

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE VINIFICACIÓN DE LA
VARIEDAD BLANCA CHARDONNAY EN LA LOCALIDAD DE
PALMILLA, VI REGIÓN.**

TIBISAY ANDREA BAESLER ESCOBAR

SANTIAGO – CHILE

2015

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE VINIFICACIÓN DE LA VARIEDAD
BLANCA CHARDONNAY EN LA LOCALIDAD DE PALMILLA, VI REGIÓN.**

**OPTIMIZATION OF THE PROCESS TO FERMENTATION THE WHITE
GRAPEVINE CV. CHARDONNAY, IN COLCHAGUA VALLEY, PALMILLA, VI
REGION.**

TIBISAY ANDREA BAESLER ESCOBAR

SANTIAGO – CHILE

2015

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE VINIFICACIÓN DE LA VARIEDAD
BLANCA CHARDONNAY EN LA LOCALIDAD DE PALMILLA, VI REGIÓN.**

Memoria para optar al título
Profesional de Ingeniero Agrónomo
Mención Enología y Viticultura

TIBISAY ANDREA BAESLER ESCOBAR

PROFESOR GUIA	Calificaciones
Sr. Marcos Mora G. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6.5
PROFESORES COLABORADORES	
Sra. Maruja Cortés B. Ingeniero Agrónomo, Mg.	6.0
Sr. Mauricio Galleguillos T. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6.0

SANTIAGO – CHILE
2015

Dedicado a mi abuelo Mario que siempre me cuida.
Quiero agradecer a Mario, Isy, Trini, mi familia y mis abuelas, ellos me dieron la fuerza y las ganas de poder seguir y terminan este proceso tan importante de la carrera.

El apoyo de los Profesores Nicolas Magner y Marcos Mora, ambos me ayudaron a dar vuelta la página y mirar adelante pensando positivo, infinitas gracias por su apoyo.

Además, dar las gracias a mi querida Universidad de Chile donde viví momentos inolvidables, en especial junto a mis amigos más queridos que aun están junto a mí en las buenas y las malas, Carolina Miranda, Juan Carlos Riveros, Brisilla Villagran, Sindy Duran, Macarena Barros, Mariela Valencia, Natalia Calderón y Alejandra Machuca.

INDICE

RESUMEN _____	3
ABSTRACT _____	4
INTRODUCCIÓN _____	5
MATERIALES Y MÉTODOS _____	9
Lugar del estudio _____	9
Materiales _____	9
Método _____	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	11
Llegada de camiones a la bodega. _____	11
Recepción. _____	13
Proceso de despalillado y molienda. _____	14
Proceso de Prensado y llenado cuba de decantación. _____	17
Decantación y trasiego. _____	20
Inoculación y Fermentación. _____	22
Análisis de datos y definición de características estocásticas de cada proceso _____	25
Optimización del diseño de la planta. _____	26
Utilización de recursos de la bodega. _____	28
Colas de espera en el modelo. _____	30
Validación del modelo _____	31
Optimización del diseño de la bodega. _____	32
Minimizando el tiempo de espera en recepción de uva _____	33
Minimizando el tiempo de espera en despalillado- molienda y prensa _____	34

Maximizando la producción de vino en 75 días.	34
CONCLUSIÓN	36
BIBLIOGRAFIA	39

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE VINIFICACIÓN DE LA VARIEDAD BLANCA CHARDONNAY EN LA LOCALIDAD DE PALMILLA, VI REGIÓN DE O'HIGGINS.

RESUMEN

La simulación de eventos discretos, es una herramienta que permite planificar sucesos diarios del entorno, estableciendo un modelo computacional. Dicha herramienta tiene una amplia utilización en la gestión de operaciones de empresas, permitiendo mejorar los diseños de planta y distribución de sus recursos. El sector vitivinícola chileno se encuentra en la búsqueda de nuevas herramientas que permitan mejorar los procesos productivos que se encuentran asociados a la elaboración del vino. Por lo anterior, los objetivos de este estudio se centran en desarrollar un modelo de simulación discreta que permita predecir el comportamiento de las etapas productivas asociadas a la elaboración de vino blanco. Para esto se describen los procesos fundamentales en la producción y elaboración del vino, definiendo las características estocásticas de cada proceso en función de las distribuciones de probabilidad que caracterizan a cada proceso. De esta forma el estudio propone estrategias de dotación de recursos de planta a través de la optimización del desempeño de la viña objeto de estudio. El modelo arrojó una producción de 1.548.000 litros de vino blanco chardonnay durante 75 días, en comparación con los datos registrados por la viña con un total de 2.100.000 litros de vino blanco chardonnay durante toda la vendimia. Lo que se probó fue llegar a un ajuste de litros más cercana a los 2.100.000 en 75 días, que son los días de cosecha del chardonnay. Como conclusión, Aumentando el equipo de molienda, la cantidad de bins y manteniendo la dotación de gente, se podrá llegar a 1.998.000 litros de vino chardonnay en 75 días.

PALABRAS CLAVES

Vino chardonnay, simulación de eventos discretos, optimización de procesos

**OPTIMIZATION OF THE PROCESS TO FERMENTATION THE WHITE
GRAPEVINE CV. CHARDONNAY, IN COLCHAGUA VALLEY, PALMILLA, VI
REGION TO O'HIGGINS.**

ABSTRACT

Discrete event simulation is a tool for planning daily events of the environment, establishing a computational model. This tool is widely used in managing business operations, enabling better design and distribution of plant resources. The Chilean wine industry is in the search for new tools to improve production processes that are associated with winemaking. Therefore, the objectives of this study will focus on developing a discrete simulation model to predict the behavior of the production stages associated with the production of white wine. For this describes the key processes in the production and wine making, defining the stochastic characteristics of each process based on probability distributions that characterize each process. The model yielded a production of 1.548 million liters of chardonnay wine for 75 days, compared with the data recorded by the cellar with a total of 2.100 million liters of chardonnay wine for the harvest. What we seek is to an adjustment to the nearest liter 2.100 million liters in 75 days, which are days of harvest chardonnay. In conclusion, increasing the milling equipment, the number of bins and keeping the people numbers, may reach 1.998 million liters of chardonnay wine in 75 days.

KEYWORDS

Chardonnay wine, discrete event simulation, process optimization

INTRODUCCIÓN

La producción de vinos total del año 2013 alcanzó 1.282.095.225 litros, superior en un 2.1% al año anterior. Las mayores producciones de vinos se localizan en las regiones del Maule, libertador Bernardo O'Higgins y Metropolitana respectivamente, totalizando el 91.8 % del total, concentrando en la Región del Maule el 46.3% de la totalidad de vino producido en el país. (SAG, 2013).

En relación a la producción de vinos con denominación de origen que alcanzó a 1.074.639.959 litros, el 70.5% equivalente a 757.477.817 litros, correspondió a vinos provenientes de cepajes tintos y el 29.5% equivalentes a 3178.162.142 litros, a vinos provenientes de cepajes blancos. (SAG, 2013).

Al analizar las producciones en relación a los tipos de cepajes blancos, el sauvignon blanc tienen un 14.9% y el chardonnay un 8.9%, el diferencial son tintos y algunas cepas blancas menores. (SAG, 2013).

La industria vitivinícola chilena ha experimentado un crecimiento desde el año 1990, basada en el aumento de las oportunidades que ofrecen los mercados internacionales (SAG, 2011). Chile es uno de los principales agentes al participar en cerca del 5.6% de las exportaciones mundiales de vino. La producción nacional de vino es de aproximadamente 6 millones de hectolitros anuales, lo cual representa en torno al 2.3% de la producción mundial. (Vinos de Chile, 2013).

El éxito internacional de la industria vitivinícola depende de la habilidad de las empresas en diversificar sus productos, y en la obtención de ventajas competitivas por medio de la reducción de costos a través de la modernización en todos los segmentos de la producción, desde el viñedo hasta la bodega y la comercialización del producto (ODEPA 2010).

La cantidad de bodegas de vino en Chile en el año 2011, fue de 339; que se distribuyen regionalmente en 133 bodegas (39.2%); en Maule, 81; en O'Higgins (23.8%) seguidas por la Metropolitana con 62 bodegas (18.2%) (INE, 2011).

La capacidad de guarda de las bodegas censadas llegó a 1.949,8 millones de litros, que representa un aumento de 7.9% respecto al valor obtenido el año 2004. (INE, 2011).

La principal motivación que tiene esta investigación es implementar un método de simulación de eventos discretos en la vinificación de la variedad chardonnay, con el fin mejorar la gestión operacional del proceso. La vinificación del chardonnay, tiene diversas etapas e insumos, por lo tanto se eligió esta variedad porque abarca un proceso más complejo y amplio de vinificación.

En relación a la definición de las áreas fundamentales de este trabajo, es necesario entender por gestión de operaciones al conjunto de actividades de las empresas que le permiten responder a las demandas explícitas e implícitas del consumidor.

El aporte que se busca en esta investigación es tener una herramienta útil para la gestión, basada en la simulación de eventos discretos. Las cuales son modelos lógico-matemáticos de un sistema físico, que está descrito por un conjunto de estados en un período de tiempo. Cada cambio de estado es definido en tiempo discreto y es gatillado por un evento. De esta forma, un evento es la causa instantánea de un cambio de estado en un sistema discreto.

De esta forma, para realizar un vino de calidad se requiere uvas adecuadas, un proceso de fermentación controlado, la utilización de materiales, equipos identificados y nivel de personal que conozcan a fondo los procesos realizados en la bodega (ACE 2003).

Una manera de evitar estas fallas durante la temporada es la mejora de la gestión operacional de las viñas. Esta línea de investigación se ocupa de generar capacidades dentro de las empresas para responder a las demandas explícitas e implícitas del consumidor, así la gestión de operaciones en la industria vónica se transforma en una herramienta estratégica para mejorar los procesos en el campo y en la bodega (Alturria *et al* 2008).

Debido a la búsqueda de mejorar la productividad y calidad del vino, mediante una disminución de costos, en conjunto con un aumento en la eficiencia de los recursos de la bodega (horas/hombre y horas/maquina), se ha desarrollado herramientas de gestión, situación que lleva, en numerosos casos, a la implementación de soluciones de carácter general, complementadas con algunos desarrollos científicos y el uso de aplicaciones informáticas como hojas de cálculos y la creación de bases de datos para capturar la información y poder tomar decisiones de forma más acertada (Molina, 2004).

La manera de aumentar la calidad del vino, por ejemplo, es teniendo un mejor manejo y organización de los tiempos, desde la recepción de la uva en el patio de acopio hasta ser procesada en el pozo de volteamiento de bins, uno de los problemas que evitaríamos sería la pudrición y aplastamiento de la uva (maceración) en el lugar de acopio, por ser dejadas más del tiempo necesario en espera. Por otra parte utilizar mejor los recursos de la bodega, es indispensable para mejorar la productividad, el objetivo es disminuir los tiempos muertos desde la recepción a la fermentación del producto, incluyendo el tipo y estado de la maquinaria a utilizar (bombas, prensas, filtros, etc) como de los operarios que las manejan y mantienen.

La simulación de modelos productivos sirve para desarrollar y validar el diseño de las plantas industriales de manufactura, permitiendo comparar varios escenarios diferentes de tal manera que se pueda predecir el comportamiento de cada uno de ellos optimizando la entrada y salida de productos, los flujos de material, empleo de recursos, mejora la logística interna e identificar problemas del diseño de la planta operaciones y fuentes de inproductividades que no aportan valor al producto final (Castrillón, 2008); Law y Kelton,

2000, la ventaja de utilizar el software es que se puede analizar un diseño de bodega sin necesidad de construirlo o perturbarlo. Esto determina la existencia de múltiples posibilidades a considerar para optimizar o modificar un proceso existente, pues no existe impacto de cualquier perturbación en el sistema (Heizer y Render, 2004).

La simulación se utiliza para mejorar la toma de decisiones. Las decisiones se clasifican en tres categorías: estratégico, operativo y de control. Las decisiones estratégicas tales como la selección de la ubicación de una instalación de un significado a largo plazo. Decisiones de operación se refieren a las decisiones sobre la producción para satisfacer la demanda. Estas decisiones se toman en un marco de tiempo semanal o mensual. Decisiones de control se refieren a problemas en la ejecución. Los modelos de simulación pueden ser utilizados para evaluar las políticas (como las políticas de gestión de inventario) o para predecir el resultado de una alternativa específica (Montazer et al, 2003).

La simulación tiene aplicación en escenarios tales como hospitales, desarrollos urbanísticos, policía, sector bancario, etc., También en empresas mineras tal es el caso de un estudio realizado por Everett (2010), quien perteneció a la University of Western Australia, creó un modelo de simulación referente a la extracción de hierro, ocupando como indicador de desempeño el tiempo de transporte del mineral de un punto de la mina a otro.

Las herramientas de simulación son sin duda una valiosa ayuda para la optimización de procesos. El esfuerzo analítico requerido para la modelización contribuye en profundidad al funcionamiento del sistema real, obteniendo información relevante sobre el impacto de posibles modificaciones. (López *et al* 2006).

En la industria agrícola se ha incursionado, tal es el caso de la creación de modelos de simulación estocásticos con datos climáticos para usos agronómicos, donde se desarrollo en base al tiempo y validado por rango de climas (Larsen y Pense, 1982).

Las herramientas de simulación son sin duda una valiosa ayuda para la optimización de procesos. El esfuerzo analítico requerido para la modelización contribuye en profundidad al funcionamiento del sistema real y una vez terminado el modelo es posible obtener información muy relevante sobre el impacto de posibles modificaciones en él (Larsen y Pense 1982).

La metodología de este estudio se basó en un levantamiento de datos reales en la bodega de Santa Rita Palmilla VI Región de O'Higgins, donde durante una temporada completa se cronometro cada proceso y sus etapas, luego analizando las más representativas y finalmente concluyendo en simulaciones para mejorar eficiencia y productividad de la bodega.

De acuerdo a lo anterior la estructura de este documento sería un capítulo de Materiales y Métodos, donde se describen los materiales a utilizar para recopilar la información y las

pautas que fueron creadas para así poder armar una simulación real, el siguiente capítulo se refiere a los Resultados y Discusión, donde se analiza cada una de las etapas de la simulación y se van comparando con lo real, también incluyendo la validación del modelo y la optimización del diseño de la bodega. Terminando con las Conclusiones, donde se aclara como punto importante que hay demora del proceso en la etapa de molienda y llenado de prensas.

Objetivo General

Desarrollar un modelo de simulación de eventos discretos que permita predecir el comportamiento de los procesos productivos de una bodega de vino blanco Chardonnay.

Objetivos específicos

Describir los procesos de la producción de vino Chardonnay desde la recepción hasta la etapa de fermentación alcohólica.

Definir características estocásticas de cada proceso en función de las distribuciones de probabilidad de los tiempos que las caracterizan.

Construir un modelo de simulación de eventos discretos.

Proponer estrategias de diseño de planta y procesos para optimizar el desempeño de la bodega estudiada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del estudio

El estudio fue realizado durante la temporada de vendimia 2011, en la bodega de vinificación de la Viña Santa Rita, ubicada en Palmilla, Santa Cruz, VI Región de O'Higgins.

Materiales

El ensayo se basó en la representación gráfica de la bodega a través de un modelo productivo ocupando el software de simulación ARENA en el cual se representó los procesos involucrados en la elaboración de vinos. Cada etapa seleccionada fue sometida a una incesante recopilación de datos en relación al tiempo productivo de cada procedimiento en unidades de tiempo (hora) tomando en consideración a su vez los recursos limitantes de cada etapa y problemas que se puedan ocasionar durante la vendimia, como bombas defectuosas, escasez de cubas y retraso en la recepción de uva en el pozo.

Los datos fueron obtenidos en base al tiempo productivo de cada etapa de elaboración, utilizando un cronómetro para las mediciones cortas y tomando un tiempo aproximado en días para las etapas de fermentación y decantación.

Todos los datos fueron incorporados a una tabla Excel con la finalidad de tener un mayor orden.

Método

Objetivo 1: Describir los procesos de la producción de vino Chardonnay desde la recepción hasta la etapa de fermentación alcohólica.

Se revisó bibliografía enológica de modo de describir cada uno de los procesos de vinificación. Luego, a través de la observación directa de la planta, se estableció un esquema lógico de los flujos de insumos y productos elementales en el proceso de vinificación.

El esquema lógico se elaboró de acuerdo a la metodología de diagrama de flujo, utilizando símbolos con significados bien definidos que representan los pasos del algoritmo, y representan el flujo de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de inicio y de término (Heizer y Render 2004).

Objetivo 2: Definir características estocásticas de cada proceso en función de las distribuciones de probabilidad de los tiempos que las caracterizan.

Se construyeron pautas de toma de datos para cada uno de los procesos descritos en el objetivo anterior. Cada pauta debió ser completada con mediciones de tiempo con un mínimo de 48 repeticiones en cada uno de ellos. Una vez teniendo los datos de tiempo, se ajustó la mejor distribución de probabilidad de acuerdo al test estadístico de Kolmogorov-Smirnov para verificar el grado de significancia del ajuste (Massey, 1951). El tiempo se midió a través de un cronómetro en diferentes días durante la vendimia.

Objetivo 3: Construir un modelo de simulación de eventos discretos.

Una vez descritos los procesos de acuerdo a sus características estocásticas se procedió a implementar el diagrama de flujos junto con las distribuciones de probabilidad de cada uno de ellos utilizando el software Arena 10.

Objetivo 4: Proponer estrategias de dotación de recursos humanos y materiales que optimicen el desempeño de la bodega.

Una vez implementado y probado el modelo, se procedió a definir escenarios con distintas dotaciones de recursos tanto humanos como materiales con el objetivo de encontrar estrategias que optimicen el desempeño de la planta.

Debido a la complejidad del sistema (modelo), se establecen algunos parámetros de mayor interés para el análisis. Todos los parámetros resultaron reflejar en forma razonable la realidad de la bodega. Los parámetros son los siguientes:

- Capacidad de recepción máxima de la bodega. Determinar los kilogramos máximos de uva que puede recepcionar la bodega para que los procesos no se vean sobre exigidos, mejorando la planificación de la vendimia.
- Minimizar colas de producción. Disminuir el tiempo de espera de los procesos para lograr una producción más fluida maximizando los recursos de la bodega.
- Capacidad máxima de fermentación. Determinará los litros que se producirán y los recursos que estarán involucrados en la mantención y guarda del vino. Esto está ligado a los recursos limitantes de la bodega como son las cubas.
- Optimización de procesos mediante la combinación de recursos. Se realizarán optimizaciones con la finalidad de mejorar el uso de los recursos de la bodega, disminuyendo los tiempos de espera para cada proceso en función de los recursos más utilizados en la bodega.

El análisis de datos se realizó en el programa ARENA, se basó en los estudios hechos por Tan *et al* (2002), y Kleijnen (2005) quienes utilizaron la herramienta input analyzer . Para poder determinar la distribución de los datos, se sometieron al test de Kolmogorov-Smirnov, para determinar si los datos se ajustan a un grupo amplio de distribuciones de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este modelo explica detalladamente los procesos que ocurren en la vendimia desde la llegada de la uva a la planta hasta la transformación en vino bruto.

Dentro del modelo se crearon submodelos, con la finalidad de distinguir todos los procesos involucrados en cada etapa, generalizado por sector, ayudando a entender mejor el modelo y funcionamiento de la planta en estudio.

El modelo está basado en el estilo de producción de la viña y la elaboración de sus vinos blancos varietales

Para validar el modelo de simulación se utilizó el nivel de producción actual de la bodega. Una vez validado el modelo se generaron optimizaciones del sistema, ayudando a incrementar la producción durante la vendimia, a través de una mejora en el flujo continuo de elaboración del vino, optimizando el tiempo productivo y recursos limitantes de la planta.

Se mostrará en orden de los procesos de la producción del vino chardonnay por cada fase determinada por observaciones directas, donde se presentará su resultado y discusión.

Primera fase: Llegada de camiones a la bodega.

A la bodega llegan alrededor de 14 camiones por jornada de uva banca chardonnay con 30 a 60 bins, cada uno pesando aproximadamente 450 kg, con una capacidad de 14.000 kg a 30.000 kg de uva por camión, dependiendo si es un camión solo o con acoplado respectivamente. Por lo general en la bodega de Palmilla de Santa Rita, las llegadas de camiones son planificadas semanalmente, por lo tanto está muy claro cuál es la cosecha del día y la cantidad de camiones a recepcionar. Para poder crear la llegada de camiones se creó un circuito que genera entradas de camiones diarios a la bodega como se observa en figura 1.

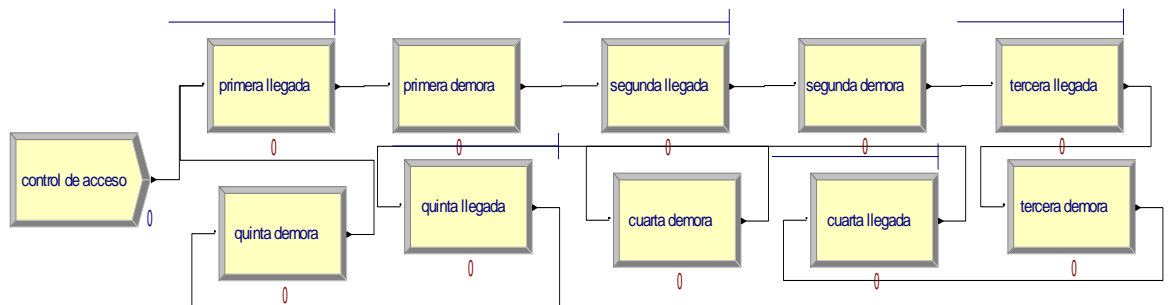


FIGURA 1. Ciclo llegada de camión a la bodega.

La figura 1, explica el modelo de entrada de camiones a la bodega. La cantidad de camiones diarios depende del modelo de llegada de camiones durante la temporada. En las fotos 1y 2 , de la figura3, se presenta la entrada de camiones a la bodega y la caseta de romana donde son pesados y destarados.

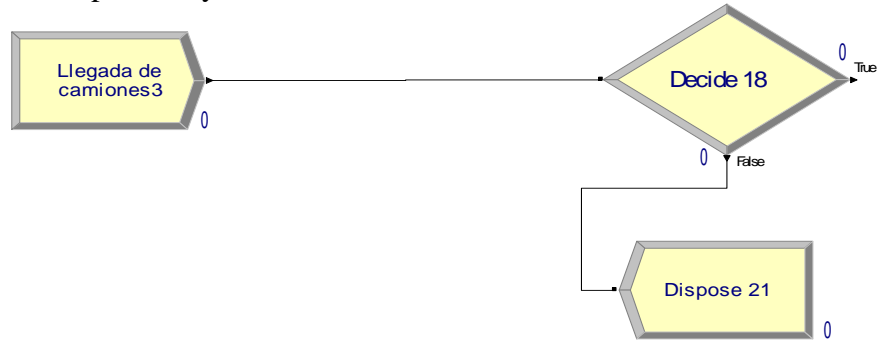


FIGURA 2. Modelo de llegada de camiones.



Foto1

Foto2

FIGURA 3. Fotos de entrada a la bodega y romana.

Segunda fase: Recepción de fruta.

Los camiones al llegar a la bodega pasan por la romana, en ella se encuentra un solo operario, el cual pesa y destara el camión para conocer la cantidad de bins y el peso neto de la uva. Luego de determinar el peso bruto del camión, este se dirige al patio de vendimia, donde espera su turno para ser descargado. Los bins con uvas son intercambiados por bins vacíos para que el camión se dirija nuevamente a la romana al destare. Los bins con uvas son rotulados con el nombre del productor, número de bins y variedad. En esta etapa participan tres operarios, dos con un grúa horquilla, el primero descarga los bins con uva y los ordena en el patio el segundo va ubicando los bins vacíos en el camión para su destare y el tercer operario es el jefe de patio que indica donde tienen que ser ubicados los bins con uva para ser procesados, tal como se observa en la figura 4. Foto 3 y 4, de la figura 5 muestran como se distribuyen los bins en el patio de acopio y los bins vacíos.

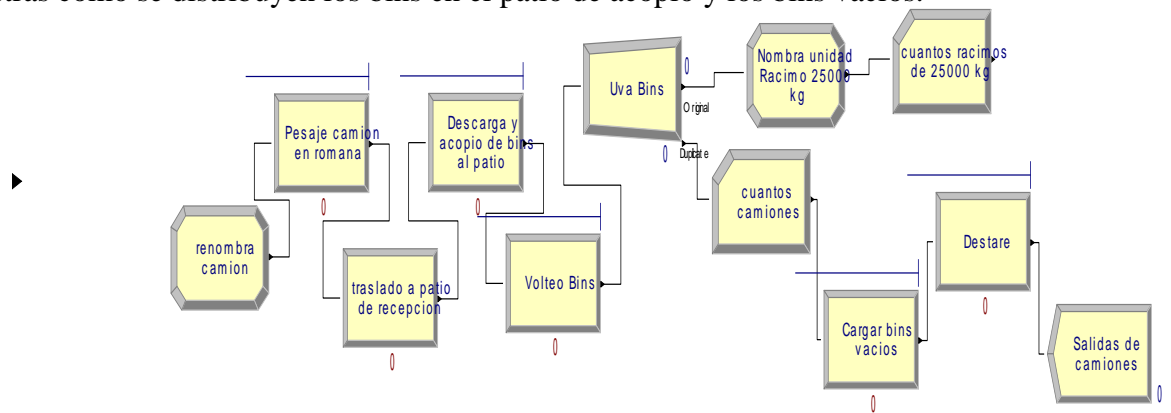


FIGURA 4. Submodelo de recepción de uva en patio de vendimia.



Foto3

Foto4

FIGURA 5. Foto patio de Acopio de Bins y Bins vacíos.

Tercera fase: Proceso de despalillado y molienda.

Los bins son descargados con su peso real y propiamente identificados, entran al circuito de despalillado - molienda. Los bins son volteados en el pozo de recepción, donde por medio de un sinfín de acero inoxidable son transportados los racimos a una cinta, la cual los lleva a la despalilladora. En la actualidad es común encontrar despalilladoras horizontales; son de acero inoxidable con rotación del tambor y eje en sentido contrario. Este tipo de equipos cuentan con un moto variador de velocidad, con el fin de poder regular el menor número de vueltas, en el cual el raspón sale limpio, lo que lleva consigo una menor lesión al raspón, hollejos, etc. Tienen que estar preparadas para despalillar en el porcentaje deseado (Peynaud 2003). Existen diferentes tipos de moledoras, tal es la moledora a rodillos las que giran en sentidos inversos; la separación de los rodillos regula la molienda, también llamada moledoras corrientes. Las moledoras en láminas, no tienen más que un cilindro rotativo aplastando la uva contra una plancha con perforaciones. Moledora de perfiles conjugados, en forma de cruz, moledoras rotativas horizontales, ambas trabajan en proyección y rotura de las uvas efectúan al mismo tiempo el despalillado. Por último la centrifugadora vertical, gira a gran velocidad ejerciendo una presión alta en la uva (Peynaud 2003).

A continuación, las bayas, ya despalilladas, pasan por un intercambiador de frío (chiller) para regular la temperatura de la uva, esta se debe mantener a bajas temperaturas (7-10 °C) luego se dirige a la prensa y evitar oxidaciones, este proceso de cuidado de la uva, no siempre es utilizado en una variedad neutra como el chardonnay, hay viñas que prefieren en esta etapa oxidar parte de la uva sin protección para así conseguir otro estilo de vino tanto en aromas como su evolución en boca. Es en la carga de las prensas donde hay que juntar la cantidad de bins necesarios para llenar las 4 prensas consecutivamente de una sola vez y no parar, así maximizamos tiempos y recursos. En el proceso de despalillado se pierde el 6% del peso correspondiente a la separación de la baya del escobajo, en esta etapa trabajan 5 personas.

El proceso de prensado con este tipo de prensas en altura, es una innovación en la industria del vino, por lo general las prensas están a nivel del suelo, y su descarga es mucho más lenta, por medio de cintas transportadoras, a diferencia de lo que ocurre en la bodega de Palmilla, donde las descargas son por gravedad, al estar en altura, esto ayuda a rotar más veces las prensas y poder recibir mayor cosecha diaria.

Las Figuras 6, 7, 8, 9 y 10, muestran claramente las etapas y los recursos más importantes que involucran esta parte del proceso.

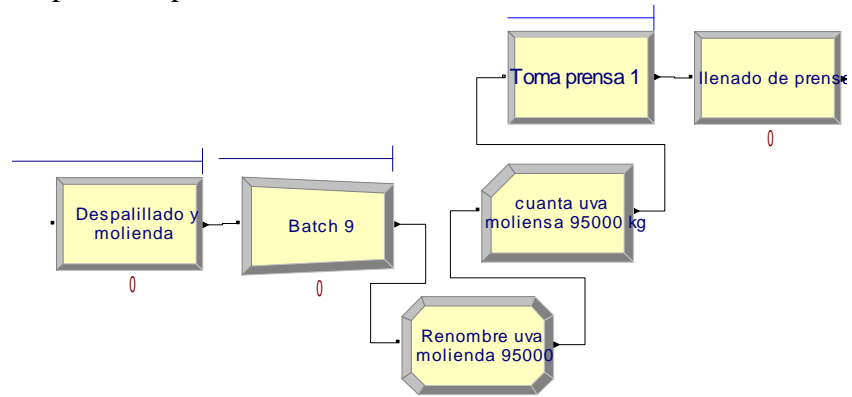


FIGURA 6. Modelo proceso de despalillado y molienda.



FIGURA 7: Foto zona de despalillado y molienda.



FIGURA 8: Foto despalilladora y moledora.

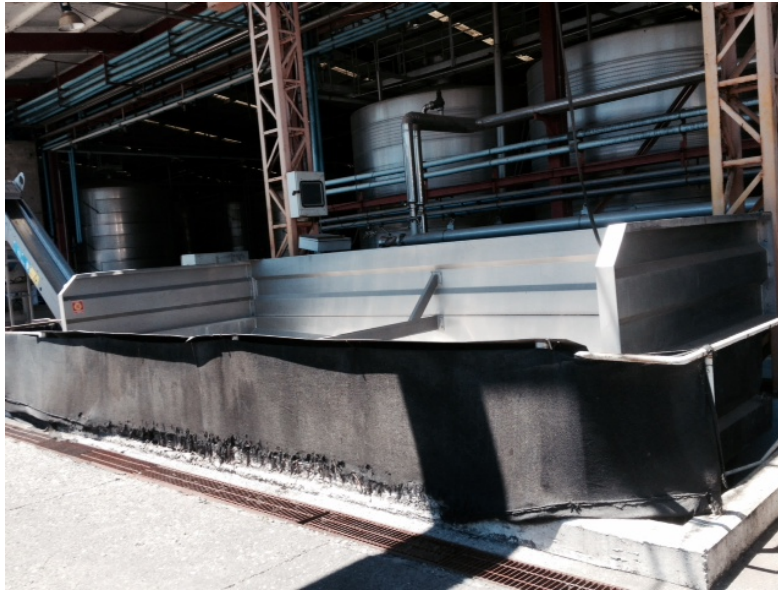


FIGURA 9: Foto pozo de recepción.

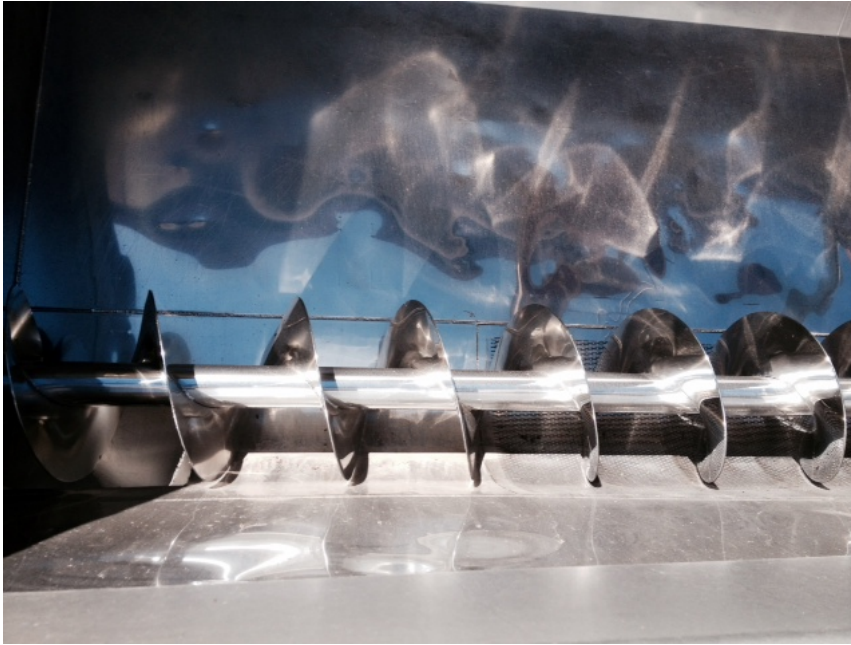


FIGURA 10: Foto pozo de recepción más sinfín.

Cuarta fase: Proceso de Prensado y llenado cuba de decantación.

Las prensas neumáticas trabajan por medio de inflamiento de una bolsa axial interior de caucho grueso. La bolsa oprime la vendimia contra la jaula cilíndrica de acero inoxidable. El inflamiento se efectúa por medio de un compresor de aire. El prensado se consigue por la presión que libera el pastel de los orujos y por la rotación de la jaula de acero. Son las más utilizadas para la obtención de mostos de calidad encalado (Flanzy 2003 y Bujan 2003). Las diferentes presiones (100-1.800 bares), en diferentes tiempos, saca el mayor mosto posible, esto es un ciclo de prensado. La prensa está conectada a una bomba helicoidal con sensores, en una tina de recepción de mosto, cuyo objetivo es funcionar solo cuando el mosto llega a un nivel determinado, dirigiéndolo a una cuba de decantación, son de acero inoxidable y muchas de ellas con camisas o doble pared para el control de la temperatura, (Ough 1996 y Peynaud 2003). En la tina se aplican las enzimas pectolíticas para mejorar y disminuir el tiempo de decantación de las partículas en suspensión. En el prensado se obtiene un 70% de eficiencia en la extracción del mosto, es decir de 1 kilo de uva se obtiene 700 ml de mosto. Se destinan 2 operarios en el manejo de las prensas.

En el ciclo de prensado se separan dos tipos de mosto, siendo el A el de mejor calidad (presiones más bajas, 200-500 mb), donde se extrae la mayoría de los componentes aromáticos y con las presiones finales (600-1200) se extrae en mosto B, el cual es de calidad inferior, en el cual se extraen componentes fenólicos de las pepas y hay una mayor oxidación del jugo, estos dos tipos de mostos van destinados a diferentes cubas de decantación.

Al terminar el prensado comienza el ciclo de limpieza, el cual es automático.

Figura 12, 13 y 14 muestran la distribución de la batería de prensas, y las cubas de decantación, las cuales son utilizadas en esta etapa del proceso.

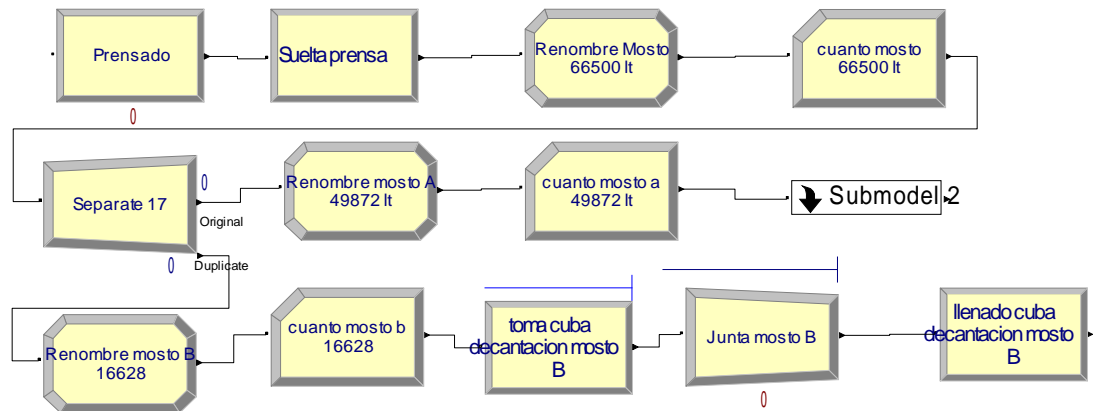


FIGURA 11. Modelo proceso de prensado de uva y llenado de cubas de decantación.



FIGURA 12: Foto batería de prensas.



FIGURA 13: Foto cubas de decantación.



FIGURA 14: Foto cubas de fermentación.

Quinta fase: Decantación y trasiego.

El mosto es llevado a una cuba de decantación, demorando de 12 a 36 horas para que los componentes sólidos se depositen en la base de la cuba (borras). La técnica más simple de decantación es la estática, se debe realizar una ligera sulfitación para prevenir fermentación demasiado precoz, con la aplicación de una refrigeración del mosto. Con el objetivo de mejorar la rapidez y la calidad de la operación se adicionan enzimas pectolíticas con dosis de entre 0.5 y 4g/hl, gelatina, caseína y bentonita, además se pueden utilizar medios mecánicos como son la centrifugación y la filtración, una técnica nueva es la flotación que se realiza a través de un flujo ascendente de finas burbujas de aire o nitrógeno que permite un desmangado eficaz (Flanzy 2003).

Los mostos de igual condición, calidad, cepa y del mismo día de proceso, se juntan para optimizar la utilización de las cubas, luego se realiza un trasiego del mosto a una cuba de fermentación. El jugo es succionado a través de una bomba helicoidal a una velocidad de 12.000 l/h, la cual es manejada por un operario. En el trasiego, se trata de mantener un nivel de 150 a 300 NTU, para Chardonnay (nivel de turbidez) para tener sustrato para que las levaduras puedan proliferar en la fermentación. El rendimiento de mosto que se traslada está ligado a la cantidad de sedimentos (borra gruesa) que se encuentran en la cuba, es esperable tener máximo un 15 % de borra. Por lo general en la industria vitivinícola hay un proceso más efectivo y con mayor rendimiento para limpiar los mostos antes de fermentar, este sistema es la “flotación”, la cual se usa gelatina y una maquina centrifuga la cual homogeniza la gelatina con el mosto. Las borras flotan en vez de decantar y se demoran 4 horas en estar lista no de 12-36 horas, el rendimiento es de un 6%de borra. Es mucho más eficiente y económico pero depende de la decisión del enólogo su uso, ya que la gelatina es más agresiva que una enzima pectolíticas, y puede arrastrar aromas y dejar más expuestos y fenólicos los vinos en su evolución.

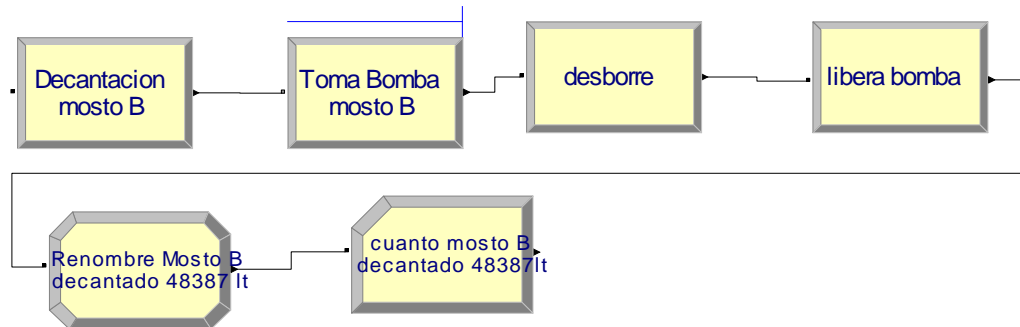


FIGURA 15. Modelo de decantación y trasiego de mosto B.

Para la limpieza de la cuba se utiliza un lavado con agua caliente, aplicación de productos químicos como sanitizante (pereacético) y soda caustica. En este proceso son dos personas las que limpian las cubas en la bodega, demorándose aproximadamente 30 minutos. La figura 16 refleja el modelo del lavado de la cuba para reservas y varietales.

Figura 17 y 18 muestra el proceso de decantación a través de un trasiego de una cuba a otra por medio de una bomba helicoidal.



FIGURA 16. Modelo lavado de cubas.



FIGURA 17: Foto de una instalación para realizar un trasiego de mosto o vino.

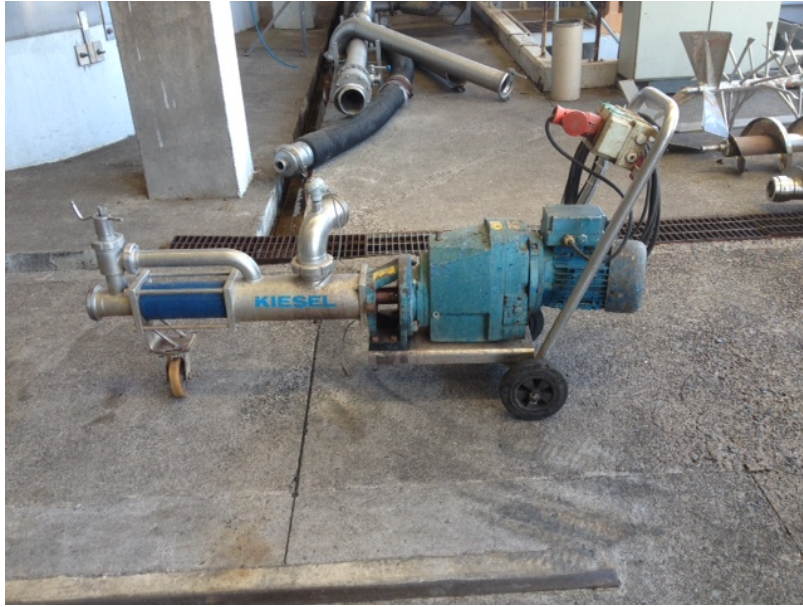


FIGURA 18: Foto de una bomba helicoidal.

Sexta fase: Inoculación y Fermentación.

Después de que el mosto es llevado a la cuba de fermentación, se inocula con levaduras seleccionadas liofilizadas (*Saccharomyces cerevisiae*), donde también se realizan las correcciones correspondientes para cada mosto. Las levaduras se aplican en dosis de 20-25g/hl, la hidratación se realiza con 10 veces el volumen de la levadura seca en agua tibia (35-40°C); se deja por 15 minutos y luego se agrega un 50% de mosto para ambientar (Muller 1999).

Las levaduras son inoculadas en el mosto a 12 °C y la temperatura de fermentación es entre 14-16 °C, partiendo con densidades de 1097 gr/l y terminando con una densidad entre 993 – 990 gr/l. Al finalizar la fermentación se realiza una sulfitación para evitar el pardeamiento y oxidación del vino bruto. Este proceso completo demora entre 12-18 días dependiendo de la cinética de fermentación de las levaduras.

Figuras 19, 20 y 21 , muestras el sector de la bodega donde se encuentran las cubas destinadas para la fermentación, la tina donde se hidratan las levaduras seleccionadas liofilizadas.



FIGURA 19: Foto de batería de cubas de fermentación.



FIGURA 20: Foto de tina para hidratación de levaduras.



FIGURA 21: Foto de envase de levaduras liofilizadas.

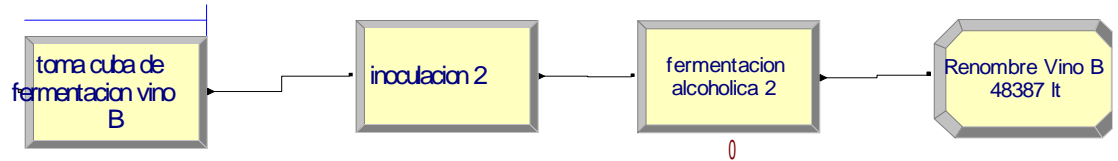


FIGURA 22. Modelo de fermentación vino B.

Características estocásticas de cada proceso.

En el cuadro 1 muestra las distribuciones obtenidas luego de realizar las pruebas estadísticas, las funciones obtenidas fueron configuradas para cada proceso.

Las distribuciones y funciones de input analyzer, fueron determinadas por la cita de corte de 0.45 de Kolmovorov. Sólo se determinó por los resultados y el retraso de la operación, como corte en 7 en el llenado cuba jugo B (6.53)

CUADRO 1. Distribuciones y funciones obtenidas a través de input analyzer

ETAPA	PROCESOS	DISTRIBUCIÓN	ECUACIÓN	Kolmovorov
Recepción	Romana	Beta	$4+27*BETA(0.66, 2.18)$	0,248
Recepción	Desplazamiento camión	Beta	$0.999+24*beta(0.979, 1.61)$	0,101
Recepción	Descarga de bins	Triangular	$TRIA(10, 24.5, 80)$	0,147
Recepción	Destare	Lognormal	$1+LOGN(6.68, 11.6)$	0,276
Recepción	Carga Bins	Triangular	$TRIA(10, 24.5, 80)$	0,147
Despalillado y molienda	Volteo de bins en pozo	Beta	$46+52*BETA(2.97, 6.11)$	0,225
Despalillado y molienda	Despalillado y molienda	Lognormal	$69+LOGN(12.8, 11.2)$	0,229
Prensado	Llenado prensa	Beta	$58+52*BETA(0.327, 0.727)$	0,429
Prensado	Prensado	Exponencial	$90+EXPO(7.5)$	0,148
Prensado	Descarga prensa	Triangular	$TRIA(7.02, 7.73, 9.38)$	0,103
Prensado	Lavado prensa	Lognormal	$14+LOGN(3.28, 3.4)$	0,141
Prensado	Llenado cuba jugo B	Beta	$1.44+0.33+1.44e+0.03*BETA(0.173, 0.135)$	6,530
Decantación y trasiego	Decantación jugo B	Exponencial	$720+EXPO(198)$	0,164
Decantación y trasiego	Desborre jugo B	Triangular	$TRIA(126, 178, 200)$	0,131
Decantación y trasiego	Lavado cuba jugo B	Exponencial	$13+EXPO(3.9)$	0,270
Decantación y trasiego	Llenado cuba jugo A	Exponencial	$720+EXPO(510)$	0,340
Decantación y trasiego	Decantación jugo A	Normal	$NORM(873, 201)$	0,210
Decantación y trasiego	Desborre jugo A	Normal	$NORM(166,28.6)$	0,225
Decantación y trasiego	Lavado cuba jugo A	Beta	$14+10*BETA(0.572, 1.59)$	0,202
Inoculación y fermentación	Inoculación Jugo A y B	Normal	$NORM(1.01e+003, 140)$	0,201
Inoculación y fermentación	Fermentación A y B	Exponencial	$2.02e+004 + EXPO(5.16e+003)$	0,181

Al tener el modelo programado con los análisis estadísticos establecidos, y sus funciones de distribución ya configuradas, se da inicio a la simulación.

Modelo de simulación y optimización del diseño de la planta.

Para optimizar el sistema se utilizó la herramienta llamada "OpotQuest for Arena", que permite generar la optimización basándose en el objetivo de disminuir el tiempo de espera de los procesos, incrementando la producción diaria de vino bruto, obteniendo una mayor capacidad de recepción de uva, y minimizando los recursos utilizados según los resultados obtenidos.

Como ya se describió, se realizó la simulación del modelo construido configurando la simulación. Antes de comenzar se establecieron las características de la simulación. De acuerdo a esto se realizaron 100 repeticiones durante 75 días (aproximadamente la temporada de uva blanca), con un total de 24 horas por día.

Cuatro procesos tuvieron tiempos de espera, “Descarga y acopio de bins al patio”, “carga de bins vacíos”, “junta de mosto B” y “pesaje camión en romana”.

Como muestra el cuadro 2, el proceso de junta de mosto B mostró un tiempo promedio de espera de 12.53 horas (12 horas con 32 minutos). Se debe recordar que este mosto es obtenido en la etapa final del prensado por lo tanto son menos litros los que se van juntando y tarda más en llegar a un volumen óptimo para decantar, la demora es generada por el volumen de las cubas de decantación.

El proceso de carga de bins vacíos genera un tiempo promedio de espera de 6,75 horas, esto equivale aproximadamente a 6 horas con 45 minutos y el de descarga y acopio de bins en el patio, el cual genera un tiempo promedio de 5,36 horas, equivalente a 5 horas con 22 minutos, tienen tiempos generados por la espera en el proceso de volteo de bins en el pozo de recepción para el llenado de prensas, y así poder desocupar camiones descargando y cargando bins, La demora es generada por la cantidad de bins disponibles a usar.

El tiempo de espera del pesaje de camión en romana es de 0.05 horas es muy bajo, casi insignificante, equivalente a 0.03 minuto en promedio

CUADRO 2. Tiempo de espera por entidad en el modelo.

TIEMPO DE ESPERA POR ENTIDAD	
ENTIDAD	TIEMPO PROMEDIO EN HORAS
Junta de mosto B	12,53
Carga de bins vacios	6,75
Descarga y acopio de bins en el patio	5,36
Pesaje camión romana	0,05
Despalillado y molienda	0,00
Toma de prensa	0,00
Volteo de bins	0,00
Toma de bomba de mosto	0,00

Tiempo total por procesos.

El tiempo total por proceso, muestra el promedio en horas en que se mantuvo ocupado cada proceso por una entidad. En el Cuadro 3, se observa que las entidades más utilizadas son las cubas en fermentación y el recurso prensas.

En la etapa de fermentación alcohólica, cada cuba estuvo utilizada en promedio 374.45 horas por vinos B (15 días), y 390.95 horas por vinos A (16.5 días). La diferencia de 1.5 días entre ambos se basa en que las fermentaciones para vinos A son más lentas a temperatura mas bajas que para un vino de menor calidad como lo son los tipo B, por lo tanto la cinética fermentativa es de mayor tiempo.

Las prensas son un recurso importante dentro de la bodega, pues son utilizadas en los procesos de llenado de prensa y prensado. En el caso del prensado y llenado de prensas, el tiempo promedio registrado fue de 2.50 horas (2 h 30min) y 1.33 horas (1 h 20min) respectivamente. El tiempo de prensado es difícil de modificar ya que esta regido por el programa automático que se creó para la calidad y variedad de uva a trabajar, definido por el enólogo. El llenado de prensa es un proceso más manejable ya que depende de los tiempos del volteo de bins, despalillado y molienda.

El volteo de bins tiene un tiempo promedio de 1.04 horas (1h), con este dato se puede saber que para llenar una prensa se necesitan 60 bins los cuales son volteados en 1 minuto en el pozo de recepción, Una manera de optimizar la carga de las prensas, es cosechar en tinas, en vez de bins, estas tiene una carga de 2500 kilos por tina, y el volteo demora 3 minutos por tina, esto significa que el tiempo de voltear 3 bins(1350 kilos aprox), se procesan 2500 kilos (6 bins), es el doble de kilos y la mitad del tiempo, el problema de su uso es el cuestionamiento de la calidad de la uva cosechada es más baja, al tener mayor peso, la uva se macera más en los recipientes y hay una alta oxidación, eso queda a criterio del enólogo.

CUADRO 3. Tiempo total por proceso.

ENTIDAD	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (h)
Carga de bins vacíos	0.62
Descarga de bins con una	4.80
Despalillado y molienda	1.35
Destare	0.12
Fermentación alcohólica mosto B	374.44
Fermentación alcohólica mosto A	390.95
Llenado de prensa	1.30
Prensado	2.50
Pesaje camión	0,23
Volteo de bins	1.04

Evaluación del modelo y resultados de la simulación.

El modelo generó una producción de 3.000.000 kilos de uva por cada repetición o simulación de vendimia. En cada ciclo de simulación, el proceso de despalillado-moledora se utilizó 128 veces. Por la cantidad de uva recibida por la viña durante la vendimia se realizó 126.4 prensados. Cada prensa se cargó con 23.750 kilos de uva, aproximado 60 bins, dado a que la eficiencia de extracción de las prensas es de un 70%, generó un rendimiento por prensado de 16.625 litros.

El modelo está diseñado para llenar las 4 prensas seguidas, el sistema funciona como una batería, por lo tanto se muelen 240 bins para llenar las 4 prensas, son 95000 kilos de uva que hay que procesar, con un rendimiento de 70% tenemos 66500 litros de mosto, separado por calidad tenemos 49.872 litros de mosto A y 16.628 litros de mosto B, tal como se puede ver en el cuadro 4.

En el proceso de decantación, las cubas destinadas se llenaron con un prensado de la batería para vinos A dejando cada cuba con un total de 49.872 litros y para vinos B se unieron tres prensados de la batería quedando las cubas con 49.884 litros.

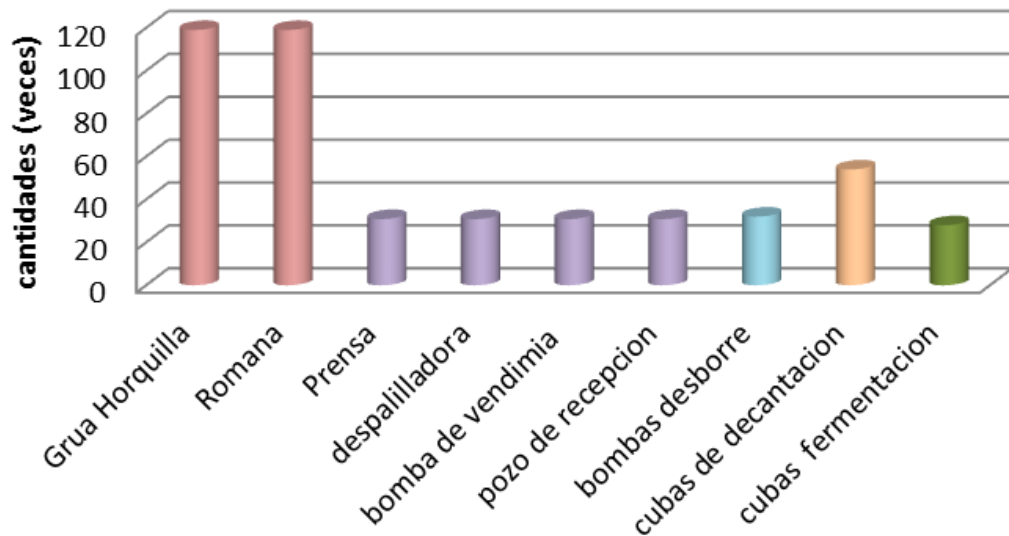
El modelo generó, después de la fermentación, una salida de 28 cubas de vinos A y 4,0 cubas de vino B, obteniendo una producción total de 1.548.048 litros de vino bruto.

CUADRO 4. Entrada y salidas de las entidades del modelo.

ENTIDADES	PROMEDIO DE VECES UTILIZADOS
Camiones con 25.000 Kg de uva	119.0
Prensado 95.000 kilos	30.8
Cuba mosto A decantando 48.375	32.0
Cuba mosto B decantando 16.628	22.4
Vino A 48.375	28.0
Vino B 48.387	4.0

Los recursos más utilizados en la bodega se dividen en diferentes bloques, el primer bloque contiene a la grúa horquilla y romana con un total de 119.0 veces por simulación, cada uno. Esto se debe a la cantidad de camiones que llegan a la bodega durante la vendimia.

En segundo bloque se encuentra el recurso prensa, pozo de recepción despalladora y bomba de vendimia con 30.8 veces por simulación, luego los recursos bombas y en un menor grado las cubas, esta disminución se produce porque las cubas en la fermentación no se vuelven a utilizar solamente son las cubas de decantación siendo el recurso limitante para la elaboración del vino.

**FIGURA 23. Recursos limitantes más utilizados en la vendimia.**

Colas de espera en el modelo.

El destare de camiones presenta una cola de 10 horas, esto se debe a la falta de bins vacíos en el tiempo más fuerte de la vendimia, poca rotación de bins. Este proceso se podría mejorar de dos maneras, teniendo mayor disponibilidad de bins, lo cual podemos simularlo o cosechando en tinas, las cuales se van desocupando en el momento de la molienda, por lo tanto no hay una zona de acopio de tinas, ya que están incorporadas al camión.

La molienda registró un tiempo de espera promedio de 2.8 horas por cada carga de 95.000 kilos de uva blanca. Este tiempo de espera a proceso se produce por la espera del ciclo de prensado, lavado de prensa y demora en la descarga de bins en el patio para juntar los 250 bins necesarios para llenar la batería de prensas.

En la etapa de fermentación, la inoculación produjo una demora promedio para vinos de 25 horas, pero esto es debido a la espera del pie de cuba. Este sistema de inoculación, podría ser remplazado por una inoculación directa y así ganar casi 24 horas de tiempo, pero no se asegura la cantidad de levaduras al inicio de la fermentación, y podría complicarse al terminar correctamente el proceso. Es mejor asegurar una población óptima inicial (350×10^6 células viables por mL) y tener una fermentación limpia y sin problemas.

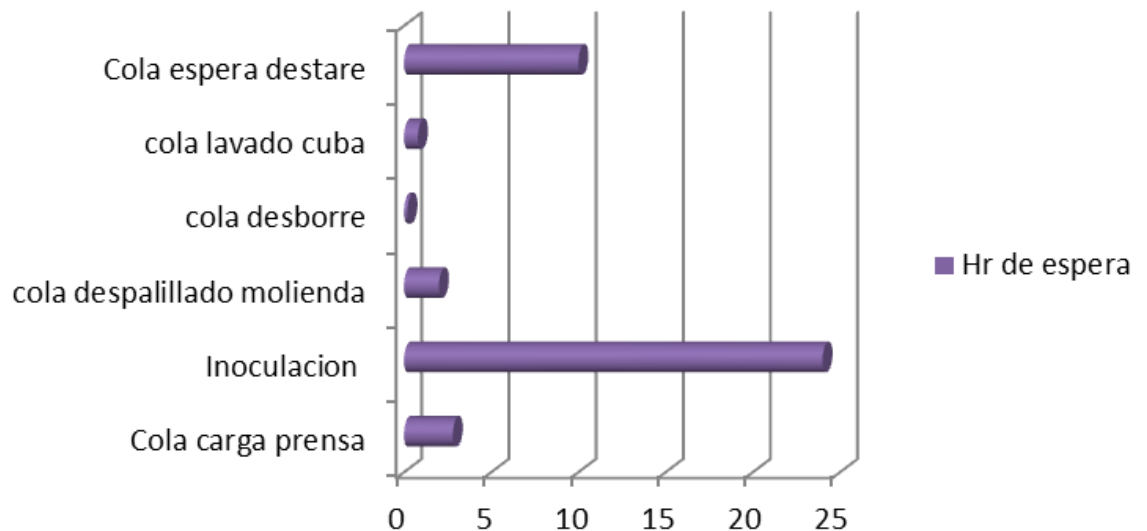


FIGURA 24. Tiempo de espera por procesos.

Validación del modelo.

El modelo arroja una producción de 2.975.000 kilos de uva con 1.548.048 litros de vino. Según los datos reales entregados por viña Santa Rita, la cantidad de uva que llegó a la bodega fue de 3.008.000 kilos. Generando una cantidad de litro de vino bruto de 2.105.600 litros de vino blanco.

La diferencia entre los resultados del modelo y la realidad, son principalmente porque hay cubas que aun dentro del sistema no han terminado de fermentar, por lo tanto dentro del rango de 75 días aún falta que 557.552 litros de vino terminen de fermentar.

Respecto a los tiempos de producción, como se puede ver en el cuadro 5 se realizó una comparación entre los datos de la bodega que fueron entregados por los enólogos y los resultados del modelo. Como se puede ver no existe una diferencia muy relevante entre los tiempos totales de procesos por lo que el modelo entrega datos muy aproximados a la realidad.

CUADRO 5. Comparación de los tiempos de producción entre el modelo y la bodega vinos.

PROCESOS	MODELO (h)	BODEGA (h)
Descarga y acopio de bins en el patio	0.6236	0.60
Cargar bins vacíos	0.6200	0.58
Volteo de bins (60 bins)	1.0100	1.00
Despalillado molienda	1.3500	1.15
Destare	0.1200	0.15
Fermentación	390.9500	388.00
Llenado de prensa	1.3000	1.50
Prensado	1.6100	1.60
Pesaje camión	0.2300	0.30

Los datos entregados por el modelo no tienen diferencias significativas en comparación a lo real de la bodega, estableciendo que el modelo cumple con el cometido de simular la bodega.

Uso del modelo: Escenario de optimización del diseño de la bodega.

Una vez comprobada la efectividad del modelo se procedió de construir propuestas en base a simulaciones sobre él. Para esto, se diseñó lo siguiente:

Primero se plantea como objetivo disminuir el tiempo de espera de entrada a proceso.

Segundo buscan maximizar la productividad de la bodega, tratando de tener fermentando en 75 días el 100% de los vinos blancos.

Para cada uno se utilizó como variable la cantidad de recursos de moledora-despalilladora, prensas y cubas. El objeto de esto es encontrar la cantidad óptima de cada recurso para lograr los objetivos planteados en cada experimento.

Cada optimización fue configurada para que realizara 50 simulaciones con 50 replicaciones, con un nivel de confianza de un 10%.

El objetivo de la primera optimización fue disminuir el tiempo de espera que tiene el proceso en la recepción de uva. Las restricciones del experimento fueron: El número de grúas horquilla y grueros no supera a 2 y numero de bins disponibles que no superan a 2.500. La segunda optimización corresponde a despalilladora – molienda y prensado, donde se dejó como restricción el número de prensas que son 4, pozo de recepción blancos que es 1 y cubas de decantación que son 60.

Para la tercera optimización, el objetivo fue maximizar la cantidad de vino producido en 75 días, siguiendo las siguientes restricciones, cubas de fermentación 65, bombas de desborre 5.

Para todas las optimizaciones se tienen que considerar las restricciones antes mencionadas ya que están relacionadas.

CUADRO 6. Optimizaciones realizadas al modelo de la viña.

OBJETIVO	Restricciones				
	Grua horquilla	Prensas	Cubas decantación	Cubas fermentación	Numero de bins
Minimizar el tiempo de espera proceso Romana-descarga bins	<= 2	<=4	<=60	<=65	<=2500
Minimizar tiempos de espera despalillado-molienda y prensa	<= 2	<=4	<=60	<=65	<=2500
Maximizar la producción de vinos en 75 días	<= 2	<=4	<=60	<=65	<=2500

Minimizando el tiempo de espera en recepción de uva.

La optimización arroja que la simulación no puede realizarse con la cantidad de bins disponibles en el patio 2.500 es muy poco, luego se optimizó con una cantidad de bins mayor 4.500 y arrojo que la mejor simulación fue la 38. Esta dice que para llevar el tiempo de espera del proceso de carga de bins a “0” es necesario contar con 3.500 bins, 2 grúas horquilla (ver cuadro 7).

CUADRO 7. Resultados optimización tiempo de recepción de uva.

SIMULACION	TIEMPO DE ESPERA	Numero de bins	Grúas horquilla
3	0	3.900	2
40	0	4.500	2
38	0	3.500	2
26	0	4.400	2
17	0	3.600	2
5	0	3.600	2
42	0	3.600	2
6	0	3.900	2

Minimizando el tiempo de espera en despalillado- molienda y prensa

La bodega actualmente genera una cantidad de 2.105.600 litros de vino blanco, chardonnay, según los resultados de la optimización (cuadro 8) la mejor simulación es la numero 25, donde se debe tener adicionalmente, 1 equipos de molienda (despalilladora, moledora y pozo de recepción), 2 prensas y aumentar 5 cubas de decantación, sin estas últimas la simulación no avanzaba y quedaba en un rendimiento casi igual a los 75 días.

CUADRO 8. Resultados optimización maximizar salida de entidades de vino reservas.

SIMULACIÓN	VINO Producido(l)	Cubas	Equipo Molienda	Prensa
18	1.548.048	60	1	4
36	1.535.000	60	1	5
38	1.590.000	65	2	4
25	1.998.000	65	2	6
6	1.530.000	65	1	4
40	1.620.000	60	2	4
34	1.730.000	62	1	5
46	1.850.000	62	2	6

Maximizando la producción de vino en 75 días.

La simulación, para la maximización de la producción en 75 días ya está lograda en el proceso anterior, en el cual se logra como resultado final 1.998.000 litros de chardonnay en 75 días, esto se ajusta a la realidad en un 95 %

Los resultados obtenidos en las optimizaciones, señalan que la mejor opción para alcanzar el óptimo productivo en la viña es incorporar equipos de molienda, los cuales incluyen (despalilladora-moledora, prensas y pozo) al sistema, y habilitar 5 cubas adicionales. De esta forma, se logra disminuir el tiempo de espera del proceso de despalillado-molienda, y aumentar la producción de vino bruto de la bodega.

Tal incremento permitirá a la bodega recibir durante la vendimia una carga total aproximada de 650.000 kilos más de fruta, transformándose en un incremento de un 22.5% en la producción total, incremento que se ve reflejado en la cantidad de vino elaborado correspondiente a 450.000 litros más.

Todo esto debe ir claramente acompañado del aumento de bins de la primera simulación, para así no para el flujo de camiones y tener una continuidad en el sistema, con estos parámetros se podrá aumentar la eficiencia en un 22.5%, se cosechara antes y así no habrá riesgos de pudrición y sobre madurez, aumentando la calidad y ajustando el proceso completo a 75 días y no se toparían con la cosecha de las uvas tintas.

Luego, de terminada estas simulaciones y llegando a un óptimo se debería hacer un estudio de factibilidad financiera del sistema e integrar cuanto seria la inversión que debe hacer la compañía y los beneficios económicos que tendrá.

CONCLUSIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede establecer que la simulación es una herramienta que sirve para planificar y mejorar las gestiones operacionales de las bodegas de vino ayudando a determinar los recursos necesarios, aumentando la eficiencia de los procesos y optimizando los recursos de las instalaciones.

De esta forma, es posible describir los procesos fundamentales en la producción y elaboración de vinos blancos a través de un modelo de simulación.

En el mismo sentido, también es posible observar a cada proceso en forma individual, definiendo sus respectivas características estocásticas a través de distribuciones de probabilidad. Esta observación focalizada, sumada con la construcción global del modelo, permite representar eficientemente la operativa de una bodega de vino.

En relación a las estrategias de dotación de recursos de planta y procesos para optimizar el desempeño de la bodega estudiada, el modelo creado representa los procesos que se generan durante una vendimia. Lo anterior demuestra la potencialidad de esta herramienta, junto con generar nuevas líneas de aplicación a otras temáticas del quehacer agrícola.

En relación al modelo, se pudo observar que la mayor cola a proceso o tiempo de espera a proceso, fue el proceso de molienda. Sin embargo, a través de la experimentación, se observa que la incorporación de una unidad adicional ayuda a disminuir el tiempo de espera de la uva en el patio de vendimia, hasta llevarlo a cero, lo que a su vez permite un aumento de 22.5% en la producción de vino.

BIBLIOGRAFIA

- Ace, 2003. La importancia de informatizar el viñedo. Revista Enológica Digital, Noticias Viña Fray León ,España. Consultado en la web:
<http://www.frayleon.cl/newsarticle.asp?section=print&id=124>
- Alturria, L. 2008. Elaboración de vinos: defectos en el proceso que originan costos de no calidad. Revista de la Facultad de Ciencias Agronomicas, Universidad de Chile, 40(1), pp 1-16.
- Bujan J.2003. Guía de la nueva cultura del vino. Editorial Rubes. Barcelona. 190p.
- Castrillón, J. (2008). La simulación de procesos, clave en la toma de decisiones. Fuente Académica data base DYNA, Ingeniería e Industria, 83(4), pp. 221-227.
- Everett, J. (2010). Simulation Modeling of an Iron Ore Operation to Enable Informed Planning [en línea]. Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management. University of Western Australia, Nedlands, WA, Australia. Volume 5. Consultado en la web: <http://www.ijkm.org/Volume5/IJIKMv5p101-114Everett457.pdf>
- Flanzy C, Cantagrel R, AMV. 2000. Enología: fundamentos científicos y tecnológicos. Mundi Prensa Madrid. 806p.
- Heizer, J. y Render, B. (2004). Principios de administración de operaciones. Quinta Edición. Prentice Hall. Mexico. 250p
- Instituto nacional de estadísticas (INE, 2011). Estudio de la situación de las bodegas de vino 2011. Consultado en la web:
http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_agropecuarias/estadisticas_agricolas/agricolas.php.
- Kleijnen, J. P. C., 2005, Supply chain simulation tools and techniques: A survey. International Journal of Simulation & Process Modelling, Vol. 1, pág. 82-89 Consultado en la web: <http://www.tilburguniversity.edu/research/institutes-and-research-groups/center/staff/kleijnen/ijspm.pdf>
- Larsen, G, and Pense, R., (1982). Stochastic simulation of daily climatic data for agronomic models [en línea]. Agron. J., 74, 510-514. Consultado en la web: <http://ddr.nal.usda.gov/dspace/bitstream/10113/23150/1/IND82072740.pdf>

Law, A.M. and Kelton, W.D. (2000) Simulation Modeling and Analysis, Third Edition, McGraw-Hill, Boston, MA.530p

Lopez, J.2006. La simulación como apoyo a la optimización de procesos. Forum calidad, 18 (173): 37-40.

Massey, F.J. (1951) Ther Kolmogorov-smirnov test for goodness of Fit, Journal of the American statistical association Vol. 46, N° 253. pp. 68-78.

Molina, G.J (2004). Gestión logística para bodegas vitivinícolas. ACE Revista de Enología 1697-4123 N° 41 . Rubes Editorial, Consultado en la web: http://www.acenologia.com/ciencia65_4.htm

Montazer, A. Ece, K., Hakam, A. (2003). Simulation modeling in operations management: A Sampling of Applications. Proceedings of the 14th Annual Conference of the Production and Operations Management Society, POM, 2003, April 4-7 Savannah, GA. Consultado en la web: <http://www.pomsmeetings.org/ConfProceedings/001/Papers/PSC-04.4.pdf>

Muller K, 1999. Manejo actualizado de bodegas de vino. Información técnica, Universidad de Chile. Editorial Acitec. 62p.

ODEPA, 2010. Oficina de estudios y políticas agrarias, 2010. Dinámica Productiva y comercial. Publicaciones [en línea], (Teatinos 40, Santiago, Chile), pp. 08-10. Consultado en la web : <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2448.pdf>

Peynaud, E. 2003. Enología practica - Conocimiento y elaboración del vino. Ed. Mundo Prensa 4 ed., Madrid. 350p.

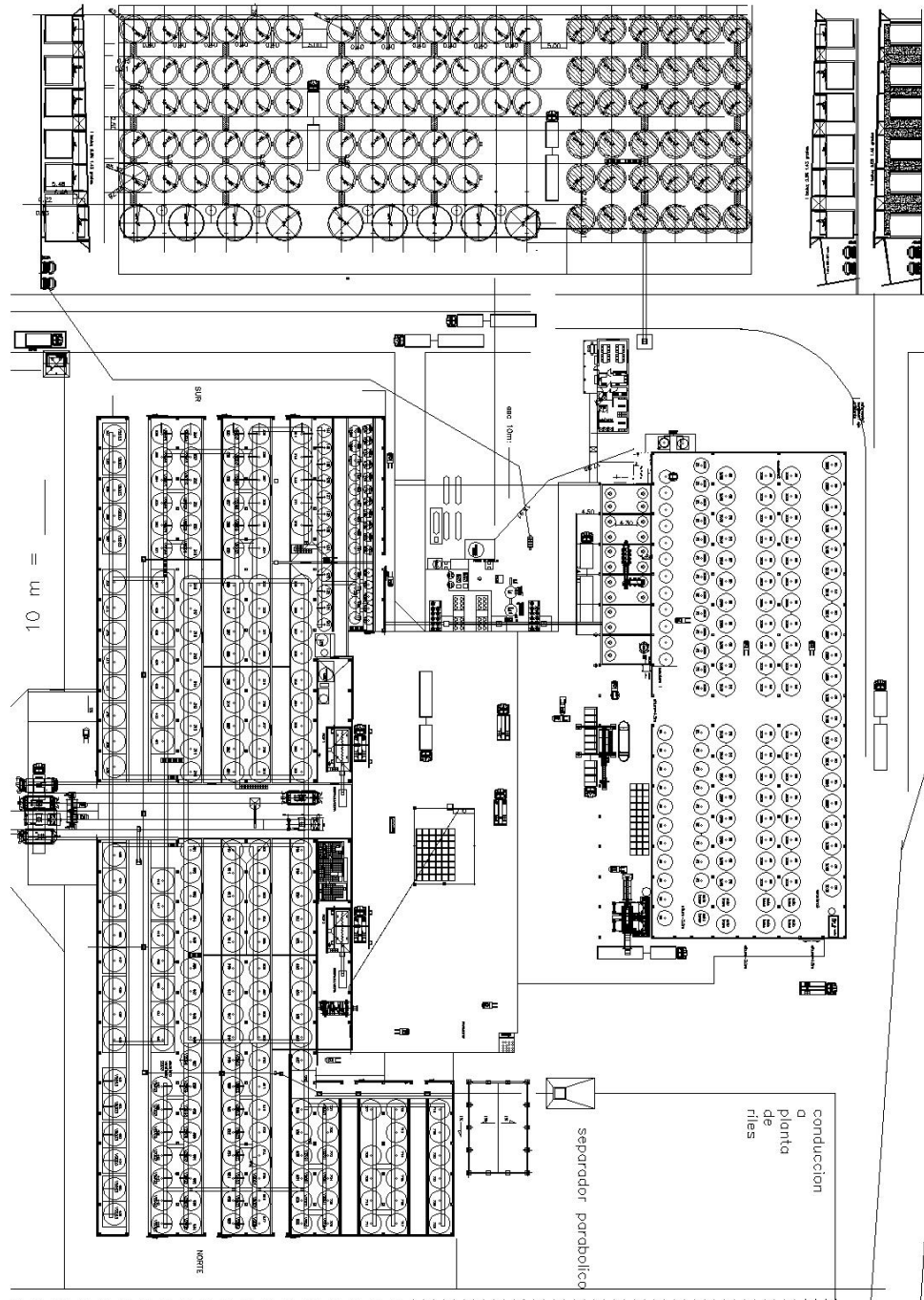
Producción de vinos 2013.Servivo agrícola y ganadero. Consultado en la web: http://www2.sag.gob.cl/svyv/dec_cos/reportes.asp

Servicio Agrícola y Ganadero (2011).Consultado en la web: <http://www.sag.gob.cl/>

Tan, Gubaras and Phojanamongkolkij 2002. Simulation study of dreyer urgent care facility [en línea]. In Proceedings of Winter Simulation Conference (2002, California, USA), pp 1922-1927. Consultado en la web: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1.4516&rep=rep1&type=pdf>

Vinos de Chile, (2013). Consultado en la web: <http://www.vinosdechile.cl> (2013)/

ANEXOS



Anexo 1: plano completo bodega Santa Rita, Palmilla.

Flujos de cajas

Proceso	Etapas	Tipo de maqui/gente	Nº maq.		Características
Recepción	Pesaje	Romana	1		Automática
Descarga y carga de bins	Patio recepción	Grúa horquilla	2		
Pozo de recepción	Volteo	Pozo recepción	2		15000 kg/hr
		Grúa volteadora	2		
Molienda	Despalillado	Despalilladora	2		
		Bomba vendimia	2	PM 60 Bucher	40000 kg/hr
			4		
			1		
Prensado	llenado prensa	prensa	4	XP 150 Bucher	17-20 ton
				Pera	17-20 ton
				XP 320 Bucher	30-35 ton
				RPA Bucher	20-23 ton
		bombas	4	GZ Inox Centrifuga	15-16 mil litros/hr
		tinas acero inox	4		
	llenado cuba	Bombas	4	GZ Inox Centrifuga	15-16 mil litros/hr
Decantación	Decantación	Corregir			Sulfitar y H2T
		Frio	1	Glicol 6-8 grados	por 12-17 hrs
		Cuba	47	50000 litros capacidad	Acero Inox
	Desborre	Bomba	5	Kissel	13-15 mil litros/hr
		cubas	65	50000 litros capacidad	Acero Inox
Inoculación	Pie de cuba				
		Bomba	1	Kissel	13-15 mil litros/hr
		Tanques	3	1000-5000 litros de capacidad	Acero Inox
		tinas acero inox	1		
Fermentación (10días)	Remontajes	tinas acero inox	3		
		Bomba	3	Kissel	13-15 mil litros/hr
		Cubas	65	50000 litros capacidad	Acero Inox
Decantación fin FA (12 hr)	Decantación	Frio		Glicol	0 grados
	Trasiego desborre				
		bombas	2	Kiesel	13-15 mil litros/hr
		cubas	36	100000 litros capacidad	Acero Inox
		Sulfitar			

Anexo 2: Flujo de cajas de la bodega con numero de maquinaria y personal a utilizar en el periodo de cosecha.

ETAPA:

n° observaciones	Tiempo(hrs)	Tiempo(min)	Comentarios
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			

Anexo 3: planilla de toma de datos en terreno de cada una de las etapas a evaluar.