, al mismo tiempo, la salud ecológica, integridad y capacidad de recuperación de las cuencas hidrográficas.

Las personas utilizan el agua habitualmente con tres fines principales: uso doméstico, uso agrícola y uso industrial. Los usos del agua en la industria son muy variados y específicos, por lo que puede necesitarse poco tratamiento como en el caso de aguas de enfriamiento, o por el contrario precisarse una pureza máxima como en el caso de la industria alimentaria. Los tratamientos de agua son procesos que permiten extraer o modificar algunas sustancias que el agua ha adquirido de forma natural o como consecuencia de los usos y previos vertidos.

Los problemas de disponibilidad de agua para los diferentes usos son cada vez mayores, debido a las situaciones de escasez de recursos y del incremento continuado de las demandas, por ello, se plantea la reutilización de aguas residuales una vez depuradas y la desalación (agua obtenida a partir del agua de mar).

Según sea la utilización posterior, los tratamientos pueden ser:

- La potabilización, para agua de bebida. Proceso que consta de varias etapas que varían según la calidad del agua natural inicial, por lo general son el desbaste, aireación, coagulación-floculación, decantación-filtración, desinfección, tratamiento de fangos, desalación, ablandamiento.
- Aguas de proceso para la industria, que requieren unas características de calidad que pueden ser más o menos exigentes, dependiendo del empleo en cada industria concreta.
- Tratamientos de aguas residuales. Los vertidos de aguas residuales son la fuente de la mayor parte de la contaminación que puede hallarse en las aguas naturales.

Cualquiera que sea su procedencia, los vertidos de aguas residuales presentan una amenaza para los seres vivos y el medio ambiente. Los tres tipos principales de aguas residuales, según sean sus usos, son: urbanas, industriales y agropecuarias. El conocimiento de la composición de las aguas residuales es fundamental para la gestión correcta de los vertidos, en lo referente a recogida, tratamiento y evacuación de los mismos.

Los posibles usos del agua reutilizada son: agrícolas (riego), municipales o urbanos (limpieza, riego), recreativos (lagos artificiales), industriales (lavado, refrigeración, desalinización). (Vilaseca, 2011).

4.3.1. Agua para ensanchamiento de barriles

El agua utilizada para el ensanchamiento de barriles proviene de un pozo el cual está a 200 metros del lugar de uso, la capacidad de un barril varía entre 180 litros y 200 litros por lo que para ensanchar cada barril se hace uso del total de su capacidad, de acuerdo a la cantidad de barriles que es necesario ensanchar se hace uso aproximadamente de 120,000

litros de agua semanalmente, lo que equivale a 600 barriles de roble blanco de 200 litros de capacidad (ver Apéndice 1. Diagrama de ensanchamiento de barriles).

El agua utilizada para el ensanchamiento de barriles debe pasar 24 horas dentro del barril por lo que adquiere características organolépticas no deseadas, olor a madera, apariencia turbia y adquiere sabor desagradable.

Se ha estudiado sobre la posibilidad de reutilizar el agua que sale del primer ensanchamiento del barril, sin embargo las características organolépticas que adquiere y el riesgo de crecimiento microbiano en el agua representaría un peligro para la calidad e inocuidad del barril, se ha estudiado la posibilidad de utilizar carbón activado para la eliminación de olores y sabores sin embargo eso requiere mayores instalaciones y controles sobre el producto final.

Actualmente toda el agua del proceso de ensanchamiento de barriles es direccionado al alcantarillado público; de acuerdo a estudios de aguas de descarga las características del agua proveniente de este proceso tienen de Demanda Química de Oxígeno (DQO) 5,385 mg/L, de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 2,985 mg/ L.

Se ha determinado que el caudal máximo es de 116 gal/ min, es en este momento donde se está realizando la descarga de los barriles que fueron ensanchados y el caudal mínimo es de 3 gal/ min, cuando están trabajando todos los procesos a excepción del proceso de ensanchamiento.

Se han realizado estudios para el tratamiento del agua sin embargo se ha establecido que es más conveniente eliminar el uso de agua para ensanchar los barriles y cambiarlo a un sistema de vapor haciendo uso de una caldera de combustión a base de diesel.

VII. METODOLOGÍA

La finalidad del presente estudio es poder diseñar un sistema de ensanchamiento de barriles que permita eliminar el uso excesivo de agua, reduciendo con esto el impacto ambiental y los costos directos de operación.

7.1 Sistema actual de ensanchamiento de barriles: es llevado a cabo de la siguiente manera: (ver apéndice 1. Diagrama de proceso de ensanchamiento de barriles con agua):

- **Ingreso de barriles:** Los barriles son comprados a diversos países, debido a las características que se desean del ron y por normativas legales, el ron no puede ser añejado en barriles nuevos, los barriles que se utilizan son aquellos que han servido para añejar otro tipo de bebidas alcohólicas, como whisky americano, vino de jerez o vino de Ximénez, al ser añejado el ron en estos barriles va a adquiriendo la redondez de notas esperado. Al terminar el proceso de añejamiento al cual fueron destinados como primer uso, los barriles son enviados en contenedores vía marítima y pueden pasar hasta dos meses para poder ser recibidos en planta.
- **Revisión de barriles:** Debido al tiempo que pasan los barriles sin tener líquido dentro, la madera sufre un proceso de desecación en el cual los poros se contraen y permiten la generación de pequeñas aberturas en medio de cada duela de barril, para ello al ingreso a planta es necesario hacer una revisión de cada uno y determinar cuáles de ellos necesitan ser reparados. Los barriles que están en buen estado pasan directamente al llenado de producto en donde vuelven a pasar cierto tiempo en añejamiento, aquellos barriles que no cumplieron con la inspección de calidad son enviados al taller de reparación.
- **Acondicionamiento de barriles:** Al salir del taller de reparación los barriles deben ser hidratados nuevamente para evitar que al ser llenados con producto éstos presenten fugas, los barriles son colocados en tarimas de madera los cuales tienen la capacidad de contener cuatro barriles cada una, un operador de montacargas lleva los barriles del taller de reparación al patio de ensanchamiento, la tarimas se disponen de forma horizontal para facilitar el proceso de llenado.

- **Llenado de barriles:** Al terminar de acondicionar los barriles, cinco operarios empiezan a llenarlos uno a uno con una manguera de 1 pulgada hasta el máximo de su capacidad la cual es de 200 litros, para ésto utilizan agua potable que ha sido obtenida de pozo, se tiene la capacidad para llenar 100 barriles por día debido a la capacidad del patio.
- **Reposo:** Los barriles llenos con agua deben pasar como mínimo 24 horas en reposo para garantizar la hidratación de la madera
- **Descarga de agua:** al pasar las 24 horas de reposo se debe sacar el agua utilizada, los barriles son volteados uno por uno hasta que ya no quede agua dentro de ellos.
- **Traslado de barriles para proceso de llenado de ron:** al terminar de descargar el agua, los barriles son acondicionados en las tarimas para ser enviados al proceso de llenado de ron.

7.2 Sistema Propuesto de ensanchamiento de barriles: consiste en la utilización de una caldera para generar vapor de agua y ensanchar con esto los barriles, para ello se utilizará una caldera de 20 HP de potencia, la cuál será instalada en un cuarto cerrado, continuo a él se construirá otro cuarto en donde se ensancharán los barriles. El lugar definido para la construcción del cuarto es frente al proceso de llenado de producto, a un lado del taller de reparación de barriles, disminuyendo con esto los tiempos de traslado de un área a otra.

El cuarto donde se instalará la caldera debe ser como mínimo de un área de 9.18 metros cuadrados, con una elevación de 2.8 metros (ver Apéndice 3. Planos de cuarto de caldera).

Las tarimas miden 0.26 m² por 0.1 m de grosor, los barriles tienen una altura de 0.88 metros, por lo que se propone construir tres carriles con una capacidad de tres tarimas por carril, para un total de 36 barriles, cada carril tendrá 12 salidas de vapor dispuestas para cada barril que ingrese; al construir los tres carriles se aprovecha todo el espacio disponible (ver Apéndice 4. Plano de cuarto para ensanchamiento de barriles).

El proceso constaría de las siguientes etapas (ver Apéndice 2. Diagrama de proceso de ensanchamiento de barriles con vapor).

- **Ingreso de tarimas:** Después de recibidos y revisados los barriles, aquellos barriles que necesitan ser reparados son llevados al taller, en ese momento los barriles son colocados de tal manera que el agujero de la tapadera superior quede hacia abajo, un operador de montacargas ingresa las tarimas a los diferentes carriles del cuarto de ensanchado.
- **Alineación de barriles:** cuando se ha terminado de ingresar las tarimas, dos auxiliares colocan los barriles de tal manera que las salidas de vapor queden alineadas con el agujero de la tapadera.
- **Inyección de vapor:** En este momento el operador abre el paso de vapor para que llegue hasta los barriles. Se conoce que cada barril tiene 200 Lts que es igual a:

$$200 \text{ Lts} * \frac{1 \text{ mts}^3}{1000 \text{ Lts}} = 0.2 \text{ mts}^3$$

Para saber cuánto vapor puede haber en un barril se debe conocer la densidad del mismo, para ello: La presión será insignificamente mayor que la normal, aproximadamente (150Kpa) pues no se obstruirá la salida de vapor del barril, y una temperatura de aproximadamente 45°C, se tomará un enfriamiento debido a que se estará en contacto con el aire libre y las pérdidas de carga que se generaran en la tubería. Además al momento de salir de la tubería el vapor deberá tomar la temperatura normal del ambiente. Se tiene entonces que la densidad del vapor es de

$$\rho = 0.0231 \frac{\text{Kg}}{\text{mts}^3}$$

(Sonntag, R., y Borgnakke, C., 2006, p 382)

Con base a los datos anteriores se tiene que en un barril puede haber:

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

Por lo que:

$$\text{masa} = \rho (\text{volumen})$$

$$masa = \left(0.0231 \frac{Kg}{mts^3}\right) * (0.2 mts^3) = 0.00462 Kgs.$$

El llenado es instantáneo, en el momento en que se llena empieza a salir el mismo volumen, el vapor es constantemente reemplazado y vuelto a llenar a cada segundo, pues los gases siempre se expanden hasta ocupar el volumen de su contenedor. Por lo tanto a cada hora se necesitará:

$$Volumen\ por\ hora = \left(0.00462 \frac{Kgs}{seg}\right) * \left(3600 \frac{seg}{hrs.}\right) = 15.12 \frac{Kgs.}{hrs.}$$

Se necesitaran entonces 15.12 Kgs de vapor por hora para el ensanchamiento de 1 barril,

$$15.12 \frac{Kgs}{hrs} * \frac{2.20459 Lbs.}{1 Kgs} = 33.33 \frac{Lbs.}{Hr.}$$

Se colocará un factor de seguridad de 1 libras de vapor, que es lo que puede cubrir los primeros segundos cuando el barril no se ha llenado completamente y por lo tanto no se está vaciando. Entonces esta libra servirá para llenar el barril por ese intervalo de tiempo. Por lo que al final se necesitará aproximadamente 34.33 Lbs/hr de vapor para cada barril. Tomando en cuenta los 20 HP de potencia de la caldera y los 690 lbs/hr de vapor que genera (ver Anexo 5, Especificaciones de caldera), se obtiene que la caldera genera 34.5 lbs/hr de vapor por 1 hp de potencia, por lo que se puede decir que la caldera tiene la capacidad de ensanchar 20 barriles por hora. De acuerdo a esto 20 barriles serán inyectados con vapor constante por una hora.

- **Traslado de barriles para proceso de llenado de producto:** Al terminar de inyectar los barriles con vapor, el operador de montacargas saca los barriles del cuarto para ser llevados inmediatamente al proceso de llenado de producto.

Se realizará una comparación del sistema actual y el sistema propuesto, evaluando tiempos, costos de operación y consumo de agua. La comparación se realizará tomando en cuenta los datos reales del sistema actual y datos basados en las especificaciones del equipo para el sistema propuesto.

VIII. DESARROLLO DEL TRABAJO

Para el desarrollo de la investigación se realizó una comparación entre los dos sistemas, definidos de la siguiente manera:

- A) Sistema actual (ensanchado de barriles llenándolos con agua), contra
- B) Sistema propuesto (ensanchado de barriles con vapor)

1. INVERSIÓN INICIAL

- A) Para poder implementar este sistema no se requiere de equipos especiales por lo que la inversión inicial es de cero.
- B) Para este sistema como mínimo es necesario la compra de una caldera con una capacidad de 20 HP y generación de vapor de 690 lbs/hr, la construcción de un cuarto aislado para la operación del ensanchamiento de barriles y realizar la instalación de tuberías para el correcto funcionamiento.

Tabla 1. Inversión inicial (Quetzales)

Variables	A	B
Caldera	0	194,880
Construcción de instalación	0	39,800
Materiales	0	25,000
Sistema de tuberías	0	20,000
Total en Quetzales	0	279,680

Fuente: Datos tomados de cotizaciones de diferentes proveedores.

Esto da una inversión inicial de cero para el sistema A y como mínimo Q 279,680 para el sistema B.

2. CONSUMO DE MATERIALES

Se tomó como base, barriles de 200 litros para ambos sistemas.

En el Tabla 2 se detalla los consumos de materiales de los dos métodos establecidos para poder ser comparados.

Tabla 2. Consumo de materiales

Variables	A	B
Agua (Lts / barril)	200	1.75
Diesel (Gal / barril)	0	0.3
Energía eléctrica (watts)	0	0
Tiempo de ensanchamiento (Hrs)	24	1

Fuente: Datos tomados de mediciones actuales y especificaciones de equipo.

- A) Con este sistema se hace uso de 200 litros de agua por barril; ya que no es necesario el uso de equipos, el consumo de energía eléctrica y diesel es cero. Para ensanchar 100 barriles se necesitan como mínimo 24 horas, por lo que cada barril es ensanchado en un total de 24 horas.
- B) Partiendo que la caldera produce 690 lbs/ hr de vapor y tomando en cuenta la densidad del vapor de 0.0231 kg/hr, para su funcionamiento la caldera consume 35 lts/hr de agua, partiendo de la teoría de que se pueden ensanchar 20 barriles/hr, se tiene un consumo por barril ensanchado de 1.75 litros de agua. La caldera tiene un consumo de 6 Gal/ hr de diesel, tomando en cuenta la capacidad de ésta, se tiene un consumo de 0.3 galones de diesel por barril ensanchado. No existe consumo de energía eléctrica debido a que la caldera necesita únicamente un sistema de chispa para encenderse el cual es mínimo para su funcionamiento.

3. COSTOS DE OPERACIÓN

Para poder ensanchar los barriles en el sistema A es necesario tener como mínimo agua y mano de obra; con el sistema B se necesita agua, diesel y mano de obra.

Tabla 3. Costos de operación en Quetzales por barril

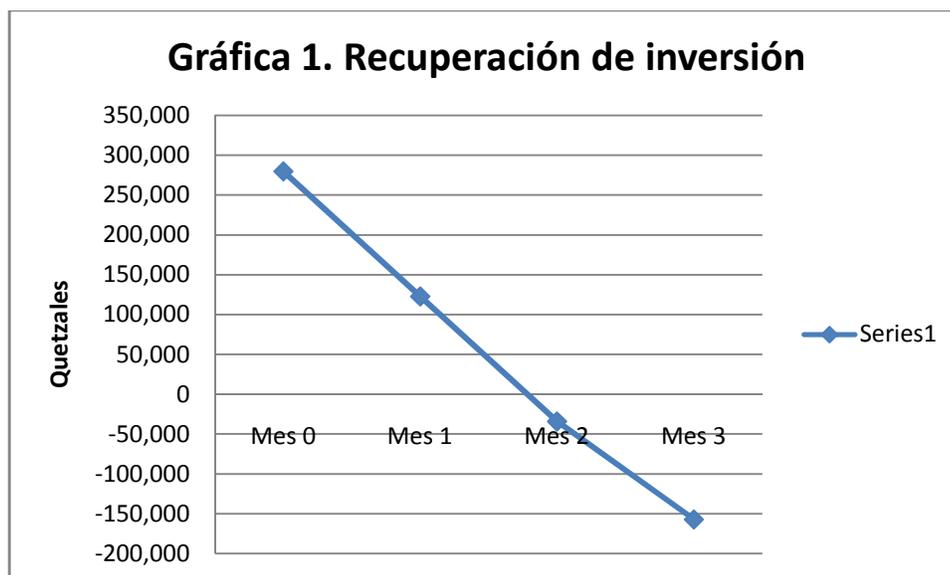
VARIABLES	A	B
Agua	70	0.613
Diesel	0	8
Mano de obra	15.46	1.64
Total en Quetzales	85.46	10.05

Fuente: Datos tomados de mediciones actuales y especificaciones de equipo.

- A) El precio actual del agua potable sin tratamiento tiene un valor de Q0.35 por litro, para cada barril es necesario utilizar 200 litros de agua, por lo que el costo por barril es de 70 quetzales. Para llevar a cabo este sistema no se necesita el uso de diesel por lo que el costo es de cero. Para poder realizar el ensanchamiento de 100 barriles con el método actual es necesario que 5 auxiliares y un encargado estén laborando, el sueldo total es de Q17,400.00 mensuales incluyendo en este valor horas extras, tomando 30 días del mes y 9 horas al día, se tiene un costo promedio de Q64.44 por hora de trabajo, si se utilizan 24 horas para ensanchar 100 barriles, el costo de mano de obra es de Q15.5 por barril. El costo total para ensanchar un barril es de Q.85.46.
- B) Para este sistema es necesario 1.75 litros por agua, equivalente a 0.613 quetzales por barril. La caldera consume 0.3 galones por barril, tomando en cuenta el precio actual del diesel de Q26.00/ gal, el costo por barril es de 8 quetzales. Para poner en marcha este sistema es necesario que dos auxiliares y un operador laboren, el sueldo total es de Q8,850.00 tomando de igual manera 30 días del mes y 9 horas al día se tiene el costo por hora de Q 32.77, si se utiliza 1 hora para ensanchar 20 barriles, el costo de mano de obra es de Q 1.64 por barril ensanchado. El costo total por barril es de Q. 10.05.

4. RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN

Tomando en cuenta que con el sistema A se tiene una capacidad de 2,400 barriles ensanchados por mes, el ahorro por barril es de Q75.71, lo que da un ahorro mensual de Q180,984.



Fuente: Datos tomados de mediciones actuales y especificaciones de equipo.

En el mes cero se tiene el valor de la inversión inicial, en el mes uno se toma en cuenta la inversión inicial más el costo de operación que es el equivalente a Q24,120 al mes (2,400 barriles por el costo total Q10.05), se resta el ahorro mensual de Q180,984, el primer mes se recupera el 64.71% de la inversión inicial, en el mes dos se recupera el 100% de la inversión con un ahorro del 16% con respecto al sistema A, en el mes tres el ahorro es del 76.48%.

5. DESCARGAS DE AGUA

Se realizaron mediciones en los efluentes generales de la planta, haciendo dos tipos de mediciones.

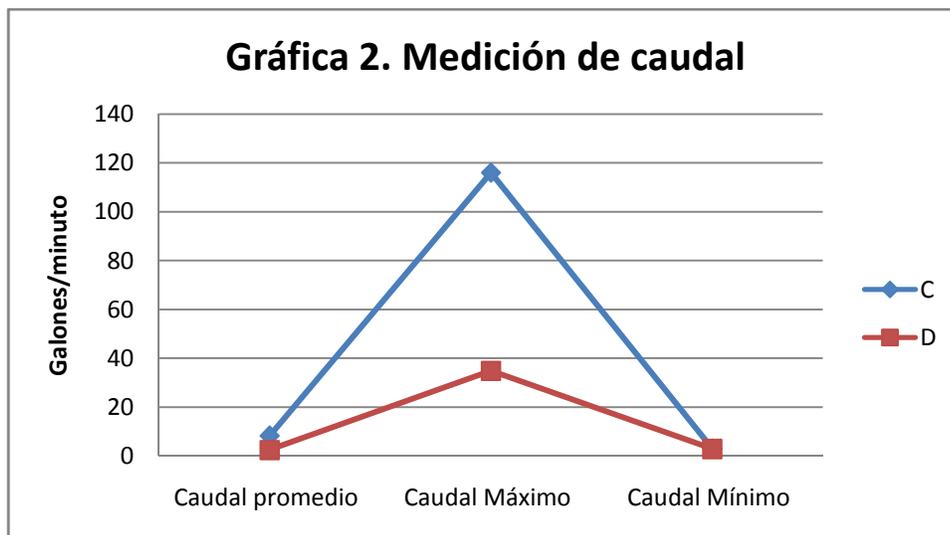
- C) Un día normal de labores tomando en cuenta el sistema actual de ensanchamiento de barriles (ensanchamiento con agua); y otro
- D) Eliminando el proceso actual de ensanchamiento de barriles (ensanchamiento con agua).

Tabla 4. Medición de descargas de agua

Variables	EFLUENTE		
	Hora	C	D
Caudal promedio (Gal/min)		8.24	2.47
Caudal Máximo (Gal/min)	08:00 a.m. a 08:15 a.m	116	34.8
Caudal Mínimo (Gal/min)	9:00 a.m a 15:15 p.m	3	2.9
Nivel promedio (")		0.73	0.59
Nivel máximo (")	08:15 a.m.	3.11	0.933
Nivel mínimo (")	09:30	0.58	0.55
Velocidad Promedio (m/s)		0.14	0.11
Velocidad máxima (m/s)	8:15 a.m	0.41	0.29
Velocidad mínima (m/s)	9:00 a.m a 15:15 p.m	0.12	0.1

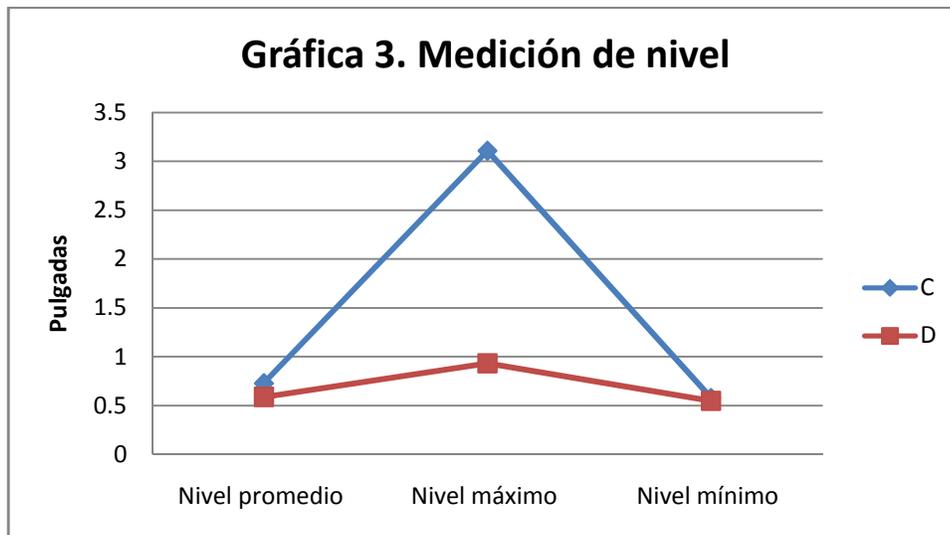
Fuente: Reporte de medición de caudal de planta general. Soluciones Analíticas

El caudal promedio de D se reduce en 5.77 gal/min con relación a C lo que equivale a la reducción del 70%; el caudal máximo disminuye un 70% y el caudal mínimo se mantiene.



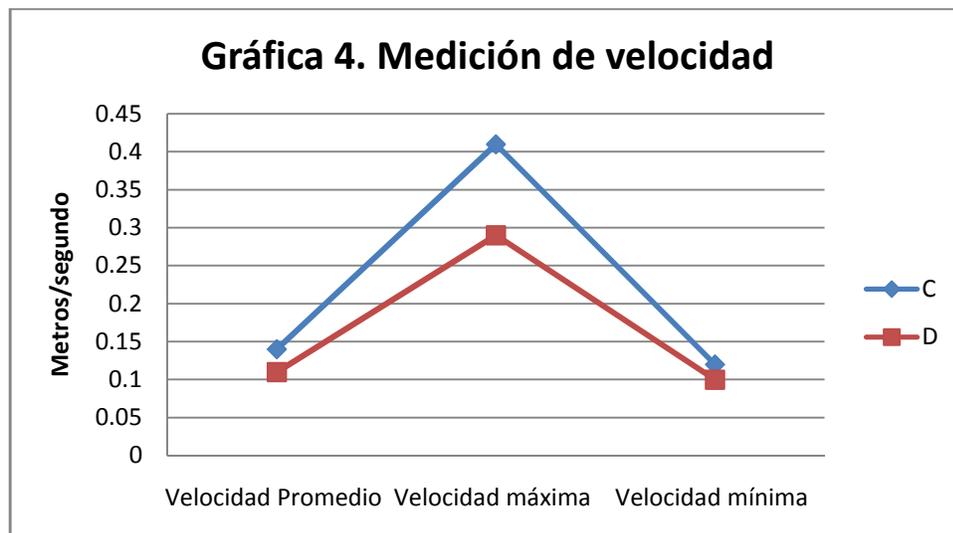
Fuente: Reporte de medición de caudal de planta general. Soluciones Analíticas

El nivel del agua en el punto de descarga disminuye un 20%, el nivel máximo disminuye un 70% y el nivel mínimo se mantiene.



Fuente: Reporte de medición de caudal de planta general. Soluciones Analíticas

La velocidad promedio de descarga disminuye 21%, la velocidad máxima disminuye 30% y la velocidad mínima se mantiene.



Fuente: Reporte de medición de caudal de planta general. Soluciones Analíticas

IX. CONCLUSIONES

1. La metodología que se propone para el sistema de ensanchamiento de barriles por vapor de agua es: colocar tarimas de cuatro barriles cada uno en el cuarto construido para ensanchamiento, inyectando cada barril con vapor de agua, tomando en cuenta que 20 barriles de 200 litros de capacidad son ensanchados en 1 hora.
2. Implementando el sistema de ensanchamiento de barriles con vapor de agua, se reduce un total de Q75.41 por barril ensanchado en los costos directos de operación; la mano de obra es reducida de Q17,400 a Q8,850. La inversión inicial es recuperada en el segundo mes de operación.
3. La inversión inicial para la implementación del sistema de ensanchado de barriles con vapor de agua es de Q 279,680.
4. Al implementar el sistema de ensanchamiento de barriles se reduce un 70% la descarga de agua a drenajes.

X. RECOMENDACIONES

1. Implementar el sistema propuesto de ensanchamiento de barriles con vapor haciendo uso de una caldera de 20 HP de potencia, con generación de 690 lbs/hr de vapor, construyendo un cuarto de 9.18 metros cuadrados que permita el ingreso de por lo menos 6 tarimas de cuatro barriles cada una para poder ser ensanchados al mismo tiempo, el área designada para el proceso deberá quedar cerca de los procesos de llenado de producto y taller de reparación lo cual permitirá un eficiente traslado de los barriles.

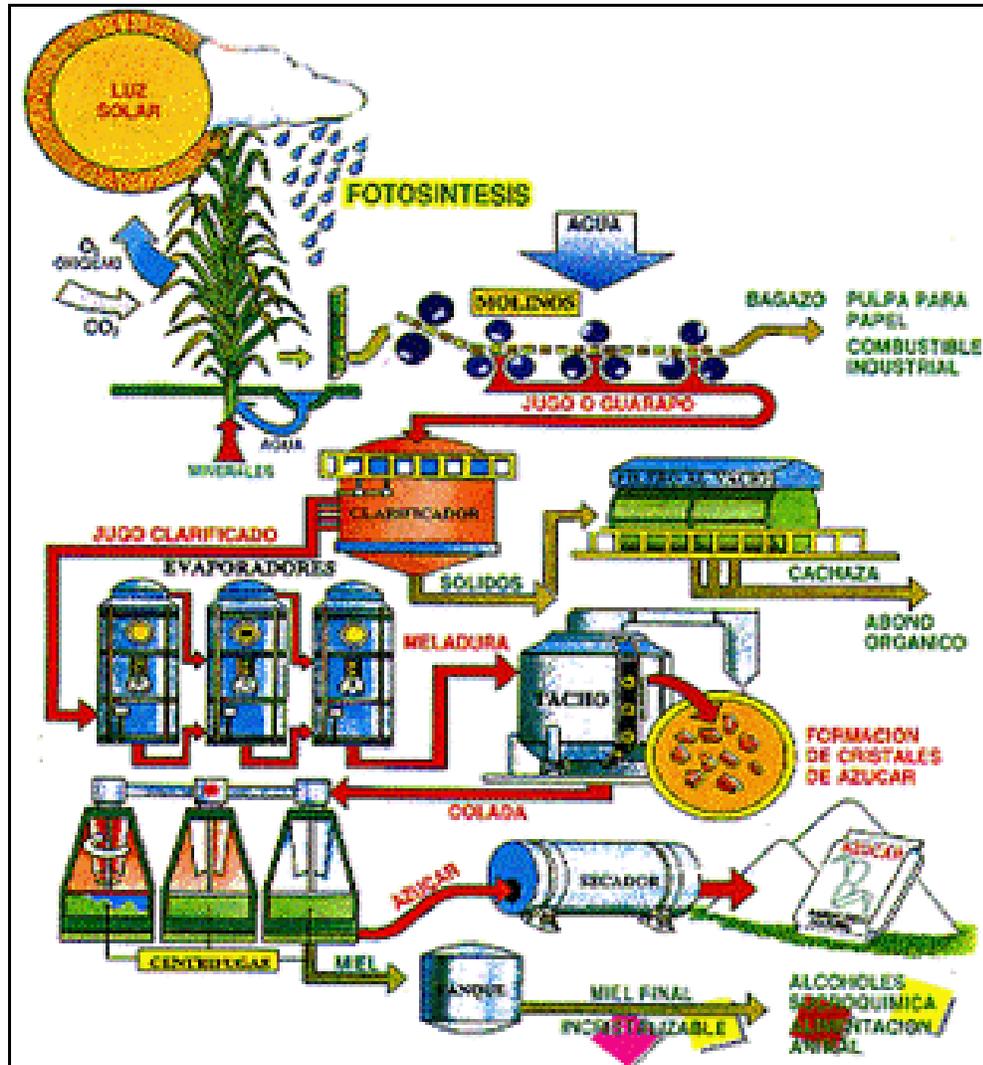
XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Añejamiento de ron (2011). Recuperado de: <http://ecodiario.eleconomista.es/gourmet/noticias/841476/11/08/Envejecer-entre-las-nubes-de-Guatemala.html>.
2. Añejamiento de ron (2011). Recuperado de: <http://www.jmarcano.com/mipais/economia/ron4.html>.
3. Composición de barricas de Roble (2011). Recuperado de: <http://cmackay.cl/2011/04/11/barricas-de-roble-composicin-y-propiedades>.
4. Chaves, M. (2011). La caña de azúcar como materia prima para la producción de alcohol carburante. DIECA, PP: 1-12
5. Destilación de ron (2011). Recuperado de: <http://www.jmarcano.com/mipais/economia/ron3.html>.
6. Geplacea (1990). Manual de los derivados de la caña de azúcar. La Habana Cuba. Editorial ICIDCA. Páginas de 20-35.
7. Elaboración de ron (2011). Recuperado de: <http://www.jmarcano.com/mipais/economia/ron2.html>.
8. El agua en la industria (2011). Recuperado de: <http://ambiental.uaslp.mx/docs/PMM-AP021017.pdf>.
9. Enoforum (2011). Elaboración de vinos. Mailxmail Intercom. Cap: 22.
10. Historia del ron (2011). Recuperado de: <http://www.licorea.com/zacapa-centenario-reserva-23-a%C3%B1os-p-273.html>.
11. Macek, M. (2011). Destilación de bebidas. Zona Diet. PP: 1-2.
12. Maridaje (2011). Recuperado de: <http://www.revistadonjuan.com/barralibre/asnu-se-hace-el-zacapa-el-ron-caribeno-hecho-en-las-nubes/7638147>.
13. Maridaje de ron (2011). Recuperado de: <http://www.jmarcano.com/mipais/economia/ron5.html>.
14. Proceso del ron (2011). Recuperado de: <http://www.thereserveshop.com/index.php/content/zacapa-centenario-23-anos.html>.
15. Proceso productivo de la caña de azúcar (2011). Recuperado de: <http://www.siap.gob.mx/sispro/Integra/Caracteristicas/CanaAzu.html>.
16. Sonntag, R., Borgnakke, C. (2006). Introducción a la termodinámica para ingeniería. México D.F. Editorial Limusa. Página 382.
17. Sistema solera (2011). Recuperado de: http://es.wikipedia.org/wiki/Criaderas_y_Soleras.

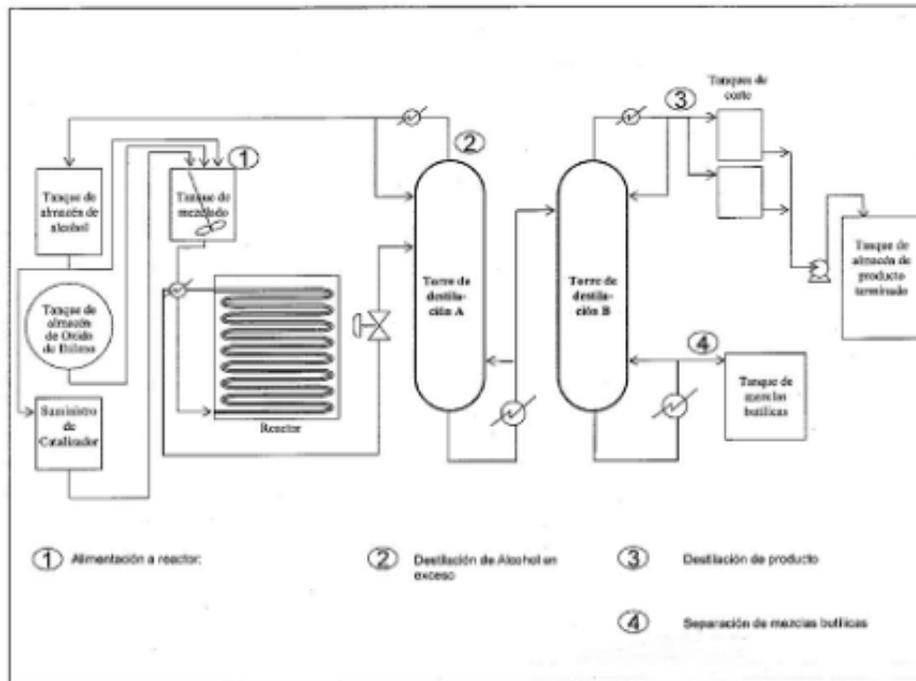
18. Subproductos de la caña de azúcar (2011). Recuperado de:
<http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/afris/espanol/document/tfeed8/Data/474.HTM>.
19. Vilaseca, M (2011). Tratamiento de aguas. Dimensión Ambiental: Sostenibilidad. PP: 1-2

XII. ANEXOS

ANEXO 1. PROCESO DE ELABORACION DE AZÚCAR



ANEXO 2. PROCESO DE DESTILACIÓN



ANEXO 3. INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA DE DESCARGA

PARAMETROS	DIMENSIONALES	VALOR	LIMITE DE DETECCION	METODOLOGIA
*DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/L O ₂	5385	3	HACH 8000
*SOLIDOS SEDIMENTABLES	mg/L	< 0.10	0.1	SM 2540F
ARSENICO	mg/L -As	< 0.05	0.05	SM 3030B 3120B
CADMIO	mg/L -Cd	0.02	0.01	SM 3030B 3120B
CIANURO	mg/L -CN	0.02	0.01	LAMOTTE 3660-SC
COBRE	mg/L -Cu	< 0.02	0.02	SM 3030B 3120B
COLOR	u PtCo	47	1	HACH 8025
CROMO TOTAL	mg/L -Cr	< 0.01	0.01	SM 3030B 3120B
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/L O ₂	2985	6	SM 5210B, 4500C
FOSFORO TOTAL	mg/L -P	< 0.10	0.1	SM 3030B 3120B
GRASAS Y ACEITES	mg/L	< 6	6	EPA 1664
MATERIA FLOTANTE		Ausente		
NIQUEL	mg/L -Ni	0.13	0.03	SM 3030B 3120B
NITROGENO TOTAL	mg/L -N	14	2.5	SM Kjeldahl 4500B
PH (IN SITU)		7.00	0.01	Thermo Orion 1230
PLOMO	mg/L -Pb	< 0.02	0.02	SM 3030B 3120B
SOLIDOS EN SUSPENSION TOTALES	mg/L	16	6	SM 2540D
TEMPERATURA(IN SITU)	°C	20.20	0.1	Thermo Orion 1230
ZINC	mg/L -Zn	< 0.10	0.10	SM 3030B 3120B

***ACREDITADO ISO 17025 según OGA-LE-031-09**

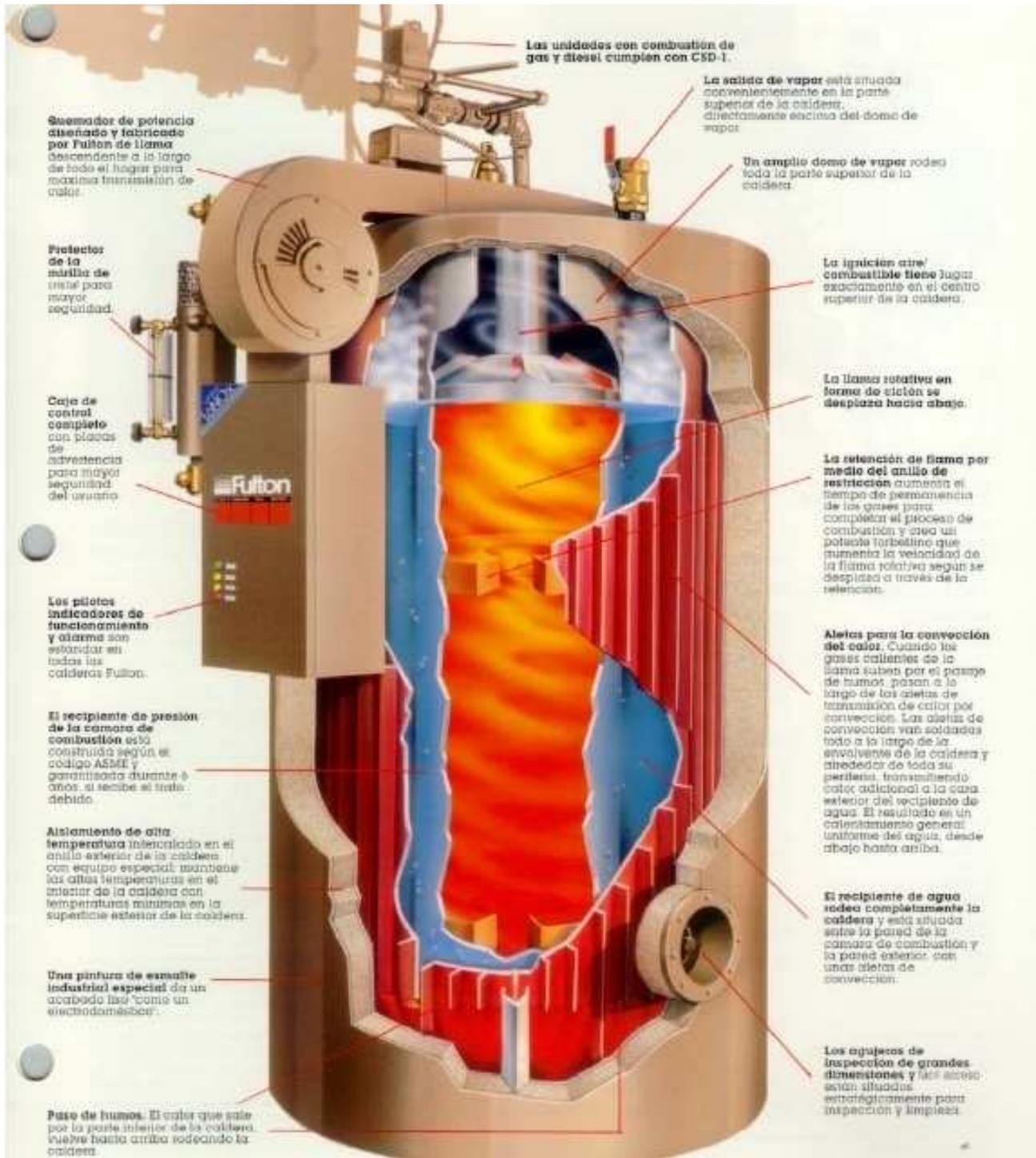
Metodología basada en:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WWF. 21 ed. 2005

- HACH Reactor digestion method for Chemical Oxygen Demand

EPA. 'Oil and grease' and 'petroleum hydrocarbons' n-Hexane extractable material (HEM) and silica gel treated n-hexane extractable material (SGT-HEM) by extraction and gravimetry. Method 1664. 1994

ANEXO 4. CARACTERÍSTICAS DE CALDERA



ANEXO 5. ESPECIFICACIONES DE CALDERA

Specifications

Models ICS/ICX/FB		6	9.5	10	15	20	25	30	50	60
Boiler Connections										
N. Steam Outlet 15 PSI	IN	1	N/A	1.5	2	3	3	3	4	4
	MM	25		38	51	76	76	76	102	102
N. Steam Outlet 150 PSI (9.5 HP 100 PSI)	IN	0.75	1	1	1.25	1.5	2	2	3	3
	MM	19	25	25	32	38	51	51	76	76
O. Safety Valve Outlet 15 PSI	IN	0.75	N/A	0.75	1.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	MM	19		19	32	38	38	38	38	38
O. Safety Valve Outlet 150 PSI+ (9.5 HP 100 PSI)	IN	1	1	1	1	1	1	1	1.25	1.25
	MM	25	25	25	25	25	25	25	32	32
P. Safety Valve Inlet 15 PSI++	IN	0.75	N/A	0.75	1	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
	MM	19		19	25	32	32	32	32	32
P. Safety Valve Inlet 150 PSI (9.5 HP 100 PSI)	IN	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	1	1
	MM	19	19	19	19	19	19	19	25	25
Q. Feedwater Inlet	IN	0.75	1	1	1	1	1	1	1	1
	MM	19	25	25	25	25	25	25	25	25
R. Blowdown Outlet	IN	1	1	1	1	1.25	1.25	1.25	1.5	1.5
	MM	25	25	25	25	32	32	32	38	38
S. Water Column Blowdown	IN	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	MM	25	25	25	25	25	25	25	25	25

Ratings* (Sea level to 3000 ft.)

Output	1000 BTU/HR	201	318	335	503	670	838	1005	1674	2009
	1000 KCAL/HR	50.7	80.1	84.4	127	169	211	253	422	506
Steam Output	LB/HR	207	328	345	518	690	863	1035	1725	2070
	KG/HR	94	149	157	235	313	392	470	785	942

Approximate Fuel Consumption at Rated Capacity+++

Light Oil	GPH	1.8	2.8	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	15.0	17.9
	LPH	6.8	10.6	11.4	17	22.7	28.4	34.1	56.8	67.8
Propane Gas (ICS) (14" w.c. req'd)	FT3/HR	100	159	168	251	335	419	502	837	1004
	M3/HR	2.8	4.5	4.8	7.1	9.5	11.9	14.2	23.7	28.4
Propane Gas (ICX) (14" w.c. req'd)	FT3/HR	97		161	242	323	404	484		
	M3/HR	2.7	N/A	4.6	6.9	9.1	11.4	13.7		
Natural Gas (ICS) (7" - 11" w.c. req'd)	FT3/HR	257	398	419	628	837	1047	1256	2093	2511
	M3/HR	7.1	11.3	11.9	17.8	23.7	29.7	35.4	59.3	71.1
Natural Gas (ICX) (7" - 11" w.c. req'd)	FT3/HR	242	384	403	606	807	1009	1210		
	M3/HR	6.9	10.8	11.4	17.2	22.9	28.6	34.3		
Natural Gas Boiler Connection Size (Std CSD-1)	IN	1	1	1	1	1.25	1.25	1.5	1.5	2
	MM	25	25	25	25	32	32	38	38	51
Oil Inlet Size	IN	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
	MM	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Burner	3450 RPM/60 CY					1/3 gas	1/3 gas		1.5 gas	1.5 gas
Motor HP	2850 RPM/50 CY	1/3	1/3	1/3	1/3	3/4 oil	3/4 oil	3/4	2 oil	2 oil

Electric Power Requirements - Burner Only (in Amps) ***

120V, 60 CY, 1 Phase	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2 gas 9.2 oil	5.2 gas 9.2 oil	9.2	--	--
240V, 50/60 CY, 1 Phase	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6 gas 4.6 oil	2.6 gas 4.6 oil	4.6	8.9 gas 9.5 oil	8.9 gas 9.5 oil
208V, 50/60 CY, 3 Phase	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9 gas 3.1 oil	1.9 gas 3.1 oil	3.1	4.4 gas 5.7 oil	4.4 gas 5.7 oil
240V, 50/60 CY, 3 Phase	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6 gas 2.8 oil	1.6 gas 2.8 oil	2.8	4.2 gas 5.4 oil	4.2 gas 5.4 oil
480V, 50/60 CY, 3 Phase	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8 gas .4 oil	0.8 gas 1.4 oil	1.4	2.1 gas 2.7 oil	2.1 gas 2.7 oil

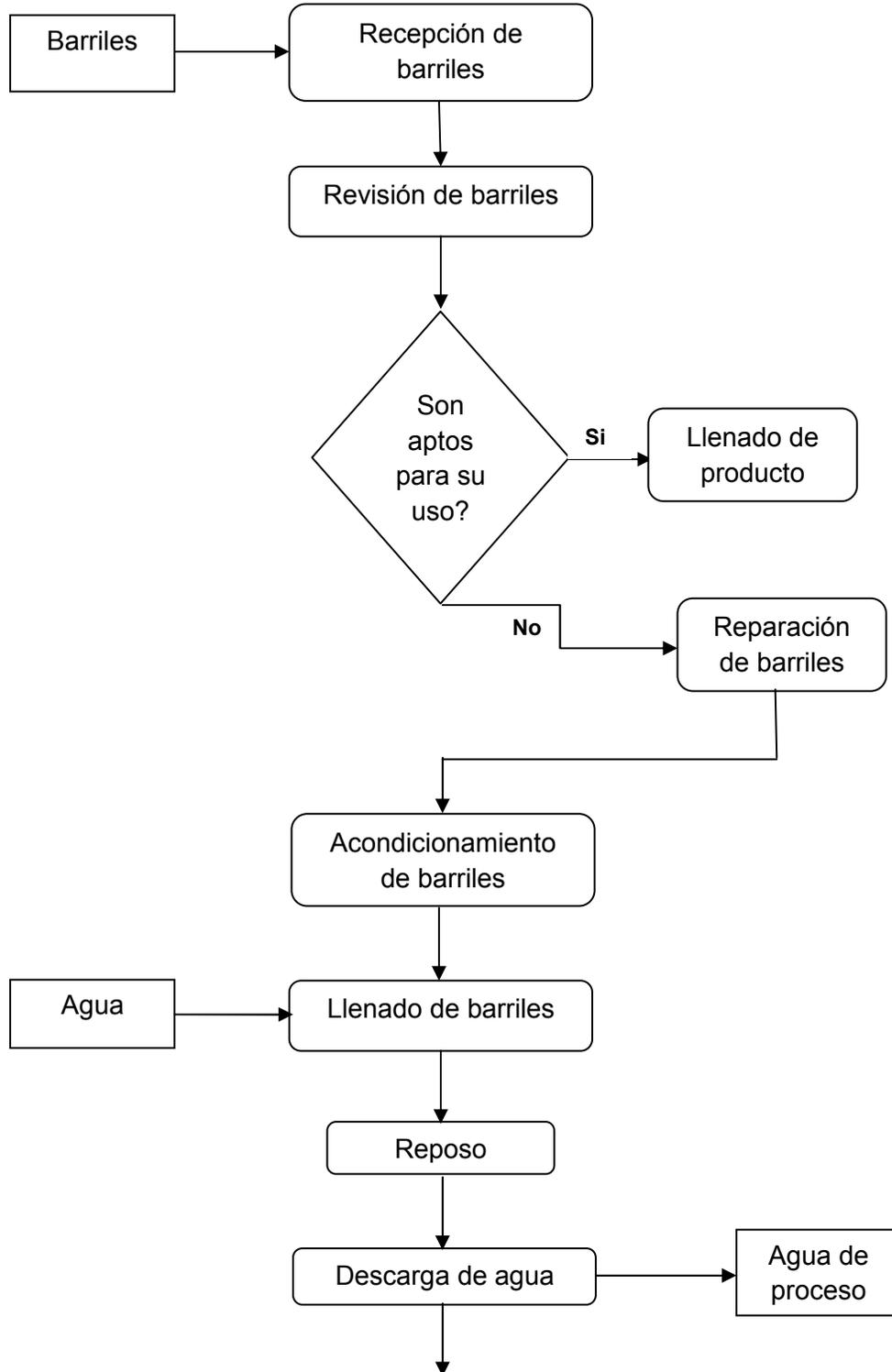
Water Content

U.S. GAL	16	16	24	39	77	82	170	245	270
LITERS	61	61	91	148	292	310	644	927	1022

Specifications and Dimensions are approximate. We reserve the right to change specifications and/or dimensions. + High pressure boilers purchased with low pressure openings may have larger than specified opening sizes, consult factory for correct opening sizes. ++ 50 and 60 HP have two safety valves on low pressure. +++ Consumption based on light Oil 140,000 BTU/G; Natural Gas 1000 BTU/ft.³; Propane 2500 BTU/ft.³. *All ratings from 0 PSIG and at 212 degrees F. *** Control circuit electrical requirement will vary with the system voltage, please consult factory. --Consult factory.

XIII. APÉNDICES

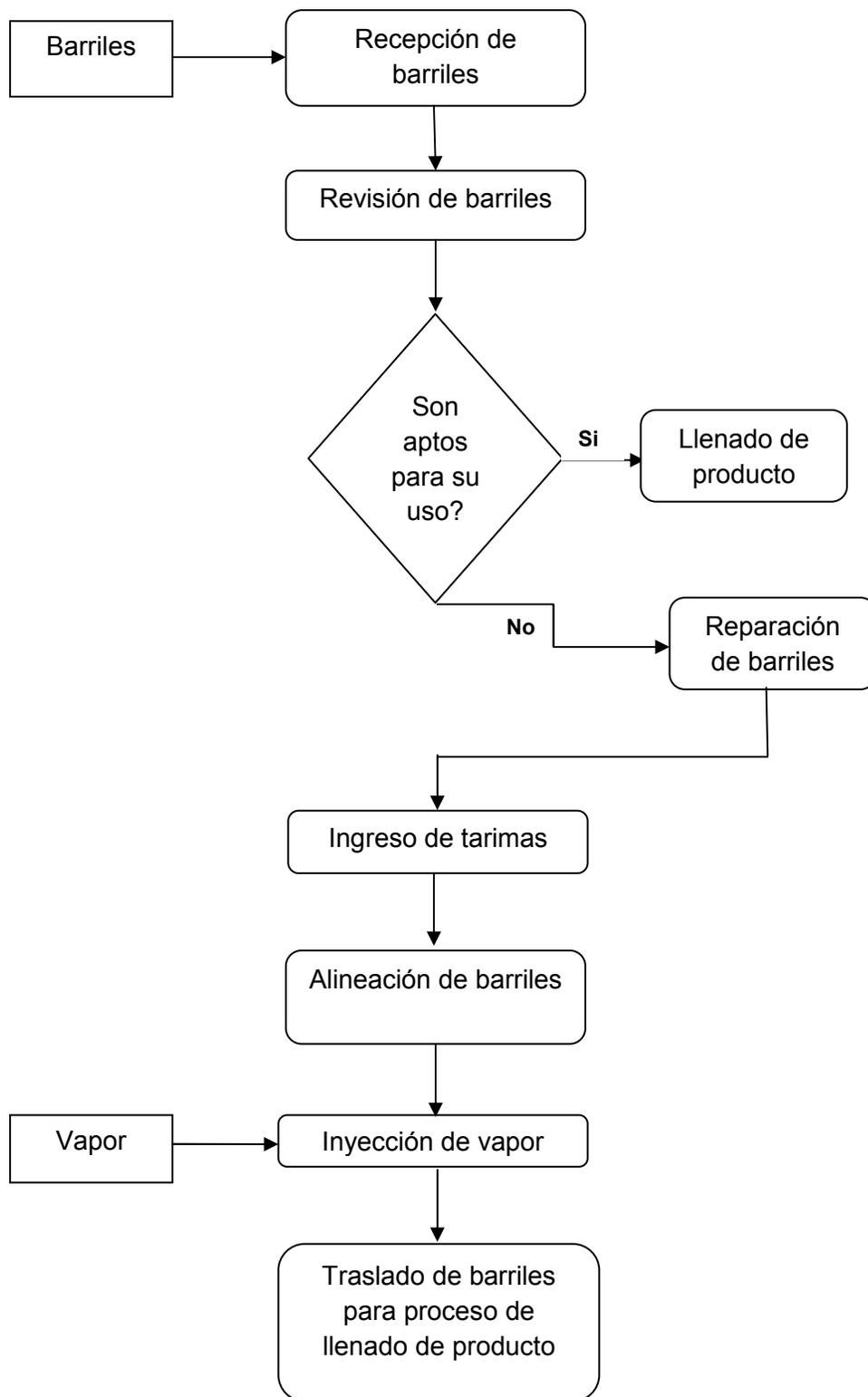
APÉNDICE 1. DIAGRAMA DE PROCESO DE ENSANCHAMIENTO DE BARRILES CON AGUA



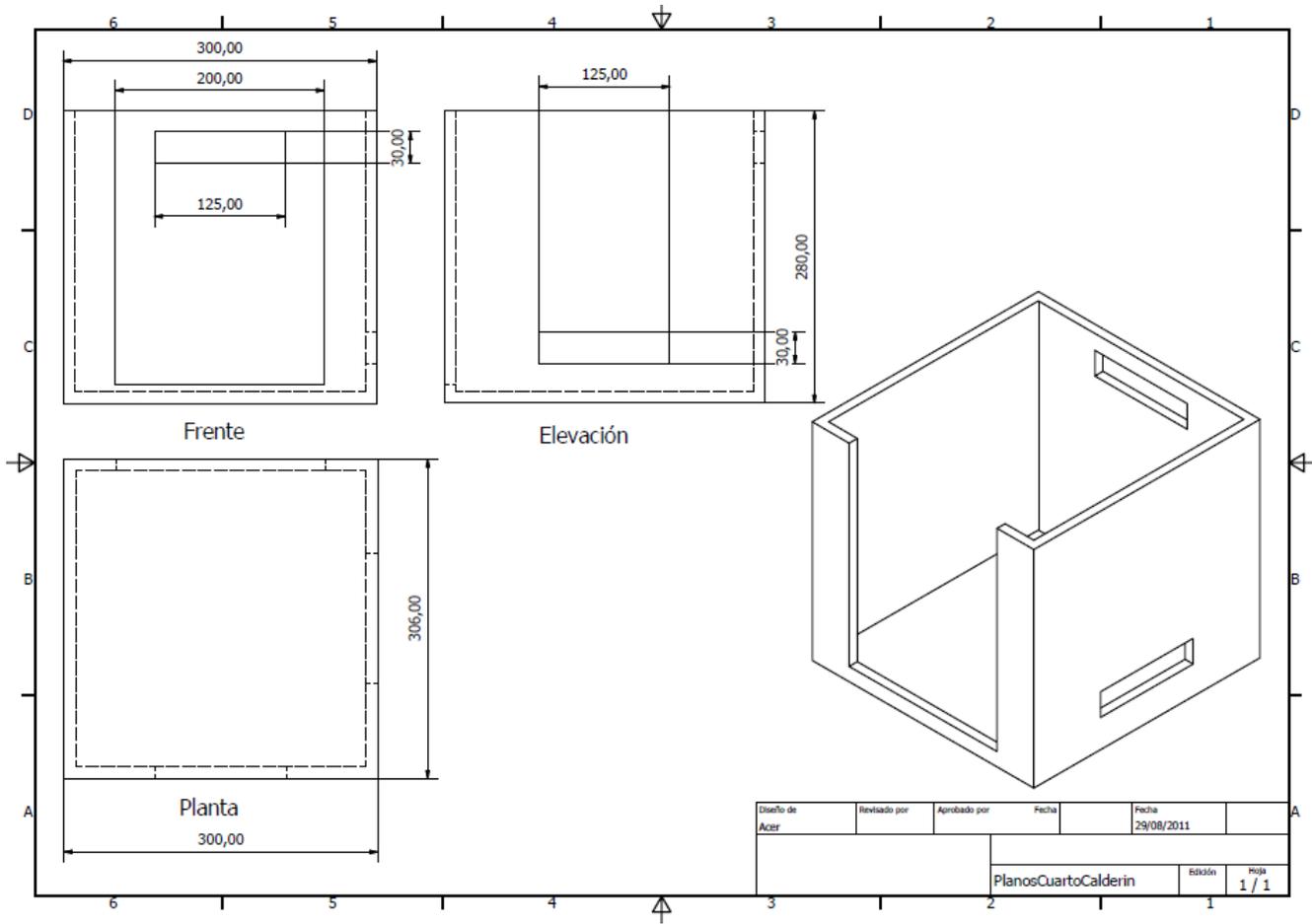


Traslado de barriles
para proceso de
llenado de producto

APÉNDICE 2. DIAGRAMA DE PROCESO DE ENSANCHAMIENTO DE BARRILES CON VAPOR



APÉNDICE 3. PLANOS DE CUARTO DE CALDERA



APÉNDICE 4. PLANO DE CUARTO PARA ENSANCHAMIENTO DE BARRILES

