

I. MARCO TEÓRICO

1.1. Descripción de la industria

Viñedos y Bodegas Campos de Solana Ltda., es una de las bodegas más jóvenes en Bolivia, creada en base a una marca nueva de vinos de calidad, por una empresa familiar de muy larga tradición y vasta experiencia en el negocio Vitivinícola; Granier Ortiz. Los primeros con más de veinte años de experiencia en la elaboración de Vinos y Singanis.

En la ruta de acceso desde el sur, esta bodega resalta como la más moderna de Tarija. Fue establecida el año 2000 por Luis Granier Ballivián, quien también fue fundador de la destilería de Singani Casa Real.

Esta experiencia que en resumen suma más de setenta años, sin duda contribuye y es la base para el nacimiento de una nueva marca de Vinos de Altura, como lo es Campos de Solana, nombre que hace referencia a sus privilegiados “Campos Soleados”.

Gracias a esta experiencia es que Campos de Solana se posicionó rápidamente como una de las Bodegas élite en Bolivia, ganando numerosos premios y reconocimientos internacionales desde los primeros años.

Los viñedos más altos del mundo (Fig. 1-1), proporcionan uvas con características excepcionales. Gran parte de estas cepas están plantadas en la localidad de Santa Ana, provincia Cercado de Tarija, que al poseer un privilegiado microclima pleno de sol y luminosidad contribuye a la maduración óptima de los frutos.

Figura 1-1: Viñedos de Campos de Solana en Santa Ana (1850 msnm.).



Fuente: Elaboración propia, 2012.

Estos viñedos se encuentran en Santa Ana, con una producción aproximada de 25.000 quintales de uva, lo que equivale a más de 80 hectáreas destinadas a la producción de uvas viníferas.

El rendimiento de producción de uva por hectárea es en promedio de 300 quintales por año.

Los viñedos en su mayor parte reciben riego por goteo.

Las principales variedades de uva que se cultivan son:

- Cabernet Sauvignon
- Malbec
- Merlot
- Rubi Cabernet
- Riesling
- Sauvignon Blanc
- Viognier
- Alicante Bouschet
- Tempranillo
- Tannat
- Petite Verdot

Hay sectores en los viñedos protegidos por malla antigranizo.

También se compra uva a viticultores del vale de Concepción, Camargo (a 2.600 metros de altura y 187 kilómetros de distancia), de Cotagaita (a 278 kilómetros) y de Chaguaya (a 50 kilómetros).

Campos de Solana, actualmente cuenta con una capacidad instalada de 1.500.000 litros, esto equivale a una capacidad de producción de aproximadamente 2.000.000 de Botellas.

La capacidad utilizada en Campos de Solana es de 1.000.000 de litros/año, es decir aproximadamente 1.500.000 Botellas/año.

La tecnología empleada en Campos de Solana es un 80% automática y 20% manual.

Para el sector de Molienda (Fig. 1-2.) se cuenta con los siguientes equipos:

Figura 1-2: Área de Molienda.



Fuente: Elaboración propia, 2012.

- Una cinta transportadora, que se usa como mesa de selección en donde el personal selecciona la materia prima antes de ser procesada.
- Se tiene un elevador de Cangilones para transportar la Uva hasta la moledora, y otro para transportar los raspones que salen de la moledora como desecho.
- Una moledora que es donde los granos son estrujados y separados del raspón.

- Una bomba Helicoidal que transporta el mosto mediante mangueras desde el sector de molienda hacia el interior de la Bodega.

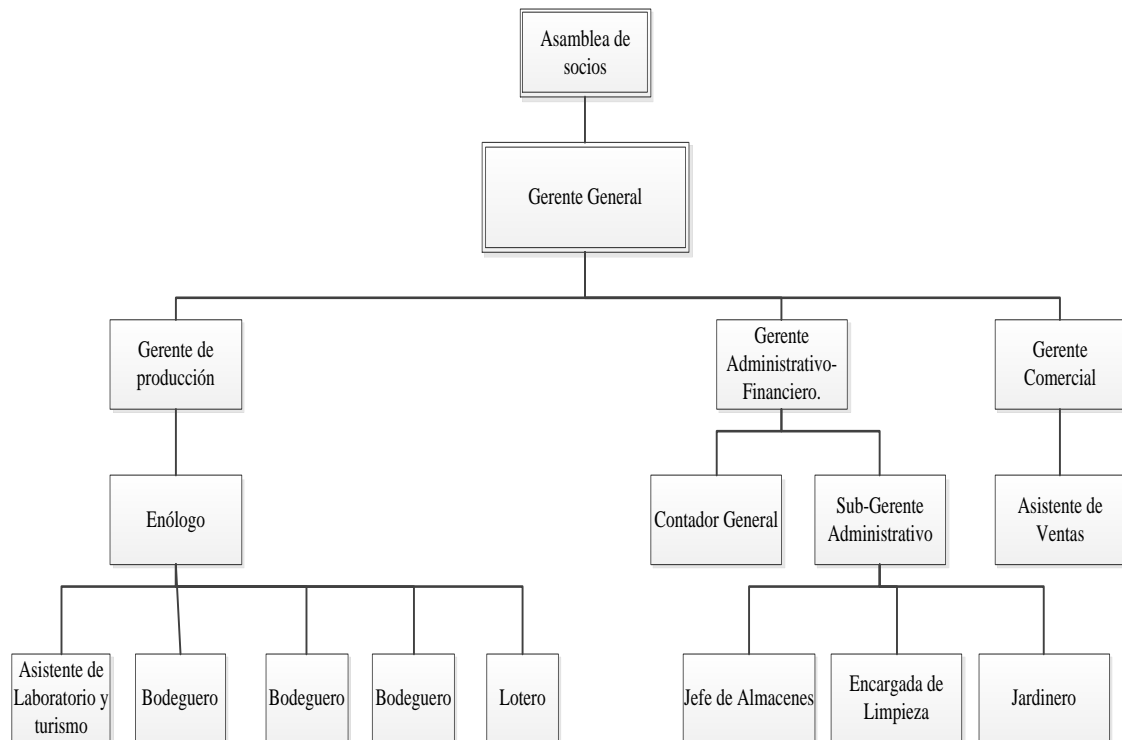
La bodega cuenta con una prensa neumática, tanques de fermentación de acero inoxidable, y barricas hechas de roble Francés y Americano.

Sistema de embotellado automático con capacidad de 2500 a 3000 botellas/hora, el que se encuentra ubicado en Casa Real.

1.1.1. Organización de la empresa.

1.1.2. Organigrama.

Figura 1-3: Organigrama de Campos de Solana.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

1.1.3. Encuadre Genérico.

De acuerdo al organigrama de la fig. 1-3. A continuación se detalla el encuadre genérico.

1.1.3.1. Gerencia General.

Define los lineamientos y asume las decisiones de la empresa.

1.1.3.2. Gerente de Producción.

Encargado de la planificación estratégica del área de producción de la empresa.

1.1.3.3. Gerente Administrativa-Financiera.

Se encarga del control y toma de decisiones en el Área Administrativa-Financiera.

1.1.3.4. Gerente comercial.

Encargado de la comercialización y marketing (Mercadeo) del producto.

1.1.3.5. Enólogo.

Encargado directo de la elaboración de vinos y todo los aspectos relacionados a producción y el trabajo en Bodega.

1.1.3.6. Contador general.

Encargado de la parte contable y recursos humanos de la empresa.

1.1.3.7. Sub-gerente administrativo.

Apoyo a la gerencia general en el proceso de gestión y toma de decisiones a través de la elaboración y propuesta de alternativas, encargado de la distribución y logística de la empresa.

1.1.3.8. Asistente de ventas.

Apoyo al gerente comercial en todo lo referente a venta de los productos.

1.1.3.9. Asistente de laboratorio y turismo.

Encargado de Control de calidad, análisis de los vinos en el laboratorio de la empresa. A la vez se encarga del turismo, recibiendo a los visitantes de la Bodega.

1.1.3.10. Bodegueros.

Se encargan del trabajo en bodega; el enólogo es el encargado de organizar el trabajo de los bodegueros.

1.1.3.11. Lotero.

Encargado de los viñedos que están alrededor de la Bodega (3 Hectáreas).

1.1.3.12. Jefe de Almacenes.

Es el encargado de todas las entradas y salidas de insumos y materiales enológicos, agrícolas, materiales de construcción, eléctricos, de plomería y materiales para envasado de producto, que se encuentran en el almacén de la empresa. También se encarga de la recepción y despacho del producto terminado al mercado.

1.1.3.13. Encargada de limpieza.

Se encarga de la limpieza de las oficinas, el almacén y el Laboratorio de la empresa.

1.1.3.14. Jardinero.

Preserva los Jardines que están en los predios de la bodega.

1.2. Descripción del proceso de vinificación.

Para la elaboración de vino tinto, el mosto se hace fermentar en presencia de los hollejos, pulpa y semillas.

En el vino blanco, la diferencia es que el jugo de uva fermenta sin contacto con la piel y semillas de la uva y a temperaturas más bajas.

A continuación se detalla paso a paso el proceso que se sigue para la elaboración del vino en Viñedos y Bodegas Campos de Solana.

1.2.1. Cosecha.

Mediante controles periódicos se muestrean los viñedos, luego estas muestras se analizan en el laboratorio para determinar el grado de madurez que tienen las uvas, se verifica la cantidad de azúcar, acidez Total y pH que presentan los frutos y además se realiza un análisis sensorial de la bayas, se toman varias muestras aleatorias de un determinado lote y se junta todo el jugo en un recipiente para analizarlo como se muestra en la figura 1-4. Cuando una determinada variedad de uva presenta una madurez óptima para vinificación, se procede a la cosecha.

Figura 1-4: Muestra de jugo de uva para control de madurez.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

Normalmente las variedades de uva blanca están listas para la cosecha antes que las variedades para vino tinto.

La cosecha se realiza a tempranas horas, se cosecha manualmente y se transporta en cajas plásticas, con esto se logra preservar la calidad del fruto evitando romper o dañar los granos.

1.2.2. Recepción.

Las uvas son transportadas en cajas desde los viñedos en camiones, los camiones llegan a una báscula para ser pesados antes de pasar al sector de molienda. Luego de ser descargados, los camiones regresan a la Báscula y son pesados nuevamente para sacar el peso total de la uva por diferencia de los dos pesajes.

1.2.3. Selección.

Las cajas plásticas son vaciadas manualmente al inicio de la cinta transportadora como se muestra en la figura 1-5., a lo largo de esta cinta se encuentran alrededor de cuatro trabajadores quienes se encargan de seleccionar las uvas de mayor calidad, eliminando hojas, uvas podridas, uvas verdes, uvas malogradas y cualquier impureza que pueda perjudicar el proceso y disminuir la calidad del producto final.

Figura 1-5: Selección de la uva.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

1.2.4. Despalillado – Estrujado.

Los racimos de uva son desgranados y estrujados en una moledora-despalilladora, caen dentro de un cilindro horizontal perforado con un eje axial que tiene bastones a todo lo largo dispuestos en forma helicoidal y que golpean los racimos a medida que van cayendo, el cilindro y el eje giran a velocidades distintas, de esta manera los granos pasan a través de las perforaciones del cilindro y los raspones son expulsados a un elevador de cangilones que transporta los raspones para ser desechados.

1.2.5. Sulfitado.

Antes del encubado, a la salida de la molidora, se va dosificando anhídrido Sulfuroso, esto con fines antisépticos y disolventes. La cantidad de Anhídrido Sulfuroso la determina el enólogo de acuerdo a la variedad y al estado sanitario de la uva.

1.2.6. Prensado (vino Blanco).

Cuando se elabora vino blanco, después de la molienda el mosto es bombeado a la prensa neumática que funciona por el inflamiento de una membrana axial de caucho grueso, esta oprime la vendimia contra el cilindro de acero inoxidable. Durante el prensado la presión que llega a producirse es de dos bares, dependiendo del programa la membrana se infla y desinfla cada cierto tiempo aumentando progresivamente la presión hasta terminar el proceso. Entonces mediante dicho prensado se separa el jugo de uva de los orujos.

1.2.7. Encubado.

Una vez ha sido despalillada, estrujada y para los vinos Blancos prensada, la vendimia se bombea hasta los depósitos (Cubas o Tanques de fermentación) de acero inoxidable para encubar e iniciar la maceración/Fermentación en los Tintos y la fermentación en los Blancos.

El transporte del mosto se realiza utilizando una bomba Helicoidal y mangueras de 4 pulgadas.

En los vinos Tintos, el tanque no debe llenarse más de un 80% para evitar el desbordamiento una vez iniciada la fermentación. Esto se debe a que en la parte superior del Tanque se forma lo que se conoce como “sombbrero”, que es una gruesa

capa formada por hollejos y semillas que suben a la superficie del líquido empujados por el Dióxido de Carbono que se produce durante la fermentación Alcohólica.

Para los vinos blancos el encubado se realiza inmediatamente después del prensado, y se debe llenar completamente los depósitos para evitar el exceso de oxigenación, ya que en los blancos no hay formación de sombrero.

1.2.8. Maceración y Fermentación Alcohólica.

Una vez encubado el mosto, en los depósitos de fermentación, se produce una activa multiplicación de los microorganismos que contiene, en donde predominan las levaduras del género *Saccharomyces*, y en menor cantidad las bacterias lácticas el anhídrido Sulfuroso añadido en molienda cumple un rol importante en esta primera multiplicación microbiana.

En los vinos Tintos, como el mosto se deja en contacto con la pulpa, hollejos y semillas, se realizan dos procesos simultáneos: La Fermentación Alcohólica y la Maceración.

La fermentación, realizada por las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), que transforman el azúcar del mosto en alcohol etílico y Dióxido de Carbono además de otros Sub productos. Como resultado de la Fermentación Alcohólica se da descenso en la densidad del mosto y aumento de la temperatura.

El parámetro más importante a controlar durante la fermentación Alcohólica es la temperatura, ya que esta tiende a elevarse debido a que las transformaciones Químicas, físicas y microbiológicas que suceden son exotérmicas. Para esto, los tanques de fermentación en Campos de Solana cuentan con camisas de refrigeración de rodean a los tanques permitiendo que el refrigerante circule sin tener contacto con el vino en proceso, la refrigeración se maneja mediante control automático. La

temperatura de fermentación para los vinos tintos oscila entre 25 a 30 °C. Y para los vinos Blancos entre 15 a 20 °C. Dependiendo del tipo de vino en proceso, de las características de la uva y de las especificaciones del Enólogo, la temperatura de fermentación puede variar.

Al mismo tiempo, en los tintos, sucede el proceso de Maceración, en donde el mosto, está en contacto con las partes solidas de la uva (Hollejos y semillas) que le aportarán color y taninos al futuro vino. El tiempo de maceración, depende del tipo de Vino tinto que se está elaborando, normalmente es de tres a seis días.

Para favorecer a la maceración se realizan remontajes tres veces al día, el remontaje consiste en extraer el vino mediante una bomba por la parte inferior del tanque y arrojarlo por la parte superior, roseando todo el sombrero, así se mezcla bien el vino con los orujos para mejorar la maceración. Lo que se trata de hacer en esta etapa es mejorar el contacto en la interface sólido – líquido. Otro aspecto importante es la relación entre la altura del depósito y el diámetro, ya que a mayor diámetro, se tiene mayor superficie de contacto en la interface y esto favorece a la maceración.

1.2.9. Descube y prensado de los Orujos (Vino tinto).

Cuando la fermentación alcohólica finaliza, se realiza el descube del vino, que comienza con el traslado del vino a otro tanque, por la llave inferior, de manera que vaya saliendo solamente el líquido, aprovechando que los orujos están por encima (sombrero), al finalizar, solamente quedan los sólidos (hollejos, semillas) en el tanque.

Estos orujos se trasladan a la prensa mediante la bomba Helicoidal. Una vez llena la prensa, se inicia un programa de prensado y se obtiene el denominado “Vino Tinto Prensa”, que es un vino con distintas características y se almacena por separado y en ciertas ocasiones retorna al vino original o se destina a vino de mesa.

1.2.10. Fermentación Maloláctica (Vino tinto).

Finalizada la fermentación alcohólica, ocurren otras transformaciones microbiológicas que determinan el acabado de un vino tinto. La más importante de estas transformaciones se llama fermentación maloláctica.

Las bacterias Lácticas, que suceden a las levaduras efectúan lo que se conoce como segunda fermentación, en esta fermentación el Ácido Málico es transformado en Ácido Láctico. La principal consecuencia de la fermentación maloláctica es el aumento en el pH del vino al ser el Ácido Láctico un ácido más débil que el Ácido málico, Pero el aspecto positivo es que el vino equilibra sus sabores. Luego de esta fermentación el Ácido Tartárico, pasa a ser el verdadero constituyente ácido de los vinos.

1.2.11. Desborre.

Cuando los vinos son nuevos se produce una clarificación natural, en la cual, sedimentos se depositan en el fondo del tanque. Estos sedimentos se denominan Borrás o Lías.

Pasada la Fermentación Maloláctica, para evitar que el vino esté en contacto con estas borras por mucho tiempo se realizan de dos a tres trasiegos, trasladando el vino a otro tanque limpio. En cada trasiego se debe tener cuidado de no arrastrar las borras.

Luego de la fermentación Maloláctica, en el primer desborre, es donde el vino ya es susceptible a la incorporación de Oxígeno, principalmente debido a la disminución de dióxido de carbono en la atmósfera que rodea al vino, entonces el vino, ya sea en las mangueras o en los tanques a los que se traslada, tiene más contacto con el aire y comienza a disolver oxígeno.

1.2.12. Clarificación.

Se agrega al vino un clarificante que es una sustancia de naturaleza Coloidal que puede ser de origen vegetal o animal, para que mediante cargas electrostáticas se una a partículas en suspensión de carga contraria, formando flóculos mayores que precipitan por acción de la gravedad. De esta manera se eliminan los elementos en suspensión no deseados en el vino.

En esta parte del proceso no existe una adición importante de Oxígeno al vino, debido a que la exposición del vino al aire es mínima, solamente se abre la tapa superior por unos segundos para agregar el clarificante.

1.2.13. Filtración.

Como complemento a la clarificación está la filtración que consiste en hacer pasar un vino turbio a través de un lecho poroso, donde quedan retenidas las partículas que enturbian al vino. Normalmente un vino pasa por dos a tres filtraciones. Para este proceso se utiliza un filtro de tierras diatomeas. La última filtración se realiza antes del embotellado en un filtro de placas.

En el filtrado existe riesgo de incorporación de oxígeno al vino debido al movimiento del vino a través del filtro y su traslado a otro tanque, y podría disolverse cierta cantidad de oxígeno en cada filtración.

1.2.14. Estabilización tartárica por Frío.

La estabilización por frío consiste en someter al vino a un enfriamiento para que precipiten en el depósito las sales de ácido tartárico que no son solubles a menor temperatura. El ácido tartárico, principal ácido del vino, forma sales o tartratos principalmente con el Potasio y el Sodio presentes en el vino. La estabilización

Tartárica sirve para que no aparezcan precipitados en la botella al enfriar el vino para su servicio.

En Campos de Solana la estabilización se realiza en tanques isotermos especiales conectados a un sistema de enfriamiento que baja la temperatura del vino hasta alcanzar temperaturas menores a los 0°C. el vino pasa de cinco a siete días en este proceso.

Es posible que durante la estabilización por frío exista una incorporación importante de Oxígeno al vino debido a que la solubilidad del oxígeno en los vinos aumenta al disminuir la temperatura.

1.2.15. Crianza en barrica (Vino Tinto).

Los vinos tintos pueden ser jóvenes o del año de vendimia, pero existe otra gama más alta de vino en Campos De Solana, estos son los vinos reserva. Los vinos reserva de Campos de Solana pasan por un proceso llamado Crianza en barrica de roble, donde después de la fermentación maloláctica suceden una serie de transformaciones físico-químicas, muy complejas, principalmente polimerización de taninos, antocianos y formación de pigmentos poliméricos más estables, este proceso es conocido como “envejecimiento” o “añejamiento” del vino, en donde este se hace más rico en compuestos aromáticos obteniendo el “bouquet” y se estabiliza el color.

Aquí el riesgo de incorporación excesiva de oxígeno estaría en el llenado de barricas. La barrica en sí, debido a la porosidad de la madera de Roble ofrece al vino una micro-oxigenación, que teóricamente es la adecuada para que se den las transformaciones mencionadas. Cabe mencionar que mientras más usos tiene la barrica, es menos permeable al oxígeno, esto debido a que los poros de la madera se van tapando con el tiempo. Por lo tanto hay que tener mayor cuidado con el vino que se coloca en barricas nuevas.

En el presente proyecto se ha excluído esta etapa para las mediciones, debido a que el proceso suele tomar más de un año y existen más de 200 barricas en la bodega de Campos de Solana.

1.2.16. Embotellado.

El vino es transportado mediante un camión cisterna hasta las instalaciones de Casa Real que es donde se encuentra la línea de embotellado. Se alimenta el vino a la línea de embotellado que llena las botellas y también las encorcha.

Solamente se utilizan botellas nuevas para el proceso de envasado de los vinos. Se utilizan corchos cilíndricos fabricados de corcho natural para la más alta gama de vinos y para otros vinos, dependiendo de su tipo, se utilizan corchos sintéticos.

Esta es una de las partes más preocupantes del proceso con respecto a la incorporación de oxígeno en el vino, ya que se bombea hacia el camión cisterna, luego el vino es transportado hasta Casa Real y una vez más se bombea hacia un filtro de placas por último a la línea de embotellado.

1.2.17. Encapsulado y etiquetado.

La línea de embotellado se encuentra conectada a la unidad de encapsulado y etiquetado, se les coloca a las botellas una cápsula plástica termo contraíble, que se adhiere a la botella. Antes del etiquetado las botellas pasan frente a una lámpara donde un trabajador inspecciona las botellas para verificar la limpidez del vino, separando no sólo las que presentan turbidez sino también cualquier irregularidad o impureza.

Luego las botellas pasan a la etiquetadora, que les coloca las respectivas etiquetas, donde aparece el año de la cosecha, la denominación comercial, tipo de vino, grado alcohólico, emblema de la bodega y cierta información relacionada con el vino.

Para garantizar la inocuidad y calidad de los productos, Campos de Solana tiene trazada la estrategia de emplear tecnología enológica moderna construída a base de acero inoxidable.

La estrategia de producción también es el reflejo de un enfoque que se basa en la diferenciación de los productos que ofrece la empresa, lo cual se materializa en el diseño y presentación del producto en cuanto a etiquetas, material de empaque, uso de insumos con la leyenda “*de uso enológico*”, utilización de tapones de corcho natural y sintético que responden a pruebas adecuadas de calidad por su resistencia y conservación del vino y por utilización de envases de vidrio o “botellas Vírgenes”, que por un lado garantizan la calidad física del producto y por el otro la promesa hacia el consumidor de adquirir un producto seguro e inocuo.

1.3. Control de Calidad.

En Campos de Solana existe una fuerte tendencia en el aseguramiento de la calidad, es por esto que el control de calidad comienza desde el viñedo y termina cuando el vino llega al consumidor.

En este marco de la calidad cada trabajador tiene la obligación de ser un mediador en el control de calidad dentro de sus respectivas obligaciones.

La parte principal para el control de calidad es el laboratorio en donde se realizan los análisis físico-químicos del vino (Fig.1-6), que trabaja utilizando técnicas de laboratorio basadas en normas internacionales, principalmente las del MERCOSUR.

Asimismo el enólogo por su parte realiza diariamente Análisis sensorial o “cata” de todos los vinos en proceso y terminados.

Figura 1-6: Control de calidad en el Laboratorio.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

Según la norma Boliviana NB-322002 el vino debe cumplir con los requisitos que se establecen en la tabla I-1:

Tabla I-1: Requisitos Físico-Químicos del vino.

PARÁMETROS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO
Densidad relativa	(g/ml) a 20 °C	Secos 0,97 Dulces 1,00	1,05 1,15
Alcohol	% (v/v) a 20 °C	10	14,5
Acidez total expresada como ácido tartárico	g/l	3,5	9,75
Acidez volátil expresada como ácido acético	g/l	0,1	1,0
Anhídrido sulfuroso libre	mg/l	0	75
Anhídrido sulfuroso total	mg/l	0	300
pH	Unidades de pH	2,5	4,5
Extracto seco libre	g/l	Blancos 13 Tintos 18	24 35
Azúcares reductores	g/l	Secos Semisecos Dulces	< a 2 < a 25 > a 25
Hierro	mg/l	2	7
Cobre*	mg/l	0	1,0
Azúcares no reductores (sacarosa)	g/l	2	5
Metanol	mg/l	50	300
Diglucoído de malvidina	mg/l	0	15
Calcio como óxido de Calcio	mg/	0	300
Cloruros	g/l	0,2	1,0
Sulfatos	g/l	0,4	1,2
Zinc*	mg/l	0	5
Arsénico*	mg/l	0	0,2
Glicerina	g/l	5	20
Plomo*	mg/l	0	0,3
Ferrocianuro férrico-ión ferrocianuro	(±)	Negativo	
Material Colorante artificial	(±)	Negativo	

* Son contaminantes metálicos

Fuente: IBNORCA, NB-322002:2007.

1.4. Oxígeno disuelto en el vino

El oxígeno juega un papel doble en los vinos, en algunas etapas del proceso puede resultar beneficioso y puede llegar a ser muy perjudicial en otras. El efecto ya sea positivo o negativo, depende también de la cantidad que se disuelve y el tiempo en el que lo hace.

A diferencia de lo que sucede con otros productos agroalimentarios, la exposición controlada al oxígeno es fundamental para producir vinos de calidad. En la práctica, la oxigenación de mostos y vinos durante su procesamiento es inevitable, por cuanto el producto está constantemente siendo expuesto al contacto con el aire. Por ende, la gestión del Oxígeno y las reacciones de oxidación son parte de los principales retos que las bodegas deben afrontar durante la producción y el envejecimiento de los vinos (Laurie - Clark, 2010).

Cuando el vino tinto es expuesto a concentraciones moderadas de Oxígeno, se han reportado beneficios como la estabilización del color, y la reducción de la astringencia y el amargor. Sin embargo, cuando las exposiciones al Oxígeno son substanciales, o suceden sin la protección de sustancias inhibidores de las oxidaciones, el vino sufre transformaciones organolépticas más significativas que pueden perjudicar su calidad final (Laurie, 2006).

Una de las etapas que mejor refleja la necesidad de oxígeno durante la vinificación es al inicio de la fermentación alcohólica. Diversos trabajos han concluido que el oxígeno es requerido por las levaduras para mejorar la formación de biomasa y esteroides de membrana necesarios para proveer una adecuada tolerancia al etanol (Fornairon-Bonnefond, 2003).

Para evitar paralizaciones de fermentación, diversos autores han establecido que los mostos requieren aportes de oxígeno de entre 5 a 10 mg/l antes del final del ciclo de crecimiento de las levaduras, cantidad que no influye en el desarrollo de aromas oxidados en el vino.

Por otro lado, durante la fermentación maloláctica, la aireación de los vinos aumenta el riesgo de multiplicación de bacterias acéticas y el deterioro del producto por acetificación (Bartowsky - Henschke, 2008).

El oxígeno no reacciona directamente con el Anhídrido Sulfuroso. Por lo tanto el Anhídrido Sulfuroso no actúa sobre la disolución del oxígeno en el mosto.

El Anhídrido Sulfuroso es eficaz porque bloquea desde el comienzo las reacciones en cadena que dan compuestos pardos o que destruyen la mayoría de los aromas varietales (Delteil, 1999).

A continuación se menciona brevemente los efectos que tiene el oxígeno disuelto en los vinos de acuerdo a la revista virtual de “viticultura y enología 2009, N° 10/2”:

a) Modificación de los compuestos fenólicos:

- Pardeamiento y modificación del color, tanto de los mostos, como de los vinos, como consecuencia de la oxidación de los polifenoles.
- Efectos positivos sobre la evolución y envejecimiento del vino (por ejemplo, la reducción de la astringencia, la estabilización de la fracción fenólica).

b) Modificación de la fracción Aromática:

- Evolución de los aromas del vino y formación de compuestos ligados al envejecimiento.
- Disminución de los aromas varietales y desarrollo de notas oxidativas.

c) Efectos sobre el crecimiento y la multiplicación de los microorganismos:

El equilibrio entre estos efectos positivos y negativos del O₂, dependerá de diferentes factores:

- **Variedad.-** Algunas variedades (por ejemplo, Sauvignon) son muy sensibles al contacto con el aire. La resistencia de un sustrato a la oxidación está relacionada con su composición: un mayor contenido de compuestos antioxidantes naturales en el mosto (polifenoles, glutatión, ácido ascórbico) puede mejorar esa resistencia, reduciendo la susceptibilidad al O₂.
- **Temperatura.-** Esta variable afecta tanto a la disolución como a la actividad del O₂ en los mostos y vinos. A 20-25 °C, el máximo nivel posible de disolución de oxígeno es de aproximadamente 7-8 mg/l, pero este porcentaje puede aumentar a temperaturas más bajas: aproximadamente 10 mg/l a 5°C. Por el contrario, la velocidad de las reacciones de oxidación aumenta a altas temperaturas.
- **Proceso de vinificación.-** La velocidad de oxidación detectable en general es mayor en los mostos que en los vinos ya que las oxidaciones en los mostos son enzimáticamente catalizadas por polifenoloxidasas (PPO). Estas enzimas derivan de la uva (tirosinasa), o de podredumbres (lacasa de *Botrytis cinerea*), y son capaces de aumentar de forma importante las reacciones de oxidación. La lacasa, en particular, puede provocar daños en la composición del mosto. Es por ello que la vinificación de uva infectada por *Botrytis*, es a menudo problemática desde el punto de vista de la gestión del Oxígeno, y requiere mayores niveles de anhídrido Sulfuroso.
- **Duración de la exposición al aire.-** Una vez disuelto, el oxígeno es consumido rápidamente, y el efecto de esta utilización depende de la composición del vino. La absorción de O₂ induce determinadas reacciones. Si el contacto con el aire tiene una duración limitada, el efecto de la oxigenación también será limitada, pero si la disolución es prolongada, se observará una secuencia continua de disolución cuyos efectos finales dependerán de la capacidad del mosto o del vino de resistir a la oxidación. Si el contenido de antioxidantes es bajo, el vino no será capaz de resistir a los efectos del consumo de O₂.

1.4.1. La disolución y el consumo de oxígeno en el vino.

Durante todo el proceso de vinificación, tanto el mosto como el vino son parcialmente expuestos al aire. La disolución del oxígeno depende fundamentalmente del tiempo de exposición, de la temperatura del vino (a menor temperatura, mayor disolución), y en menor medida de la concentración de etanol (a mayor concentración de Etanol, menor disolución de oxígeno) y la cantidad de partículas sólidas (a mayor cantidad de sólidos, menos disolución de oxígeno). El nivel de saturación de oxígeno en vinos expuestos al aire alcanza aproximadamente 6,0 ml/l (8,6 mg/l) a temperaturas cercanas a 20 °C y presión atmosférica (Singleton 1987).

En cuanto a la contribución de oxígeno de diversas operaciones y equipos de vinificación, Castellari y otros (2004) establecieron la siguiente clasificación:

- a) Las de bajo aporte de oxígeno, tales como el uso de bombas, el bastoneo de barricas, algunas formas de filtración, intercambiadores de calor, electrodiálisis y envasado (con aportes promedio inferiores 0,5 mg/l de oxígeno).
- b) Las de alto aporte de oxígeno tales como la mezcla de vinos, refrigeración, estabilización tartárica continua (con aportes promedio superiores a 1 mg/l de oxígeno).

1.4.2. Las reacciones de oxidación en el Vino.

- **Oxidaciones enzimáticas**

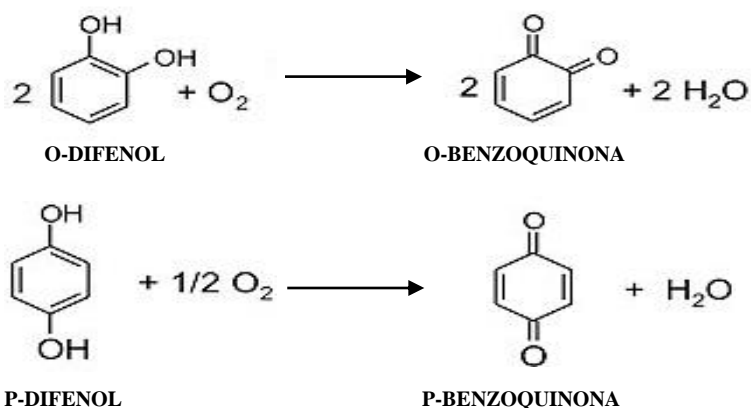
En el mosto, las oxidaciones son mayoritariamente producto de la actividad de enzimas oxidativas como PPO (orto-difenol-óxidoreductasa, ODOR) y lacasa (para-difenol-óxidoreducata, PDOR) sobre los compuestos fenólicos. Sin embargo, para que estas reacciones se produzcan, la presencia de oxígeno es fundamental (fig. 1-7).

Sustancias como el glutatión y el dióxido de azufre, y prácticas como la utilización de gases inertes, y el control de temperatura son esenciales para reducir el efecto de este tipo de oxidaciones (Singleton – Cilliers, 1995).

En uvas sanas, normalmente actúa en las oxidaciones enzimáticas la Tirosinasa (ODOR). Cataliza la oxidación de monofenoles a orto-difenoles y quinonas (Paladino, 2010).

Para uvas atacadas por Botrytis Cinérea la enzima que actúa es la Lacasa (PDOR) que cataliza la oxidación de orto-difenoles, para-difenoles a quinonas (Paladino, 2010).

Figura 1-7: Ejemplos de reacciones de oxidación enzimática.



Fuente: Singleton – Cilliers, 1995.

Como se puede ver en la Fig. 1-7. Existe formación de Quinonas o Benzoquinonas, estas a su vez, participan en varias reacciones secundarias en los vinos, que de manera continua pueden ser perjudiciales, disminuyendo o modificando las propiedades organolépticas de los vinos.

También se ha relacionado la reducción de la concentración Dióxido de Azufre a la presencia de quinonas, ya que estas reaccionan con el mismo.

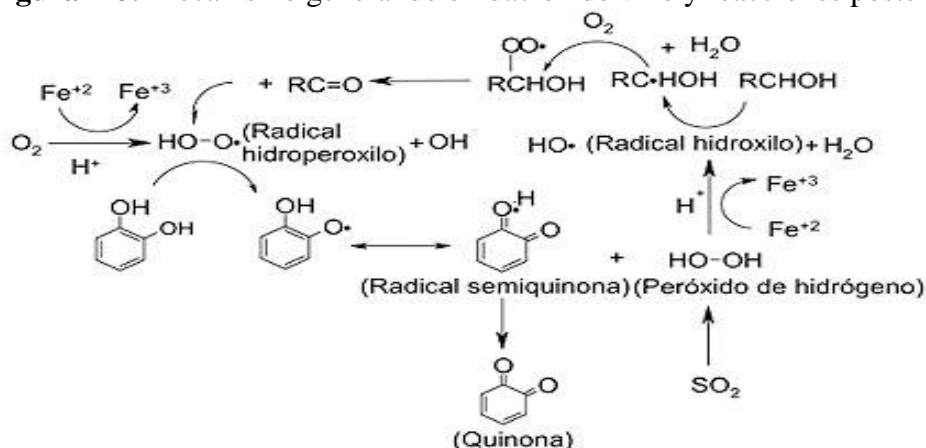
- **Oxidaciones no enzimáticas**

En cuanto a las oxidaciones no enzimáticas, es importante tener presente que el ritmo de deterioro oxidativo no sólo depende de la cantidad absoluta de oxígeno disuelto, sino que varía dependiendo de la composición química del vino (Laurie-Peña, 2012).

Los metales de transición como el Hierro o el cobre, tienen una gran importancia en la formación de varios tipos de radicales, así como una serie de reacciones secundarias que producen los cambios organolépticos observados durante la oxidación y el envejecimiento de los vinos.

Como se presenta en la Fig. 1-8, la cadena oxidativa comenzaría por la activación del oxígeno molecular al radical hidroperoxilo, por acción de los metales de transición presentes en el vino. Este radical permitiría la oxidación de ciertos compuestos fenólicos a quinonas y la producción de peróxido de hidrógeno. Por lo tanto, se plantea que el peróxido de hidrógeno, en presencia de hierro, sería convertido a radicales hidroxilo, especies capaces de oxidar sustancias como el etanol (glicerol, ácidos orgánicos, etc.), produciendo compuestos carbonilos y regenerando los radicales hidroperoxilo para un nuevo ciclo oxidativo (fig. 1-8). Los compuestos carbonilos producidos podrían impactar de manera negativa el aroma y color del vino. Estudios recientes plantean que el radical 1-hidroxietil, derivado del etanol, sería el principal agente responsable de las oxidaciones de otras sustancias orgánicas en vino (Laurie y Waterhouse, 2006).

Figura 1-8: Mecanismo general de oxidación de vino y reacciones posteriores.



Fuente: (Laurie - Waterhouse 2006).

A estas reacciones también se la conoce como “Sistema Fenton”, como se puede ver existe la formación de Quinonas, estas quinonas continúan reaccionando con el oxígeno y terminan por formar polímeros pardos que afectan negativamente al color del vino.

El principal producto resultante de este sistema es el Acetaldehído porque es el producto de la oxidación del etanol, el acetaldehído combina al Anhídrido Sulfuroso, por lo tanto disminuye su concentración, además tiene efectos tanto en el aroma como en el color de los vinos.

1.4.3. Reacciones secundarias, cambios químicos y sensoriales en el vino.

- **Cambios aromáticos y gustativos**

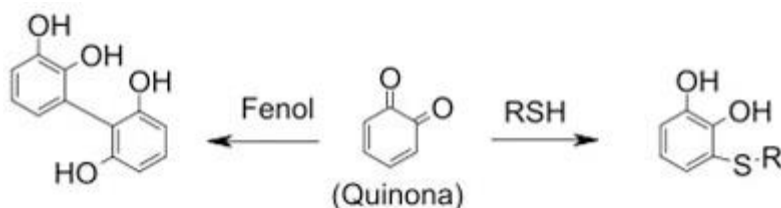
La oxigenación y oxidaciones excesivas suponen la pérdida de aromas frutales, así como un aumento de los aromas de tipo aldehídos y el pardeamiento de los vinos (Escudero-Ferreira, 2002). Del mismo modo, un potencial de óxido-reducción muy bajo, por efecto de un celo exagerado en el control de la exposición al oxígeno, puede

causar la aparición de aromas derivados de compuestos azufrados, comúnmente denominados aromas de reducción (Godden, 2001).

La naturaleza electrófila de las quinonas las hace reactivas a compuestos nucleófilos del vino como compuestos azufrados y fenoles (fig. 1-9). Recientemente, se ha publicado evidencia que indica que la concentración de ciertos compuestos de origen azufrado (ej. 3-mercaptohexanol y dióxido de azufre) se reducen vía reacción con quinonas, en un efecto indirecto derivado de la oxidación (Laurie-Peña, 2012).

Las alteraciones producidas en los compuestos fenólicos durante los procesos de oxidación son coherentes con los cambios en la astringencia y el amargor observados durante el envejecimiento del vino (Llaudy, 2006). A partir de la reacción de los fenoles tipo flavanol, vía oxidación, se produce una forma de polimerización que influiría en la reducción de la astringencia y el amargor, fundamentalmente a través de la precipitación de los polímeros formados (Singleton – Cheynier, 2002) (fig. 1-8). Alternativamente, la reacción de flavanoles y antocianos, además de influir en la estabilización del color, permitiría la reducción de la astringencia (fig. 1-9).

Figura 1-9: Reacciones a partir de quinonas generadas por oxidación.



Fuente: Singleton – Cheynier, 2002.

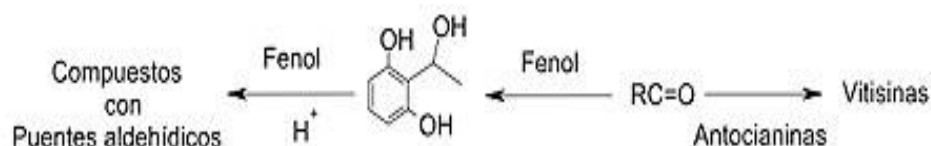
- **Estabilización del Color.**

Los cambios de color que experimenta el vino tinto en la medida en la que envejece o se oxida, pasando de tonalidades rojo-rubí o rojo-violáceo a tonos rojo-ladrillo con menores intensidades, han sido ampliamente estudiados. El equilibrio de los

antocianos en función del pH es un hecho que a veces se descuida, y es que la intensidad del color rojo será más evidente en la medida en que el pH es más bajo.

Los mecanismos químicos que contribuyen a incrementar o estabilizar el color son la copigmentación y la reacción de los antocianos con los taninos. Esta última puede darse a partir de varias reacciones, algunas de las cuales son mediadas por compuestos carbonilo (fundamentalmente acetaldehído) producidos durante la oxidación de los vinos. Debido a su naturaleza electrofílica, el acetaldehído puede participar en diversas reacciones de condensación con flavanoles y antocianinas, produciendo estructuras coloreadas más estables (Atanasova, 2002) (fig. 1-10).

Figura 1-10: Reacciones a partir de quinonas generadas por oxidación



Fuente: (Atanasova, 2002).

Entonces la situación ideal es llegar a la formación de pigmentos poliméricos, que son más estables y por lo tanto el color de los vinos se consolida.

1.4.4. Cinética de disolución y cinética de consumo de oxígeno.

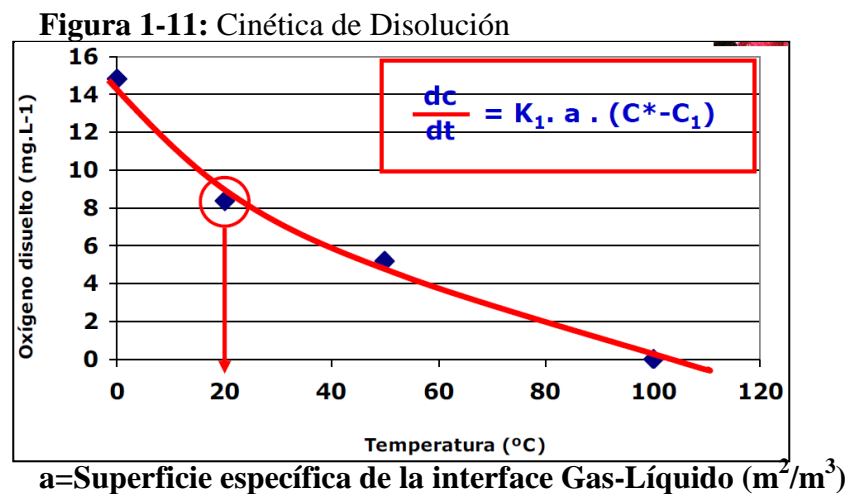
1.4.4.1. Cinética de disolución

La cinética de disolución se refiere a la velocidad y facilidad con que el oxígeno se disuelve en el vino, se trata de un fenómeno físico, las principales variables son el tiempo de exposición al oxígeno y los factores que favorecen o no a la disolución (temperatura, alcohol, sólidos disueltos, cavitaciones, etc.).

Debido a que la cantidad de oxígeno presente el aire siempre será mucho mayor a la cantidad en el vino, al igual que la presión que este ejerce sobre el vino, como enuncia la ley de Henry mientras el vino esté expuesto al aire, este tiende a disolver oxígeno hasta saturación para tratar llegar al equilibrio en las presiones parciales del sistema líquido – Gas, pero es ahí donde influye la **cinética de consumo**, ya que el oxígeno disuelto es consumido por los compuestos oxidables en el vino, saliendo así de la saturación y del equilibrio, y por lo tanto permitiendo que se siga disolviendo más oxígeno. En conclusión el factor de riesgo y que aumenta los efectos negativos es directamente proporcional al tiempo de exposición del vino al oxígeno.

Durante las operaciones físicas que se realizan al vino como ser bombeo, mezcla, filtración, embotellado, etc. El vino entra en movimiento y esto provoca turbulencias con formación de burbujas (cavitación), esto favorece el contacto entre el oxígeno y el vino y por lo tanto también favorece a la disolución. Donde el vino está más expuesto es al comienzo y al final de las operaciones físicas.

De igual manera, si la distancia en un trasiego es larga y existen puntos por donde puede ingresar el oxígeno y entrar en contacto con el vino, se prolonga el tiempo de exposición y la disolución va ser mayor.



Fuente: Moutounet, 1999.

1.4.4.2. Cinética de Consumo.

La cinética de consumo, se refiere a la velocidad en la que el oxígeno disuelto en el vino reacciona con los compuestos oxidables del vino, como los fenoles.

Cuando el vino se expone por mucho tiempo al oxígeno, hasta alcanzar saturación, el oxígeno se consume reaccionando con los compuestos oxidables del vino, y por lo tanto sale del equilibrio, entonces para recuperar el equilibrio continúa disolviendo más oxígeno, para mantener el equilibrio del sistema líquido – Gas.

Al contrario que en la cinética de disolución, a mayor temperatura es mayor la cinética de consumo, ya que la temperatura acelera las reacciones de oxidación de los vinos.

Es por esto que se debe tener en cuenta que una exposición prolongada, también amplifica las reacciones de oxidación en los vinos.

Tabla I-2: Cinética de Consumo en un vino tinto.

Temperatura (°C)	Tiempo de consumo de una saturación (Días)
13	25
17	18
20	4
30	3

Fuente: Ribéreau-Gayon, 1976.

1.4.5. Efecto del oxígeno durante el embotellado.


El paso final en la elaboración del vino que es el proceso de embotellado tiene un impacto significativo en el contenido de oxígeno disuelto en el vino. Se intenta dejar unos niveles de SO₂ libre suficientes para que el vino se conserve por más tiempo. Esta tarea resulta delicada ya que unos niveles bajos no protegerán el vino durante el

tiempo necesario y unos niveles elevados pueden aportar olores desagradables y en excesiva cantidad pueden ser un problema para la salud.

De acuerdo a Vidal, 2004. Existen 3 fuentes de oxígeno en la botella:

- a) El espacio de cabeza, que no se puede controlar más allá del diseño de la embotelladora. Este oxígeno se consume en mes y medio, las cantidades pueden variar de 0,6 a 3 mg/l.
- b) El oxígeno disuelto en el embotellado, se consume en unas 2 semanas. 0,9-6 mg/l.
- c) El oxígeno que entra a través del tapón. En función del tipo de tapón, este proceso tiene una duración variable, de meses a años. Este proceso también es inevitable. Aportes de oxígeno disuelto a través del tapón: 0,2-15 μ l/día en tapones no defectuosos.

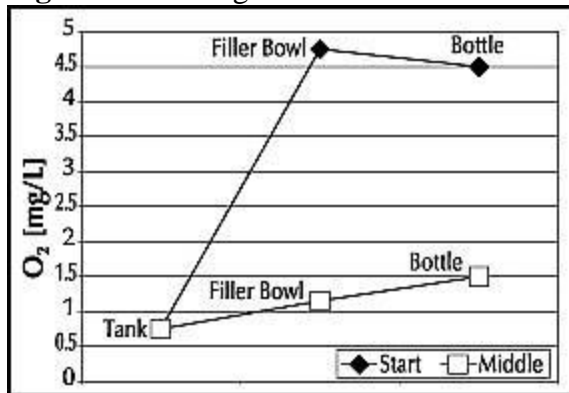
Tabla I-3: Tasas totales de ingreso de oxígeno según tipo de cierre.

Tipo de Cierre	μ g/L/día	Imagen
Screw cap (Saran liner)	< 2,5	
Corchos técnicos	15-40	
Naturales (primera y extra)	25-45	
Nomacork (sintético)	30-40	
Supremecork (sintético)	34-45	

Fuente: Casassa, 2013.

El oxígeno disuelto varía durante el proceso del embotellado, al principio aumenta por el llenado de la línea y los filtros y por la formación de bolsas de aire en las canalizaciones. Al final del proceso también se observa un incremento del oxígeno disuelto por el vaciado del depósito y posterior empuje (fig. 1-11).

Figura 1-12: Oxígeno en el vino durante el embotellado.



Fuente: Friedel, 2007.

En campos de Solana la primera entrada de oxígeno antes del embotellado puede ocurrir en el bombeo desde el Tanque de fermentación hasta el camión Cisterna, seguidamente existe otro aporte en la descarga del camión hacia el filtro de placas, para los vinos de mesa principalmente, del filtro se alimenta unos tanques pulmón y de ahí a la línea de embotellado.

Para la mayoría de los vinos Varietales y Reservas, del filtro de placas se alimenta directo a la línea de embotellado, justamente para tratar de minimizar la incorporación de oxígeno.

El uso de un gas inerte en el espacio de cabeza de la botella entre el nivel de relleno del vino y el cierre reduce en gran medida la cantidad de oxígeno que puede disolverse en un vino. La cantidad que se utiliza normalmente es un poco más que el volumen total por botella.

Se sabe que cada mg de O₂ disuelto es capaz de consumir 4 mg de SO₂ libre, por ello es fundamental eliminarlo antes de embotellar para que el vino pueda evolucionar más lentamente, se respeten los aromas y el color, sobre todo en vinos blancos y rosados, de modo que la bodega pueda embotellar con niveles más bajos de sulfuroso libre (Cotanda, 2010).

1.5. Enfermedades Aerobias en el vino.

Se llama enfermedades aerobias en el vino a aquellos cambios negativos que se producen en el vino debido a la proliferación de ciertos microorganismos aerobios que están presentes en el vino de manera natural. Para que dichas enfermedades o cambios perjudiciales se presenten, se debe exponer al vino al oxígeno, ya que estos microorganismos necesitan de oxígeno para incrementar su población.

Existen dos enfermedades del vino causadas por microorganismos aerobios, la denominada “Flor” y también está la más preocupante de todas que es el picado acético.

1.5.1. La Flor.

Se produce en vinos de baja graduación alcohólica (9% Vol), que estén almacenados en recipientes parcialmente vacíos, como consecuencia del contacto del vino con el aire (Mesas–Alegre, 1999).

En ciertas ocasiones la cantidad de vino en un tanque de guarda no es la suficiente para llenarlo completamente, por lo tanto en el espacio libre, es donde existe oxígeno y este entra en contacto con el vino y comienza a disolverse, proporcionando un medio adecuado para la proliferación de microorganismos aerobios.

Se caracteriza por la aparición en la superficie del vino de un velo blanquecino que es debido a la proliferación de la levadura elíptica *Candida mycoderma*. Esta levadura provoca la oxidación del etanol y de los ácidos orgánicos generando CO₂, agua y acetaldehído, por lo que los vinos se vuelven aguados y maderizados (Mesas–Alegre, 1999).

1.5.2. El picado acético.

Es una de las enfermedades más graves ya que conduce al avinagramiento del vino. Se caracteriza por la aparición en la superficie del vino de un velo gris-rosado que es debido a la proliferación de bacterias acéticas, siendo la más común *Acetobacter aceti*. Las bacterias acéticas oxidan el etanol generando ácido acético, acetaldehído y agua (Mesas–Alegre, 1999).

A su vez el ácido acético puede combinarse con el etanol dando acetato de etilo que es el verdadero responsable del olor a picado. Los vinos atacados por esta enfermedad van perdiendo grado alcohólico y color y van ganando acidez volátil, haciéndose imposibles de consumir a partir de aproximadamente 1 g/l de ácido acético (Mesas–Alegre, 1999).

Una vez que este proceso comienza en un vino es difícil de controlar, es posible frenarlo, pero el vino ya queda marcado por la acidez volátil y pierde gran parte de sus propiedades organolépticas.

1.6. Gases inertes.

Bajo el nombre de “gases inertes” se definen todos aquellos gases que contiene la atmósfera, que en contacto o en disolución con el mosto o el vino, no producen reacción química o biológica alguna, a excepción del oxígeno que actúa como reactivo en diversas transformaciones. Salvo el oxígeno, todos los demás gases

atmosféricos se pueden considerar como gases inertes, siendo entre ellos de general utilización en enología: nitrógeno, anhídrido carbónico y argón (Togorés, 2002).

El uso de los gases Inertes en Vinos, es muy importante y de gran utilidad, ya que estos gases son capaces de desplazar al oxígeno presente en el vino.

El nitrógeno es el gas inerte más utilizado, pues es totalmente inerte y atóxico, siendo además de bajo coste y su solubilidad en el agua o en el vino es muy inferior a la del anhídrido carbónico. En enología se utiliza la calidad "R" que contiene menos de 10 volúmenes de oxígeno, encontrándose en balas o botellas de acero de 20 a 50 litros de capacidad en forma de gas licuado hasta una presión de 200 atmósferas según la temperatura. Un litro de nitrógeno líquido puede producir a la presión atmosférica y a una temperatura normal, una cantidad de unos 640 litros de gas (Togorés, 2002).

El anhídrido carbónico es un gas mucho más soluble que el nitrógeno, por lo que su utilización en la conservación de vinos queda más restringida, pueden aparecer burbujas de este gas no deseadas; aunque en otros casos puede ser de interés que los vinos contengan una cierta cantidad de este gas en disolución, porque potencia el desprendimiento de aromas y sensorialmente los rejuvenece (Togorés, 2002).

La mayoría de los flúidos están en equilibrio con los gases que los rodean, y en el caso de que cumplan la ley de Henry este equilibrio permite hablar de la solubilidad. La cuestión es que la simplificación de la ley de Henry establece que el equilibrio entre el gas disuelto en un líquido y la atmósfera gaseosa que le rodea depende de que ambos tengan la misma presión parcial de ese gas concreto, tanto en el líquido disuelto como en el gas que lo rodea y con el que está en equilibrio. (Álamo – Nevares, 2010).

1.6.1. Propiedades de los gases enológicos.

Las propiedades de los gases utilizados en bodega se muestran en la Tabla I-4:

Tabla I-4: Propiedades de los gases Enológicos.

	Argón(A)	Dióxido de carbono(CO ₂)	Nitrógeno(N ₂)	Oxígeno(O ₂)	Anhídrido Sulfuroso(SO ₂)
Peso molecular (gr)	39,94	44,01	28,02	32,00	64,06
Masa volumétrica a 0°C y 1 atm (gr/l)	1,7828	1,9768	1,2507	1,4289	2,9268
Densidad en relación con el aire	1,38	1,53	-	1,10	2,26
Punto de fusión (°C)	-189,2	-	-209,9	-218,4	-75,5
Punto °C de ebullición (°C)	-185,7	-78,5	-195,8	-183,0	-10,0
Solubilidad en agua en ml por 100 g de agua a 0 °C	5,6	179,7	2,35	4,89	22,84
Color identificativo	Amarillo	Gris	Negro	Blanco	Verde y Amarillo

Fuente: Togorés, 2002.

Los usos más comunes que se les da a estos gases en las bodegas son:

- **Conservación de vinos bajo atmósfera inerte.**

La sustitución del aire situado sobre la superficie del vino por una atmósfera de un gas inerte, presenta una serie de ventajas para la conservación de los vinos, pues en unos casos impiden el desarrollo de los microorganismos aerobios: levaduras de velo y bacterias acéticas, y en otros permiten la eliminación del oxígeno disuelto en el vino según la ley de Dalton que dice que un líquido en presencia de una atmósfera formada por varios gases, disuelve cada uno de ellos, como si se encontrasen solos en la atmósfera con la presión que posee en la mezcla. Impidiendo sus oxidaciones químicas o enzimáticas (Togorés, 2002).

En sí esta técnica consiste en el llenado previo de los depósitos vacíos con un gas inerte, para que al ser llenado de vino el espacio sobrante no contenga aire, si no contenga el gas inerte.

- **Trasiego de vinos con Inyección de Gases.**

La operación consiste en el trasiego de vinos con inyección de un determinado gas inerte, normalmente Dióxido de Carbono o Nitrógeno.

Cuando se está moviendo un vino, a la salida de la bomba se coloca un Difusor de gases, mediante este difusor se inyecta un gas inerte con un caudal tal que proporcione una atmósfera abundante de burbujas en el vino.

Gracias a esto se evita en gran parte la adición de oxígeno, y a la vez se puede desplazar algo del oxígeno disuelto en el vino. De acuerdo a la ley de Henry si la atmósfera del gas inerte es abundante, parte del oxígeno disuelto en el vino se mezclará dentro de las burbujas del gas para restablecer el equilibrio, entonces cuando el vino ingresa en el tanque vacío todo el gas por encima de su respectiva solubilidad en vino sube hacia la superficie arrastrando con él cierta cantidad del oxígeno disuelto y a la vez creando una atmósfera parcialmente inerte en la parte vacía del tanque.

- **Desgaseado de vinos.**

La inyección de un gas inerte en el vino constituye un proceso conocido como “sparging”, basado en la ley de Henry donde expresa que la solubilidad que tiene un gas en un líquido es proporcional a su concentración en la atmósfera existente sobre este líquido. Por lo tanto si se introduce nitrógeno en un vino de forma abundante y fraccionándolo en pequeñas burbujas, el resto de los gases que contiene en solución, como el oxígeno o anhídrido carbónico, tienden a mezclarse en la atmósfera de las

burbujas de nitrógeno para restablecer el equilibrio, siendo por lo tanto eliminados del vino por el arrastre del nitrógeno sobrante por encima de su solubilidad en el vino. Este sistema es muy eficaz para eliminar los citados gases, así como también para reducir el exceso de anhídrido sulfuroso, e incluso también como un tratamiento desodorizante de buena eficacia y especialmente frente a los olores azufrados de reducción (Togorés, 2002).

El equipo está compuesto por un difusor o “sparger”, formado por una cabeza difusora porosa, donde el gas nitrógeno sale dividido en pequeñas burbujas, estando introducida dentro de una tubería de diámetro adecuado de 30 a 60 mm, por donde circula el vino a desgasificar con un caudal conveniente entre 20 a 120 hl por hora. A la salida del difusor, la conducción debe poseer una suficiente longitud de más de 8 a 10 metros con objeto de que se produzca el citado intercambio de gases, disponiendo a continuación de un depósito de gran superficie y pequeña altura para que se produzca el desprendimiento de las burbujas de nitrógeno sobrantes arrastrando consigo los gases extraídos del vino.

Para la eliminación del oxígeno disuelto en un 70 a 80%, el tratamiento se realiza a razón de unos 0,3 litros de nitrógeno por litro de vino (Togorés, 2002). Para utilizar cantidades más precisas de nitrógeno en relación a la cantidad de oxígeno disuelto y aproximadamente cuanto de oxígeno se quiere desplazar del vino, se utilizan los datos de la tabla I-5.

Tabla I-5: Consumo de N₂ para arrastrar el O₂ disuelto en el vino.

		CONTENIDO DE O₂ DESPUÉS DE DESGASIFICAR												
		mg/l	2.0	1.5	1.0	0.9	0.8	.07	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
CONTENIDO INICIAL DE O₂	10.5	0.152	0.214	0.339	0.380	0.432	0.499	0.589	0.713	0.901	1.213	1.837	3.7110	
	10	0.143	0.202	0.321	0.361	0.410	0.474	0.559	0.678	0.856	1.153	1.748	3.532	
	9	0.125	0.178	0.285	0.321	0.366	0.423	0.499	0.606	0.767	1.035	1.570	3.175	
	8	0.107	0.155	0.250	0.281	0.321	0.372	0.440	0.535	0.678	0.916	1.391	2.818	
	7	0.089	0.131	0.214	0.242	0.276	0.321	0.381	0.464	0.589	0.797	1.213	2.462	
	6	0.071	0.107	0.178	0.202	0.232	0.270	0.321	0.392	0.499	0.678	1.034	2.105	
	5	0.054	0.083	0.143	0.163	0.187	0.219	0.262	0.321	0.410	0.559	0.856	1.748	
	4	0.036	0.059	0.107	0.123	0.143	0.168	0.202	0.250	0.321	0.440	0.678	1.392	
	3	0.018	0.036	0.071	0.083	0.098	0.117	0.143	0.178	0.232	0.321	0.499	1.035	
	2	...	0.012	0.036	0.044	0.054	0.066	0.083	0.107	0.143	0.202	0.321	0.678	
	1	0.004	0.009	0.015	0.024	0.036	0.054	0.083	0.143	0.321	
		LITROS DE N₂ NECESARIOS PARA DESPLAZAR EL O₂ (VINO A 12 °C)												

Fuente: Togorés, 2002.

1.7. Ley de Dalton.

Establece que la presión de una mezcla de gases, que no reaccionan químicamente, es igual a la suma de las presiones parciales que ejercería cada uno de ellos si sólo uno ocupase todo el volumen de la mezcla, sin cambiar la temperatura. La ley de Dalton es muy útil cuando deseamos determinar la relación que existe entre las presiones parciales y la presión total de una mezcla de gases (Wikipedia, 2013).

Se puede hacer una definición de la teoría mediante la aplicación de matemáticas, la presión de una mezcla de gases puede expresarse como una suma de presiones mediante:

$$P_{total} = \sum_{i=1}^n p_i \text{ o igual } P_{total} = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

Donde p_1 , p_2 , p_n representan la presión parcial de cada componente en la mezcla. Se asume que los gases no tienen reacciones químicas entre ellos, el caso más ideal es con gases nobles (Wikipedia, 2013).

Por lo tanto en un depósito de vino, lo ideal es que por encima del vino exista un ambiente de gases inertes, en donde la presión total, sea ejercida en su mayoría por presiones parciales de gases inertes y no del oxígeno.

1.8. Ley de Henry.

Enuncia que a una temperatura constante, la cantidad de gas disuelta en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial que ejerce ese gas sobre el líquido (Wikipedia, 2013).

La ley de Henry establece que el equilibrio entre el gas disuelto en un líquido y la atmósfera gaseosa que le rodea depende de que ambos tengan la misma presión parcial de ese gas concreto, tanto en el líquido disuelto como en el gas que lo rodea y con el que está en equilibrio (Geankoplis, 1998).

Así la cantidad de gas que puede albergar un líquido dependerá de la temperatura, de la presión a la que está sometido el sistema líquido - gas, de la naturaleza del gas para ser absorbido (solubilidad) y la capacidad del líquido para absorber gases.

Cuanto mayor sea la presión parcial de un gas sobre un líquido mayor cantidad de gas absorberá el líquido. A menor temperatura la capacidad del líquido para absorber gases aumenta, por el contrario con el aumento de temperatura el líquido disminuirá su capacidad para absorber gases (itescam.edu.mx, 2013).

Así según en qué estado esté el proceso de absorción de gases se pueden establecer los siguientes estados en los líquidos:

- **Insaturado:**

Cuando el líquido es capaz de absorber más gas. La presión parcial que el gas ejerce sobre el líquido es mayor que la presión del gas disuelto en el líquido.

- **Saturado:**

Existe un equilibrio y la cantidad de gas que absorbe el líquido es la misma que elimina. La presión parcial del gas es igual a la presión externa, por lo que no existe disolución.

- **Sobresaturado:**

La cantidad de gas contenida en el líquido es superior a la que puede absorber y por lo tanto libera el exceso de gas. La presión parcial del gas es menor que la tensión del mismo.

Con frecuencia la relación de equilibrio entre la presión parcial (P_A) en la fase gaseosa y la fracción molar X_A en el líquido, se puede expresar por medio de la ecuación de la ley de Henry, que es una recta a concentraciones bajas (Geankoplis, 1998):

$$P_A = HX_A$$

Donde H es la constante de la ley de Henry en atm/fracción mol para el sistema dado (Geankoplis, 1998).

Por lo tanto cuando la atmósfera que rodea a un vino está saturada de aire, los componentes del aire como el oxígeno, se comenzarán a disolver de acuerdo a su solubilidad en el vino hasta reestablecer el equilibrio siguiendo a la ley de Henry.

Esta misma ley puede ser aprovechada para proteger al vino del oxígeno, creando alrededor del vino una atmósfera completa de gases inertes.

1.9. Metodología HACCP.

HACCP, llamado así por sus siglas en inglés, “**Hazard analysis and critical control points**” o en español, “**Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control**”, es un sistema que evalúa y controla puntos críticos de riesgo de manera preventiva para garantizar la calidad de un producto.

El sistema de HACCP, que tiene fundamentos científicos y carácter sistemático, permite identificar peligros específicos y medidas para su control con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos. Para el presente proyecto, los principios de este sistema serán adaptados a la identificación de los puntos críticos de incorporación de Oxígeno en los vinos de la bodega de Campos de Solana.

El HACCP es un instrumento para evaluar los peligros y establecer sistemas de control que se centran en la prevención en lugar de basarse principalmente en el ensayo del producto final. Todo sistema de HACCP es susceptible de cambios que pueden derivar de los avances en el diseño del equipo, los procedimientos de elaboración o el sector tecnológico.

La aplicación del HACCP se basa en seguir siete principios:

- Realizar un análisis de riesgos.
- Determinar los puntos críticos de control (PCC).
- Establecer un límite o límites críticos.
- Establecer un sistema de vigilancia del control de los PCC.

- Establecer las medidas correctivas que han de adoptarse cuando la vigilancia indica que un determinado PCC no está controlado.
- Establecer procedimientos de comprobación para confirmar que el Sistema de HACCP funciona eficazmente.
- Establecer un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación.

Para la realización del proyecto se espera mediante estos principios lograr una buena gestión del oxígeno y garantizar la mejor calidad para el producto final.

II. CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

2.1. Planteamiento del problema.

Campos de Solana es una empresa que apoya mucho el área de Investigación y desarrollo, es por esto que apoya e incentiva la realización de un proyecto que pueda proporcionar la información que permita a futuro tomar medidas correctivas en los puntos de conflicto identificados en el proyecto, para así disminuir los posibles problemas que trae consigo el oxígeno disuelto en los vinos.

El presente es un trabajo de investigación realizado en coordinación con el departamento de Producción de Campos de Solana con el objetivo de buscar información científica que facilite prevenir la adición no intencional de oxígeno al vino y de este modo poder prolongar ciertas características comerciales de los vinos, como ser aromas frutales, colores intensos y ciertos sabores, para hacer esto posible se debe minimizar la incorporación de oxígeno en exceso a lo largo del proceso de vinificación, ya que el oxígeno proporciona el medio para la mayoría de las reacciones de oxidación y proliferación de ciertos microorganismos aerobios perjudiciales en el vino.

La tendencia actual en cuanto a vinos Tintos, está centrada en el consumo de vinos con características más suaves con aromas frutales, colores rojos más intensos y taninos de menor astringencia en boca. Otras características como colores que tienden a rojo ladrillo y aromas de excesiva evolución, a cocido o mermelada, y sabores con notas oxidadas, se consideran defectos en el vino.

En cuanto a vinos blancos, el vino se consume lo más joven y fresco posible, con colores claros, brillantes y aromas frescos como a frutos cítricos y tropicales, entonces un vino Blanco debe mantener estas características por el mayor tiempo posible, si un vino blanco ha tenido una incorporación excesiva de oxígeno durante el

proceso de producción, puede que sus características de “Vino Joven” duren menos tiempo, debido a reacciones de oxidación que se producen en el vino.

En Campos de Solana, se toma mayor atención a los vinos varietales y reservas. Esto se debe a que los vinos de mesa de Campos de Solana, se comercializan y se consumen “Jóvenes”, normalmente dentro del año de Cosecha, ya que estos vinos no son “vinos de guarda” por tener otro tipo de características.

Los vinos Varietales, pasan por un proceso más largo y minucioso, con más operaciones, es por eso que corren mayor riesgo de incorporar cantidades excesivas de oxígeno durante el proceso de producción, y se pueden encontrar en el mercado aproximadamente dos o tres años después del año de cosecha. Incluso algunos consumidores los compran para guardarlos, a pesar de que estos vinos no son elaborados con fines de ser guardados por mucho tiempo.

Los vinos “Reserva”, pasan por un proceso similar al de los vinos varietales, pero una vez listos, pasan a Barricas de Roble en donde el vino reposa durante un año si es “Reserva” y dos años si es el icónico “Gran Reserva”, estos vinos además de tener un proceso de producción mucho más largo, son “vinos de guarda”, por lo que es importante que conserven ciertas cualidades a lo largo de los años sin sufrir excesiva oxidación.

Durante la elaboración, los vinos están en constante contacto con el aire y por lo tanto con el oxígeno. La concentración de oxígeno en el aire es mucho mayor que en los vinos por lo que cuando el vino entra en contacto con el aire, inmediatamente se produce una disolución de oxígeno desde el medio hacia el vino de acuerdo las leyes de, Dalton, que explica que un líquido en presencia de una atmósfera formada por varios gases, disuelve cada uno de ellos, como si se encontrasen solos en la atmósfera con la presión parcial que posee en la mezcla y a la Ley de Henry que expresa que la

cantidad disuelta de un gas en un líquido, es directamente proporcional a la presión parcial que este gas ejerce sobre el líquido.

Por lo tanto en la Bodega Campos de Solana, como en todas la bodegas del mundo, es una realidad que existe disolución de cierta cantidad de oxígeno, en cada etapa del proceso en donde de alguna manera el vino entra en contacto con el aire.

El primer paso en una adecuada gestión del oxígeno en bodega, es identificar los puntos de incorporación de oxígeno al vino y a partir de esto evidenciar cuales vendrían a ser lo puntos con mayor riesgo de incorporación de oxígeno al vino, es decir, los puntos críticos del proceso.

2.2. Medición del Oxígeno disuelto en vinos.

La técnica de medición del oxígeno que se utiliza en el presente proyecto, consiste en una medición directa con un oxímetro digital, este cuenta con un electrodo que proporciona en la pantalla la lectura estable y precisa de la concentración de oxígeno en el vino en unidades de miligramos por litro (mg/l) y la temperatura del vino en grados Celsius (°C).

2.2.1. Medidor Electroquímico digital HQD HACH LANGE.

El equipo utilizado es un oxímetro digital de gran precisión (Fig. 2-1), con este medidor electroquímico digital de alta calidad HQD (High Quality Digital), es posible controlar el contenido de oxígeno del vino con el mismo instrumento en los más diversos lugares de medida: en el barril, en el depósito o en la botella. El electrodo de oxígeno LDO (Luminescent Dissolved Oxygen, u oxígeno disuelto luminiscente) de Hach Lange, no requiere mantenimiento, suministra resultados de medida exactos en cuestión de segundos. Gracias a la nueva tecnología LDO, las sustancias presentes en el vino no influyen en el valor; no importa si la medición se

efectúa en un vino tinto, rosado o blanco, o si existe presencia de partículas en suspensión. Hasta 500 valores medidos se pueden almacenar en el Oxímetro y/o simplemente imprimirlos o transferirlos a un PC (Pütz, 2008).

Figura 2-1: Medidor de oxígeno HACH HQD con sonda LDO.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

2.2.1.1. Características del medidor:

- Reconocimiento de parámetros y sonda automáticos
- Procedimientos de calibración de instrumentos guiados
- Datos de calibración almacenados en la sonda
- Configuración del método específico de la sonda para cumplir las normativas y la práctica GLP (Good Laboratory Practice, o Buenas prácticas de laboratorio)
- Opciones de seguridad
- Registro de datos en tiempo real mediante conexión USB.
- Conectividad USB con PC, impresora, dispositivo de almacenamiento interno, teclado
- Comunicación bidireccional con sistemas basados en PC por medio de una conexión de puertos serie virtuales
- ID de muestra e ID de operador para la trazabilidad de los datos
- Apagado automático ajustable

2.2.1.2. Características de la sonda LDO 101

En la tabla II-1, se muestran las características de la sonda que se utiliza para la medición del oxígeno disuelto.

Tabla II-1: Especificaciones de la sonda LDO 101.

Especificaciones	Detalles
Tipo de sonda	Sonda de oxígeno disuelto luminiscente (LDO)
Intervalo de oxígeno disuelto	0,1 a 20 mg/l (ppm) 1 a 200% de saturación
Precisión del oxígeno disuelto	± 0,1 mg/l para 0 a 8 mg/L ± 0,2 mg/l para más de 8 mg/l
Resolución del % de saturación	0,1%
Tiempo de estabilización	T90% a 10 segundos. (cuando se agita)
Resolución de temperaturas	0,1 °C (0,18 °F)
Precisión de temperaturas	± 0.3 °C (± 0.54 °F)
Resolución de presiones	1 hPa
Precisión de presiones	±0.8%
Rango de temperatura de funcionamiento	0 a 50 °C (32 a 122 °F)
Rango de temperatura de almacenamiento	0 a 40 °C (32 a 104 °F)
Profundidad mínima de muestra	25 mm (0,984 pulg.)
Dimensiones	Diámetro: 15 mm (0.59 pulg.) Longitud: 103 mm (4,1 pulg.) Longitud total: 200 mm (7.9 pulg.) Longitud del cable: 1 o 3 m (3,28 o 9,84 pies)
Conexión de cable	Salida digital M12 y conector compatible con los medidores HQd

Fuente: MANUAL DEL USUARIO. Sonda de oxígeno disuelto luminiscente, 2011.

2.2.2. Técnica empleada en la medición del oxígeno Disuelto en vinos.

2.2.2.1. Materiales.

- Oxímetro digital HQD HACH conectado a sonda LDO 101.
- Vaso de precipitado.
- Piseta con agua destilada.
- Paño

2.2.2.2. Procedimiento.

- Se toma la muestra de vino en el vaso de precipitado.
- Se enciende el oxímetro e inmediatamente se introduce el electrodo a una profundidad mínima de 25 mm. y se agita suavemente hasta que la sonda estabilice, esto se verifica mediante un sonido que emite el equipo que indica que ya se tiene un valor estable y se registra la lectura.
- Repetir la medición tres veces para asegurar repetitividad en el resultado obtenido. Si los valores son el mismo o similares, anotar un promedio.
- Por último se retira el electrodo, se enjuaga con abundante agua destilada y se seca con un paño que no deje pelusa.

2.3. Puntos críticos de control del proceso.

Se entiende por punto crítico de control (PCC) a una fase del proceso en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro (ONU, 2002), relacionado a la incorporación de oxígeno en el vino, para reducirlo a un nivel aceptable.

Los puntos críticos de control se determinan por observación, analizando cualitativamente en que partes del proceso el vino está en contacto con el aire.

Mediante consulta con el enólogo de la bodega y el personal de control de calidad se determina tomar en cuenta toda operación en la que existe movimiento de un depósito a otro, y los remontajes de vino, una vez terminada la fermentación maloláctica.

Antes y durante la fermentación maloláctica la atmósfera que rodea al vino está saturada de Dióxido de Carbono, a la vez el mismo vino está saturado de este gas en disolución, el Dióxido de Carbono presente en el vino proviene principalmente de la fermentación alcohólica y en menor cantidad de la fermentación maloláctica. Gracias a esto, el oxígeno no se disuelve en gran cantidad en el vino en las primeras etapas, es más, en ciertas ocasiones el vino se airea para evitar que la fermentación se detenga o ralentice, también se airea para prevenir la formación ácido sulfhídrico procedente de reacciones de reducción que puede generar aromas desagradables en el vino.

De acuerdo a observación in situ, datos proporcionados por el laboratorio de Campos de Solana y la bibliografía consultada (Tabla II-2), se tiene identificados los principales puntos críticos de control.

Tabla II-2: Aporte de oxígeno al vino en las distintas operaciones.

OPERACIÓN	APORTE O₂	FUENTE
Trasiego	3.4 mg/l	E. Peynaud
Trasiego	2-6 mg/l	Vivas (1997)
Homogenización	2-4 mg/l	Agrovin 2009
Bombeo (en función de la bomba)	0.2-3 mg/l	INRA 20 01
Filtración	0.2-4 mg/l	INRA 2001
Llenado de botellas	0.3-1.3 mg/l	INRA 2001

Fuente: Agrovin, 2010.

Por lo tanto se toma como Puntos Críticos de Control a los siguientes procesos:

2.3.1. Trasiegos.

Se entiende por trasiego al transporte del vino que puede ser de un depósito a otro, así como también de un depósito a la botella o a un determinado proceso como por ejemplo una filtración. En la bodega Campos de Solana se utilizan bombas de acero inoxidable de uso enológico para trasegar los vinos. La bodega cuenta con seis Bombas Centrífugas de rodete flexible y una Bomba Pistón, todas de “uso enológico”.

A lo largo del proceso los vinos pasan por varios trasiegos, primero para la clarificación natural de los vinos, separando a estos de las borras que precipitan en el fondo de los depósitos, se trasiegan vinos al realizar los cortes o mezclas de vinos, para desocupar un depósito, etc.

El trasiego se realiza de acuerdo a los siguientes pasos:

- Se lavan y desinfectan bombas, mangueras y depósitos vacíos a utilizar.
- Se conecta las mangueras y bombas entre el depósito lleno y el depósito vacío.
- Después se bombea todo el vino hacia el depósito vacío.
- Para el trasiego ambos depósitos deben tener una entrada o salida de aire, como se muestra en la fig. 2-2, para esto, normalmente se deja la tapa superior parcialmente abierta para permitir que salga o entre el aire, evitando de esta manera presiones o vacíos excesivos que pueden poner en riesgo el depósito.

Figura 2-2: Tapa superior de depósito durante trasiego.



Fuente: Elaboración propia, 20013.

Es evidente que durante los trasiegos el vino entra en contacto con el aire tanto en mangueras, bombas y depósitos. Y en ciertas ocasiones el vino no es suficiente para llenar por completo el depósito, por lo que la parte superior del depósito queda saturada de Aire.

2.3.2. Remontaje – Homogenización.

Remontaje es la operación que consiste en extraer el vino por la parte inferior y mediante una bomba introducirlo por la parte superior con el fin de mezclar u homogenizar el vino.

Los remontajes, después de la fermentación se utilizan para homogenizar vinos, normalmente se realizan luego del agregado de aditivos como ser ácido tartárico, taninos, clarificantes, Metabisulfito de Potasio, etc. También se remonta después de mezclar dos o más vinos en un tanque.

Para realizar correctamente un remontaje se debe:

- Desinfectar mangueras, llaves, y bomba a utilizar.
- Conectar un extremo de la manguera en la llave inferior del tanque y el otro extremo a la bomba, se conecta otra manguera a la salida de la bomba y el otro extremo se introduce al tanque por la parte superior, previamente abrir la tapa superior.
- Luego se realiza el remontaje por el tiempo que el Enólogo considere necesario de acuerdo al aditivo utilizado, a la cantidad de vino y al tipo de vino en proceso.

Se incluye a los remontajes como punto crítico de control, ya que el vino está en contacto con el aire al abrir la tapa superior de los depósitos y la disolución de oxígeno podría verse beneficiada por el movimiento constante del vino.

2.3.3. Corte o mezcla de Vinos.

El corte es la operación que se realiza para la homogenización de dos o más vinos, para la preparación final de vinos Bivarietales, Trivarietales y también para cortes de vinos de la misma variedad, pero que hayan sido elaborados en distintos depósitos. Consiste en el agregado de cantidades determinadas de cada vino que es parte del corte en un depósito.

2.3.4. Desborre.

Para los vinos Blancos el primer desborre se realiza terminada la fermentación alcohólica y en algunas ocasiones antes de del final de la fermentación, de acuerdo a criterio del Enólogo.

En Campos de Solana se realiza control de fermentación maloláctica a los vinos tintos dos a tres veces por semana. Cuando un vino termina la fermentación

maloláctica, se realiza el respectivo desborre y agregado de Anhídrido Sulfuroso de acuerdo a los siguientes pasos:

- Se verifica que el vino haya terminado la Fermentación Maloláctica.
- Se prepara un tanque vacío para trasladar el vino.
- Se trasiega todo el vino al tanque vacío, teniendo cuidado de no arrastrar las borras.
- Normalmente se desechan las borras, se limpia y desinfecta el tanque y el vino regresa a su tanque original. En otras ocasiones en las que no es necesaria la disponibilidad del tanque donde se ha desbornado el vino, el mismo permanece en el tanque al que se trasladó.
- Luego se toma una muestra del vino y se realiza análisis de anhídrido sulfuroso para determinar la cantidad de SO_2 a adicionar.

Como se evidencia, el vino entra en contacto con el aire en las mangueras y tanques vacíos, en cada trasiego, el contacto con el oxígeno se duplica cuando el vino debe retornar al tanque donde se encontraba inicialmente.

2.3.5. Filtración.

Como complemento a la clarificación se debe filtrar los vinos. En Campos de Solana se utiliza un filtro de tierras diatomeas marca VELO. La mayoría de los vinos requieren más de una sola filtrada para quedar límpidos. También se realiza una filtración en filtro de placas de celulosa del embotellado.

Los pasos a seguir para filtrar correctamente un vino son los siguientes:

- Primero se limpia y desinfecta un tanque vacío al que va pasar el vino filtrado.
- Se conecta mediante mangueras, el filtro a los tanques y comienza la filtración, el

tipo de tierras a utilizar y la dosificación se determina de acuerdo a la turbidez del vino.

- Al igual que en un trasiego para evitar daños a los depósitos, estos deben tener una entrada o salida de aire.
- Por último se verifica la limpidez del vino y se repite la filtración en caso de ser necesaria.

Al realizar la filtración de un vino, este entra en contacto con el aire en los depósitos y mangueras y también al pasar por el filtro (Fig. 2-3). Por lo tanto para el proyecto se incluye a la filtración en filtro de tierras y también en el filtro de Placas como Punto Crítico de Control.

Figura 2-3: Vino en contacto con el aire en el Filtro de Tierras.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

2.3.6. Estabilización Tartárica por frío.

La estabilización tartárica por frío es uno de los procesos finales por los que pasa un vino, sirve para precipitar impurezas, principalmente Sales derivadas del ácido tartárico o tartratos, reduciendo la temperatura del vino por determinado tiempo, con esto se evita la aparición de precipitaciones en el vino luego de ser embotellado.

Campos de Solana cuenta con un moderno sistema de estabilización tartárica, compuesto por un equipo de frío conectado a cuatro tanques isotermos por los que circula el refrigerante para que el vino alcance temperaturas inferiores a los 0 °C.

Antes del embotellado todos los vinos pasan por el proceso de estabilización tartárica, para llevar a cabo una estabilización tartárica se procede de la siguiente manera:

- Se limpia y desinfecta el tanque isotermo al que va pasar el vino.
- Se realiza un trasiego desde el depósito donde está el vino hasta el respectivo tanque isotermo. Para el trasiego ambos tanques deben tener una entrada o salida de aire para evitar daños en los tanques debido a diferencias de presiones.
- Se abren las llaves de paso de refrigerante de los tanques para que el vino comience a enfriar.
- El vino permanece en enfriamiento por unos días hasta que alcance las temperaturas deseadas.
- Normalmente para retirar el vino del taque isotermo, se realiza mediante el filtro de tierras para asegurarse de no arrastrar los tartratos precipitados en el vino.

Se toma como punto crítico de control a la estabilización tartárica, ya que para estabilizar un vino intervienen varias operaciones en las que el vino entra en contacto con el aire en mangueras y depósitos. Además se sabe que la solubilidad del Oxígeno en el vino aumenta al disminuir la temperatura (Tabla II-3), por lo tanto es posible que a medida que el vino enfría, este podría disolver cada vez mayores cantidades de oxígeno, si es que hay aire presente en la atmósfera que rodea al vino.

Tabla II-3: Oxígeno disuelto en saturación en función de la temperatura.

Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto en Saturación (mg/l)
0	11.5
12	9.3
20	8.3

Fuente: AGROVIN, 2010.

2.3.7. Transporte de vino.

La bodega Campos de Solana no cuenta con sistema de embotellado dentro de sus instalaciones, debido a esto cuando un vino está listo para ser embotellado se traslada hasta las instalaciones de Casa Real en donde se realiza el proceso de embotellado. El traslado se realiza mediante un camión Cisterna al que se carga el vino a ser embotellado y lo traslada hasta la destilería Casa Real para alimentar el vino a la línea de embotellado.

Para el transporte:

- Se preparan y desinfectan tanto el camión cisterna, como las mangueras y bombas a utilizarse.
- Se trasiega el vino a uno de los compartimentos del camión, en lo posible es mejor que se llene por completo cada compartimento utilizado (Fig. 2-4).
- El camión se traslada inmediatamente hasta las instalaciones de Casa Real y alimenta con vino a la línea de embotellado.

Figura 2-4: Depósito lleno del camión Cisterna.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

Como es evidente el vino entra en contacto con el aire en las mangueras vacías y en mayor cantidad en su ingreso a los depósitos del camión. Y si el depósito no se llena completamente es mayor el riesgo de disolución de oxígeno.

En el traslado el vino se agita por el movimiento del camión, esto puede favorecer la disolución de oxígeno si se encuentra en el medio.

Normalmente el vino se traslada a temperaturas inferiores a 20 °C y se sabe que la solubilidad del oxígeno en vino es mayor a medida que disminuye la temperatura.

Con estas evidencias, es necesario controlar esta parte del proceso como un punto crítico de control.

2.3.8. Embotellado.

Una vez que el vino se traslada hasta la destilería Casa Real, se alimenta la Línea de Embotellado con vino (fig. 2-5), previa filtración por placas, de acuerdo a los siguientes pasos:

- Se prepara el filtro de placas y se limpia y desinfecta mangueras, bombas y la Línea de Embotellado.
- Mediante una bomba centrífuga, se hace pasar el vino a embotellar a través del filtro de placas, del filtro se alimenta el tanque pulmón de la línea de embotellado. Si la cantidad de vino a embotellar no es grande, se alimenta del filtro directo a la línea de embotellado.
- La Línea de embotellado es automática, por lo tanto una vez que el vino ingresa se arranca con el embotellado hasta agotar el vino.

El sistema de Embotellado primero realiza un lavado y secado de las botellas, luego llena de vino una a una las botellas, seguidamente se colocan los tapones y las

botellas se trasladan inmediatamente hasta la parte de etiquetado y encapsulado, con previa inspección de calidad visual realizada por un funcionario.

Es necesario recalcar que la Línea de Embotellado tiene la opción de inyectar un gas inerte en las botellas justo antes del llenado.

El vino entra en contacto con el aire, primero en las mangueras vacías, luego a través del filtro de placas y por último en la línea de embotellado y en las botellas vacías. Esto es evidencia suficiente para incluir al embotellado como un punto crítico de control.

Figura 2-5: Línea de embotellado de Casa Real.

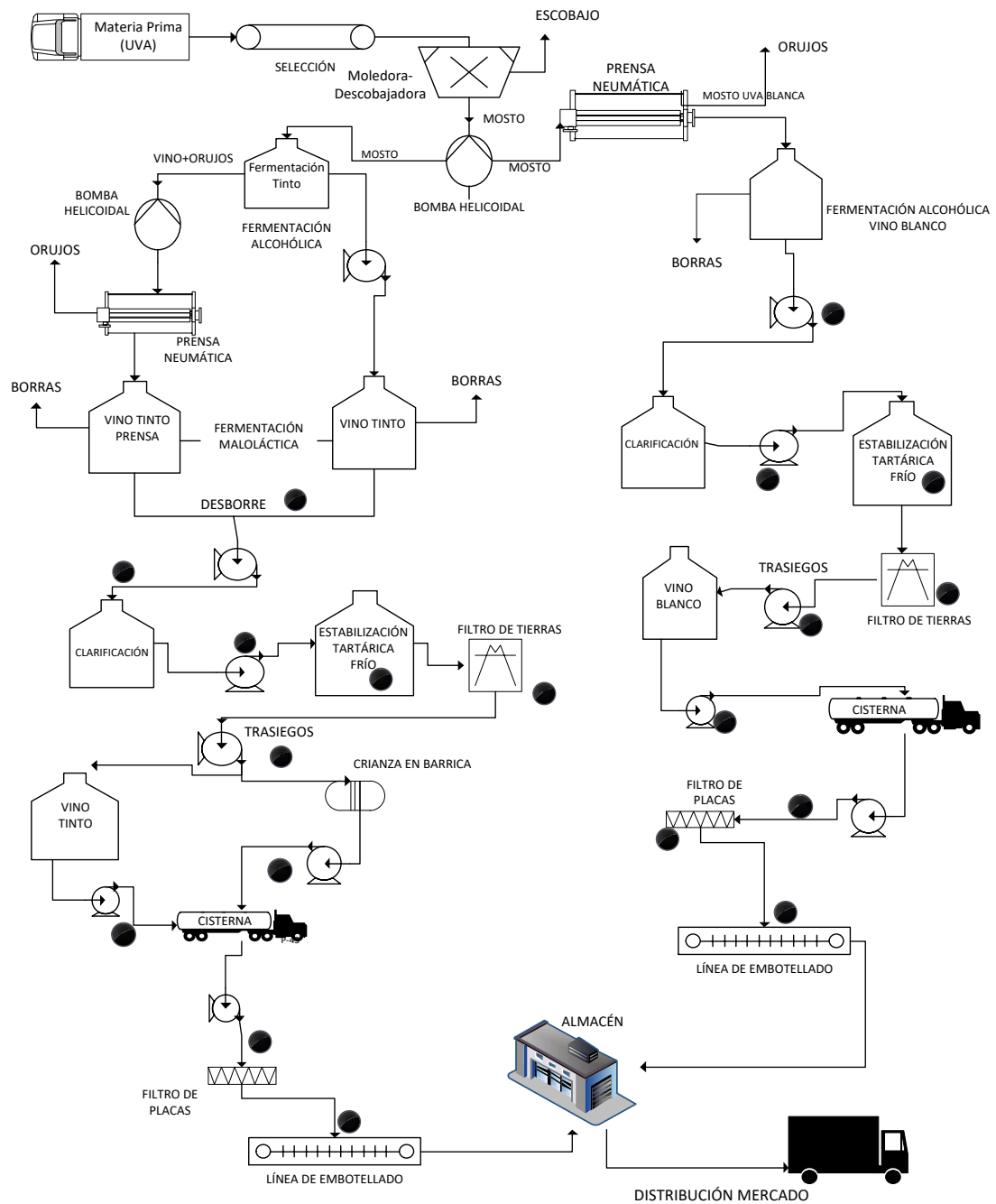


Fuente: Elaboración propia, 2013.

2.4. Diagrama de flujo de proceso e identificación de puntos críticos de Control.

En la figura 2-6 se muestra un diagrama de flujo del proceso de elaboración de vino en Campos de Solana, en dicho diagrama se identifican los puntos críticos de control.

Figura 2-6: Diagrama de flujo con identificación de Puntos Críticos de Control.



● **Puntos críticos de Control.**

Fuente: Elaboración propia, 2013.

2.5. Requerimiento de monitoreo de los Puntos Críticos de Control (PCC).

Para el monitoreo de los puntos críticos de control se requiere:

2.5.1. Recursos Humanos.

Es necesario que el control sea realizado por una persona que efectúe seguimiento continuo a todo proceso por el que pasan los vinos de la empresa, para que ejecute un correcto monitoreo efectuando medición del oxígeno disuelto en los vinos antes, durante y después de cada etapa y/o proceso.

El encargado del monitoreo debe ser capacitado, tener buen criterio acerca de la elaboración de vinos para que pueda observar en que puntos del proceso el vino puede entrar en contacto con el aire. Se recomienda que el monitoreo lo realice un Enólogo, Ingeniero Químico, Ing. Industrial, Ing. de Alimentos, etc.

Para el presente proyecto el monitoreo es efectuado por el Pasante. Para dar continuidad a la investigación, es necesario que el monitoreo se continúe realizando en el tiempo por el encargado de Control de Calidad o el Enólogo.

2.5.2. Materiales y equipos necesarios.

Entre los materiales de laboratorio requeridos están:

- Vasos de Precipitado.
- Piseta con agua destilada
- Paño suave
- Botellas de 375 ml para muestras de vino.

El equipo necesario es el oxímetro digital HACH con el que cuenta Campos de Solana.

2.6. Descripción de los equipos que intervienen en el estudio de los puntos Críticos de control.

A continuación se describen todos los equipos y máquinas tomados en cuenta para la realización del proyecto:

2.6.1. Bombas.

En Campos de Solana hay seis bombas centrífugas de rodete flexible, montadas sobre carretillas en acero inoxidable. Y también cuenta con una Electrobomba alternativa Volumétrica (Bomba pistón).

Todas estas bombas son especiales para uso Enológico, construídas en acero inoxidable.

Las electro-bombas de rodete flexible, marca BCM, modelo Volumex, están montadas sobre carretilla en acero inoxidable, con motores trifásicos de dos velocidades con inversor.

- **Bomba C-1.**

Bomba Centrífuga

BCM- s.n.c.- Macchine Enologiche

Modelo: Volumex

Tipo: 50-380 voltios

Matrícula: 505

Año de Construcción: 2000

Figura 2-7: Bomba C-1.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

- **Bomba C-2.**

Bomba Centrífuga

BCM- s.n.c.- Macchine Enologiche

Modelo: Volumex

Tipo: 50-380 voltios

Matrícula: 505

Año de Construcción: 2000

Figura 2-8: Bomba C-2.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

- **Bomba C-3.**

Bomba Centrífuga

BCM- s.n.c.- Macchine Enologiche

Modelo: Volumex

Tipo: 70-380 voltios

Matrícula: 707

Año de Construcción: 1999

Figura 2-9: Bomba C-3.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

- **Bomba C-4.**

Bomba Centrífuga

BCM- s.n.c.- Macchine Enologiche

Modelo: Volumex

Tipo: 50-380 voltios

Matrícula: 505

Año de Construcción: 2000

Figura 2-10: Bomba C-4.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

- **Bomba C-5.**

Bomba centrífuga

CROMPTON GREAVES

Modelo: AM 0049

Motor: NDF32J

Figura 2-11: Bomba C-5.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

- **Bomba C-6.**

Bomba centrífuga

Modelo: Volumex

Tipo: 50-380 voltios

Matrícula: 505

Año de Construcción: 2000

Figura 2-12: Bomba C-6.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

- **Bomba P.**

Bomba Pistón

ENOPOMPE s.n.c

Electrobomba Alternativa Volumétrica

Tipo: MEC 250 BR

Caudal Velocidad 1: 130 HI/h.

Caudal Velocidad 2: 250 HI/h.

Número de Serie: 1857080

Año: 2000

Voltaje: 400 volt. – 50 Hz

Potencia instalada velocidad 1: 3.6 Kw

Potencia instalada velocidad 2: 4.8 Kw

Masa: 240 kg

Figura 2-13: Bomba Pistón.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

Por las similitudes de las bombas centrífugas, para el análisis del proyecto sólo se toma en cuenta si se trata de una bomba centrífuga o Bomba Pistón.

2.6.2. Filtro de tierras VELO

Filtro de placas horizontales, en acero inoxidable. Está equipado con un tanque con agitador para la preparación de la precapa, una bomba dosificadora para tierras de diatomeas, una bomba centrífuga del filtrado, válvulas de mariposa, espejos con iluminación de fondo para revisar la claridad del producto y lavado automático. El filtro de tierras se puede ver en la Fig. 2-14.

Figura 2-14: Filtro de Tierras Diatomeas.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

2.6.3. Sistema de estabilización Tartárica por frío.

Se tiene un moderno sistema de estabilización tartárica discontinuo capaz de enfriar el vino de manera rápida y automática.

- **Equipo de Frío**

Modelo: CRA 0512-07

Año de construcción: 2011

Peso en funcionamiento: 1010 Kg.

Carga de Refrigerante: 21.3 Kg.

Tanques (Fig. 2-15): Cuatro tanques isoterms modelo SPV año 2011 con capacidades de 20.000 litros para los tanques ISO-1 e ISO-2, 13.000 y 6.000 litros para los tanques ISO-3 e ISO-4 respectivamente.

Figura 2-15: Tanques Isoterms del sistema de estabilización tartárica.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

2.6.4. Camión cisterna

Marca: VOLVO

Modelo: 1998

Color: Blanco

Cilindrada: 12000 cm³

Capacidad: Para almacenar y transportar 20.000 litros, repartidos en 4 compartimentos.

2.6.5. Sistema de embotellado

Sistema automático de embotellado marca FIMER italiano, trabaja embotellando entre 2.500 y 3.000 Botellas por hora. Esto permite que en un día (8 Horas laborales) se embotele un promedio de 20.000 botellas.

El sistema de embotellado cuenta con un inyector de gases, para poder inyectar un gas inerte a las botellas vacías antes del llenado (Fig. 2-16), ayudando a disminuir la cantidad de oxígeno presente en la botella.

Figura 2-16: Inyector de gases del sistema de embotellado.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

2.7. Implementación del monitoreo

Una vez establecidos, los requerimientos, equipos y materiales, etc. Se implementa el monitoreo en Campos de Solana en cuanto los vinos finalizan las fermentaciones Malolácticas.

El monitoreo de los puntos críticos de control se realiza diariamente en coordinación con el personal de bodega, quienes reportan antes y después de realizar cualquier movimiento de vino para que se realice la respectiva medición del oxígeno disuelto.

Se realizan tablas individuales para cada tipo de operación:

Trasiegos, cortes, remontajes, filtraciones, estabilización Tartárica, transporte y embotellado.

El monitoreo de los puntos críticos de control comienza el 01 de abril del 2013, fecha en la que se realiza el desborre al primer vino. A partir de este control se monitorea el proceso de los vinos hasta el embotellado.

A consulta con el Enólogo de la bodega se establece un **Límite crítico de 0,7 mg/l.** de oxígeno disuelto aportado durante el proceso.

2.8. Gases inertes con los que cuenta Campos de Solana.

En el proyecto se realiza algunos ensayos con gases inertes, gracias a que Campos de Solana cuenta con cantidad suficiente de botellones de Nitrógeno y Dióxido de Carbono. Por lo tanto esto son los dos gases con los que se trabaja, debido a disponibilidad y costos.

El objetivo de los ensayos es demostrar a la bodega si es ventajosa la utilización de gases inertes en diferentes etapas del proceso, y donde se recomienda su uso.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados del Análisis de los Puntos Críticos de Control.

Terminada la etapa de control y monitoreo de los Puntos Críticos de control, se tiene más de un centenar de resultados que proporcionan una idea de los puntos principales de incorporación de oxígeno al vino y su criticidad.

Estos datos se presentan continuación.

3.1.1. Desborres y trasiegos.

En realidad se puede afirmar que el desborre es realizar uno o más trasiegos según sea necesario hasta eliminar las borras del vino que decantan en el fondo de los depósitos, pero se muestran por separado desborres, y los demás trasiegos, esto debido a que se quiso estudiar el efecto que tiene el dióxido de carbono disuelto en el vino que es bastante elevado antes del desborre, y se presume que disminuye la cantidad de oxígeno que se disuelve.

3.1.1.1. Desborres.

En la tabla III-1 se puede ver los resultados obtenidos en desborres de vinos en Campos de Solana.

Tabla III-1: Aporte de Oxígeno en Desborres.

Fecha	O ₂ (mg/l) antes	T (°C)	O ₂ (mg/l) Dp	Aporte O ₂ (mg/l)	Observaciones
01/04/13	1.01	20.00	1.21	0.20	Ida y vuelta
10/04/13	1.12	19.70	1.58	0.46	Ida y vuelta
23/04/13	1.18	23.20	1.25	0.07	
24/04/13	0.94	19.70	1.43	0.49	Ida y vuelta
30/04/13	0.78	20.30	1.15	0.37	
30/04/13	0.69	20.20	1.07	0.38	
02/05/13	0.71	19.50	0.78	0.07	
10/05/13	1.34	19.50	3.21	1.87	Bomba P
10/05/13	0.75	21.40	1.05	0.30	
14/05/13	1.10	20.00	2.27	1.17	Bomba P
21/05/13	0.98	17.80	2.00	1.02	Ida y vuelta
05/06/13	1.27	16.90	1.47	0.20	

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Los resultados muestran que la incorporación de oxígeno es intermedia. También los resultados tienden a ser más bajos cuando se trata de un solo trasiego, en cambio, si la operación incluye dos movimientos consecutivos, es decir el desborre y después trasiego de regreso al tanque original, el valor suele ser un poco más elevado, pero sólo en algunos casos, por lo que esto no es un parámetro determinante en la cantidad de oxígeno que se disuelve en el vino en el desborre.

También es importante la influencia del tipo de bomba utilizada, ya que como se observa los dos valores de aporte de oxígeno más altos están relacionados al uso de la bomba Pistón, así se va evidenciando que este tipo de bomba Alternativa volumétrica aporta cantidades mayores de oxígeno en comparación con las bombas centrífugas.

Sin embargo si se tiene precaución al realizar la operación, se ven incorporaciones de oxígeno mínimas o cercanas a cero, esto se debe a que el vino al terminar la fermentación maloláctica, tiene gran cantidad de Dióxido de Carbono disuelto proveniente de la fermentación alcohólica y en menor cantidad de la fermentación maloláctica. Entonces, se podría decir que el vino se encuentra levemente protegido

contra el oxígeno, gracias a la atmósfera de CO₂ que rodea al mismo. Así es que se obtiene el mínimo valor de 0,07 mg/l. en una operación de un solo trasiego.

El valor promedio que se tiene en desborres es de 0,55 mg/l., que no es un valor alarmante teniendo en cuenta que si tiene ciertas precauciones, este valor se puede reducir hasta valores cercanos a cero.

3.1.1.2. Trasiegos.

Tabla III-2: Aporte de Oxígeno en Trasiegos.

Fecha	O ₂ (mg/l) antes	T (°C)	O ₂ (mg/l) Dp	Aporte O ₂ (mg/l)	Observaciones
25/04/13	1.05	18.80	1.24	0.19	Bomba C
07/05/13	1.30	19.20	3.10	1.80	Bomba P
09/05/13	1.78	19.10	2.51	0.73	Bomba P
09/05/13	1.69	20.70	3.12	1.43	Bomba P
21/05/13	1.85	18.70	2.78	0.93	Trasiego a Cisterna
24/05/13	1.64	17.30	3.25	1.61	Bomba P
27/05/13	0.78	17.00	1.39	0.61	Bomba C
29/05/13	1.94	17.90	3.52	1.58	Bomba P
31/05/13	1.40	17.80	1.62	0.22	Trasiego a Cisterna
04/07/13	0.98	13.20	1.15	0.17	Trasiego a Cisterna

Fuente: Elaboración propia, 2013.

En la tabla III-2. Se observan datos ligeramente más elevados que en los desborres, ya que la operación realizada es similar, pero la diferencia es que en los trasiegos ya no existe un ambiente tan abundante de dióxido de carbono rodeando al vino, ya que en los procesos, el tiempo y el movimiento del vino se pierde gran parte del dióxido de carbono de la atmósfera que rodea al vino.

Nuevamente es evidente el mayor aporte cuando se utiliza la bomba Pistón, llegando hasta un valor de 1,80 mg/l. por lo cual queda claro que este tipo de bomba sería poco aconsejable si queremos cuidar al vino de la incorporación de oxígeno.

El valor más bajo obtenido es de 0,17 mg/l. valor que demuestra que se pueden realizar trasiegos con incorporaciones mínimas de oxígeno, para lograr esto se debe realizar la operación tratando de aislar al vino del contacto con el aire.

El valor promedio obtenido es de 0,93 mg/l. que es un valor relativamente alto, este valor es elevado principalmente por los datos obtenidos en los trasiegos con Bomba pistón. Más adelante se hace una comparación en el uso de los dos tipos de bombas, donde se puede apreciar con claridad la diferencia.

3.1.1.3. Trasiegos con Inyección de gases inertes.

Tabla III-3: Aporte de Oxígeno en Trasiegos utilizando gases inertes.

Fecha	Variedad	O ₂ (mg/l) antes	T (°C)	O ₂ (mg/l) Dp	Aporte O ₂ (mg/l)	Observaciones
22/05/13	Tempranillo	1.31	17.70	0.73	-0.58	Desborre con inyección de N ₂
09/05/13	Rosé	0.90	12.90	0.48	-0.42	Trasiego con inyección de CO ₂
09/05/13	Rosé	0.90	12.90	0.85	-0.05	Trasiego con inyección de CO ₂
15/05/13	Merlot	1.36	20.10	1.55	0.19	Trasiego con inyección de N ₂
31/05/13	Cb. Sauvignon	1.40	17.80	0.98	-0.42	Trasiego con inyección de N ₂

Fuente: Elaboración propia, 2013.

En la tabla III-3. Se puede ver claramente como al utilizar un gas inerte durante el trasiego se reduce a valores mínimos la incorporación de oxígeno, y más importante aún, es posible desplazar parte del oxígeno disuelto en el vino, reduciendo la cantidad inicial de oxígeno disuelto.

Por lo tanto se demuestra que existe la posibilidad de desplazar oxígeno disuelto en el vino, con el uso de gases inertes durante los trasiegos es posible realizar una doble función; proteger al vino del oxígeno, y lograr desplazar el oxígeno en exceso del vino.

Utilizando gases inertes en los trasiegos se ha logrado reducir el contenido de oxígeno hasta -0,58 mg/l, hecho que es muy útil para la investigación ya que demuestra que existen posibilidades de reducir el contenido de oxígeno en un vino.

Los valores que se obtienen utilizando gases inertes en los trasiegos son en su mayoría negativos, esto significa que se está desplazando parte del oxígeno disuelto del vino, lo cual, en las etapas finales, resulta beneficioso.

El aporte promedio cuando se utilizan gases inertes es de -0,26 mg/l. que es un resultado alentador que pone en evidencia la utilidad de los gases inertes en la presente investigación.

El valor más alto obtenido es de 0,19 mg/l., este es un valor bastante pequeño si se compara con el aporte que se produce en los trasiegos sin la utilización de gases inertes. Entonces en todas las etapas en las que se quiera evitar y/o reducir el oxígeno disuelto en los vinos se puede utilizar gases inertes como una alternativa de solución.

3.1.1.4. Comparación de la incorporación de Oxígeno en Bombas Centrífugas y Bomba Pistón.

Tabla III-4: Aporte de Oxígeno en Trasiegos con Bombas Centrífugas.

BOMBAS CENTRÍFUGAS						
Fecha	Variedad	O ₂ (mg/l) antes	T (°C)	O ₂ (mg/l) Dp	Aporte O ₂ (mg/l)	Observaciones
01/04/13	Tempranillo	1.01	20.00	1.21	0.20	Desborre ida y vuelta
10/04/13	Tannat	1.12	19.70	1.58	0.46	Desborre ida y vuelta
23/04/13	Tannat	1.18	23.20	1.25	0.07	Desborre
24/04/13	Malbec	0.94	19.70	1.43	0.49	Desborre ida y vuelta
25/04/13	Merlot	1.05	18.80	1.24	0.19	Desborre
30/04/13	Cb. Sauvignon	0.78	20.30	1.15	0.37	Desborre
30/04/13	Cb. Sauvignon	0.69	20.20	1.07	0.38	Desborre
02/05/13	VBC	0.71	19.50	0.78	0.07	Desborre
10/05/13	Merlot	0.75	21.40	1.05	0.30	Desborre
21/05/13	Malbec	0.98	17.80	2.00	1.02	Desborre
21/05/13	VTC	1.85	18.70	2.78	0.93	Trasiego a Cisterna
27/05/13	VBC	0.78	17.00	1.39	0.61	Trasiego
31/05/13	Cb. Sauvignon	1.40	17.80	1.62	0.22	Trasiego a Cisterna
05/06/13	Merlot	1.27	16.90	1.47	0.20	Trasiego
04/07/13	VTC	0.98	13.20	1.15	0.17	Trasiego a Cisterna

Fuente: Elaboración propia, 2013.

En la tabla III-4. Se tiene los aportes de oxígeno en las Bombas Centrífugas, el promedio de todos los aportes es 0,38 mg/l.

Tabla III-5: Aporte de Oxígeno en Trasiegos con Bomba Pistón.

BOMBA PISTÓN						
Fecha	Variedad	O ₂ (mg/l) antes	T (°C)	O ₂ (mg/l) Dp	Aporte O ₂ (mg/l)	Observaciones
07/05/13	VTC	1.30	19.20	3.10	1.80	Trasiego
09/05/13	VTC	1.78	19.10	2.51	0.73	Trasiego
09/05/13	VTC	1.69	20.70	3.12	1.43	Trasiego
10/05/13	VTC	1.34	19.50	3.21	1.87	Desborre
14/05/13	VTC	1.10	20.00	2.27	1.17	Desborre
24/05/13	VTC	1.64	17.30	3.25	1.61	Trasiego
29/05/13	VTC	1.94	17.90	3.52	1.58	Trasiego

Fuente: Elaboración propia, 2013.

En la tabla III-5. Se puede ver el aporte de oxígeno producido por el uso de la Bomba Pistón, el promedio de estos valores es de 1,46 mg/l. que frente al valor 0,38 mg/l. de las bombas centrífugas, es muy elevado.

Existe una diferencia evidente cuando se utiliza la bomba pistón con la que cuenta Campos de Solana, y cuando se utilizan las bombas centrífugas. Los valores obtenidos en los trasiegos utilizando la bomba Pistón, son en la mayoría de los casos más elevados que en las bombas centrífugas. Esto se debe a que la bomba pistón produce mayor turbulencia y por lo tanto permite la formación de burbujas de aire que tienen mejor contacto con el vino cuando se realiza un trasiego usando esta bomba. A diferencia de las bombas centrífugas que tienden a causar menos turbulencia y cavitación, gracias a su rodete flexible.

Sin embargo en ambos casos existe disolución de oxígeno, se puede afirmar que cuando se usa bombas centrífugas, es posible tomar la operación como un punto de incorporación de oxígeno, pero no como punto crítico.

Por otro lado si hablamos del trasiego con bomba pistón, esta operación sí se toma como **punto crítico**, ya que el aporte casi siempre es superior a 0,70 mg/l. por lo tanto hay que poner en consideración el uso de esta bomba cuando se trata de proteger al vino del oxígeno.

3.1.2. Corte o Mezcla de Vinos.

Tabla III-6: Aporte de Oxígeno en cortes de vinos.

Fecha	Variedad	O ₂ (mg/l) antes	T (°C)	O ₂ (mg/l) Dp	Aporte O ₂ (mg/l)	Equipo	Observaciones
23/04/13	VTC	1.54	17.30	4.77	3.23	Bomba P	O ₂ (mg/l): C-6=1.30;C-7=1.62;D-1=1.70
15/05/13	VTC	1.18	17.20	2.16	0.98	Bomba P	O ₂ (mg/l): D-5=1.13;D-6=1.23
16/05/13	VTC	1.74	15.90	2.08	0.34	Bomba P	O ₂ (mg/l): 64=1.63;36=1.80;40=1.79
21/05/13	Rosé	0.83	12.20	0.70	-0.13	Bomba C	Inyección de CO ₂
03/07/13	Malbec Corte	1.37	16.90	1.18	-0.19	Bomba C	Inyección de N ₂
03/07/13	Merlot Corte	0.83	14.80	2.41	1.58	Bomba C	
04/07/13	Cb. Sauvignon	0.81	14.60	1.19	0.38	Bomba C	

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Para realizar la tabla III-6. Se mide el contenido de Oxígeno disuelto de cada Tanque que va a ser mezclado, con estos datos se saca un valor promedio en mg/l de oxígeno, que es el que está en la tercera columna (O₂ (mg/l) antes) de la tabla. Y luego se mide la cantidad de oxígeno disuelto en el vino resultante del corte o mezcla.

Como se ve claramente existe un aporte importante de oxígeno cuando se mezclan dos o más vinos de diferentes depósitos, esto debido a que para cada adición se genera un movimiento de vino a través de mangueras y bombas vacías, en donde los vinos en movimiento que se están mezclando, entran constantemente en contacto con el aire, además al venir de diferentes depósitos, algunos vinos deben recorrer distancias mayores de trasiego y esto favorece la disolución ya que hay mayor tiempo de contacto con el oxígeno presente.

El valor promedio que se tiene para la operación de Corte o Mezcla, es de 1,30 mg/l. que es un valor bastante elevado y coloca a esta operación como un **Punto crítico** de incorporación de oxígeno a tener en cuenta ya que es una de las etapas finales por la que pasan los vinos.

El valor más alto obtenido es de 3,23 mg/l. de aporte de oxígeno. Se trata de un valor excesivo, que muestra que el vino está peligrosamente expuesto en esta operación. El valor es obtenido de la mezcla de vinos de tres depósitos en donde al ser varios vinos el proceso es más largo y se tiene más tiempo de exposición al aire, por otro lado la

bomba que se utiliza para dicho corte, es la bomba Pistón, que se sabe que tiende a aportar mayores cantidades de oxígeno que las bombas centrífugas.

Se efectúan dos ensayos para realizar estas operaciones utilizando los dos distintos gases inertes con los que cuenta Campos de Solana. Es evidente como no solamente se logra evitar la disolución de oxígeno, sino que el vino resultante de la mezcla tiene menos oxígeno disuelto que el promedio de los vinos de origen. Por lo tanto se justifica la inyección de un determinado gas inerte en esta operación al ser un punto crítico.

3.1.3. Remontajes.

Tabla III-7: Aporte de Oxígeno en Remontajes.

Fecha	Variedad	O ₂ (mg/l) antes	T (°C)	O ₂ (mg/l) Dp	Aporte O ₂ (mg/l)	Equipo	Observaciones
30/04/13	Viognier	0.62	15.90	0.69	0.07	Bomba C	Inyección de CO ₂
07/05/13	VTC	2.85	19.50	2.97	0.12	Bomba P	Homogenización
10/05/13	VTC	3.21	20.40	3.39	0.18	Bomba P	Homogenización
16/05/13	VTC	2.01	16.00	2.13	0.12	Bomba C	Homogenización
17/05/13	VTC	1.70	20.20	1.85	0.15	Bomba C	Homogenización
24/05/13	VTC	3.25	17.32	3.62	0.37	Bomba P	Homogenización
24/05/13	VBC	0.94	17.30	1.19	0.25	Bomba C	Homogenización
28/05/13	VBC	1.12	16.40	1.30	0.18	Bomba C	Homogenización

Fuente: Elaboración propia, 2013.

La tabla III-7. Muestra el aporte de oxígeno en los remontajes, los valores obtenidos no son preocupantes.

El valor máximo de aporte de oxígeno es de 0,37 mg/l. que es un valor relativamente pequeño, incluso se obtiene resultados bajos utilizando la bomba pistón. El valor promedio que se tiene es de 0,20 mg/l. Este valor muestra que en este proceso, si se hace un esfuerzo por evitar el contacto del vino con el aire, la disolución de oxígeno es mínima. Entonces el remontaje no se incluye dentro de los puntos críticos.

Sin embargo existe disolución de oxígeno, por lo que no es correcto confiar en que el vino está protegido en este proceso, es por eso que se realiza un ensayo de remontaje del vino blanco “Viognier” con inyección de Dióxido de Carbono, en donde se obtiene un aporte de 0,07 mg/l. de oxígeno. Se trata de un valor efectivamente bajo, por lo tanto si se quiere proteger al vino del oxígeno, no está demás utilizar un gas inerte en la operación.

3.1.4. Filtraciones.

Los vinos en Campos de Solana, pasan por dos tipos de filtración; a lo largo del proceso pasan por varias filtraciones por tierras diatomeas, y antes del embotellado pasan por un filtro de placas de Celulosa.

3.1.4.1. Filtración por tierras.

Tabla III-8: Aporte de Oxígeno en Filtro de Tierras.

Filtro de tierras Diatomeas						
Fecha	Variedad	O ₂ (mg/l) antes	T (°C)	O ₂ (mg/l) Dp	Aporte O ₂ (mg/l)	Observaciones
12/04/13	VTC	1.04	20.80	1.34	0.30	
13/04/13	VTC	1.02	20.04	1.57	0.55	
22/04/13	VTC	1.74	15.20	2.05	0.31	
23/04/13	VTC	4.77	17.00	5.12	0.35	
07/05/13	VTC	1.86	11.20	2.10	0.24	
10/05/13	VTC	2.40	15.80	2.62	0.22	
16/05/13	VTC	1.52	16.40	1.88	0.36	
16/05/13	VTC	1.80	16.50	1.90	0.10	
17/05/13	VTC	1.44	17.30	2.25	0.81	
21/05/13	VTC	1.12	16.95	2.16	1.04	
28/05/13	VTC	0.97	7.50	1.42	0.45	
28/05/13	VTC	1.02	7.20	1.76	0.74	
29/05/13	Cb. Sauvignon	1.19	18.40	1.38	0.19	Inyección de N ₂ la salida del filtro
31/05/13	Malbec	0.85	15.30	1.30	0.45	Inyección de N ₂ la salida del filtro
31/05/13	Malbec	1.30	16.50	1.20	-0.10	Inyección de N ₂ la salida del filtro
31/05/13	Malbec	1.20	16.90	2.23	1.03	

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Como muestra la tabla III-8. El aporte de oxígeno en el filtro de tierras es bajo, teniendo valores hasta de 0,1 mg/l.

El aporte promedio que se registra es de 0,5 mg/l. se trata de un valor que está apenas por debajo del límite crítico, por lo que la filtración por tierras no se considera como punto crítico.

Sin embargo el valor no es para nada despreciable ya que se registran valores por encima del límite crítico en algunas filtraciones, teniendo como valor máximo 1,04 mg/l. por lo tanto no se debe descuidar este punto.

La filtración por tierras no es un punto crítico ya que la mayoría de los resultados están por debajo del límite crítico, sin embargo se recomienda realizar la operación con las consideraciones necesarias para evitar disolución en exceso de oxígeno.

3.1.4.2. Filtración por Placas.

En la tabla III-9 se pueden ver los datos obtenidos en la operación de filtrado por placas de celulosa, ésta operación se realiza justo antes del embotellado.

Tabla III-9: Aporte de Oxígeno en Filtro de Placas

Filtro de Placas					
Fecha	Variedad	O ₂ (mg/l) antes	T (°C)	O ₂ (mg/l) Dp	Aporte O ₂ (mg/l)
22/05/2013	VTC	1.92	17.80	2.10	0.18
22/05/2013	VTC	2.09	17.60	2.12	0.03
22/05/2013	VTC	1.80	17.00	1.93	0.13
01/08/13	Merlot	1.76	17.20	1.89	0.13
01/08/13	Merlot	1.81	17.10	1.93	0.12
01/08/13	Merlot	1.80	17.30	1.96	0.16
01/08/13	Merlot	1.79	17.20	1.91	0.12
02/08/13	Cb. Sauvignon	1.29	16.30	1.38	0.09
02/08/13	Cb. Sauvignon	1.25	16.00	1.28	0.03
02/08/13	Cb. Sauvignon	1.20	15.90	1.22	0.02
02/08/13	Cb. Sauvignon	1.22	16.00	1.25	0.03
10/08/13	Colección	3.85	12.90	3.95	0.06
10/08/13	Colección	3.92	12.90	4.01	0.08
10/08/13	Colección	4.02	13.00	4.10	0.14
10/08/13	Colección	4.18	12.90	4.26	0.10

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Como se muestra en los resultados de la tabla III-9, el aporte de oxígeno en la filtración por placas es bastante bajo, el máximo valor que se obtiene es de 0.18 mg/l. que es un valor pequeño si lo comparamos con valores obtenidos en otras operaciones.

De igual manera el mínimo valor que se obtiene es de 0,02 mg/l.

Este tipo de filtración no se considera como un punto crítico, los resultados que se obtienen no son de preocupación, el valor promedio de aporte de oxígeno en filtración por placas es 0,09 mg/l. esto se debe a que el único contacto del vino con el aire en la filtración por placas es en mangueras y bombas vacías, que solo afectan al comienzo del proceso, luego el ambiente es únicamente de vino, ya que gracias al cierre hermético que deben tener las placas en el filtro para no tener pérdidas también ayuda a que el oxígeno quede de lado en esta operación, además, las placas en el filtro se comprimen y todo el filtrado hace que el vino esté a mayor presión que el aire que rodea al filtro por lo tanto dificulta la disolución.

3.1.5. Estabilización Tartárica por Frío.

Tabla III-10: Aporte de Oxígeno en Sistema de Estabilización Tartárica.

Fecha	Variedad	O ₂ (mg/l) antes	T ₁ (°C)	O ₂ (mg/l) Dp	T ₂ (°C)	Aporte O ₂ (mg/l)	ΔT (°C)	observaciones
09/05/13	VTC	2.51	18.90	2.67	16.00	0.16	-2.90	Med1:9:15; Med 2: 16:15
10/05/13	VTC	2.69	14.80	2.69	12.60	0.00	-2.20	Med1:9:15; Med 2: 16:15
14/05/13	VTC	2.72	10.40	2.85	8.50	0.13	-1.90	Med1:9:15; Med 2: 16:15
15/05/13	VTC	2.82	6.70	2.89	4.30	0.07	-2.40	Med1:9:15; Med 2: 16:15
16/05/13	VTC	2.86	2.80	2.98	0.40	0.12	-2.40	Med1:9:15; Med 2: 16:15
Aporte total						0.48		
09/05/13	VTC	3.12	20.10	3.24	17.60	0.12	-2.50	Med1:9:15; Med 2: 16:15
10/05/13	VTC	3.29	16.00	3.35	11.70	0.06	-4.30	Med1:9:15; Med 2: 16:15
14/05/13	VTC	3.37	10.00	3.45	9.00	0.08	-1.00	Med1:9:15; Med 2: 16:15
15/05/13	VTC	3.46	6.90	3.60	3.80	0.14	-3.10	Med1:9:15; Med 2: 16:15
16/05/13	VTC	3.52	2.70	3.62	0.50	0.10	-2.20	Med1:9:15; Med 2: 16:15
Aporte total						0.50		
01/06/13	VTC	2.55	8.80	2.70	6.20	0.15	-2.60	Med1:9:15; Med 2: 11:50
03/06/13	VTC	2.71	5.00	2.84	3.20	0.13	-1.80	Med1:9:15; Med 2: 16:30
04/06/13	VTC	2.80	2.10	2.88	0.20	0.08	-1.90	Med1:9:15; Med 2: 16:30
Aporte total						0.36		
31/05/13	VTC	2.29	14.50	2.42	9.90	0.13	-4.60	Med1:9:15; Med 2: 16:30
01/06/13	VTC	2.45	8.20	2.60	6.10	0.15	-2.10	Med1:9:15; Med 2: 11:50
03/06/13	VTC	2.62	5.30	2.70	2.80	0.08	-2.50	Med1:9:15; Med 2: 16:30
04/06/13	VTC	2.70	1.90	2.83	0.10	0.13	-1.80	Med1:9:15; Med 2: 16:30
Aporte total						0.49		
04/07/13	Merlot	1.50	11.40	1.77	8.00	0.27	-3.40	Med1:9:15; Med 2: 16:30
05/07/13	Merlot	1.70	6.40	1.80	5.00	0.10	-1.40	Med1:9:15; Med 2: 16:30
06/07/13	Merlot	1.73	3.00	1.85	2.20	0.12	-0.80	Med1:9:15; Med 2: 16:30
08/07/13	Merlot	1.83	1.50	1.96	0.20	0.13	-1.30	Med1:9:15; Med 2: 16:30
Aporte total						0.62		

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Para el análisis de este punto crítico de control, se realiza un seguimiento al enfriamiento del vino día a día, efectuando mediciones del oxígeno disuelto en la mañana y en la tarde cuando es posible. Así es como se elabora la tabla III-10. En donde se puede ver cada una de las mediciones realizadas, así como el aporte total que tuvo el vino expresado como la suma de cada aporte registrado por día.

Los valores obtenidos no fueron los esperados, ya que como se sabe, la solubilidad del oxígeno en los vinos aumenta al reducir la temperatura. Por lo tanto se esperaba valores más altos. De todas maneras se debe tomar en cuenta que el oxígeno, a

medida que se disuelve en el vino es consumido por las reacciones de oxidación que ocurren en el mismo. Otro factor a tomar en cuenta es que el depósito se mantiene cerrado herméticamente por lo tanto la cantidad de oxígeno en contacto con el vino, está limitada por la cantidad existente en la atmósfera por encima del nivel del vino, entonces a medida que el oxígeno de este ambiente se disuelve en el vino, su presencia es cada vez menor y por lo tanto su presión parcial va disminuyendo, y de acuerdo a la ley Henry, también va ir disminuyendo la cantidad que se disuelve hasta valores mínimos cuando la presencia de oxígeno sea casi nula. También se puede ver el efecto de no realizar movimientos en el vino, ya que a diferencia de las anteriores operaciones, en la estabilización tartárica el vino no se mueve hasta que finaliza el proceso, esto demuestra que el vino en movimiento facilita la disolución de oxígeno al existir una superficie total de contacto mayor mientras es vino está en movimiento.

Se obtiene un valor máximo acumulado de 0,62 mg/l. que está por debajo del límite crítico. Así mismo el valor promedio es de 0,49 mg/l. con este valor se puede afirmar que no se trata de un punto crítico, aun así no es un valor despreciable.

El valor mínimo obtenido es de 0,36 mg/l. Este es un valor bajo, pero no lejano a los valores máximo y promedio, entonces a pesar de no ser un punto crítico, se debe tomar en cuenta este punto dependiendo del tipo de vino que se esté elaborando.

3.1.6. Transporte de vino.

Tabla III-11: Aporte de Oxígeno en el transporte en Camión Cisterna

Transporte en Camión Cisterna								
Fecha	Variedad	O ₂ (mg/l) antes	T ₁ (°C)	O ₂ (mg/l) Dp	T ₂ (°C)	Aporte O ₂ (mg/l)	ΔT (°C)	observaciones
22/05/13	VTC	1.54	17.50	2.40	17.70	0.86	0.20	Transporte a Embotellado
29/05/13	Merlot-Syrah	1.65	17.50	2.57	19.60	0.92	2.10	Transporte a Embotellado
04/07/13	VTC	1.15	13.50	1.96	14.80	0.81	1.30	Transporte a Embotellado
01/08/13	Merlot	1.46	16.90	1.76	17.20	0.30	0.30	Llenado de Cisterna con N ₂
02/08/13	Cb. Sauvignon	1.02	15.90	1.29	16.30	0.27	0.40	Llenado de Cisterna con N ₂
10/08/13	Colección	3.37	12.40	3.85	12.90	0.18	0.50	Llenado de Cisterna con N ₂

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Como se aprecia en la tabla III-11. El transporte de vino es un **punto crítico** a tomar en cuenta, ya que según los resultados obtenidos existe un aporte considerable de oxígeno en el vino. Esto se debe al movimiento de vino durante el transporte, echo que facilita que el oxígeno que está en el medio se disuelva con mayor facilidad en el vino.

El máximo valor obtenido es de 0,92 mg/l. valor que es elevado y podría ser mayor aún dependiendo las condiciones de transporte.

Por otro lado, como se ve en los tres últimos resultados se puede disminuir considerablemente la cantidad de oxígeno disuelta en el vino durante el transporte si al momento del llenado se inyecta un gas inerte, gracias a esto es que se obtiene un valor mínimo de 0,18 mg/l. que es un valor poco alarmante.

Sin embargo tomando sólo en cuenta los valores obtenidos sin uso de gases inertes el valor promedio de adición de oxígeno al vino es de 0,86 mg/l. por lo que se incluye al transporte como **punto Crítico**.

Otro tema a tener en cuenta es que normalmente en el transporte hay un aumento en la temperatura del vino, por lo que la solubilidad sufre una ligera disminución. Sin embargo esta disminución en la solubilidad no es suficiente para proteger al vino del oxígeno.

3.1.7. Embotellado de vino.

Tabla III-12: Aporte de oxígeno al vino durante el embotellado.

Embotellado de Vino						
Fecha	Variedad	O ₂ (mg/l) antes	T (°C)	O ₂ (mg/l) Dp	Aporte O ₂ (mg/l)	observaciones
01/08/13	Merlot	1.89	18.00	2.68	0.79	
01/08/13	Merlot	1.93	17.20	3.05	1.12	
01/08/13	Merlot	1.96	17.40	3.71	1.75	
01/08/13	Merlot	1.91	17.30	2.92	1.01	
02/08/13	Cb. Sauvignon	1.38	16.00	2.03	0.65	
02/08/13	Cb. Sauvignon	1.28	15.90	2.01	0.73	
02/08/13	Cb. Sauvignon	1.22	16.00	2.15	0.93	
02/08/13	Cb. Sauvignon	1.25	16.10	2.00	0.75	
10/08/13	Colección	3.95	13.00	4.02	0.07	Inyección de N ₂ en botella
10/08/13	Colección	4.01	13.00	4.10	0.09	Inyección de N ₂ en botella
10/08/13	Colección	4.10	13.00	4.28	0.18	Inyección de N ₂ en botella
10/08/13	Colección	4.26	12.80	4.37	0.11	Inyección de N ₂ en botella

Fuente: Elaboración propia 2013.

El embotellado es el proceso final por el que pasa un vino, y es sin duda el más importante desde la perspectiva del presente proyecto.

Como se ve en la Tabla III-12. Los valores obtenidos sin la utilización de gases inertes, en casi todos los casos sobrepasan el límite crítico, teniendo un valor de hasta 1,75 mg/l. en aporte de oxígeno que es alarmante tomando en cuenta que lo ideal es que el vino en botella no sobrepase 1 mg/l. de oxígeno disuelto.

El valor promedio en este punto es de 0,97 mg/l. por lo tanto el embotellado de vinos es un **punto crítico**.

Sin embargo en los ensayos realizados inyectando gases nitrógeno en las botellas vacías antes del llenado, se ve claramente cómo se disminuye la adición de oxígeno, teniendo aportes de 0,09; 0,18 y 0,11 mg/l. que son valores tolerables si el vino llega con un nivel bajo de oxígeno disuelto antes del embotellado.

3.1.8. Resumen de los puntos críticos de control.

Tabla III-13: Resumen de los puntos críticos de control.

OPERACIÓN	APORTE DE O2 EN mg/l.		
	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO
Desborre	1.87	0.07	0.55
Trasiego	1.8	0.17	0.93
Trasiego Bomba Centrífuga	1.02	0.07	0.38
Trasiego Bomba Pistón	1.87	0.73	1.46
Corte	3.23	0.34	1.3
Remontaje	0.37	0.12	0.2
Filtración por tierras	1.04	0.10	0.5
Filtración por Placas	0.18	0.02	0.09
Estabilización Tartárica	0.62	0.36	0.49
Transporte	0.92	0.18	0.86
Embotellado	1.75	0.07	0.97

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Para tener una valoración clara del análisis de los puntos críticos de control se elabora la tabla III-13. En dicha tabla podemos apreciar los aportes máximos, mínimos y promedios de incorporación de oxígeno en cada operación por la que pasan los vinos de Campos de Solana.

3.1.9. Puntos críticos.

Luego del estudio de los puntos críticos de control, en la tabla III-14. Se tienen identificados los puntos críticos.

Tabla III-14: Puntos críticos identificados

OPERACIÓN	APORTE O2 (mg/l)
Trasiego Bomba Pistón	1.46
Corte	1.30
Transporte	0.86
Embotellado	0.97

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Como se puede apreciar en la tabla III-14. Existen cuatro puntos críticos. En estos puntos es donde se debe aplicar todas las precauciones y medidas correctivas que se proponen en el presente proyecto.

3.2. Medidas Correctivas

Para las medidas correctivas a tomar, se estudia cada Punto Crítico de control por separado para establecer las posibles precauciones.

Se analiza todos los puntos críticos de control, no todos son de extrema preocupación, pero los datos obtenidos muestran que en toda operación existe una disolución de oxígeno.

3.2.1. Trasiegos.

Al realizar un trasiego se identifican cuatro puntos en donde el vino se pone en contacto con el aire:

3.2.1.1. En mangueras vacías y la bomba.

Cuando las mangueras y la bomba se conectan y preparan para un trasiego, estas están en ausencia de vino, y por lo tanto es el aire el que está ocupando todo el interior, al comenzar el trasiego el vino inmediatamente entra en contacto con este aire, disolviendo parte del oxígeno presente, entonces el problema se principalmente al comienzo del proceso.

Para desplazar la mayor cantidad de aire posible, se libera un gas inerte con un caudal constante por un extremo de la manguera, hasta verificar que por el otro extremo sale el gas inerte. En ese momento tapan los extremos de las mangueras, hasta el momento

de comenzar con la operación para impedir que el aire ingrese y a la vez impedir que el gas inerte escape.

Se utiliza de preferencia el Dióxido de Carbono ya que al poseer mayor densidad que el oxígeno, es más eficiente al momento de desplazarlo.

3.2.1.2. En Tanques vacíos donde se trasiega el vino.

Lamentablemente, una de las únicas opciones para garantizar que un tanque o depósito, mantenga un ambiente totalmente inerte, es manteniendo una atmosfera libre de aire durante todo el tiempo, ya sea que el tanque esté lleno o vacío. El problema es que para utilizar esta técnica, los depósitos deben estar conectados entre sí, y estos a su vez deben estar conectados a una fuente de Nitrógeno u otro gas inerte. El sistema funciona mediante control automático y se guía por la presión dentro del tanque, cuando la presión aumenta, una válvula de alivio permite el escape del gas, y si la presión está disminuyendo, se inyecta el respectivo gas inerte automáticamente. Este sistema es muy eficiente para mantener atmósferas inertes dentro de los depósitos, aunque entre las principales desventajas están el costo de inversión y la dificultad al momento de la limpieza de los tanques. Ya que en Campos de Solana la limpieza de los depósitos es en parte manual y requiere la presencia de trabajadores en el interior de los depósitos.

Entonces lo que se recomienda es, al momento del bombeo, trasegar el vino inyectando un gas inerte en forma abundante, así al ingresar el vino al tanque todo el gas por encima de su solubilidad en vino va a burbujear creando una capa inerte justo por encima del vino, y cuando el depósito esté lleno, la presencia de gases inertes en el espacio superior al límite de llenado, va ser mucho mayor que la de aire. Al tomar esta medida es necesario que inmediatamente finalizado el trasiego se tape herméticamente el depósito.

3.2.1.3. El oxígeno que podría ingresar por la tapa parcialmente abierta del depósito.

Para evitar que el oxígeno ingrese por la parte superior del depósito, se debe mantener la tapa del depósito cerrada y a medida que se desocupa inyectar un gas inerte para reemplazar el vacío que se genera y así evitar daños en el tanque debido a las diferencias de presión.

En el caso de no disponer de la cantidad de gas necesaria para hacer esto, antes de desocupar un depósito, inyectar en el depósito un gas inerte haciéndolo burbujear por unos minutos en el vino, esto además de desplazar pequeñas cantidades de oxígeno disuelto crea una atmósfera de gases inertes por la parte superior del vino, así existe un especie de barrera que ayuda a disminuir el oxígeno en contacto con el vino en el momento de abrir parcialmente la tapa superior.

Si después del trasiego, la cantidad de vino no es suficiente para llenar el depósito, se debe realizar la operación de burbujear un gas inerte en el vino para que ocupe la atmósfera superior del vino. También se debe inyectar el espacio vacío gas anhídrido sulfuroso con fines de prevenir la proliferación de microorganismos aerobios en la superficie del vino.

3.2.1.4. Durante el bombeo del vino.

En el momento en el que el vino está en movimiento de un depósito a otro, se genera movimiento con cierta turbulencia, haciendo que el vino sea más susceptible a disolver oxígeno.

Para minimizar la posible incorporación de oxígeno en el vino, a la salida de bomba se coloca un difusor de gases para inyectar un gas inerte al vino en movimiento (Fig. 3-1).

Figura 3-1: Difusor de Gases a la salida de Bomba Centrífuga.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

Si la distancia entre los tanques es grande, se puede aprovechar el trasiego para reducir la cantidad de oxígeno presente en el vino, esto inyectando nitrógeno en forma abundante con un caudal superior a 3 litros de nitrógeno por cada litro de vino o guiándose por la Tabla I-3 del presente proyecto, siguiendo el procedimiento indicado para el desgaseado de vinos.

Hay que remarcar que el trasiego con Bomba pistón es un punto crítico debido a la turbulencia que se genera disuelve cantidades grandes de oxígeno, por lo tanto lo ideal es evitar el uso de la bomba pistón para vinos varietales y reservas, en caso de tener que hacerlo, tratar de seguir todas la medidas anteriormente expuestas.

3.2.2. Remontaje- Homogenización.

Los puntos de incorporación de oxígeno al realizar un remontaje son los siguientes:

3.2.2.1. En mangueras vacías.

Para evitar el oxígeno excedente, se realiza la operación descrita anteriormente en los trasiegos de inyectar un gas inerte por un extremo de la manguera para poder desplazar la mayor cantidad posible de oxígeno presente en el interior de la manguera.

3.2.2.2. Remontaje en proceso.

Cuando el remontaje está en proceso el riesgo de disolver oxígeno se debe al movimiento del vino en contacto con el aire. Para minimizar el impacto en este punto, conectar el difusor de gases a la salida de la bomba e inyectar un gas inerte para que así el vino en movimiento tenga este saturado de este gas impidiendo la disolución de oxígeno, y además devolviendo al interior del tanque el vino en mezcla con el/los gases inertes.

La mayoría de los tanques para elaboración de vino, tienen incorporadas unas tuberías para remontajes, al utilizar dichas tuberías para remontaje, el vino ingresa directamente por dentro del tanque y se puede mantener el tanque parcialmente tapado durante el remontaje, disminuyendo el contacto con el aire. Por lo tanto, desde el punto de vista de protección contra el exceso de oxígeno, es recomendable el uso del sistema de remontaje de los depósitos.

Hay que recordar que cuando se realizan los “Cortes” en el vino, estamos hablando de un punto crítico que suele incluir dos o más trasiegos, y un remontaje, por lo tanto es de suma importancia seguir todas las recomendaciones si se quiere proteger al vino del exceso de oxígeno.

3.2.3. Filtración.

Cuando se filtra el vino, es prácticamente inevitable el contacto con el aire, ya que el vino está expuesto al aire constantemente en el dosificador para tierras diatomeas. La disolución de oxígeno al momento de filtrar un vino se puede dar:

3.2.3.1. En mangueras vacías.

Se recomienda el mismo procedimiento explicado anteriormente que consiste en introducir gases inertes por un extremo para desplazar el aire presente en las mangueras y luego tapar los extremos hasta comenzar con el proceso.

3.2.3.2. En el filtro.

Al igual que en mangueras vacías, siempre existe una determinada cantidad de oxígeno en el filtro antes de comenzar la filtración, también existe un contacto constante de vino con el aire en el tanque agitador donde se prepara la pre-capa y se dosifican las tierras como se muestra en la Fig. 2-4.

Para reducir la cantidad de oxígeno disuelta durante la filtración, a la salida del filtro colocar el difusor de gases (Figura 3-2) para inyectar un gas inerte con caudal suficiente como para crear abundantes burbujas en el interior del líquido, para que de acuerdo a la ley de Henry, cierta cantidad de oxígeno sea desplazada hacia la atmósfera formada por las burbujas del gas inerte para restablecer el equilibrio, entonces al ingresar en el depósito, todo el gas inerte por encima de su solubilidad en el vino sube arrastrando parte del oxígeno que se encontraba disuelto. Por lo tanto para esta operación es más aconsejable utilizar nitrógeno, ya que su solubilidad en vino menor que la del dióxido de carbono.

Figura 3-2: Filtro de Tierras con inyección de Nitrógeno a la salida.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

3.2.3.3. En los depósitos vacíos.

A la salida del filtro continúa el transporte de vino hacia un depósito libre que está en contacto con el aire.

Si se sigue lo recomendado en el punto de anterior, la atmósfera creada por el nitrógeno cuando el vino ingresa en el depósito puede protegerlo parcialmente del oxígeno, gracias a los gases inertes que suben por encima del vino. Por lo tanto es altamente recomendable inyectar gases inertes a la salida del filtro.

3.2.4. Estabilización Tartárica por frío.

La solubilidad del oxígeno en vino aumenta a medida que la temperatura disminuye, por lo que el vino es susceptible a disolver oxígeno durante todo el proceso de Estabilización Tartárica. Esto se comprueba en la parte experimental del proyecto, ya

que se pone en evidencia que durante todo el proceso de Estabilización Tartárica el vino disuelve oxígeno en pequeñas cantidades, pero de manera constante.

Durante la estabilización tartárica el vino está en contacto con el oxígeno que se encontraba en el depósito antes de ser llenado, y en la zona del cuello del tanque hay oxígeno presente, por lo tanto a medida que el vino se enfría y la solubilidad aumenta, el vino va disolviendo oxígeno hasta alcanzar su saturación o agotar el oxígeno presente.

Los datos experimentales muestran que los aportes son pequeños pero continuos, así mismo, se sabe que la velocidad de las reacciones de oxidación disminuye al bajar la temperatura. De todas maneras si se quiere proteger al vino del oxígeno, es necesario tomar medidas correctivas en este proceso:

- Al momento de trasegar el vino a los Tanques Isotermos, el trasiego debe realizarse con inyección de un gas inerte mediante el difusor de gases y siguiendo todas las recomendaciones dadas anteriormente para los trasiegos.
- El escenario ideal sería mantener una atmósfera inerte, es decir, saturado de gases inertes, dentro de los depósitos cuando estos estén sin vino. Al momento de ser llenados con vino, estos deben mantenerse cerrados, para esto instalar una válvula que deje salir el gas inerte a medida que el depósito se llena para evitar el aumento de presión sin permitir la entrada de aire.

3.2.5. Transporte de Vino.

En la parte experimental del proyecto se muestra que el transporte de vino es un punto crítico de incorporación de oxígeno cuando no se utilizan gases inertes.

Se plantea las siguientes medidas:

- Como en todo trasiego, se sugiere inyectar un gas inerte en mangueras vacías, el trasiego en sí, debe realizarse inyectando un gas inerte mediante el difusor de gases, el gas que se inyecta debe ser abundante para que desplace oxígeno disuelto y además forme una atmósfera abundante de gases inertes dentro del depósito del camión cisterna.
- Es importante llenar completamente cada compartimento del camión para que no quede espacio con aire en la parte superior, si la cantidad de vino no es suficiente para llenar el compartimento, utilizar obligadamente gases inertes en abundancia.
- Al momento del traslado, se debe recomendar al conductor del camión un manejo prudente y a una velocidad moderada, para que el vino no sufra excesivo movimiento durante su traslado, ya que si existe mucho movimiento y turbulencia se aumenta el contacto del vino con el oxígeno del medio facilitando la disolución.

3.2.6. Embotellado.

Cuando se trata de proteger al vino del oxígeno, el embotellado es el punto más importante y preocupante, ya que se identificó al embotellado como un punto crítico y además es la etapa del proceso que determina la cantidad final de oxígeno disuelto que tiene el vino embotellado.

En los datos experimentales se puede ver como el embotellado de vino aporta cantidades importantes de oxígeno al vino.

A la vez se observa en los ensayos realizados, que inyectando Nitrógeno a la botellas antes del llenado la cantidad de oxígeno que se disuelve disminuye notablemente.

Medidas a tomar en cuenta en el embotellado:

- Para trasegar el vino desde el camión cisterna al filtro de placas, inyectar un gas inerte mediante el difusor a la salida de la bomba o a la salida del cisterna, así se puede desplazar algo del oxígeno disuelto durante el transporte y además se crea un ambiente de gases inertes que acompaña al vino en el filtrado y embotellado.
- La línea de embotellado tiene una función que permite inyectar un gas a las botellas antes de ser llenadas, utilizar esta opción en cada embotellado de vinos varietales, Reservas y en todos los que se considere necesario, el gas inerte a utilizar es el nitrógeno, ya que es menos soluble en vino que el dióxido de carbono, por lo tanto no se alteran las características organolépticas del vino.
- De ser posible, medir el oxígeno disuelto del vino antes de ser embotellado, si este está por encima de los 0,7 mg/l. se recomienda utilizar el sistema de degaseado de vinos que se plantea en el presente proyecto.

3.3. Sistema de degaseado de vino.

La mayoría de las medidas recomendadas en los diferentes puntos, son para proteger al vino de disolver oxígeno, es decir la mayor parte son preventivas, pero en ocasiones, debido a descuidos, mala manipulación, negligencia, etc. El vino llega a la etapa final de embotellado con cantidades excesivas de oxígeno disuelto, para estos casos se necesita alguna medida correctiva.

Como complemento, a continuación se plantea un Sistema de Degaseado de vinos, basado en la bibliografía consultada.

Los vinos que llegan a la etapa de embotellado con cantidades mayores a 0,7 mg/l. de oxígeno disuelto, podrían pasar por el sistema de degaseado de vinos que permita reducir el nivel de oxígeno disuelto.

De esta manera se puede garantizar que el vino sea embotellado con la cantidad recomendada de oxígeno disuelto, es decir con contenido inferior a 0,7 mg/l.

3.3.1. Planteamiento técnico.

Para el planteamiento del sistema de degaseado de vinos se toma en cuenta los siguientes aspectos técnicos:

- Capacidad del Sistema.
- Flujo Volumétrico.
- Diámetro y longitud de tuberías.
- Potencia de la bomba.
- Contenedores de Gases inertes.

3.3.2. Capacidad y localización para el sistema de degaseado de vinos.

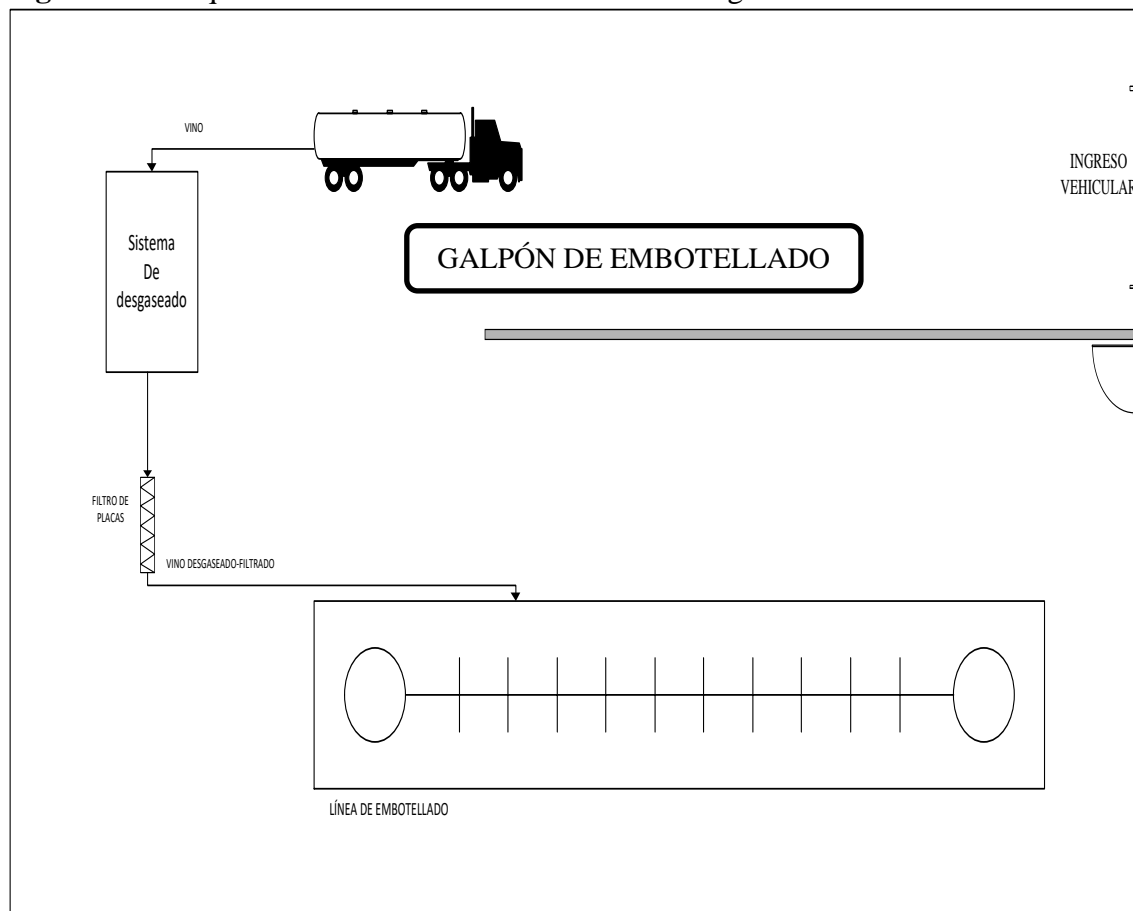
El Camión Cisterna tiene una capacidad máxima para transportar 20.000 litros de vino, por lo tanto, el sistema de degaseado se plantea para que tenga dicha capacidad máxima.

La capacidad máxima de la línea de embotellado es de 3.200 botellas de 750 ml. por hora, lo que equivale a 2.400 litros por hora, entonces en ocho horas de trabajo, se puede embotellar aproximadamente 19.200 litros de vino. Por lo tanto el sistema abastece para un día de trabajo de 8 horas.

La localización para el sistema es dentro del galpón de embotellado en la bodega de Casa Real (SAIV Ltda.), para que del sistema de degaseado, el vino pase directamente al filtro de placas y la línea de embotellado.

En la fig. 3-3, se muestra un esquema de la localización del sistema dentro del galpón de embotellado de la bodega de Casa Real.

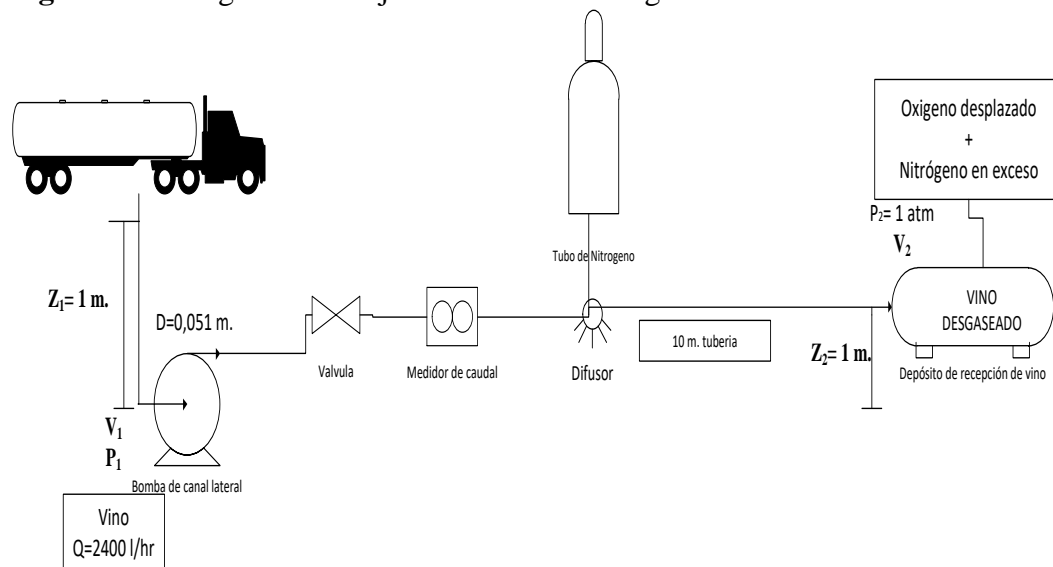
Figura 3-3: Esquema de la ubicación del sistema de desgaseado de vinos.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

3.3.3. Diagrama de flujo del sistema de degaseado de vino.

Figura 3-4: Diagrama de flujo del sistema de degaseado.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

En la Fig. 3-4. Se puede ver el diagrama de Flujo del sistema de degaseado de vino, las variables se explican a continuación en la tabla III-15.

Tabla III-15: Datos del Diagrama de flujo.

Variable	Significado
Z_1	Altura de toma de vino respecto de la bomba.
V_1	Velocidad de flujo a la entrada del sistema
P_1	Presión en la entrada al sistema
D	Diametro de las tuberías
Q	Caudal de Vino.
Z_2	Altura de salida respecto de la bomba
P_2	Presión en la salida del sistema
V_2	Velocidad de flujo a la salida del sistema

Fuente: Elaboración propia, 2013.

3.3.4. Balance de materia.

Para el balance de materia hay que tener en cuenta las cantidades de vino a desgasear, la cantidad de nitrógeno necesaria, la cantidad de oxígeno disuelto que contiene el vino y la cantidad con la que se desea dejar el vino después del proceso.

De la tabla I-3, podemos obtener el caudal de Nitrógeno que se debe utilizar en unidades de litros de N_2 /litros de vino dependiendo de la cantidad de O_2 disuelto del vino, y hasta cuanto se quiere reducir.

Cada vez que se realice el desgaseado de un vino, las cantidades van a variar ya que el vino siempre tiene diferencias principalmente en las variables de temperatura y oxígeno disuelto. Por lo tanto, a continuación se realiza un balance de materia a modo de ejemplo, para que en base a este balance se realicen los cálculos cada vez que sean necesarios de acuerdo al vino en proceso.

3.3.4.1. Datos para el balance.

Para un vino a $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ con densidad de $0,994\text{ kg/l}$, que tiene 3 mg/l de oxígeno disuelto, se desea reducir la cantidad de O_2 hasta $0,2\text{ mg/l}$ utilizando Nitrógeno a razón de $0,499\text{ l. de }N_2/\text{l. de vino}$ (Togorés, 2013).

Las variables a determinar en el balance son: vino, nitrógeno y oxígeno.

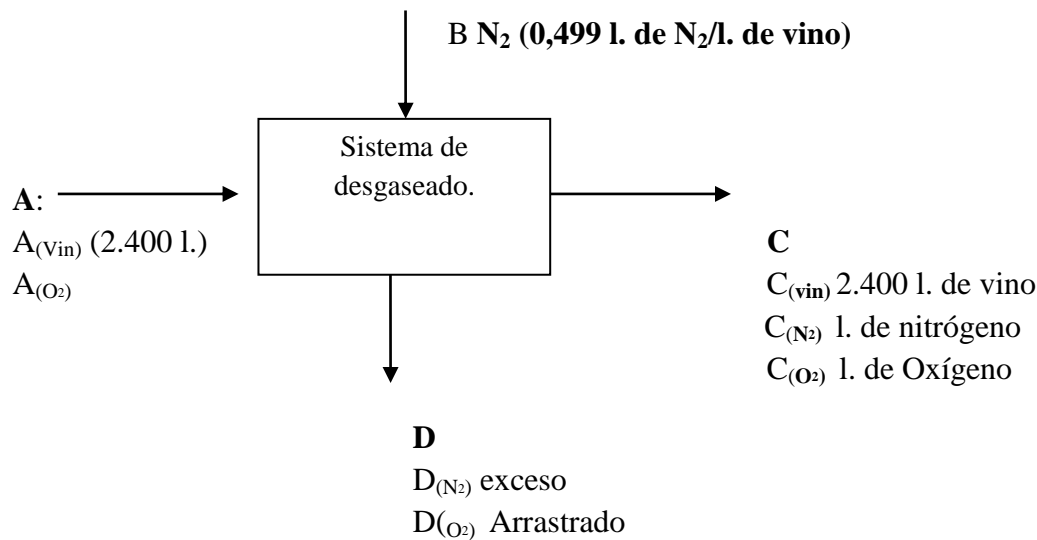
Base de cálculo: 2.400 l/hr De vino o una hora de trabajo.

Se dosifica: $0,499\text{ l de }N_2/\text{l de vino}$ (Dato de la tabla I-3)

Solubilidad del Nitrógeno en vino: $0,018\text{ cm}^3N_2/\text{kg vino}$. (Togorés, 2002)

Densidad del vino (ρ_v): $0,994\text{ kg/l}$.

Densidad del Nitrógeno (ρ_{N_2}): $0,00118\text{ Kg/l}$.



- **Balance global:** $A+B=C+D$

Primero se cambia las unidades de solubilidad del N₂.

$$\text{Solubilidad(S)} = \left(0,018 \frac{\text{cm}^3 \text{N}_2}{\text{kg vino}}\right) \left(0,994 \frac{\text{kg}}{\text{lt}} * \frac{1 \text{ l N}_2}{1000 \text{ cm}^3 \text{N}_2}\right) = 1,7892 \times 10^{-5} \text{ l. N}_2/\text{l. de Vino}$$

- **Cantidad de O₂ en la entrada del sistema:**

$$A_{(\text{O}_2)} = 3 \text{ mg O}_2/\text{l} * 2.400 \text{ l} = 7.200 \text{ mg. de O}_2 = 7,2 \text{ kg. O}_2$$

- **Cantidad de O₂ a la salida en C:**

$$C_{(\text{O}_2)} = 0,2 \text{ mg O}_2/\text{l vino} * 2.400 \text{ l vino} = 480 \text{ mg O}_2 = 0,48 \text{ kg. O}_2$$

- **Balance para el oxígeno:**

$$A * X_{A(\text{O}_2)} + B * X_{B(\text{O}_2)} = C * X_{C(\text{O}_2)} + D_{(\text{O}_2)}$$

$$(2.400 \text{ l.})(3 \text{ mg/l}) = (2.400 \text{ l.})(0,2 \text{ mg/l}) + D_{(\text{O}_2)}$$

$$D_{(\text{O}_2)} = 7.200 \text{ mg} + 480 \text{ mg} = 6.720 \text{ mg O}_2 = 6,72 \text{ kg. O}_2$$

- **Cantidad necesaria de N₂ en B para 2400 l. de vino:**

$$B = 0,499 \frac{\text{l N}_2}{\text{lt de vino}} * 2.400 \text{ l de vino} = 1.197,6 \text{ l. N}_2$$

Se multiplica por la densidad del N₂ para determinar la masa:

$$B = 1.197,6 \text{ l.} * 0,00118 \text{ Kg/l} = 1,4132 \text{ kg N}_2$$

- **Cálculo del Nitrógeno que se disuelve en el vino:**

$$C_{(N_2)} = 1,7892 \times 10^{-5} \frac{\text{l N}_2}{\text{l de vino}} * 2.400 \text{ l de vino} = 4,2941 \times 10^{-2} \text{ l. N}_2$$

Se multiplica por la densidad del N₂ para determinar la masa:

$$C_{(N_2)} = 4,2941 \times 10^{-2} \text{ l N}_2 * 0,00118 \text{ Kg/l} = 5,067 \times 10^{-5} \text{ kg N}_2$$

- **Balance para el nitrógeno**

$$A * X_{A(N_2)} + A * X_{B(N_2)} = C * X_{C(N_2)} + D_{(N_2)}$$

$$(2.400 \text{ l.vino})(0,499 \text{ l. N}_2/\text{l vino}) = (2.400 \text{ l.vino})(1,7892 \times 10^{-5} \text{ l. N}_2/\text{l de Vino}) + D_{N_2}$$

$$D_{(N_2)} = 1.197,6 \text{ l. N}_2 - 4,2941 \times 10^{-2} \text{ l. N}_2 = 1.197,5571 \text{ l N}_2$$

Se multiplica por la densidad del N₂ para determinar la cantidad masica:

$$D_{N_2} = 1.197,5571 \text{ l. N}_2 * 0,00118 \text{ Kg/l} = 1,4131 \text{ kg N}_2$$

- **Cantidad en kg de vino en A y C**

$$2.400 \text{ l.} * 0,994 \text{ kg/l.} = 2.385,6 \text{ kg de vino.}$$

- **Porcentaje de rendimiento teórico del Sistema:**

$$\% \eta = \frac{6.720 \text{ mgO}_2}{7.200 \text{ mgO}_2} * 100\%$$

$$\% \eta = 93,33\%$$

Entonces:

Tabla III-16: Resultados del balance de materia.

Variable	Significado	Resultado
A_{vino}	Cantidad total de vino	2.385,6 kg de vino
A_{O₂}	Cantidad de O ₂ en la entrada del sistema	7,2 kg de O ₂
B	Cantidad necesaria de N ₂	1,4132 kg N ₂ .
C_{N₂}	Nitrógeno que se disuelve en el vino	5,067x10 ⁻⁵ kg N ₂
C_{O₂}	Cantidad de O ₂ en el vino desgaseado	0,48 kg. O ₂
D_{N₂}	Cantidad de N ₂ que arrastra al O ₂	1,4131 kg N ₂
D_{O₂}	Cantidad de O ₂ desplazado	6,72 kg. O ₂
%η	Porcentaje de rendimiento	93,33%

Fuente: Elaboración propia, 2013.

De cada cálculo se obtienen resultados como los que se ven en la tabla III-16. En donde se puede apreciar las cantidades que intervienen en el proceso y la efectividad del sistema. Donde en conclusión, para el vino problema planteado se necesita aproximadamente 1,4131 Kg. de Nitrógeno para poder reducir el oxígeno disuelto a una cantidad admisible para embotellarlo.

3.3.5. Materiales y equipos necesarios para el sistema.

Se sugiere la compra de equipos nuevos, sin embargo como se aprecia a continuación Campos de Solana cuenta con la mayoría de los materiales y equipos necesarios para el sistema

3.3.5.1. Bomba.

A continuación se muestran los cálculos que se deben realizar para seleccionar la bomba para el sistema.

3.3.5.1.1. Carga de Trabajo de la Bomba (H_B).

Para la determinación de la altura dinámica se utiliza la siguiente Fórmula:

$$H_B = h_{f_{total}} + \left[\frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right] - \left[\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \right]$$

En la tabla III-17, se puede ver el significado de cada variable.

Tabla III-17: Datos para la determinación de H_B .

Variable	Significado	Valor
$h_{f_{total}}$	Pérdida de carga.	-
P_2	Presión en la salida. = Patm.	101.325 Pa(N/m ²)
V_2	Velocidad de flujo a la salida del sistema	-
Z_2	Altura de salida respecto de la bomba	1 m.
P_1	Presión en la entrada al sistema	≈ 0
V_1	Velocidad de flujo a la entrada del sistema	≈ 0
Z_1	Altura de toma de vino respecto de la bomba	1 m.
ρ	Densidad promedio del vino	994 Kg/m ³
g	Coficiente de gravedad	9,81 m/s ²

Fuente: Elaboración propia, 2013.

3.3.5.1.1. Cálculo de la Velocidad (V_2) a la salida del sistema.

Fórmula del caudal. $Q = V_2 \cdot A$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(0,0508 \text{ m})^2}{4} = 2,0268 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{Q}{A}$$

$$V_2 = \frac{6,6667 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{2,0268 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 0,329 \text{ m/s}$$

3.3.5.1.2. Cálculo de la pérdida de carga en el recorrido de vino por la tubería (h_{total}).

Para la determinación de la pérdida de carga se emplea la siguiente fórmula:

$$h_{total} = \frac{(f \cdot L_{eq} \cdot V_2^2)}{2 \cdot D \cdot g}$$

Dónde:

f: Coeficiente de Fricción

L_{eq}: Longitud equivalente.

Para conocer la pérdida de carga total, se requiere determinar previamente, tanto el coeficiente de fricción de la tubería como la longitud equivalente de la tubería.

3.3.5.1.3. Cálculo del coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción (f) se determina a partir del monograma “Factor de fricción en función del número de Reynolds con Rugosidad Relativa como parámetro” (apéndice C-3 del libro: Principios de operaciones unitarias). Para ello se halla previamente, tanto el número de Reynolds (Re), como la rugosidad relativa (E/D) de la tubería.

$$Re = \frac{D \cdot V_2 \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{(0,0508 \text{ m})(0,329 \text{ m/s}) \times 994 \text{ kg/m}^3}{1 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}}$$

$$Re = 16.612,921$$

3.3.5.1.4. Rugosidad Relativa ϵ/D

Rugosidad Absoluta ϵ para PVC = $1,5 \times 10^{-6}$ m.

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{1,5 \times 10^{-6} \text{ m}}{0,0508 \text{ m}} = 2,9528 \times 10^{-5}$$

Con estos datos, se emplea el monograma “Factor de fricción en función del número de Reynolds con Rugosidad Relativa como parámetro” (Moody, L. F., Trans. ASME, 66, Págs. 671-84 (1944)). Y se obtiene:

$$f = 0,02$$

3.3.5.1.5. Cálculo de la longitud equivalente.

La longitud equivalente de la tubería está comprendida por la longitud de la tubería lineal y la longitud equivalente de los accesorios.

$$L_{eq} = L + L_{eq,acc}$$

$$L_{eq,acc} = (2 \text{ uniones}) + 1 \text{ T} + \text{Válvula abierta} + \text{ensanchamiento brusco}$$

$$L_{eq,acc} = 2(2,44 \text{ m}) + 5,18 \text{ m} + 0,52 \text{ m} + 1,59 \text{ m} = 12,17 \text{ m}$$

$$L_{eq} = 10 \text{ m} + 12,17 \text{ m} = \mathbf{22,7 \text{ m}}$$

Con estos datos se halla la pérdida de carga total:

$$h_{f_{total}} = \frac{(f \cdot L_{eq} \cdot V_2^2)}{2 \cdot D \cdot g}$$

$$h_{f_{total}} = \frac{(0,02)(22,7 \text{ m})(0,329 \text{ m/s})^2}{2(0,0508 \text{ m})(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{f_{total}} = \mathbf{4,93 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

Determinada la pérdida de carga, se calcula la altura dinámica o carga de trabajo de la Bomba (H_B) a partir de la fórmula:

$$H_B = h_{f_{total}} + \left[\frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right] - \left[\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \right]$$

$$H_B = h_{f_{total}} + \left[\frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right] - [Z_1]$$

$$H_B = 4,93 \times 10^{-2} \text{ m} + \left[\frac{101.325 \text{ N/m}^2}{(994 \text{ kg/m}^3)(9,81 \text{ m/s}^2)} + \frac{(0,29 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} + 1 \text{ m} \right] - 1 \text{ m}$$

$$H_B = 10,4459 \text{ m}$$

3.3.5.1.6. Potencia teórica de la bomba.

$$P = H_B \cdot \rho \cdot g \cdot Q$$

$$P = (10,4459 \text{ m})(994 \text{ Kg/m}^3)(9,81 \text{ m/s}^2)(6,6667 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s})$$

$$P = 67,907 \text{ Watt.} = 0,0911 \text{ HP}$$

3.3.5.1.7. Potencia Real de la bomba.

Se trata de una Bomba centrífuga, se considera una eficiencia (η) del 70%:

$$\text{Pot}_{\text{real}} = P/\eta$$

$$\text{Pot}_{\text{real}} = \frac{0,0911 \text{ HP}}{0,70} = 0,13 \text{ HP.}$$

Por lo tanto, queda demostrado que cualquiera de las bombas centrífugas con las que cuenta la empresa, satisfacen las necesidades en cuanto a potencia.

3.3.5.2. Mangueras.

El equipo requiere de una longitud aproximada de 3 metros para la succión y 10 metros para la descarga. Lo que suma un total de 13 metros de cañería, para prevenir problemas futuros se va a comprar 15 metros de tubería.

Se utiliza la cañería de PVC flexible de 2 pulgadas de diámetro, ya que es la que normalmente se utiliza para el transporte de vinos en la Bodega Campos de Solana, debido a su bajo costo y a su flexibilidad que proporciona comodidad en el guardado de la misma.

Figura 3-5: Cañería de PVC flexible.

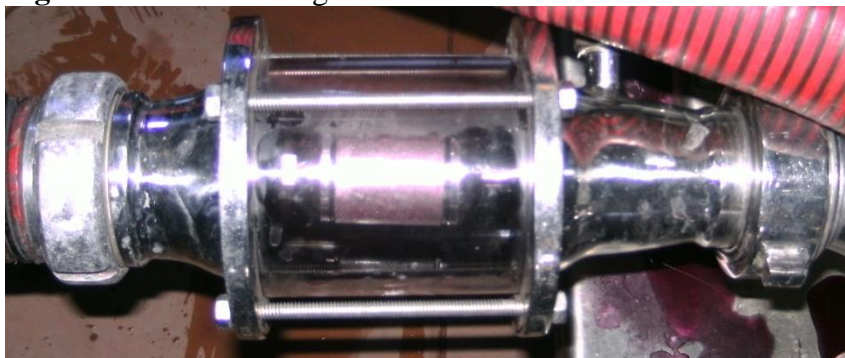


Fuente: INVIA, 2013.

3.3.5.3. Difusor de Gases.

Se utiliza para inyectar el gas Nitrógeno un dispensador de gases de uso Enológico, compuesto por mirilla con difusor, válvula Inox de entrada de gas con acople para manguera. Completamente desmontable para facilitar al máximo las labores de limpieza y reparación.

Figura 3-6: Difusor de gases.



Fuete: Elaboración propia, 2013.

3.3.5.4. Mangos para la manguera.

Para conectar la manguera a cada parte del sistema se necesitan mangos de acero inoxidable como los que se ven en la fig. 3-7.

Figura 3-7: Mangos para manguera.



Fuente: INVIA, 2013.

3.3.5.5. Medidor de caudal.

Para la medición del caudal se utiliza un medidor de flujo modelo “SA”.

El medidor “SA” da una lectura digital y permite:

- La lectura instantánea del caudal en l/h.
- La cantidad de producto en un momento determinado en litros o hectolitro.
- Establecer el ajuste del umbral del producto a medir.

Figura 3-8: Medidor de Caudal.



Fuente: INVIA, 2013.

3.3.5.6. Depósito para recepción de vino.

Debido a la necesidad de un depósito que tenga una buena superficie, pero pequeña altura, para que ahí se produzca el arrastre de oxígeno. Se ve por conveniente utilizar un depósito Inox o plástico horizontal.

3.3.5.7. Botellones de Nitrógeno.

La empresa cuenta con un Stock anual de Tubos de Nitrógeno de 8 m³ de volumen a 200 Psia. de presión como el que se muestra en la Figura 3-9, se utilizan estos contenedores para el sistema.

Figura 3-9: Botellón de Nitrógeno.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

3.3.6. Costos estimados e inversión para el sistema.

A continuación se presenta un resumen de costos elaborados con precios consultados, a modo de ejemplificar o aproximar la inversión necesaria.

3.3.6.1. Costo de Máquinas y equipos.

En la tabla III-17. Se muestra un detalle de precios en Dólares americanos consultados en internet de las máquinas y equipos que requiere el sistema.

Tabla III-17: Precios de materiales y equipos para el sistema de desgaseado.

Item	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio unitario (USD)	Total (USD)
1	Bomba de canal lateral	Pza	1	437	437
2	Manguera Modelo VIAENO	Metro	15	26	390
3	Difuso de Gases	Pza	2	422	844
4	Mangos para Manguera	Pza	4	40	160
5	Válvula de mariposa	Pza	2	130	260
6	Medidor de flujo modelo "SA"	Pza	1	350	350
7	Depósito Inox horizontal 304	Pza	1	3.813	3.813
8	Tubos de Nitrógeno	Pza	4	1.200	4.800
TOTAL					11.054

Fuente: Elaboración propia, 2013.

3.3.6.2. Costo de Instalación.

La hora hombre de trabajo cuesta 15 BOB (Aproximadamente 2 USD) Para los operarios.

Para la instalación del Sistema se necesitarán cuatro Hombres que trabajen durante 6 horas.

Por lo tanto el costo de la mano de obra para la instalación:

$$2 \text{ USD/hr} \times 6 \text{ horas} = 12 \text{ USD} \times 4 \text{ operarios} = 48 \text{ USD}$$

3.3.6.3. Costo total aproximado.

El costo total entonces será el costo de la mano de obra más el costo total de la maquinaria y equipos. Un total de 11.102 dólares americanos.

3.3.6.4. Costo de operación.

Para operar el sistema sólo se necesita de un operario que controle la dosificación de nitrógeno, el caudal operativo y supervise el correcto funcionamiento de la bomba.

Por lo tanto el costo es 2 USD/hr de trabajo, lo que equivale a 16 USD por día.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.

Luego del estudio e investigación realizados durante el proceso de producción de vino de la gestión 2013, se llega a las siguientes conclusiones:

- Se realiza una descripción clara del proceso de vinificación que siguen los vinos en Viñedos y Bodegas Campos de Solana, que es la base para la realización del proyecto, ya que mediante este proceso se realiza el seguimiento al vino paso a paso gracias a la orientación proporcionada durante el proceso de vinificación previamente elaborado.
- La metodología que sigue el HACCP o análisis de puntos críticos de control, fue una excelente herramienta en el desarrollo de la etapa de investigación del trabajo, ya que proporciona un serie de pasos que se lograron adecuar a las necesidades del presente proyecto, remarcando que en ningún momento el proyecto se desvió hacia la inocuidad alimentaria, solamente se adecuaron con éxito los principios de la metodología HACCP al estudio de los puntos críticos de incorporación de oxígeno al vino.
- Se realizó una revisión a todo el proceso de vinificación para determinar los puntos críticos de control que son los siguientes:
 - ✓ Trasiego
 - ✓ Remontaje – Homogenización
 - ✓ Corte o mezcla de Vinos
 - ✓ Desborre
 - ✓ Filtración
 - ✓ Estabilización Tartárica por frío

- ✓ Transporte de vino
- ✓ Embotellado

- Como complemento, se elabora un diagrama de flujo del proceso en donde se indican los puntos críticos de control, dicho diagrama fue de gran importancia ya que gracias a este no se pasó por alto ningún proceso donde se debía realizar las mediciones de oxígeno, se demuestra de manera gráfica como el vino está en contacto con el oxígeno durante todo el proceso.

- En cuanto a los requerimientos de monitoreo se llega a la conclusión de que es necesario que un encargado lleve el control en las variaciones del oxígeno disuelto en el vino a lo largo del proceso en coordinación con el personal de planta, principalmente con los operarios de bodega, se debe hacer una costumbre en ellos el informar inmediatamente antes y después de realizar una operación en el vino en donde sea necesario realizar las mediciones del oxígeno.

Entre los materiales de laboratorio requeridos están:

- Vasos de Precipitado
- Piseta con agua destilada
- Paño suave
- Botellas de 375 ml para muestras de vino.

El equipo necesario es el oxímetro digital HACH con el que cuenta Campos de Solana.

- Se pudo establecer específicamente qué equipos afectan en la disolución de oxígeno realizando una descripción de las características de los mismos, con esto se puede saber que cada vez que se utiliza uno de estos equipos se está aportando oxígeno al vino en cierta cantidad. Por lo tanto la conclusión es que donde

interviene uno de los equipos descritos, se trata de un punto crítico de control. Los equipos que se toman en cuenta son:

- ✓ Las 6 Bombas centrífugas, queda establecida la similitud entre estas.
 - ✓ La bomba Pistón
 - ✓ Filtro de tierras VELO
 - ✓ Sistema de estabilización Tartárica por frío
 - ✓ Camión Cisterna
 - ✓ Sistema de embotellado
-
- Se realizó un monitoreo óptimo de los Puntos críticos de control que comienza el 01 de abril del 2013, fecha en el que realiza el primer desborre de vino tinto varietal en la bodega. El monitoreo permite obtener datos para cada etapa del proceso de vinificación, gracias a estos datos se puede verificar que sí existe una disolución de oxígeno al vino en todos los equipos anteriormente mencionados, por lo tanto se confirma para las condiciones de Tarija y la bodega de Campos de Solana, lo expresado en la bibliografía consultada.
 - Se realizan tablas donde se muestran los resultados del análisis de los puntos críticos de control del proceso, estas tablas permiten ver claramente cuáles son los Puntos críticos de incorporación de oxígeno al vino. Se llega a la conclusión de que todas las etapas del proceso tienen cierta incorporación de oxígeno al vino, pero solamente algunos procesos tienen un aporte de oxígeno superior al límite crítico establecido y son considerados como Puntos Críticos. Estos son:
 - ✓ Trasiegos con Bomba Pistón
 - ✓ Corte o mezcla de vinos
 - ✓ Transporte del vino
 - ✓ Embotellado

- En el capítulo tres, se propone una serie de posibles medidas a tomar para proteger al vino del oxígeno en todo momento, llegando a la conclusión que la mejor forma es utilizando gases inertes, principalmente el Dióxido de Carbono y el Nitrógeno, por la efectividad que mostraron en los ensayos realizados, así como por su disponibilidad y bajo costo. Con respecto a dichos ensayos se realizan pocos ensayos con Dióxido de Carbono, debido a la alta solubilidad que este tiene en el vino, entonces por orden del Enólogo, se usa este gas sólo para aquellos vinos en los que un poco de Dióxido de Carbono disuelto puede ser beneficioso con respecto a las características organolépticas del vino. Como se describe en el marco teórico en Dióxido de Carbono suele acentuar las características frutales del vino, esto es más beneficioso para los vinos jóvenes, principalmente los blancos.
- Para complementar las medidas correctivas se plantea un sistema de degaseado de vino, concluyendo que en este sistema es posible desplazar el oxígeno en exceso del vino antes de ser embotellado, de esta manera estamos asegurando al producto. Se plantea como última medida a tomar cuando por diferentes razones el vino llega al proceso de embotellado con cantidades excesivas de oxígeno. Se puede ver que existe una inversión importante para implementar el sistema, más aún la bodega tiene que analizar si es conveniente y viable para ellos implementarlo.

4.2. Recomendaciones.

Después de haber realizado la investigación, elaborado el proyecto y revisadas las conclusiones, se recomienda lo siguiente:

- Es primordial que se continúe investigando y realizando ensayos acerca de la problemática del oxígeno disuelto en los vinos. El presente proyecto pone en evidencia a los puntos donde existe incorporación de oxígeno durante el proceso

de producción, y plantea las posibles alternativas de solución. Se recomienda una investigación desde un punto de vista más enológico donde se muestre claramente los efectos del oxígeno en los vinos, entonces tomar este proyecto como un comienzo que dé lugar a una serie de investigaciones al respecto.

- Se cree necesario complementar este proyecto, realizando una investigación similar, pero estudiando durante dos años o más los efectos del oxígeno a los vinos en barricas y también la cantidad que se disuelve en ésta a lo largo del tiempo.
- Se recomienda que no se tome a la ligera los puntos identificados como puntos críticos, ya que para mejorar la calidad de los vinos es necesario controlar los niveles de oxígeno a lo largo del proceso.
- Capacitar a los operarios de bodega respecto al tema para generar conciencia, ya que muchos de los descuidos parten de ellos. Con la colaboración de los operarios es más fácil controlar los niveles de oxígeno disuelto en los vinos, indicar desde lo básico como evitar grandes distancias en trasiegos sin uso de gases inertes, evitar turbulencias siempre que sea posible, etc.
- Ver la posibilidad de implementar un generador de nitrógeno propio para la bodega, y partiendo de ahí, se puede gestionar que varios tanques o depósitos se conecten entre sí y tengan una fuente de nitrógeno automatizada por control automático, en estos tanques se mantendría una atmósfera inerte todo el tiempo.
- Se debe tratar la posibilidad de realizar ensayos a escala piloto de un pequeño sistema de desgaseado similar al planteado en el proyecto, en este sistema piloto confirmar la efectividad del proceso para poder implementar el sistema a escala macro.

- El control de la calidad de un buen vino viene desde la materia prima, por lo tanto se debe trabajar intensamente desde los viñedos para tratar de tener uvas de la mejor calidad, de esta manera se reducen los problemas que trae consigo el oxígeno disuelto, ya que uvas más sanas tienen una menor tasa de oxidación tanto en el mosto como en el vino resultante.