

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA QUÍMICA  
PRÁCTICA PROFESIONAL (9160)



**“Puesta en marcha del sistema de Destilación en Planta Piloto de Bioetanol”**

**ALUMNO:** OVIEDO, JEREMÍAS FEDERICO

**TUTOR (UNIVERSIDAD):** PALACIOS, TOMÁS

**TUTOR (EMPRESA):** GONZALES DE PAULI, MARTÍN

**LUGAR DE REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA:** “BIOETANOL RÍO CUARTO S.A”

**PERÍODO DE REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA:** 01/11/2016 – 13/01/2017

**FECHA DE PRESENTACIÓN DEL INFORME:** 00/04/2017



## RESUMEN

En el presente informe se detallan las actividades realizadas durante la Práctica Profesional Supervisada (PPS) en la empresa BIOETANOL RÍO CUARTO S.A., en la Planta Experimental del consorcio Bio4-UNRC, para la producción de bioetanol a partir de sorgo.

El objetivo general de la PPS es contribuir y participar en la confección de manuales operativos, de puesta en marcha y parada del equipo de destilación de la planta experimental. En particular, se buscó aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera, relacionarse con el personal de la empresa, interpretar el proceso productivo de la planta principal y llevarlo a la escala piloto, conocer e interpretar el funcionamiento de equipos, su puesta en marcha, parada y operación conforme a los requerimientos del proceso, de seguridad, de higiene y de ambiente.

Se comenzó relevando las instalaciones generales y cada una de las operaciones de producción, se procedió a la lectura de manuales confeccionados en la empresa sobre Sistemas de Gestión Integrada (SGI), operación, puesta en marcha y parada de cada uno de los sectores del proceso de producción de bioetanol, se identificaron los principales aspectos del proceso, los puntos de control y los puntos críticos de control, se confeccionaron manuales operativos, de puesta en marcha y parada, y se desarrolló un instructivo de operación de lavado y de limpieza CIP (Cleaning in Place).

Finalizada la práctica, se pudo observar la importancia del desarrollo de manuales a fin de evitar fallas en el proceso de producción, accidentes y errores en el manejo de equipos.



## ÍNDICE

1. OBJETIVOS.....	1
1.1. Objetivos planteados .....	1
1.1.1 Objetivos generales .....	1
1.1.2. Objetivos específicos.....	1
1.2. Objetivos alcanzados .....	1
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	2
2.1. Presentación .....	2
2.2. Organigrama .....	4
2.3. Área de la empresa en la que se desarrolló la PPS .....	5
2.4. Breve descripción del proceso de producción .....	5
2.4.1. Proceso de producción de bioetanol, jarabe, WDGS y DDGS .....	5
2.4.2. Diagrama de flujo del proceso.....	7
3. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS .....	8
3.1. Ingreso a la planta.....	8
3.2. Capacitaciones.....	8
3.2.1. Higiene y seguridad.....	8
3.2.2. Sistema de gestión integrado, creación y modificación de instructivos .....	8
3.3. Lectura de instructivos .....	8
3.4 Redacción de instructivos.....	9
3.4.1 Manual operativo.....	9
3.4.2 Instructivo de operación de puesta en marcha y parada .....	10
3.4.2.1 Arranque.....	10
3.4.2.2 Parada .....	11
3.4.2.3 Lavado.....	11
3.4.3 Instructivo de operación de Enjuague y CIP del sistema .....	12
3.5 Actividades extras .....	12
4. CONCLUSIONES.....	14
5. BIBLIOGRAFÍA.....	15
ANEXOS.....	16
Anexo I: Manual operativo de destilación.....	16
MO PE 04 Rev 00_Destilación .....	16
Anexo II: Instructivo de operación de arranque y parada de destilación .....	17



IO PE 02 Rev 00_Arranque y Parada destilación .....	17
Anexo III: Instructivo de operación de enjuague y limpieza CIP .....	18
IO PE 03 Rev 00_Enjuague y Cip del Sistema .....	18



## 1. OBJETIVOS

### 1.1. Objetivos planteados

#### 1.1.1 Objetivos generales

Se plantearon dos objetivos generales:

- Desarrollar habilidades prácticas propias de la actividad profesional en una planta industrial.
- Confeccionar un manual que incluya la puesta en marcha, operación y parada del sistema de destilación en Planta Piloto para producción de bioetanol del consorcio Bio4-UNRC.

#### 1.1.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos son:

- Reconocer la planta industrial de la empresa Bio4 como así también las normas de Higiene y Seguridad y otras de aplicación general o particular en la empresa
- Aplicar los conocimientos adquiridos para la determinación y medición de variables de procesos y control de operaciones.
- Fortalecer actividades prácticas para el trabajo proactivo en un equipo multidisciplinario.
- Desarrollar habilidad para la redacción de documentos técnicos, protocolos y manuales de trabajo de plantas industriales.

### 1.2. Objetivos alcanzados

Los objetivos planteados, tanto los objetivos generales como los particulares, fueron cumplidos casi en su totalidad, el único no alcanzado fue el objetivo específico N° 2 debido a que la falta de ciertos equipamientos en la planta piloto experimental hicieron imposible la puesta en funcionamiento del proceso, por lo que no se pudo aplicar los conocimientos para determinar y medir variables de procesos y control de operaciones. Durante el desarrollo de la práctica surgieron, además, nuevos objetivos:

- Confección de un manual de enjuague y limpieza CIP (cleaning in place)
- Caracterización de muestras de sorgo disponibles.



## 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

### 2.1. Presentación

**Nombre: Bioetanol Río Cuarto S.A**

**Dirección - legal:** Ruta Provincial N°19 km 1,2 (altura KM 609 de la Ruta Nacional N°8), Río Cuarto – Córdoba.

**Tel./Fax :** 0358 154210620

**E-mail:** info@bio4.com.ar

Bio4 es una empresa agroindustrial formada por 28 socios empresarios agropecuarios, de la zona y de la región, con la visión de dar valor agregado a los granos producidos en la región. Su objetivo principal es la producción bioetanol (alcohol etílico) a partir del maíz cosechado por los propios socios de la empresa y otros productores de la región, obteniendo, además, como subproducto burlanda húmeda de maíz (WDG), jarabe, burlanda húmeda de maíz con jarabe (WDGS) y burlanda de maíz seca con jarabe (DDGS). Otros objetivos de la empresa son la construcción de un capital social, el desarrollo de empleo genuino, la generación de una responsabilidad social empresaria y el cuidado del medio ambiente.

El proceso consiste en la producción de bioetanol por medio de un proceso de licuefacción, sacarificación y fermentación de granos de maíz previamente molidos, produciendo una suspensión acuosa denominada vinaza con un contenido de alcohol del 14% V/V. A esta, se la hace pasar por un proceso de destilación elevando así la concentración al 94-95%, debido a que este producto es utilizado como corte en las naftas de diferentes empresas en el país, debe ser concentrado al 99,5% mediante un proceso de anhidración. La producción es constante, con un valor aproximado de 400 litros por tonelada de maíz, llegando a un valor anual de 90.000 m<sup>3</sup>/año, obteniendo también 41800 t/año de WDGS y DDGS

La planta de producción de bioetanol que opera la Empresa Bio4, está ubicada al sur oeste de la localidad de Río Cuarto, sobre Camino Provincial N° 19, con acceso por Ruta Nacional N° 8 al Km 609 en el Dpto. Río Cuarto provincia de Córdoba, Argentina, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Ubicación geográfica del predio de Bio4.



## 2.2. Organigrama

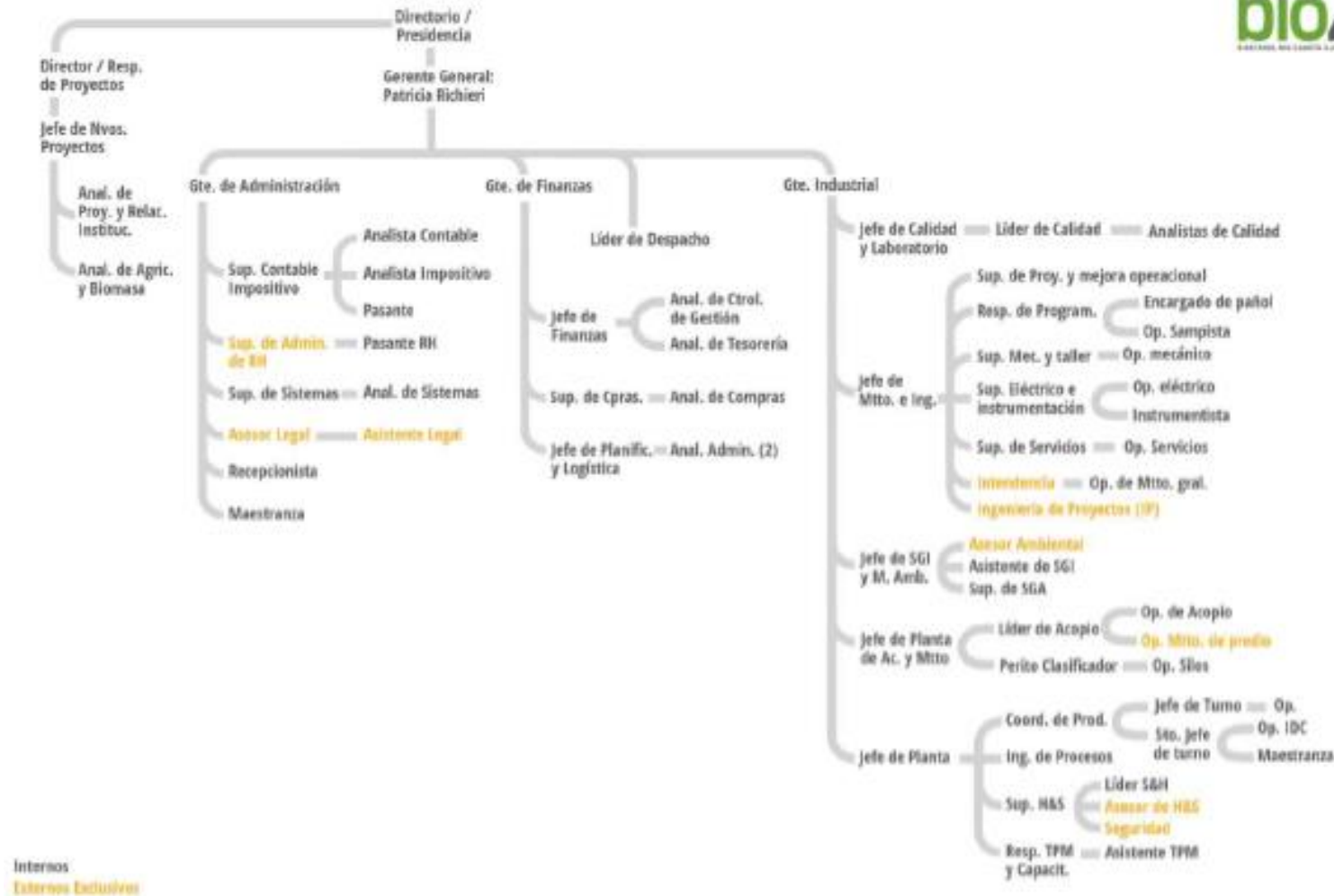


Figura 2. Organigrama de la empresa Bioetanol Río Cuarto S.A.





Como se muestra en la Figura 2, la empresa se divide en cuatro grandes sectores:

- Nuevos proyectos: sector dedicado a la búsqueda, el análisis y la puesta en marcha de nuevos proyectos dentro de la empresa, las relaciones institucionales y del sector agrícola y de biomasa.
- Gerencia de administración: sección encargada de actividades administrativas de la empresa, tales como el sector contable, de recursos humanos, de sistemas, legal, entre otros.
- Gerencia de finanzas: sector encargado de la gestión, la tesorería, las compras, la planificación y la logística.
- Gerencia industrial: sector encargado de mantenimiento, ingeniería, gestión integrada y medio ambiente.

### **2.3. Área de la empresa en la que se desarrolló la PPS**

Las tareas se llevaron a cabo en la Planta Piloto Experimental para la elaboración de etanol a partir de sorgo, ubicada en el predio de la planta de bioetanol de Bio4. Se asistió durante el mes de noviembre de martes a jueves de 12 a 17 h y durante los meses de diciembre y enero de lunes a viernes de 12 a 17, de los años 2016/2017.

### **2.4. Breve descripción del proceso de producción**

#### **2.4.1. Proceso de producción de bioetanol, de jarabe, de WDGS y de DDGS**

El proceso que se lleva a cabo en la planta de Bio4 consiste en la obtención de bioetanol a partir de la molienda seca del maíz. La materia prima llega en camiones y se almacena para generar “stock” y realizarle un acondicionamiento óptimo. Ésta es transportada hasta varios molinos, donde primero se tritura y luego se muele el maíz hasta obtener un producto particulado fino.

El maíz ya molido pasa por un proceso denominado licuefacción-sacarificación, el cual consiste en la degradación de la estructura del almidón para permitir su hidrólisis convirtiéndolo en cadenas menores denominadas dextrinas, las que finalmente son reducidas a azúcares fermentables tales como la glucosa. Este proceso se realiza con la ayuda de la enzima alfa-amilasa y es completado con la etapa de sacarificación utilizando, en este caso, enzima gluco-amilasa. La etapa de sacarificación es desarrollada simultáneamente con la fermentación, modalidad que es habitualmente denominada SSF.



Las etapas anteriores tienen el fin de acondicionar el maíz, para así obtener un mosto que contenga glucosa la cual es el alimento principal de la levadura (*saccharomyces cerevisiae*), un hongo que tiene la capacidad de transformar dicha glucosa en etanol bajo determinadas condiciones de proceso tales como ausencia de oxígeno (principal condición ya que la fermentación es un proceso anaeróbico), baja temperatura (entre 33-35 °C), bajo pH (alrededor de 5), entre otras. La fermentación es el proceso final por el cual se obtiene el producto deseado, el etanol, pero en esta etapa todavía se encuentra, en una mezcla denominada mosto, en baja proporción como para ser usado (aproximadamente 14%) es por esta razón que requiere de posteriores etapas de acondicionamiento para llegar así al 99,5% requerido para su comercialización.

La primer etapa de acondicionamiento es la destilación, esta es llevada a cabo en tres torres de platos que llevan la concentración de etanol de un 14% a un 94-95%. Como residuo del proceso se obtiene vinaza liviana y vinaza pesada, la primera es reutilizada en parte en el proceso de licuefacción y otra parte es descartada y dispuesta en lagunas de tratamiento donde se acondiciona para luego poder ser desechadas como efluente. La vinaza pesada es utilizada para la producción del WDGS. Inicialmente, mediante un proceso de centrifugación, se obtiene por un lado WDG (Burlanda húmeda) y por otro lado, una fracción líquida llamada destilado de maíz. Ésta fracción ingresa a la zona de evaporación donde se concentra, dicho producto concentrado es el Jarabe. De todo el jarabe producido, una parte se despacha y otra parte se mezcla con los WDG obteniendo de esta forma el WDGS.

Finalmente, se llega a la etapa de anhidración en la cual el etanol al 94-95% es pasado a través tamices moleculares que retienen el agua en las membranas que los componen llevando así la concentración a un 99,5%; de esta forma se llega al producto final apto para ser comercializado, el bioetanol.

### 2.4.2 Diagrama de flujo del proceso

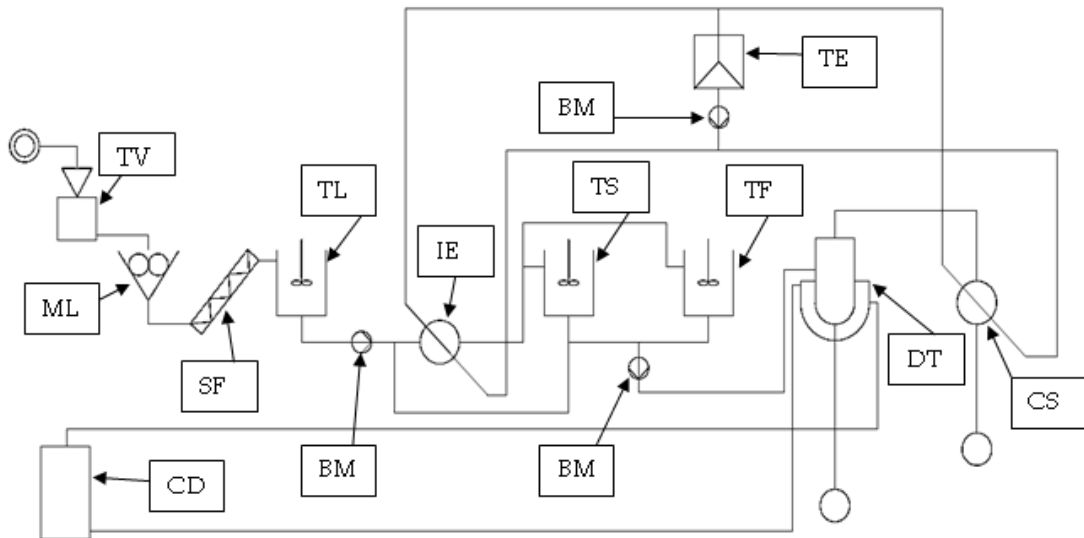


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de producción en la planta experimental

#### Referencias:

- TV: tolva
- ML: molino
- SF: sinfín
- TL: tanque licuefacción
- IE: intercambiador de calor tipo espiral
- TS: tanque sacarificación
- TF: tanque fermentación
- DT: destilador
- CS: condensador
- CD: calentador eléctrico
- TE: torre de enfriamiento
- BM: bomba



### 3. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS

#### 3.1. Ingreso a la planta

Al ingresar a la planta la primera actividad llevada a cabo fue un relevamiento de las instalaciones para conocer más de cerca el proceso y así poder comenzar a comprender el trabajo a realizar a escala piloto. Mientras se realizó el recorrido se presentaron a los jefes de cada sector, ingenieros y operarios para poder recurrir a ellos en caso de ser necesario. Finalizado el recorrido por la planta se hizo un recorrido por la planta experimental, lugar donde se realizó la practica propiamente dicha.

#### 3.2. Capacitaciones

##### 3.2.1. Higiene y seguridad

Durante el día de ingreso a la planta también se realizó una capacitación en higiene y seguridad industrial dictada por el encargado de seguridad de la planta, dicha capacitación permitió trabajar dentro de las instalaciones de una forma práctica, previniendo accidentes tanto a personas como a equipos, logrando un ámbito de trabajo seguro, confiable y sano para el medio ambiente.

##### 3.2.2. Sistema de gestión integrado, creación y modificación de instructivos

Para poder realizar la práctica fue necesario interiorizarse en la creación y modificación de los instructivos que se debían llevar a cabo, aunque estos pueden ser similares entre distintas empresas, se hizo una capacitación en la confección de dichos textos (ya que cada empresa dispone de un método determinado para su redacción y formato), indicando nuevos elementos, sustituciones y eliminaciones de contenido.

Todo esto fue realizado dentro del marco de un sistema de gestión integrado, de forma tal que cada sector de la empresa tenga acceso a los distintos instructivos permitiendo así generar un amplio conocimiento de cada proceso, como disponer y manipular elementos, como controlar, entre otros. Este sistema hace de la planta un lugar seguro, limpio y cómodo de trabajo, dentro de las normas internacionales exigidas por los clientes, tales como la 9001, 14001 y 19001.

#### 3.3. Lectura de instructivos

Para poder comenzar con la redacción de un instructivo, además de la capacitación, se leyeron los manuales operativos de la planta industrial (a partir de maíz) de los sectores molienda, licuefacción, fermentación y destilación, ya que estos eran los procesos a realizar dentro de la planta experimental y se utilizaron como una primera aproximación al sistema a escala piloto. Se tuvo especial énfasis en el manual operativo de destilación teniendo en cuenta los objetivos de la



práctica. Al comparar la complejidad del proceso de destilación de la planta principal con el de la planta experimental, se pudo observar una gran diferencia, ya que, la primera cuenta con un proceso continuo, llevado a cabo en tres torres de destilación de platos continuas, interrelacionadas, tanto la parte que involucra a los fluidos de procesos como la parte que involucra a los servicios (vapor de calefacción), en cambio, el equipo de destilación de la planta experimental consta de un tanque cilíndrico, esbelto, en el que simplemente ingresa el mosto, el cual es calentado externamente por una camisa calefactora y los vapores de alcohol son retirados por la parte superior del equipo. Este procedimiento es más similar al de las destilaciones llevadas a cabo a escala laboratorio.

### **3.4 Redacción de instructivos**

Durante la mayor parte del tiempo en que se desarrolló la práctica se redactaron manuales operativos e instructivos de operación del proceso de destilación, pero inicialmente fue necesario llevar a cabo un relevamiento más exhaustivo de las instalaciones (equipos, cañerías de procesos y servicios, accesorios) para así poder realizar la actividad de manera más correcta. A partir de esto se realizó un diagrama de flujo del sistema para tener a mano y no tener que acercarse a los equipos cada vez que surgía alguna duda respecto a alguna cañería, válvula o algún otro elemento del sistema.

#### **3.4.1 Manual operativo**

Finalizado el diagrama se comenzó a redactar el manual operativo de destilación (Anexo I) a partir de un documento en blanco suministrado por la empresa. Dicho documento estaba constituido por varias partes, objetivos, alcance, definiciones y siglas; y la parte principal el desarrollo. Allí se describió la finalidad de la destilación y los aspectos más generales de la etapa, se presentó un diagrama simplificado, los productos obtenidos y el método de calentamiento del equipo, siendo el desarrollo principal, el principio de funcionamiento y la condensación de vapores de alcohol. También se destacaron los puntos críticos de control y se presentaron imágenes de los equipos (destilador, condensador, calentador eléctrico y torre de enfriamiento) (Ver Figuras AI.1, AI.2, AI.3, AI.4 y AI.5).

Un aspecto a tener en cuenta, durante la realización del manual fue la necesidad de consultar a ingenieros encargados de la destilación en la planta, ellos suministraron datos importantes sobre los fluidos involucrados en el proceso, características tales como la viscosidad, cantidad de sólidos presentes, fracción de alcohol necesaria para un buen rendimiento, características de los efluentes, entre otros.



### 3.4.2 Instructivo de operación de puesta en marcha y parada

Para la realización de puestas en marcha y paradas de la planta debían hacerse otro tipo de manuales, denominados instructivos de operación (Anexo II), que se encargan de describir paso a paso las actividades a realizar durante dichas operaciones, por esta razón, es necesario un conocimiento acabado del sistema a tratar, teniendo en cuenta cada una de sus partes, conociendo bien cada cañería de fluidos de procesos o servicios, temperaturas y presiones de trabajo, válvulas principales del sistema, válvulas involucradas directamente en el proceso, y aquellas que no intervienen pero que hay que tenerlas en cuenta para realizar una operación correcta sin escape de fluidos por otras vías, también debía tenerse en cuenta la forma de disposición final de cada producto y efluente; todo esto teniendo en cuenta las condiciones óptimas para realizar una operación segura y con un cuidado del ambiente tanto de trabajo como externo.

Este manual, al igual que el manual operativo, contaba con objetivos determinados, un alcance (personal involucrado), definiciones y siglas a utilizar en el documento y, como parte principal, el desarrollo. Dentro del mencionado desarrollo, se tuvo en cuenta al personal responsable, los aspectos de seguridad y las instrucciones de trabajo, esta sección se dividió en arranque, parada y lavado. Por último, se agregaron imágenes de distintas partes de la planta experimental las cuales mostraban la mayor parte de equipos y válvulas del sistema, de forma tal que, quien lea el manual pueda identificar correctamente los elementos involucrados y realizar así la operación de acuerdo al instructivo de operación confeccionado. (Ver Figuras AII.1, AII.2, AII.3, AII.4, AII.5, AII.6, AII.7, AII.8, AII.9, AII.10 y AII.11).

#### 3.4.2.1 Arranque

El arranque del sistema se dividió en cuatro partes teniendo en cuenta el tipo de fluido.

- Primero se tuvo en cuenta el agua de red, esta debía alimentarse al destilador con el fin de evitar que el equipo se encuentre trabajando en vacío al activar el sistema de calefacción, esto previene la formación de incrustaciones y suciedad en las paredes del equipo debido al contacto entre el mosto frío proveniente de la fermentación y las paredes calientes del equipo.
- Segundo se consideró el agua de refrigeración, correspondiente a un fluido de servicio, las razones para considerar lo primero (antes que la calefacción), se deben a que la operación es más segura de este modo, ya que, cualquier vapor que se produjera dentro del equipo podría ser condensado y no liberado al ambiente donde podría generar quemaduras o ambientes propensos a combustión por la presencia de alcohol, además, se



evita un gasto de energía, ya que, el calentador eléctrico no debe estar trabajando durante un tiempo más prolongado. Aunque estos casos considerados son extremos, deben tenerse en cuenta de todos modos por si existe la presencia de alguna falla en algún punto del sistema.

- Tercero se consideró el agua de calentamiento, correspondiente a un fluido de servicio. Las razones para haberlo considerado en tercer lugar fueron dadas anteriormente en el punto dos. Además, en este punto se tuvieron en cuenta las condiciones de trabajo (presión y temperatura)
- En cuarto lugar se tuvo en cuenta, finalmente, la sección de fluido de proceso propiamente dicho, esto es el mosto, el alcohol y la vinaza pesada, considerando también las condiciones operativas del proceso (nivel de fluido, temperatura y presión).

#### 3.4.2.2 Parada

Para el caso de la parada del sistema se tuvieron en cuenta las mismas razones que para el arranque, estas eran: condiciones de proceso, seguridad, higiene y ambiente, resultando en etapas de cierre de cada parte de forma inversa al caso de arranque, es decir, se comenzó con el cierre del sistema que involucra al agua de red (paso realizado antes del segundo paso del arranque del sistema); luego, el cierre del sistema que involucra fluidos de proceso (mosto, vinaza pesada y alcohol) constituido por el destilador, el condensador y las válvulas involucradas directamente; la continuación, se procedió con la parada del sistema de calefacción, apagado de calentador eléctrico y cierre de válvulas involucradas en el sistema de cañerías de calefacción; por último, se apagó el sistema de refrigeración, el motor de la torre de enfriamiento, la bomba de succión de la torre y el cierre de válvulas involucradas en el transporte de dicho fluido.

#### 3.4.2.3 Lavado

Dentro del instructivo de arranque y parada también se consideró el lavado del sistema de forma tal que en una próxima corrida del proceso se encontrara en condiciones de operar sin necesidad de algún tipo de operaciones extra, excepto para el caso de aplicación de sistema CIP que se debe realizar cada 4 o 5 corridas del sistema, este tipo de limpieza es más exhaustiva y puede ser dañina para equipos y elementos del sistema si se realiza demasiado seguido dado a que trabaja con soda caustica (hidróxido de sodio) concentrada.

El lavado debe realizarse haciendo circular directamente agua de red, con esta se llena el destilador hasta un nivel determinado y se hace circular agua hasta que la descarga del sistema



salga clara, cumpliendo con ciertas condiciones de pH y porcentaje de sólidos totales. Luego, se cierran las válvulas del sistema dejándolo listo para una nueva corrida.

### 3.4.3 Instructivo de operación de Enjuague y CIP del sistema

Dentro de las actividades extras realizadas durante la práctica la más relevante fue el desarrollo del instructivo de operación de enjuague y CIP (Anexo III). En este se incluyeron las mismas secciones que en casos anteriores, objetivos, alcance, definiciones y siglas, y desarrollo, pero para este instructivo se tuvieron en cuenta la mayor parte de las etapas del proceso de obtención de alcohol, estas son propagación, licuefacción, fermentación y destilación.

En este desarrollo, se comenzó con el enjuague del sistema, esta etapa es un lavado general de equipos y cañerías en el que solo se hace circular agua por lugares donde hayan circulado fluidos de procesos. Esta operación se realiza siempre antes del CIP para estar seguros que el sistema ya no tiene gran cantidad de fluidos ensuciantes, aun cuando ya se haya realizado previamente en alguna etapa de proceso. Para considerar finalizado el enjuague se hacen mediciones de pH y de porcentaje de sólidos totales en el agua de descarga.

Finalizado el enjuague de equipos y cañerías, se procede con el CIP del sistema. Dado que inicialmente se trabaja con hidróxido de sodio en alta concentración, debió hacerse especial énfasis en los elementos de protección personal y en la manipulación correcta de los elementos involucrados para evitar cualquier accidente. Luego de diluido el hidróxido de sodio, se establecieron los pasos para el llenado de equipos con la solución, las condiciones de operación necesarias (temperatura y presión) y los tiempos requeridos para el proceso.

Por último, como el sistema queda con restos de solución de hidróxido de sodio, debe realizarse un nuevo enjuague del sistema, indicando en el instructivo la repetición de los pasos previos al CIP. De esta forma, queda el sistema listo para un nuevo arranque, sin perjudicar a los fluidos que circularan, teniendo en cuenta principalmente las levaduras utilizadas para la fermentación.

### 3.5 Actividades extras

Como parte de las actividades realizadas durante la práctica profesional también se pueden mencionar:

- Calado y limpieza de muestras de sorgo: Esta actividad se realizó con el fin de determinar si la materia prima disponible tenía buenas condiciones para ser utilizada en el proceso de producción de etanol. Se encontraban disponibles 9 muestras de distintos tipos de sorgo, las que se diferenciaron en bajos taninos y altos taninos; este elemento constituyente de la semilla, es el parámetro principal para determinar la utilización de un tipo de sorgo dado.





Los más buscados son los sorgos de bajos taninos, ya que, estos tienen un mayor rendimiento en la producción de etanol. La limpieza se realizó con el fin de determinar el nivel de ensuciamiento de las muestras y para que los análisis realizados en el laboratorio fueran característicos de la semilla y no de elementos extraños.

- Intercambio de instructivos: Las actividades fueron realizadas junto a dos practicantes más, encargadas una de los manuales operativos de la etapa de molienda y la otra de los manuales de las etapas propagación, licuefacción y fermentación; debido a que el sistema es un conjunto de operaciones. La manera ideal de conocer bien el proceso fue leyendo y corrigiéndonos los manuales realizados por cada uno, de esta manera se logró una mejor redacción de los manuales ya que todos comprendían bien cada etapa del proceso y como se interrelacionaban.
- Lectura de bibliografía: Otra actividad llevada a cabo fue la búsqueda y lectura de bibliografía acerca de la producción de etanol a partir de la molienda seca del sorgo, esto permitió llegar a una mejor comprensión del sistema a tratar, teniendo en cuenta etapas, condiciones de operación, materias primas, entre otros; de forma tal que si se consideraba necesario y relevante para el proceso se agregaba a los manuales operativos.



#### 4. CONCLUSIONES

Finalizada la Práctica Profesional, se cumplieron la mayor parte de los objetivos planteados. Se presenciaron actividades de operación normal de diferentes partes del proceso productivo en una planta industrial, demostrando de esta forma el amplio rango de actividades en las que puede desarrollarse un ingeniero químico.

Se logró la redacción de manuales operativos de un sistema nuevo, siendo el primer paso para posibilitar el funcionamiento dicho sistema, sin los cuales la operación se realizaría de manera incorrecta, aumentando la posibilidad de fallas y accidentes.

Personalmente, la realización de la Práctica Profesional me permitió obtener la experiencia del trabajo en planta, aplicando conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas cursadas en la carrera, especialmente las de los últimos años que son más especializadas, permitió conocer la importancia de las relaciones interpersonales con otros empleados de la planta, tanto desde los operarios hasta los sectores de mayor jerarquía dentro de la empresa.

En cuanto al tutor dentro de la empresa, en general estuvo a disposición cada vez que surgían dudas, respondiendo a los interrogantes planteados, brindando el material requerido, fomentando las relaciones y búsqueda de conocimiento dentro de otros sectores de la empresa, enseñando nuevos métodos y formas de realizar las actividades diarias dentro de una planta industrial.

Para finalizar, consideró que la empresa Bioetanol Río Cuarto S.A. en un lugar óptimo para la realización de prácticas profesionales, ya que, garantizan un ambiente propicio de trabajo y aprendizaje, el tamaño de la planta permite tomar dimensión de las actividades industriales y su amplio espectro, además, su cercanía a la ciudad permite conocer el impacto de tal empresa en la economía y la sociedad.



## 5. BIBLIOGRAFÍA

- IO.PD 07 Rev. Vigente
- MO 01 MLF Rev. Vigente
- MO 02 Destilación Rev. Vigente
- Perry, Robert H., Don W. Green, James O. Maloney: *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. Séptima edición. McGraw-Hill, USA 1997.
- Ramírez, María Belén (2014). *Mejoras en la Producción de Bioetanol Combustible a Partir de Sorgo Grano* (Tesis de Maestría). Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay



## ANEXOS

### **Anexo I: Manual operativo de destilación**

MO PE 04 Rev 00\_Destilación



## Anexo II: Instructivo de operación de arranque y parada de destilación

IO PE 02 Rev 00\_Arranque y Parada destilación



### Anexo III: Instructivo de operación de enjuague y limpieza CIP

IO PE 03 Rev 00\_Enjuague y Cip del Sistema

	ELABORA/MODIFICA	CONTROLA	APRUEBA
Nº Revisión	Función	Función	Función

**NOTA:** El presente documento es propiedad de Bioetanol Rio Cuarto SA y está prohibida la reproducción parcial y/o total de la información sin un acuerdo por escrito.

### 1. **OBJETIVO:**

Describir las tareas de puesta en marcha y parada para la etapa de destilación.

### 2. **ALCANCE:**

Todo el personal involucrado en la etapa destilación de la planta experimental.

### 3. **DEFINICIONES Y SIGLAS:**

- MS: Mosto
- VP: Vinaza Pesada
- AP: Alcohol 96° GL

### 4. **DOCUMENTACION DE REFERENCIA:**

### 5. **DESARROLLO:**

#### 5.1. Responsabilidades

Jefe de turno (JT), operario destilación (OD), operario de servicios (OS)

#### 5.2. Aspectos de seguridad:

Todo el personal involucrado (JT, OD Y OS) debe trabajar con EPP básicos. En caso de trabajar sobre cañerías y equipos a alta temperatura utilizar guantes térmicos.

#### 5.3. Instrucciones de trabajo:

##### **Arranque:**

###### Sección agua de red:

- 1) Verificar que se alimente agua de red al distribuidor (abrir levemente V80, Figura All.11), recogiendo el agua en un recipiente.
- 2) Verificar que las válvulas del sistema de agua de red (V9, V7, V14, V20, V2, V34, V43, V44, V71, V72, V58) estén cerradas. (Ver Figuras All.1 a All.9)
- 3) Verificar que la válvula V88 encargada del suministro de agua de red al destilador (T3301) esté cerrada. (Ver Figura All.1)

NOTA: En caso de haber otros equipos utilizando el sistema de cañerías, consultar con el JT que válvulas deben mantenerse abiertas.

- 4) Abrir la válvula de admisión de agua de red principal (V9) y la válvula del manómetro sobre la línea (V20). (Ver Figura AII.2 y AII.6)
- 5) Abrir la válvula de admisión de agua de red al destilador (V88) hasta llegar al nivel de agua determinado (agitador sumergido), cerrar dicha válvula. (Ver Figura AII.1)
- 6) Encender el agitador.

#### Sección agua de refrigeración:

- 1) Verificar el nivel de agua en la torre de enfriamiento (lleno). Abrir válvula de admisión de agua de red a la torre (V85). (Ver Figura AII.10)
- 2) Verificar que todas las válvulas del sistema de cañerías de refrigeración estén cerradas (V82, V83, V84, V11, V18, V29, V38, V60, V92, V93, V94, V68, V31, V39, V17 y V12). (Ver Figuras AII.1, AII.2, AII.4, AII.5, AII.6, AII.7, AII.9 y AII.10)

NOTA: En caso de haber otros equipos utilizando el sistema de cañerías, consultar con el JT que válvulas deben mantenerse abiertas.

- 3) Encender el ventilador de la torre M3405.
- 4) Abrir válvula V83 de admisión, encender la bomba P3404 y Abrir válvula V84. (Ver Figura AII.10)
- 5) Abrir válvula V82 en la torre de enfriamiento. . (Ver Figura AII.10)
- 6) Abrir válvula principal de admisión del sistema de agua de enfriamiento (V11) y válvula del manómetro sobre la línea (V18). (Ver Figura AII.2 y AII.6)
- 7) Abrir válvulas de admisión (V92) y de salida (V94) del condensador. (Ver Figura AII.1)
- 8) Abrir válvula del manómetro sobre la línea de retorno (V17) y la válvula de retorno principal de agua de enfriamiento (V12). (Ver Figura AII.2 y AII.6)
- 9) Controlar el sistema hasta la estabilización del caudal.

#### Sección agua de calentamiento

- 1) Verificar que haya suministro de agua de red al calentador eléctrico (CAD3401), válvula V78 abierta. (Ver Figura AII.11)
- 2) Verificar que todas las válvulas de suministro de agua caliente del sistema se encuentren cerradas (V10, V3, V4, V5, V16, V30, V32, V35, V59, V89, V90). (Ver Figura AII.1, AII.2, AII.6, AII.7, AII.8 y AII.9)

NOTA: En caso de haber otros equipos utilizando el sistema de cañerías, consultar con el JT que válvulas deben mantenerse abiertas.

- 3) Encender el calentador eléctrico (CAD3401). Calibrar las condiciones de trabajo (presión y temperatura), dejar un tiempo hasta alcanzar las condiciones deseadas.
- 4) Abrir válvula principal de suministro de agua caliente (V10) y válvula del manómetro sobre la línea (V16). (Ver Figura AII.2 y AII.6)
- 5) Abrir válvula de admisión de agua caliente al destilador (V89) y válvula de salida de agua caliente del destilador (V90). (Ver Figura AII.1)
- 6) Dejar estabilizar caudal y temperatura del sistema (temperatura dentro del destilador aproximadamente 80° C).

#### Sección fluido de proceso

- 1) Verificar que las válvulas de MS (V33, V34, V57, V58, V53, V54, V55, V86, V56, V95), válvula de admisión de MS al destilador (V87), válvula de salida de AP y de VP (V91) se encuentren cerradas. (Ver Figura AII.1, AII.7 y AII.9)



- 2) Controlar que la salida de VP se dirija al bin de VP y la salida de AP al bin de AP. Controlar que se dispone de una cantidad suficiente de recipientes para la recolección de ambos fluidos.
- 3) Abrir la válvula de MS según el tanque de alimentación que se utilice. Para el fermentador V3201 la válvula correspondiente es la V33 (ver Figura All.7) y para el fermentador V3208 la válvula correspondiente es la V57 (ver Figura All.9).
- 4) Abrir la válvula de admisión V53 a la bomba P 3207. (Ver Figura All.9)
- 5) Abrir válvula V56 de MS. (Ver Figura All.9)
- 6) Encender la bomba P3207.
- 7) Abrir de a poco la válvula de admisión de MS al destilador V87 hasta completar el nivel requerido (altura de la camisa calefactora externa). (Ver Figura All.1)
- 8) Abrir válvula de salida de AP sobre el destilador.
- 9) Una vez que el AP disminuye su flujo a una cantidad prácticamente nula, abrir levemente válvula de salida de VP (V91) hasta observar la parte superior de los alabes del agitador y cerrar dicha válvula. (Ver Figura All.1)
- 10) Repetir pasos 7, 8 y 9 hasta agotar el mosto del fermentador.

### **Parada:**

- 1) Apagar la bomba P3207 de MS.
- 2) Cerrar la válvula de admisión de MS al destilador V87. (Ver Figura All.1)
- 3) Luego de que el flujo de AP es prácticamente nulo cerrar la válvula de admisión de agua de calentamiento al destilador (V89). (Ver Figura All.1)
- 4) Apagar el agitador.
- 5) Abrir completamente la válvula de salida de VP (V91) hasta vaciar el destilador. (Ver Figura All.1)
- 6) Apagar el calentador eléctrico.
- 7) Cerrar válvula de suministro de agua de red al calentador V78. (Ver Figura All.11)
- 8) Cerrar la válvula de suministro de agua de enfriamiento al destilador V92. (Ver Figura All.1)
- 9) Apagar el ventilador de la torre M3405 y la bomba de la torre P3404.
- 10) Cerrar las válvulas del sistema que hayan quedado abiertas (V9, V20, V33 o V57 según el fermentador que se estuvo usando, V53, V56, V91, V10, V16, V90, V11, V18, V94, V17, V12, V82, V83, V84, V85). (Ver Figura All.1, All.2, All.6, All.7, All.9, All.10)

### **Lavado**

- 1) Verificar que la alimentación de MS (V87) y de salida de VP (V91) estén cerradas. (Ver Figura All.1)
- 2) Abrir válvula de admisión de agua de red (V9). (Ver Figura All.2)
- 3) Abrir válvula de V20 del manómetro. (Ver Figura All.6)
- 4) Abrir válvula de agua de lavado en el destilador V88. Llenar hasta que el nivel que alcanza el mosto durante el proceso. (Ver Figura All.1)
- 5) Abrir levemente la válvula V91 de salida de VP (tal que se mantenga el nivel de agua en el destilador). (Ver Figura All.1)
- 6) Encender el agitador.
- 7) Mantener el lavado hasta que el agua de salida salga clara.
- 8) Apagar el agitador.
- 9) Cerrar V87 y dejar descargar el equipo. Cerrar V91. (Ver Figura All.1)

## **6. REGISTROS:**

7. ANEXOS:

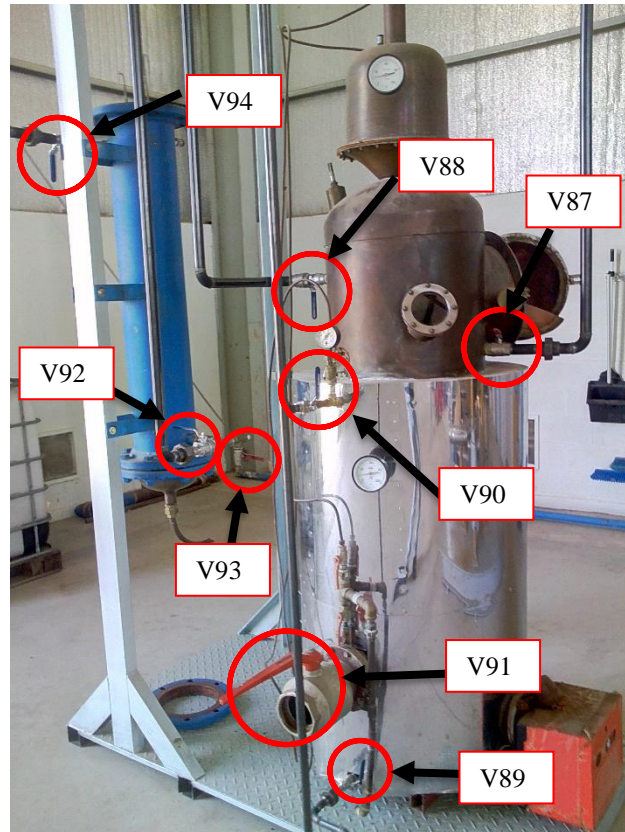


Figura All.1 Destilador, Condensador y Válvulas de ambos equipos

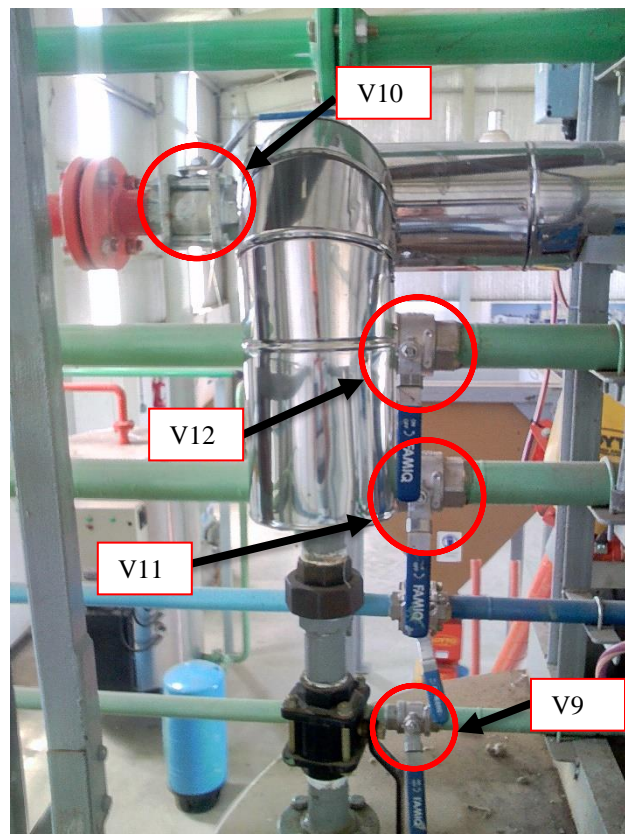


Figura AII.2 Válvulas principales de admisión y retorno de redes de calefacción y enfriamiento

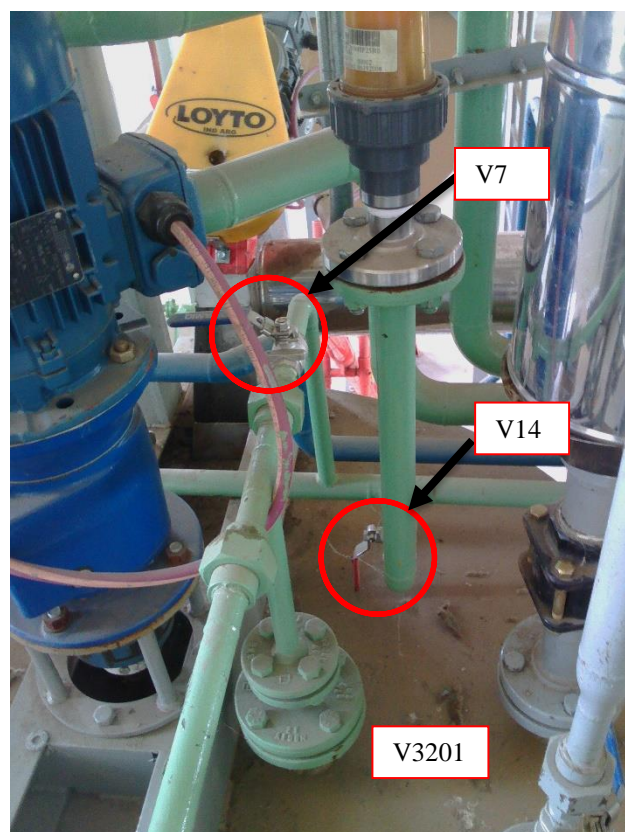


Figura AII.3 Tanque de licuefacción V3201 y válvulas de admisión de agua de red



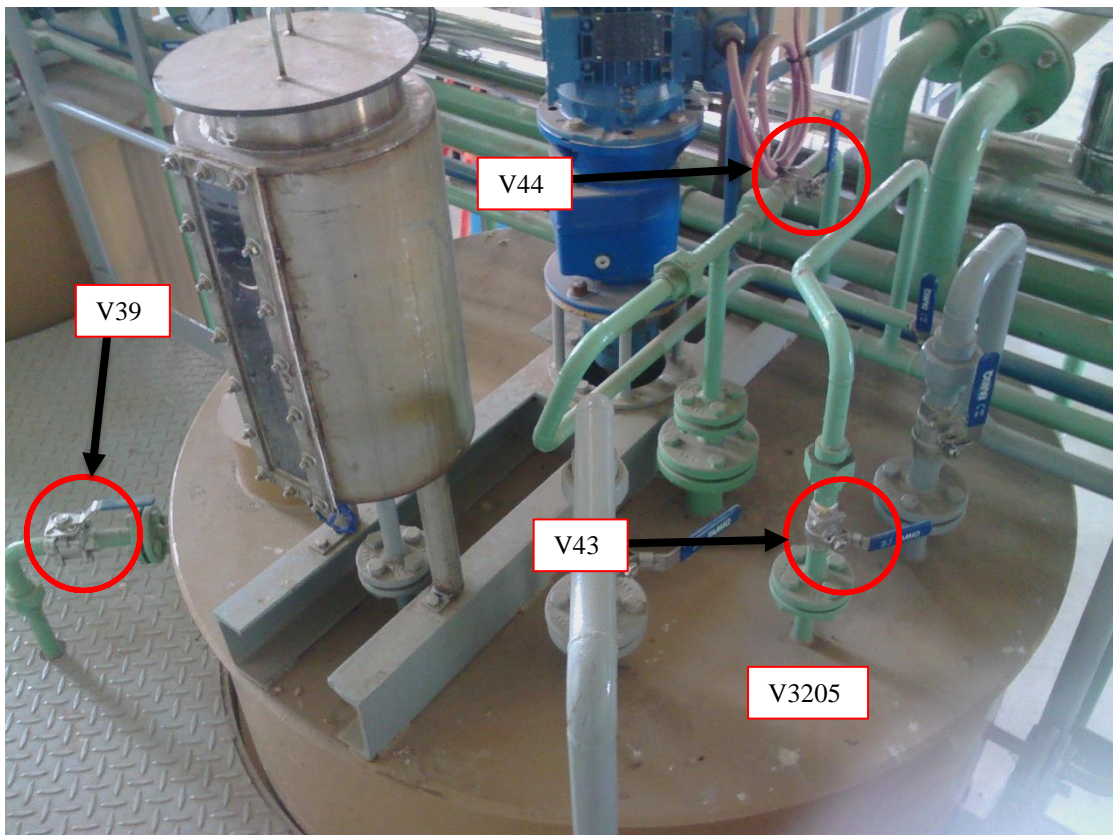


Figura All.4 Tanque de fermentación V3205 y válvulas de admisión de fluido de proceso

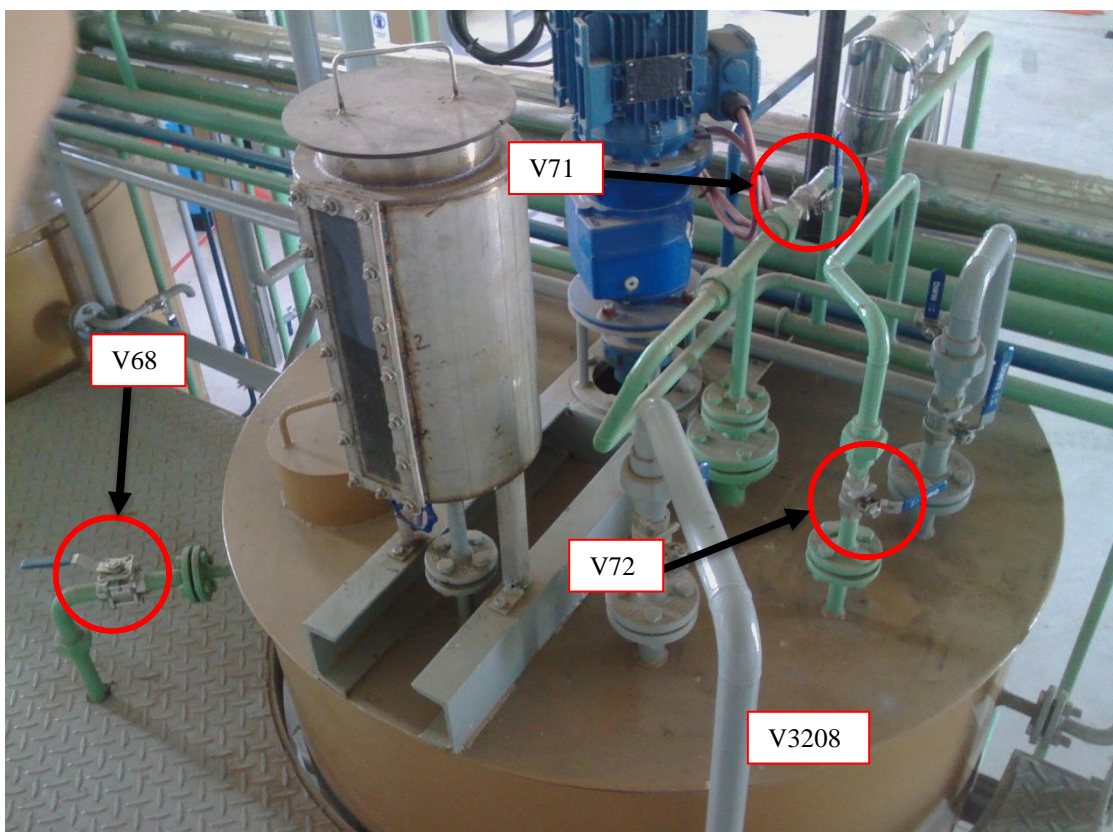


Figura All.5 Tanque de fermentación V3208 y válvulas de admisión de fluido de proceso



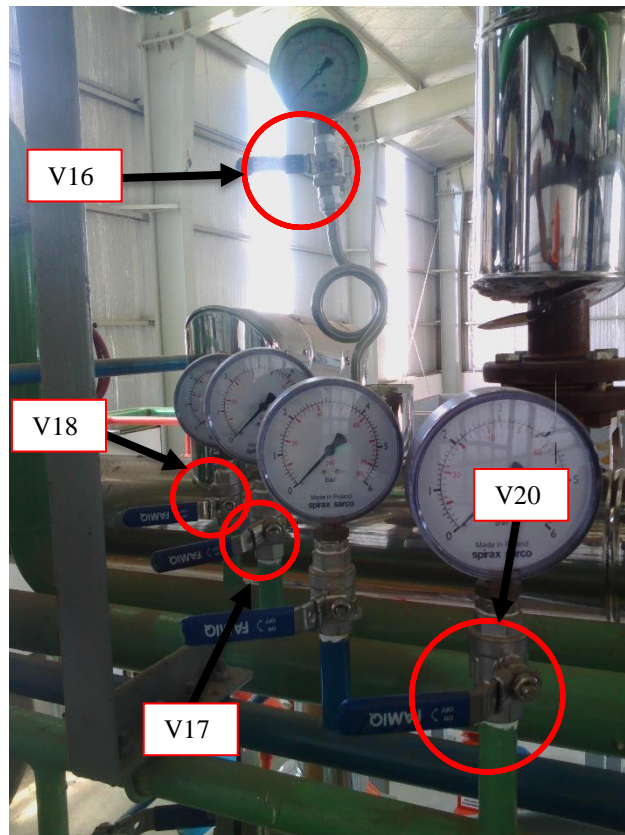


Figura AII.6 Válvulas de manómetros presentes en las líneas de distribución de fluidos

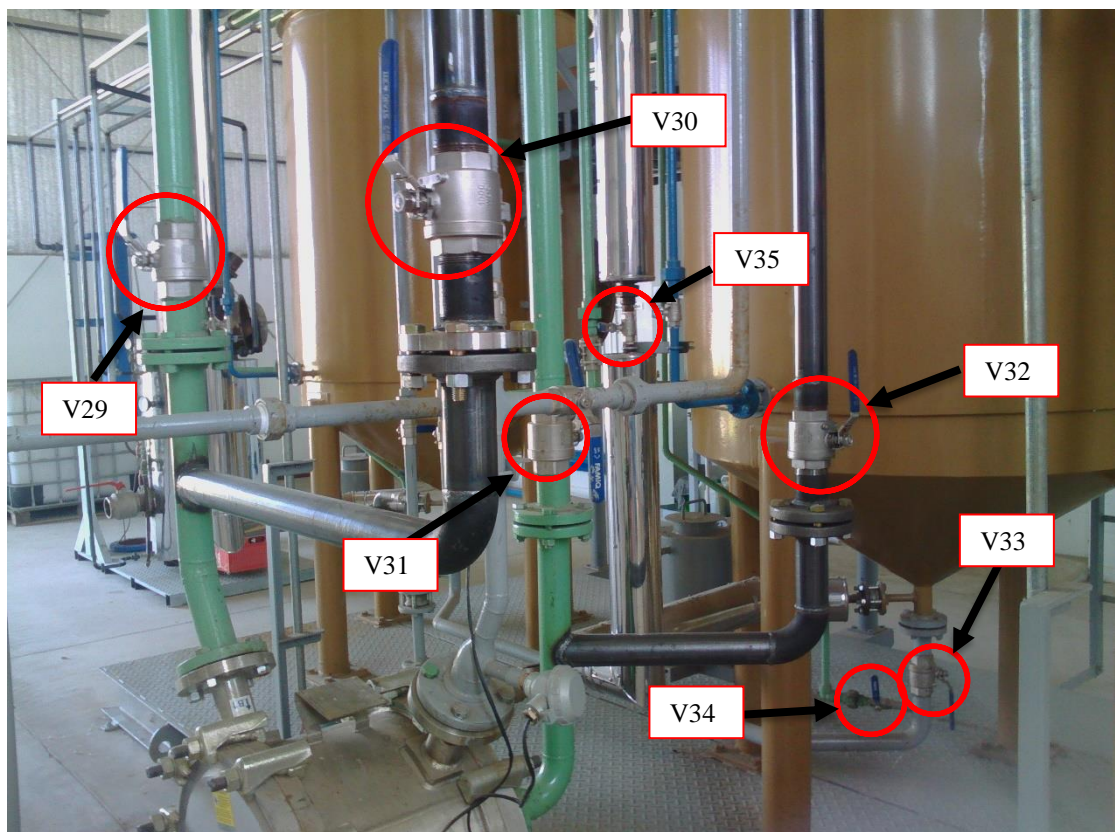


Figura AII.7 Válvulas de admisión y egreso de fluidos del intercambiador de calor

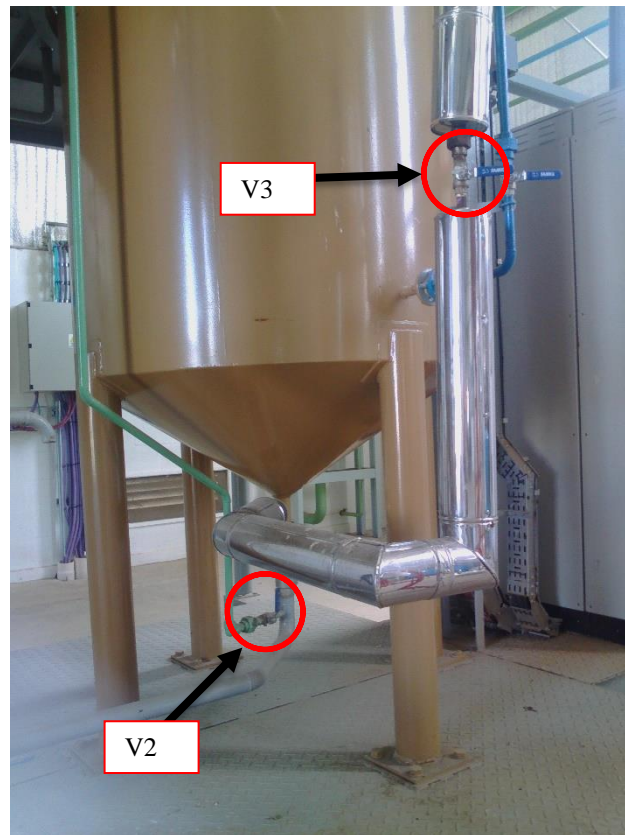


Figura All.8 Tanque V3201 con válvulas de admisión de fluido calefactor y de enfriamiento

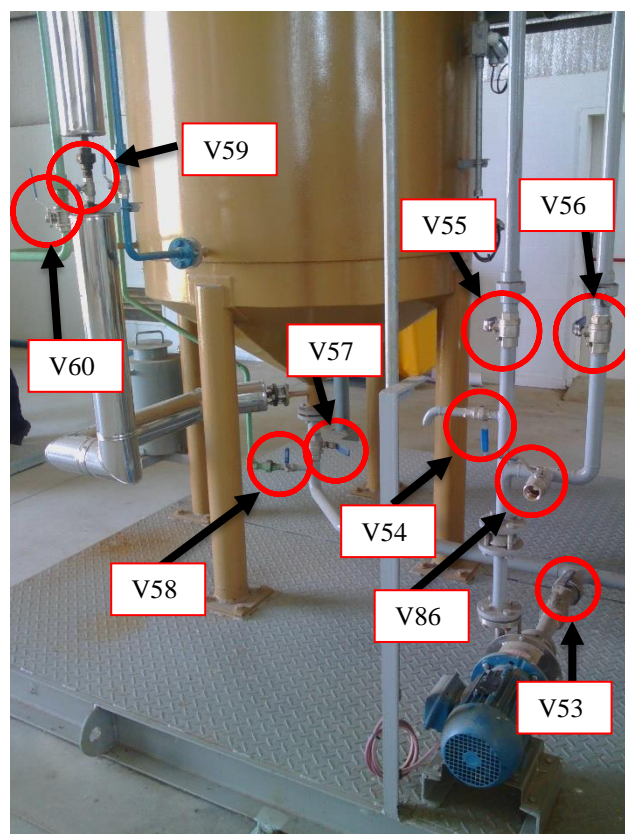


Figura All.9 Tanque V3208, Bomba P3207 y válvulas del sector



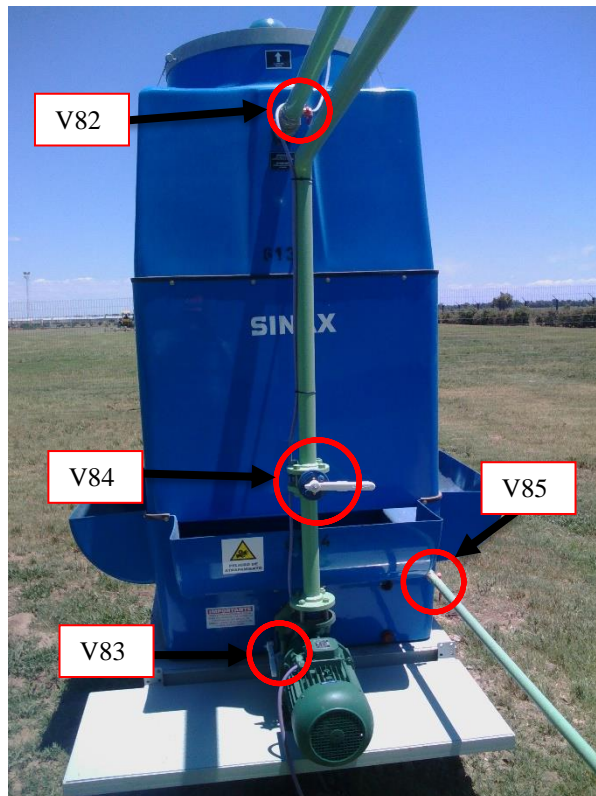


Figura All.10 Torre de enfriamiento y válvulas del equipo

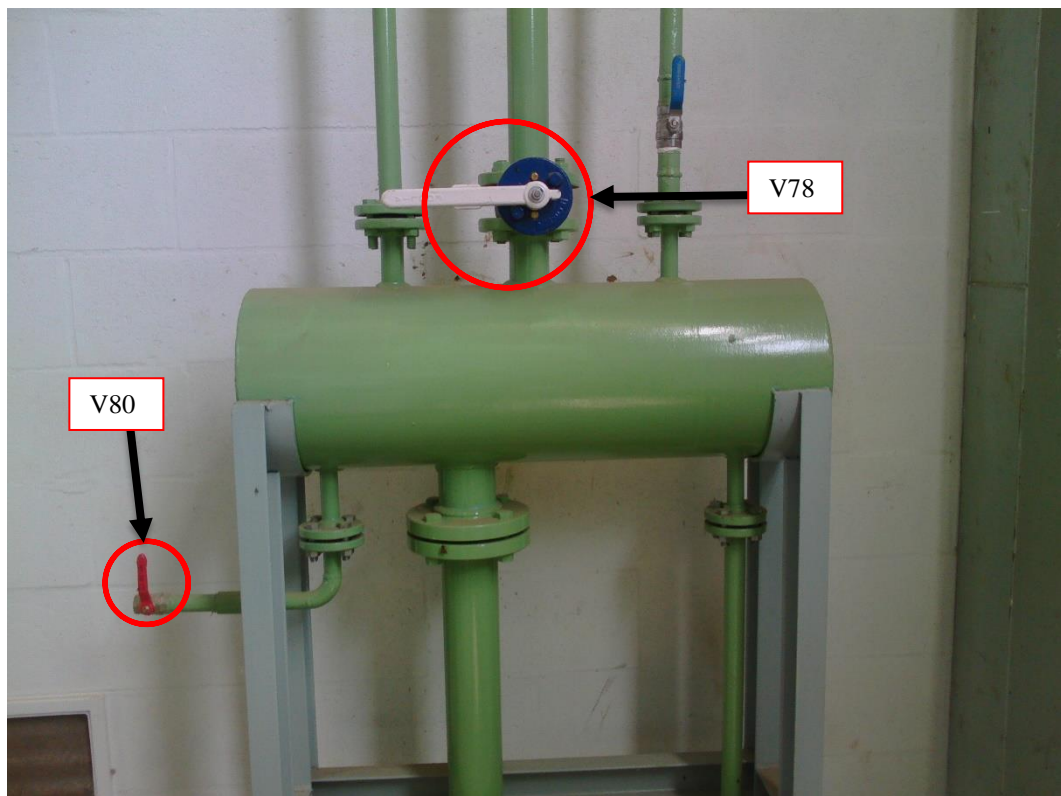


Figura All.11 Distribuidor de agua de red con sus válvulas

8. **ARCHIVO:** Este documento se guarda por 6 años.

	ELABORA/MODIFICA	CONTROLA	APRUEBA
Nº Revisión	Función	Función	Función

**NOTA:** El presente documento es propiedad de Bioetanol Rio Cuarto SA y está prohibida la reproducción parcial y/o total de la información sin un acuerdo por escrito.

**1. OBJETIVO:**

Describir las tareas a realizar para llevar a cabo el enjuague y limpieza CIP del intercambiador (E3204) del lado mosto a enfriar, del tanque de premezcla (V3201), los fermentadores (V3205 y V3208), del destilador (T3301) y las cañerías de transporte de mosto.

**2. ALCANCE:** Todo el personal de la planta experimental.

**3. DEFINICIONES Y SIGLAS:**

C.I.P.: Cleanning in place (Limpieza en el lugar).  
M.L.F.: Molienda-Licuefacción-Fermentación.

**4. DOCUMENTACION DE REFERENCIA:**

**5. DESARROLLO:**

**5.1. Responsabilidades:** Jefe de turno (JT) y operarios de licuefacción, fermentación y destilación (OLFD) y operario de áreas involucradas en la limpieza C.I.P.

**5.2. Aspectos de seguridad:** El operario deberá contar con EPP básicos.

**5.3. Enjuague.**

**5.3.1. Condiciones de enjuague:** Durante el enjuague del intercambiador no se deberá pasar ninguna propagación ni estar llenando el tanque V3201.

**5.3.2. Llenado con agua del propagador y preparado del sector:**

- 1) Abrir la válvula V78 indicada en Figura AIII.1 de ingreso de agua de proceso al calentador eléctrico. Calibrar la temperatura en 65°C.



Figura AIII.1



- 2) Abrir las válvulas V4, V5 y V10 de ingreso de agua caliente al tanque V3201 y cerrar la válvula V1 (descarga) y comenzar el llenado hasta que el nivel esté en la mitad de la boca de hombre aproximadamente. (Ver Figura AIII.2)

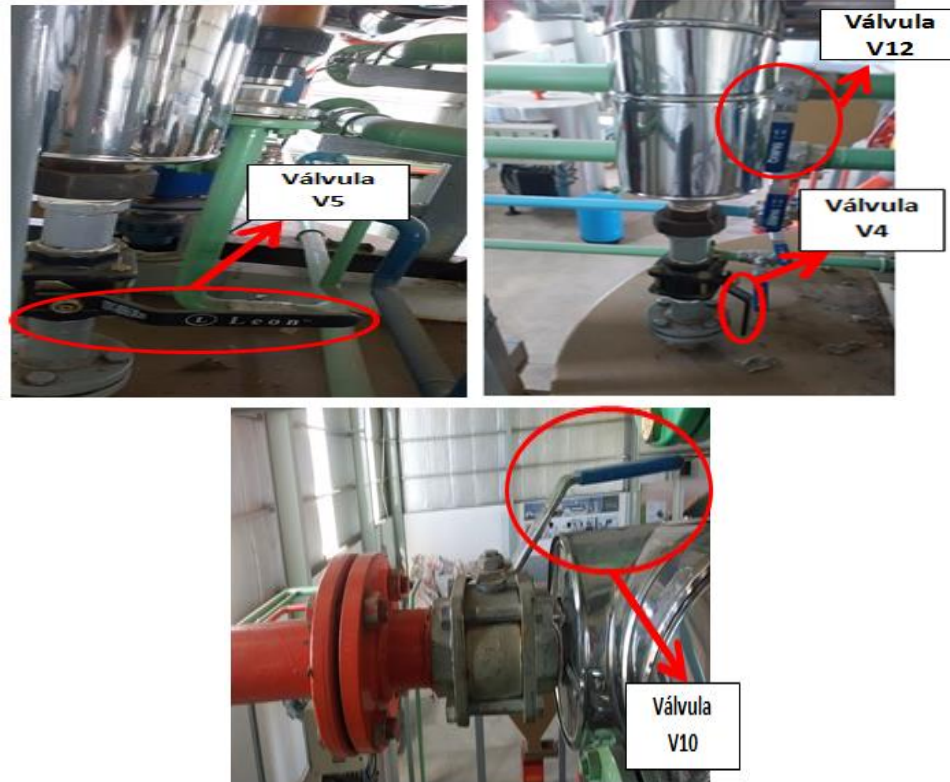


Figura AIII.2 Válvulas de ingreso de agua caliente

- 3) Una vez alcanzado el nivel deseado, cerrar las válvulas V4 V5 y V10.
- 4) Abrir la válvula V1 y V21 (descarga del tanque V3201) indicadas en figura AIII.3 y encender la bomba P3203.



Figura AIII.3

Figura AIII.4

- 5) Abrir las válvulas V24 (figura AIII.4), V27 y mantener cerrada la V28 indicadas en la figura AIII.5.
- 6) Cerrar las válvulas V6 (figura AIII.6) y V7 (figura AII.3) y abrir la válvula V8.
- 7) La recirculación se realiza hasta que la solución salga limpia. (Ver contenido de sólidos totales y pH)

- 8) Una vez lograda la limpieza, vaciar el tanque y pasar el contenido hacia el fermentador V3205 abriendo la válvula V28 (figura AIII.5) y V42 (figura AIII.7) y cerrando la V27 (figura AIII.5).



Figura AIII.5

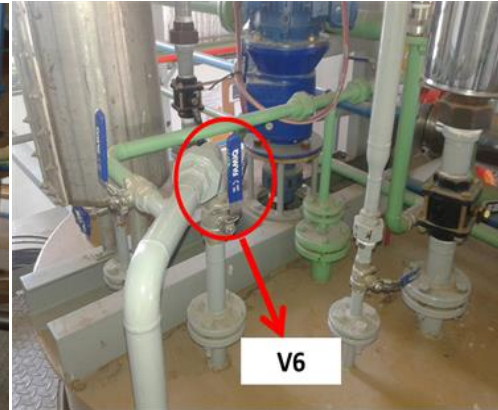


Figura AIII.6

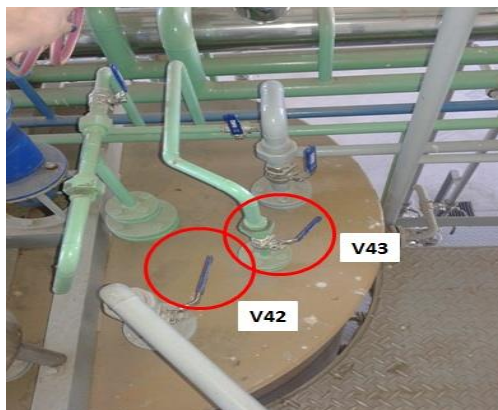


Figura AIII.7



Figura AIII.8

- 9) Apagar la bomba P3203.  
 10) Abrir la válvula V33 (figura AIII.8) y la V53 (figura AIII.10) de succión de la bomba P3207.  
 11) Encender la bomba P3207

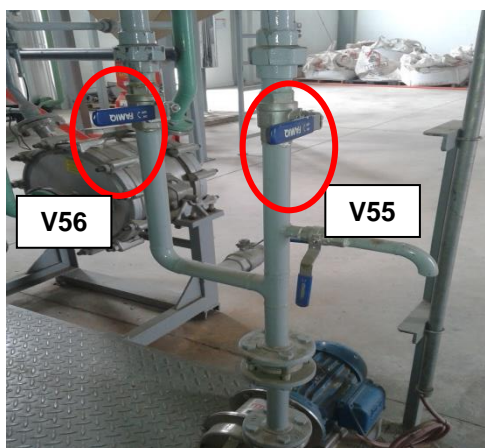


Figura AIII.9

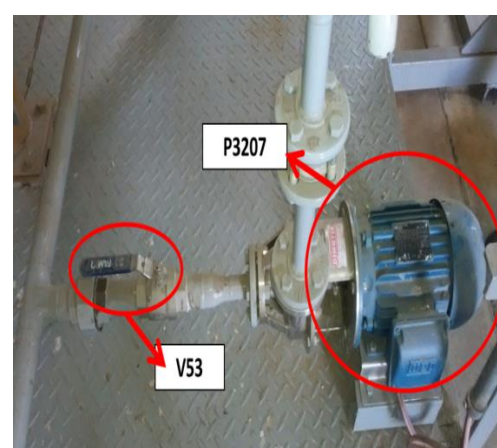


Figura AIII.10



- 12) Verificar que las válvulas V44 (figura AII.4), V54, V56, V74 (ver figura AIII.12), V75 y V86 estén cerradas.
- 13) Abrir la válvula V55 (ver figura 9).
- 14) Abrir la válvula V45. (ingreso por el aspersor)



Figura AIII.10

- 15) Cerrar la válvula V45 para detener la recirculación en el fermentador V3205.
- 16) Verificar que la válvula V72 esté cerrada y pasar el contenido hacia el fermentador V3208, abriendo la válvula V73 (ingreso por el aspersor).
- 17) Abrir la válvula V57 (ver figura AIII.10) y V56.
- 18) Cerrar la válvula V55.
- 19) Abrir la válvula V87 y encender el agitador del destilador. Dejar actuar unos minutos.
- 20) Una vez llenado el destilador, apagar la bomba P3207 y cerrar V53 y V87.
- 21) Abrir la válvula V91 (descarga del destilador) y descargar el agua de enjuague en el bin.

**NOTA:** Verificar que las bombas se ceban de manera correcta. Manómetro con presión normal. Sin ruido ni vibración.

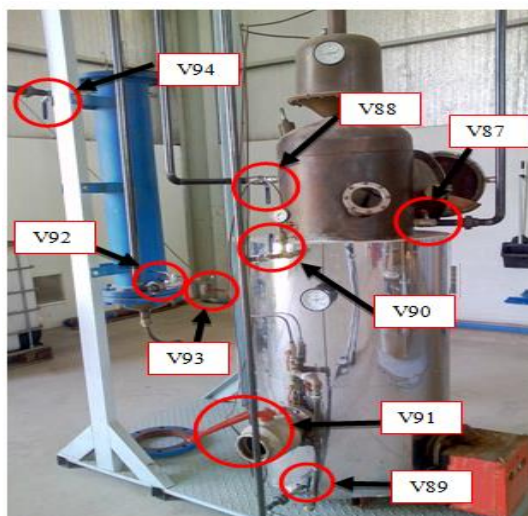


Figura AIII.11

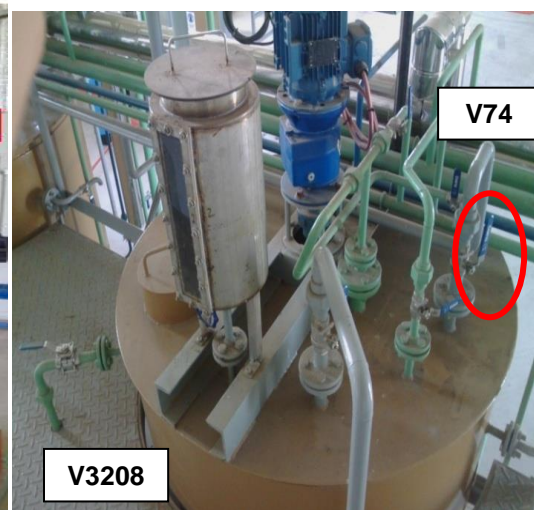


Figura AIII.12

#### 5.4. CIP – Instrucciones de trabajo

##### NOTA:

Para realizar el CIP del intercambiador E3204 se debe detener el sector según IO.PD 05 o IO.PD 07 Rev. Vigente.

Si el enjuague inicial del intercambiador se realiza con agua caliente, se deberá apagar la bomba de agua de torre de enfriamiento antes de realizar dicho enjuague. Así el agua alojada en los equipos queda caliente. Esto se hace con el motivo de no enfriar luego la soda. El título de la soda debe estar entre 5 y 10 %.

##### LLENADO CON HIDRÓXIDO DE SODIO.

- 1) Corroborar que V3201, V3205 y V3208 tengan la descarga cerrada.
- 2) Abrir la válvula V78 y llenar el calentador eléctrico CAD3401. Calibrar temperatura en 70°C.
- 3) Abrir las válvulas V10, V4 y V5 y llenar el tanque V3201 con agua caliente hasta completar el como del tanque.
- 4) Una vez alcanzado el nivel requerido, cerrar las válvulas V4 y V5.
- 5) Añadir manualmente el hidróxido de sodio por la boca del tanque ubicada en la parte superior.
- 6) Encender el agitador del tanque V3201
- 7) Verificar que la válvula V31 esté cerrada y abrir las válvulas V30 indicada en figura AIII.13 y V32 indicada en figura AIII.14 para hacer circular agua caliente por el intercambiador E3204.



Figura AIII.13

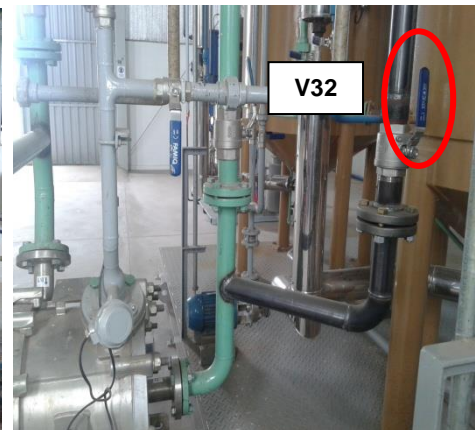


Figura AIII.14

- 8) Abrir las válvulas V1, V21 y V24 de descarga del tanque V3201 y encender la bomba P3203.
- 9) Verificar que las válvulas V6 y V7 y V28 estén cerradas.
- 10) Abrir la válvula V27 (salida del intercambiador), V8 (ingreso por el aspensor) para comenzar a recircular la soda a través del intercambiador y el tanque. Verificar que la temperatura se encuentre en 60°C.
- 11) La recirculación deberá durar entre 15 y 20 minutos. (Según se requiera para lograr la limpieza)
- 12) Una vez transcurrido este período de tiempo, pasar el contenido del tanque V3201 hacia el fermentador V3205 cerrando la V27 y abriendo las válvulas V28 y V42.
- 13) Apagar la bomba P3203.

- 14) Detener el circuito de agua caliente cerrando las válvulas V78, V10, V30 y la V32.
- 15) Abrir la válvula V33 (descarga del fermentador V3205) y V53.
- 16) Encender la bomba P3207.
- 17) Verificar que estén cerradas la V4, V54, V56, V74, V75 y abrir V55 (descarga de la bomba P3207 hacia fermentadores) y la V45 (ingreso por aspersor) para comenzar a llenar el fermentador V3208 con soda.
- 18) Recircular durante unos minutos.
- 19) Cerrar la válvula V45
- 20) Verificar que la V72 esté cerrada y abrir la V73 (ingreso por el aspersor).
- 21) Una vez llenado el tanque hasta el nivel estipulado, cerrar la V55.
- 22) Abrir la válvula V57 (descarga del fermentador V3208) y V56
- 23) Abrir la válvula V87 para comenzar a llenar el destilador hasta la altura de la camisa calefactora externa.
- 24) Una vez alcanzado este nivel, cerrar la válvula V87.
- 25) Apagar la bomba P3207.
- 26) Encender el agitador.
- 27) Dejar actuar (Ver tiempo necesario)
- 28) Abrir la válvula V91 de descarga del destilador.
- 29) Detener el agitador.

#### ENJUAGUE DE LA SODA:

Repetir el mismo procedimiento que para el enjuague previo de sólidos. Se realiza un enjuague con agua nuevamente, para eliminar los restos de soda en el sistema.


#### NOTA:

- El enjuague del sistema se realiza durante 10 a 12 minutos. Transcurrido ese tiempo, el agua deberá salir limpia.
- Al finalizar la limpieza, se deberán realizar análisis de sólidos totales para evaluar el grado de contaminación y de pH para no alterar la próxima corrida.

#### 6. REGISTROS:

#### 7. ANEXOS:

#### 8. ARCHIVO: Este documento se guarda por 6 años.

	<h1>Destilación</h1>	Página 1 de 6
		MO. 03 Rev. 00
		Fecha Elab: 13/01/2017

	ELABORA/MODIFICA	CONTROLA	APRUEBA
Nº Revisión	Función	Función	Función
0			

**NOTA:** El presente documento es propiedad de Bioetanol Rio Cuarto SA y está prohibida la reproducción parcial y/o total de la información sin un acuerdo por escrito.

1. **OBJETIVO:** Exponer los conceptos generales de la etapa destilación
2. **ALCANCE:** Todo el personal involucrado en la etapa de destilación de la Planta Experimental
3. **DEFINICIONES Y SIGLAS:**
  - PCC (Puntos Críticos de Control): parámetros de cada etapa del proceso cuya especificación garantiza la elaboración de productos conformes de manera sustentable, segura y minimizando interrupciones y re-procesos.
  - PC (Puntos de Control): parámetros que el operario debe tener en cuenta para mantener los PCC dentro de los valores adecuados.
  - °GL: grado alcohólico
4. **DOCUMENTACION DE REFERENCIA:**

## 5. DESARROLLO:

### 5.1. Finalidad de la destilación y aspectos generales

El objetivo de esta sección es producir alcohol de calidad y concentración adecuada, a partir de mosto fermentado proveniente del sector fermentación. En la destilería se trabaja con un destilador (T3301) simple a presión atmosférica, mostrado en la figura AI.2.

El producto, etanol de concentración 94-95°GL, es obtenido de los vapores de cabeza del destilador (T3301), luego de su condensación en el condensador (E3302), indicado en la figura AI.3.

En la figura AI.1 se muestra un esquema simplificado del sistema de destilación. Se observa que ingresa el mosto de fermentación, agua caliente del calentador eléctrico (CAD3401) mostrado en la figura AI.4 y agua de enfriamiento. Del sistema sale etanol concentrado como producto, un desecho acuoso de sólidos (vinaza pesada), agua caliente que retorna al calentador y agua de refrigeración que retorna a la torre de

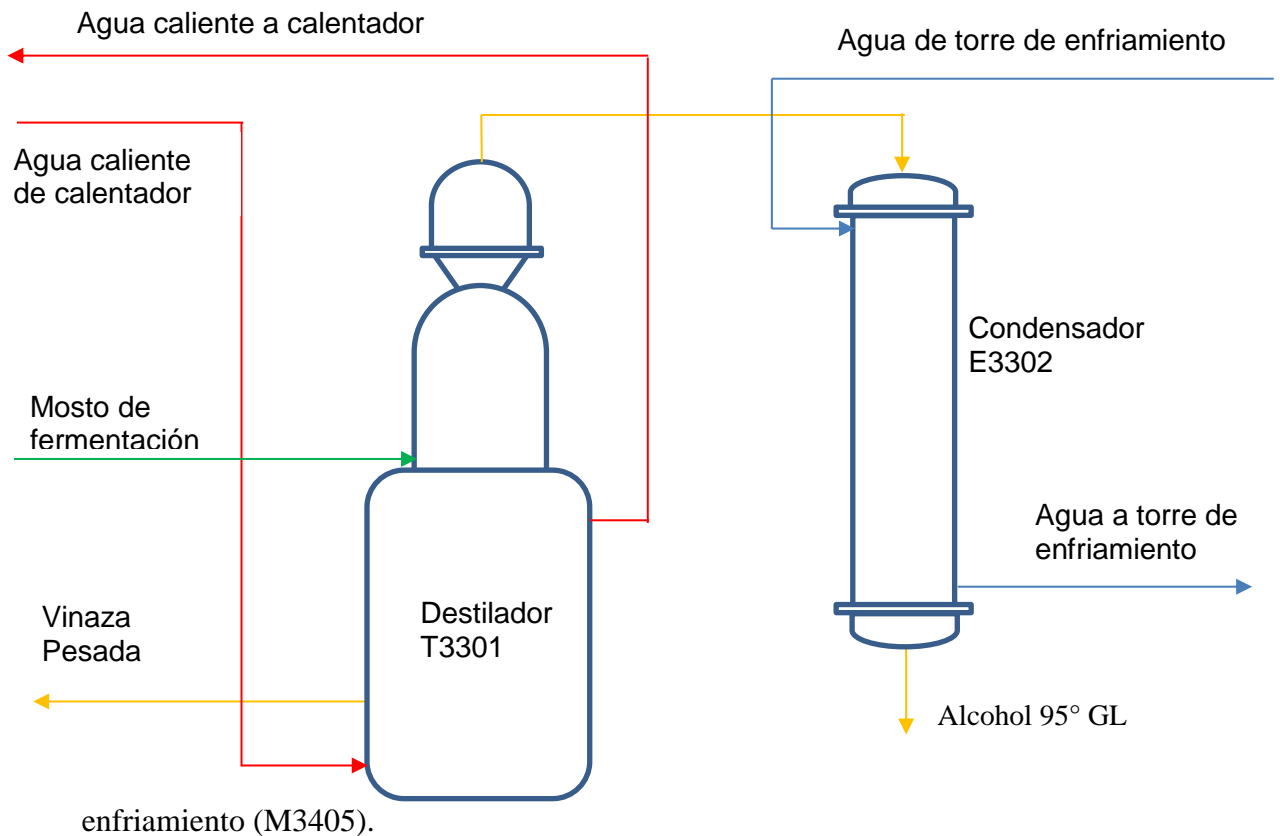


Figura AI.1 Diagrama simplificado de destilación

#### 5.1.1. El producto terminado de la sección Destilación

Del sector destilación sale una corriente de producto y un efluente:

- Alcohol de concentración 94-95° GL que se obtiene de los condensados de cabeza del destilador (T3301)
- Vinaza pesada que se descarga del fondo del destilador (T3301)

### 5.1.2. Método de calentamiento del destilador

El destilador recibe calefacción externa indirecta con agua caliente proveniente del calentador eléctrico (CAD3401), luego de atravesar la camisa calefactora y entregar la energía requerida, retorna al tanque pulmón (V3406) del circuito de agua caliente.

## 5.2. Principio de funcionamiento

El mosto madurado llega desde la sección fermentación a una temperatura aproximada de 33° C, el ingreso al destilador (T3301) se lleva a cabo por la sección media del equipo mezclándose con el mosto allí presente mediante un agitador que homogeneiza las temperaturas, evita que los sólidos se depositen en el fondo y también que se produzcan incrustaciones en las paredes del equipo, aquí se eleva la temperatura hasta 80° C mediante el intercambio de calor con el agua caliente proveniente del calentador eléctrico (CAD3401) que se encuentra atravesando la camisa calefactora. El calor intercambiado va produciendo los vapores de alcohol (94-95° GL) que se elevan a la sección superior del destilador (T3301) y salen del equipo hacia el condensador (E3302). Por la sección inferior se retira la vinaza pesada cuya corriente es dirigida hacia tanques móviles (bins) para su disposición final. Debido a los flujos de salida del destilador T3301 (alcohol y vinaza), el nivel de líquido dentro del mismo desciende, cuando este ya no sumerge por completo al agitador, debe dosificarse mosto hasta reestablecer el nivel de líquido previo (altura de la camisa externa), repitiendo el proceso cada vez que el nivel descienda por debajo de lo indicado. (Ver figura AI.1)

#### – Condensación de vapores de alcohol

La corriente de vapor que sale del destilador (T3301) se dirige al condensador (E3302) ingresando por la parte superior del mismo, allí atraviesa 5 tubos que contienen varillas internas con discos transversales (las cuales mejoran la capacidad de condensación y enfriamiento del alcohol). El alcohol líquido (condensado y enfriado) es retirado por la parte inferior del equipo para luego ser recolectado en tanques (bins) móviles, para su disposición final. El fluido refrigerante utilizado para tomar el calor de los vapores, generar dicha condensación y enfriamiento es agua proveniente de la torre de enfriamiento (M3405) la cual atraviesa el equipo por la parte externa de los tubos internos llenando la coraza que los recubre, luego retorna a la torre a una temperatura mayor para volver a enfriarse. (Ver figura AI.3 y AI.5)

#### – Calentamiento del destilador

El destilador cuenta con una camisa calefactora en su exterior hasta aproximadamente la mitad del equipo la cual está alimentada por agua caliente proveniente del calentador eléctrico (CAD3401), esta ingresa por la parte inferior a una temperatura de 90° C y egresa por la parte superior a una temperatura menor, dirigiéndose al tanque pulmón (V3406), para reingresar al calentador eléctrico (CAD3401) donde vuelve a calentarse. (Ver figura AI.2 y AI.4)

#### – Puntos de control del destilador (T3301)



Las condiciones de funcionamiento del destilador (T3301) son proporcionadas por los siguientes parámetros:

- Temperatura de mosto al ingresar al destilador.
- Temperatura del mosto dentro del equipo.
- Temperatura de vapores de alcohol en la cabeza del equipo.
- Temperatura de ingreso del fluido calefactor a la camisa calefactora del destilador.
- Nivel de líquido dentro del destilador.
- Puntos de control del condensador (E3302)

Las condiciones de funcionamiento del condensador (E3302) es proporcionada por la:

- Temperatura de ingreso de agua de enfriamiento.

### 5.2.1. Imágenes del sector



Figura AI.2 Destilador



Figura AI.3 Condensador



Figura AI.4 Calentador eléctrico



Figura AI.5 Torre de enfriamiento

6. **REGISTROS:**


7. **ANEXOS:**

8. **ARCHIVO:** Este documento se guarda por 6 años.