



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES
UNIVERSIDAD PRIVADA

TESIS DE GRADO
EN INGENIERIA INDUSTRIAL

SIMULACIÓN DE OPERACIONES DE VINOTECNIA

Autor: IRIGOYEN, Ignacio

Legajo: 41.141

Director de Tesis: Ing. STERNBERG, Diego

2005

Descriptor Bibliográfico

Este proyecto utiliza herramientas de simulación para modelar los procedimientos y procesos operativos intentando optimizar los resultados esperados en la operación de la empresa. Los resultados de la simulación se utilizarán para mejorar las definiciones de las siguientes características operativas:

- Procedimiento de Atención al Cliente.
- Metodología de Asignación de Turnos de Atención.
- Cronograma de Recursos Productivos Necesarios.
- Horizonte de Planeamiento a Utilizar.

Resumen Ejecutivo

El propósito de este informe es presentar las especificaciones operativas recomendadas y los respectivos resultados esperados para su incorporación al proyecto de inversión que pretende la creación de la empresa Vinotecnia S.A. Los aspectos operativos a definir son:

1. Procedimiento de Atención al Cliente.
2. Metodología de Asignación de Turnos de Atención.
3. Cronograma de Recursos Productivos Necesarios.
4. Horizonte de Planeamiento a Utilizar.

Específicamente, la empresa se dedicará a la prestación de un servicio de reducción en la graduación alcohólica de vinos. Para prestar este servicio contará con máquinas filtradoras que se transportarán en camionetas hasta las bodegas clientes y realizarán el tratamiento del vino requiriendo la presencia de un operario y un enólogo. Por lo tanto la complejidad del procedimiento depende de los aspectos logísticos y de la disponibilidad de recursos.

La determinación del Procedimiento de Atención al Cliente a utilizar se basó en una reestructuración del mismo. Mediante la redefinición de los requisitos de cada proceso se modificó la asignación de recursos. De esta forma se logró reducir drásticamente la cantidad de camionetas y enólogos requerida, pasando de un máximo de 8 o 9 en el periodo estacionario a sólo uno de cada uno en esta etapa del desarrollo comercial de la empresa.

La Metodología de Asignación de Turnos se definió luego de estudiar las características del problema. Se trata de un “**Multiple Traveling Salesman Problem**” el cual consta de varios vendedores quienes recorren el mapa atendiendo a una cierta cantidad de clientes. La idea es minimizar el recorrido total realizado. Debido a la alta complejidad de estos problemas se resolvió aplicando una regla de decisión que consiste en aparear destinos y recursos comenzando por los dos que mantengan entre sí la menor distancia.

Consecuentemente la definición del cronograma de inversiones se refiere simplemente a la compra de máquinas, requiriendo cada máquina la presencia de un operario. Para implementar este aspecto y el de la definición del horizonte de planeamiento se utilizó una estrategia común. Basando el análisis en los siguientes indicadores:

- Tiempo promedio de espera para la disponibilidad de una máquina
- Nivel de utilización de las máquinas
- Distancia promedio de viaje

- Promedio de clientes sin atender
- Promedio de días de atraso en la asignación de turnos

Se priorizó la satisfacción del cliente en los primeros 6 años (etapa de crecimiento de la empresa y el mercado) y luego la rentabilidad en los últimos 4 años proyectados (periodo estacionario).

Finalmente, con estos criterios se recomienda emplear la cantidad de máquinas por año que muestra la **Tabla 1** con un horizonte de planeamiento en los primeros 6 años de 10 días y en los últimos 4 de 15 días hábiles.

Máquinas

3	3	4	4	5	7	8	8	8	8
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10

Tabla 1: Cantidad de maquinas a emplear por año.

Bajo estas condiciones se logra mantener el promedio de clientes sin atender y el promedio de días de atraso para la etapa de crecimiento por debajo de 2 clientes por año y 4 días respectivamente. Y por otro lado en la etapa estacionaria se alcanza un nivel de utilización de máquinas del 86% y un viaje promedio de sólo 55 km, maximizando así la rentabilidad de la empresa como muestra el **Gráfico 1**.

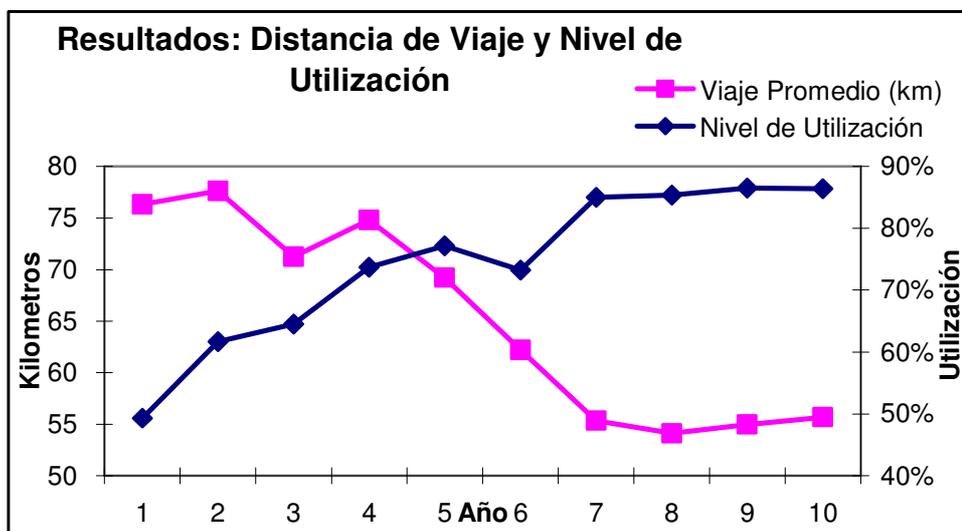


Gráfico 1: Indicadores de distancia promedio de viaje y nivel de utilización.

Executive Summary

The purpose of this paper is to recommend the operational specifications and their corresponding results to be incorporated in the investment project that analyzes the viability of creating the firm Vinotecnia S.A. These specifications are:

1. Customer Service Procedure.
2. Procedure for Determining the Order of Appointments.
3. Schedule of Necessary Production Resources.
4. Planning Horizon.

More specifically, this firm will offer an alcohol reduction service for wine makers. The service will be provided at the clients' bodega thus requiring the transportation of personnel and machinery to the site. Therefore the operational complexity lies in the logistics of allocating limited resources.

The Customer Service Procedure was altered by redefining the resource requirements of each task to be performed. In doing so, the number of transports and personnel needed was greatly reduced, from approximately 8 of each resource to just one of each for the 10th year of operation.

The Procedure for Determining the Order of Appointments was created taking into account the nature of the problem. This problem is commonly referred to as the **Multiple Traveling Salesman Problem** which describes the need to minimize the total distance traveled by n salesman so as to visit m clients in different locations. Due to the complexity of this problem, it was resolved by pre selecting a decision making criteria which resorts to match resources and destinations based on minimizing the distance between the two.

The definition of the investment schedule refers solely to the filtration equipment. A common criterion was used to obtain this schedule and define the planning horizon best suited for the firm. The following indicators were used to analyze the firms' performance in different scenarios:

- Average time in queue for the next available filtration equipment
- Utilization level of filtration equipment
- Average travel distance
- Average clients not taking care of
- Average number of days behind in customer service

The criterion consists of giving priority to customer satisfaction during the first 6 years of operation, so as to capture a greater market share, and then prioritizing

utilization levels and average travel distance reduction so as to increase profits during the last 4 years of operation.

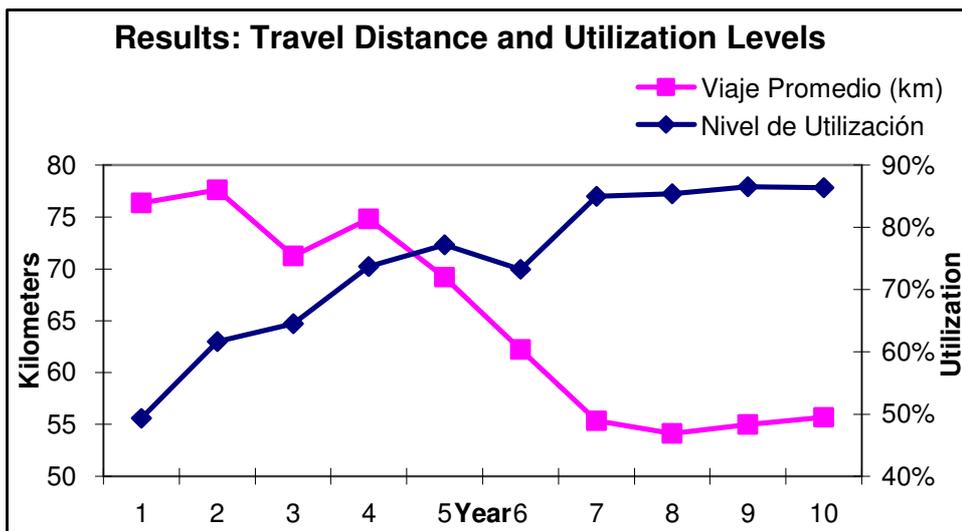
Following this criterion, **Table 1** shows the number of filtrating machines recommended for operation during each of the 10 years projected. The planning horizon to use for the first 6 years is one of 10 days and finally during the last 4 years a 15 day horizon is recommended.

Machines

3	3	4	4	5	7	8	8	8	8
Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10

Table 1: Number of filtration equipments recommended for each year of operation.

Under these conditions the average number of clients lost per year will be less than 2 and the average number of days behind will be less than 4, in both cases for the first 6 years of operation. Finally, in the last four years of operation, the utilization level will average 86% and the average travel distance will drop to just 55 km as shown by **Graph 1**, thus maximizing the firms profits.



Graph 1: Average travel distance and utilization of machinery levels.

Tabla de Contenido

I.	Objetivos	11
	Propósito	11
	Objetivos	11
II.	Contexto	13
	El Servicio	13
	Profundización del Estudio de Mercado Potencial	13
	Redefinición del Procedimiento de Atención al Cliente	13
	Definición de la Metodología de Asignación de Turnos	14
	Definición del Criterio de Selección de Cantidad de Recursos	15
	Definición del Horizonte de Planeamiento	15
III.	Conclusiones	17
	Mejora del Procedimiento de Atención al Cliente	17
	Metodología de Asignación de Turnos	18
	Cantidad de Recursos a Emplear	18
	Horizonte de Planeamiento Seleccionado	18
	Respuesta de la Empresa ante estas Especificaciones	19
IV.	Fundamentación de Conclusiones	21
	Resultados de la Profundización del Estudio de Mercado Potencial	21
	Rediseño del Procedimiento de Atención al Cliente	22
	Asignación de Turnos	23
	Criterio de Selección de Cantidad de Recursos	24
	Horizonte de Planeamiento	25
V.	Sensibilidades	27
	Justificación de Optimización del Procedimiento de Atención al Cliente	27
	Impacto de la Modificación en el Criterio de Selección de Cantidad de Máquinas	27
	Impacto de la Redefinición del Horizonte de Planeamiento	30
	ANEXOS	33
	Anexo I. Modelo Conceptual	35
	Límites y Contexto	35
	Variables	36
	Proceso de Atención	37
	Anexo II. Modelo de Datos	39

Introducción	39
Determinación de la demanda	39
Distribuciones y parámetros de procesos de atención.....	40
Anexo III. Modelo Operacional	43
Introducción	43
Modelo en ARENA.....	43
Modelo en Excel	44
Modelización de la Metodología de Asignación de Turnos	45
Anexo IV. Planificación de la Experimentación.....	49

I. Objetivos

Propósito

El presente informe nace de un proyecto de inversión. Su propósito es especificar los aspectos operativos del funcionamiento de la aún no existente empresa Vinotecnia S.A. mediante la modelización y posterior simulación (la creación del modelo se encuentra detallada en los **ANEXOS**). La empresa se dedicará a prestar un servicio de reducción en la graduación alcohólica de vinos en las provincias de Mendoza y San Juan. Aún no existen empresas que presten este servicio en Argentina por lo cual toma gran importancia el actual proyecto de simulación que determinará como deberá Vinotecnia realizar la prestación de este servicio.

Objetivos

Específicamente, la determinación de los aspectos operativos de Vinotecnia se refiere a lograr los siguientes objetivos en base a la respuesta que generan sobre los siguientes indicadores:

1. Redefinición del Procedimiento de Atención al Cliente
 - Maximización de utilización de recursos imprescindibles
2. Definición de Metodología de Asignación de Turnos
 - Minimización de distancias en el recorrido de la red de atención generada
3. Definición del Cronograma de Inversiones en Recursos Productivos
 - Limitar el “**back log**” a valores coherentes con el nivel de servicio buscado
 - Maximizar los niveles de utilización
 - Minimizar costos de operación logísticos
 - Minimizar número de clientes sin atender (después de un mes sin ser atendido el cliente cancela su pedido)
 - Minimizar días de atraso respecto del horizonte de planeamiento
4. Definición del Horizonte de Planeamiento a Utilizar
 - Minimizar costos de operación logísticos
 - Minimizar número de clientes sin atender
 - Minimizar días de atraso respecto del horizonte de planeamiento

II. Contexto

El Servicio

La empresa se dedicará a prestar un servicio de reducción en la graduación alcohólica de vinos. Existen 3 motivos por los cuales esto le puede servir a bodegas productoras de vino:

1. **“Stuck Fermentation”**: puede ocurrir que durante la fermentación del vino, la misma se paralice debido a elevadas graduaciones alcohólicas, por lo tanto para que la misma finalice con normalidad es necesario bajar la graduación alcohólica para que la fermentación continúe en su curso.
2. **“Fine Tuning”**: en este caso el objetivo es encontrar el **“sweet spot”**. Es decir, encontrar la graduación justa en la cual un determinado vino cobra vida, balanceando sus sabores, aroma y cuerpo. Típicamente existen 2 o 3 puntos en los cuales sucede esto, pero no es un cambio gradual sino picos de perfección.
3. **Masivos**: a su vez, ya sea por temas de sabor, impuestos o mercados, puede ser conveniente bajar la graduación alcohólica de un gran volumen sin necesariamente buscar el **“sweet spot”**.

La atención de estos clientes se realizará en sus bodegas, transportando hasta allí en camioneta una máquina que requerirá la presencia de un operario y un enólogo para la prestación del servicio.

Profundización del Estudio de Mercado Potencial

De acuerdo al proyecto de inversión los litros totales de vino que se espera tratar por año a lo largo de los 10 años en que se implementará el proyecto se detalla en la **Tabla 2.1**.

Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
13.099	17.364	22.908	30.076	39.297	51.096	66.112	67.435	68.783	70.159

Tabla 2.1: Volumen total esperado a tratar por Vinotecnia por año. (Hectolitros)

Falta profundizar el estudio de mercado potencial para determinar las características esperables de los distintos clientes. Es decir: la cantidad de clientes y sus respectivas ubicaciones y volúmenes a tratar.

Redefinición del Procedimiento de Atención al Cliente

El **Diagrama 2.1** muestra el proceso de atención de un cliente desde que se llega a su bodega hasta finalizada la prestación del servicio. Se intentará

redefinir este proceso para maximizar el aprovechamiento de los recursos empleados minimizando las inversiones requeridas. Para lograr esto, será necesario redefinir los requisitos de los diferentes procesos para lograr liberar recursos innecesarios.

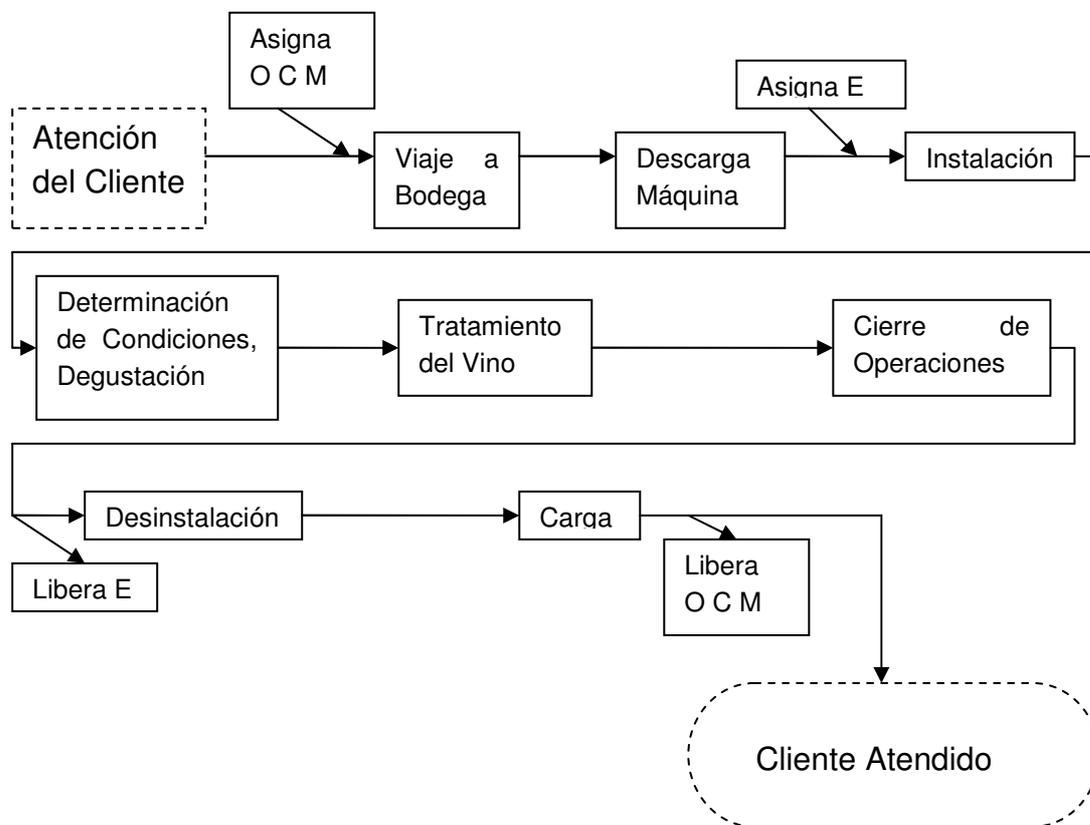


Diagrama 2.1: Flujo de procesos realizados en la prestación del servicio.

Los bloques del diagrama representan los distintos procesos realizados en su orden cronológico. Las asignaciones y liberaciones muestran en que momentos se toma un recurso para seguir adelante con la atención del cliente, y luego cuando se libera el recurso, quedando disponible para atender a otro cliente. Los recursos aparecen como **O** de Operario, **C** de Camioneta, **E** de Enólogo y **M** de Máquina.

Definición de la Metodología de Asignación de Turnos

Los clientes son bodegas por lo tanto sus ubicaciones son fijas. Entonces, el servicio requiere la visita a estas bodegas por los recursos productivos. La red generada por los viajes de estos recursos se asimila a las características del **“Traveling Salesman Problem”**. Este conocido problema intenta definir la secuencia de viajes que minimicen la distancia recorrida al visitar cierta cantidad de clientes en un mapa. Sin embargo, como la empresa contará con varios recursos utilizados para atender a sus clientes, el problema crece en complejidad, tratándose de un **“Multiple Traveling Salesman Problem”**. En

este caso varios vendedores deben visitar a los clientes. Por lo tanto la complejidad del problema crece enormemente y la posibilidad de encontrar siempre los caminos a recorrer por cada vendedor que minimicen la distancia total desaparece.

Definición del Criterio de Selección de Cantidad de Recursos

El nivel de servicio de la empresa dependerá de la cantidad de recursos disponibles, es decir de la capacidad de responder a las necesidades de sus clientes. Al tratarse de una empresa nueva, dentro de un mercado naciente, en los primeros años se espera una etapa de fuerte crecimiento por lo que será necesario un criterio de selección de recursos que permita captar un buen porcentaje del mercado para luego mantenerlo en el periodo estacionario del mismo. Una vez alcanzado el periodo estacionario será necesaria la capacidad de atender a los clientes pero a su vez será muy importante el nivel de utilización de los recursos ya que de esto dependerá en gran parte la rentabilidad de la empresa.

Por lo tanto, los dos indicadores primordiales en la definición de la cantidad de recursos a emplear son, el tiempo de espera para la disponibilidad de una máquina, determinado por el “**back log**”, y el nivel de utilización de los recursos. Claramente estos indicadores dependerán de las condiciones determinadas en la **Redefinición del Procedimiento de Atención al Cliente**.

Definición del Horizonte de Planeamiento

Mediante consultas con empresas que realizan la prestación de este servicio tanto en EE.UU. como en Chile se ha determinado que dentro de ciertos límites el horizonte de planeamiento queda a criterio del proveedor. Esto se da así debido a que no genera mayor impacto en el resultado del servicio el momento en el cual se realiza la prestación del mismo. Por lo tanto un cliente estará dispuesto a aceptar un turno asignado para dentro de un mes aunque vale aclarar que en lo posible será mejor manejar tiempos más cortos. Este límite implicaría un horizonte de planeamiento de 15 días hábiles ya que durante este tiempo se recibirán pedidos de clientes a los cuales se les asignarán dentro de lo posible, turnos para los siguientes 15 días. El **Diagrama 2.2** muestra el flujo en la atención de clientes, desde la solicitud del servicio hasta la finalización de la prestación del mismo.

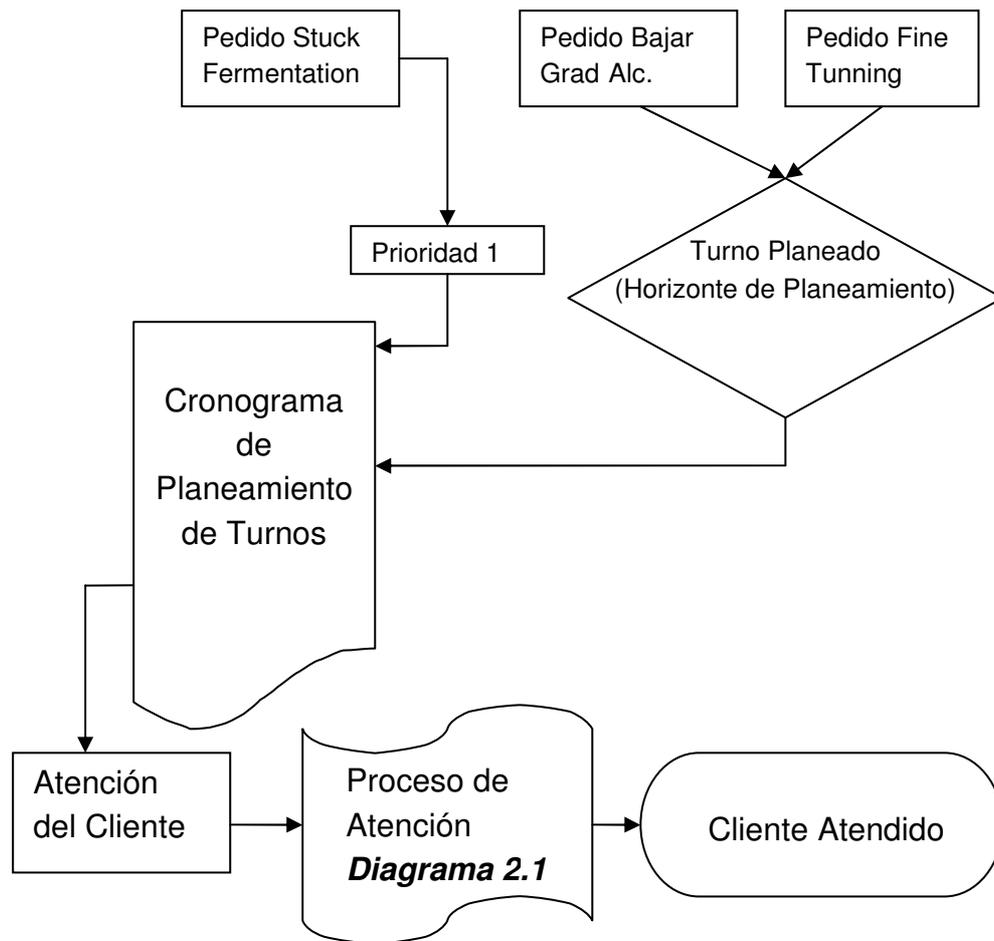


Diagrama 2.2: Flujo general de atención al cliente.

Como se ve en el diagrama, se reciben pedidos por parte de los clientes, se acumulan, y se les asignan turnos según la **Metodología de Asignación de Turnos**. Luego, llegado el momento, se procede a realizar la atención del cliente. Como se puede apreciar, del horizonte de planeamiento depende la formulación del Cronograma de Planeamiento de Turnos.

III. Conclusiones

Mediante la experimentación y su análisis, descriptos en las **Sensibilidades** y la **Fundamentación de Conclusiones** respectivamente, se arribó a las siguientes recomendaciones.

Mejora del Procedimiento de Atención al Cliente

El **Diagrama 3.1** muestra los cambios realizados sobre el procedimiento logrando que las necesidades crecientes de la empresa se resuelvan únicamente con la compra de más máquinas ya que la necesidad de contar con camionetas y enólogos queda tan reducida que sobra con uno de cada uno.

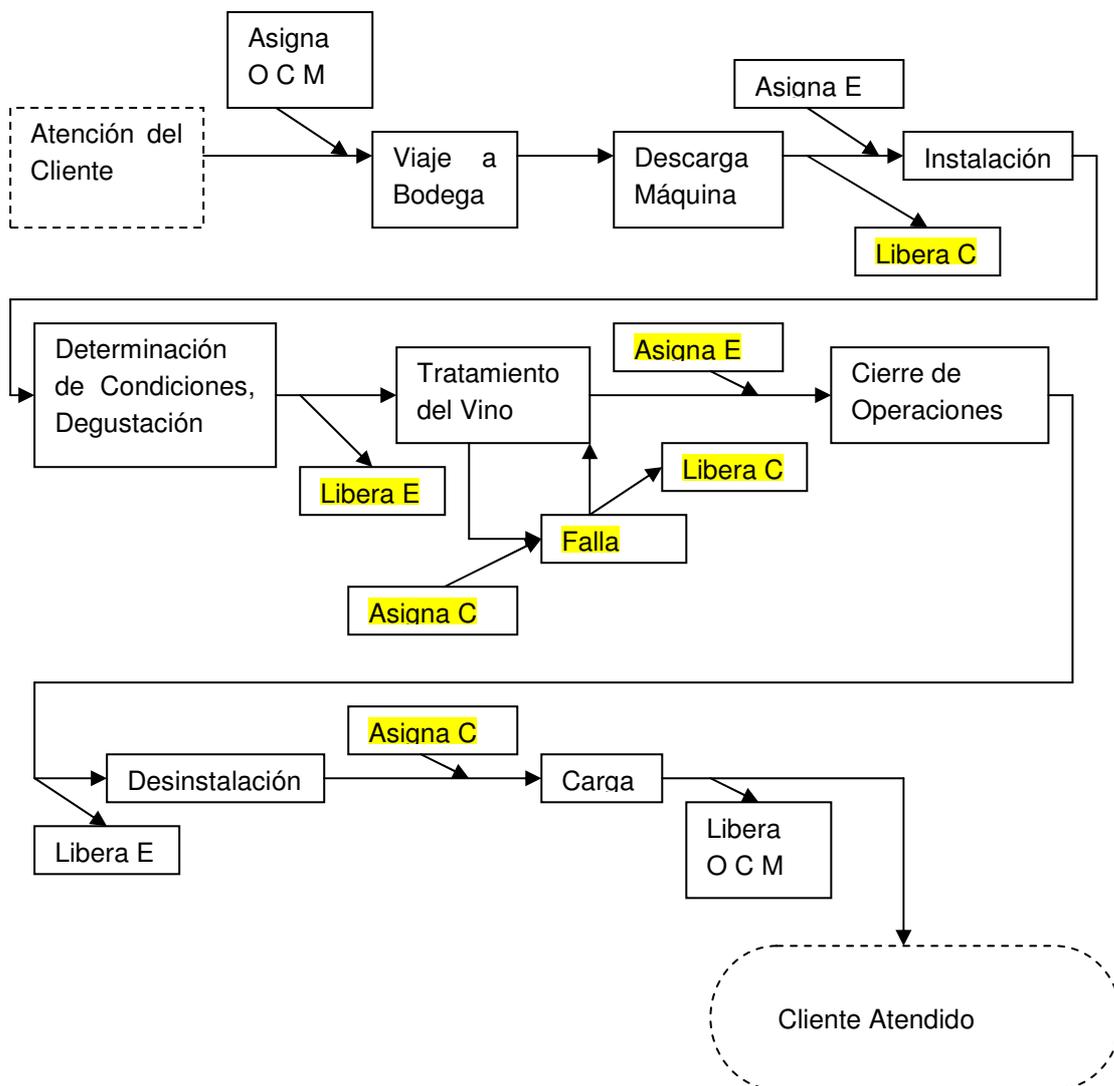


Diagrama 3.1: Nuevo flujo de procesos a realizar durante la prestación del servicio.

Metodología de Asignación de Turnos

En la operación diaria de la empresa se definirá los clientes a atender durante un periodo de tiempo y sus respectivas ubicaciones utilizando un determinado horizonte de planeamiento. Luego, conociendo la ubicación actual de cada recurso se estimará el momento en el cual cada uno quede libre. Finalmente, se asignarán los recursos, que lleguen a estar libres, a destinos, siguiendo una regla de decisión. La regla consiste en aparear destinos y recursos comenzando por los dos que mantengan entre sí la menor distancia.

Cantidad de Recursos a Emplear

Teniendo en cuenta las modificaciones ya expuestas, el cronograma de cantidad de máquinas por año recomendado se encuentra en el **Gráfico 3.1**.

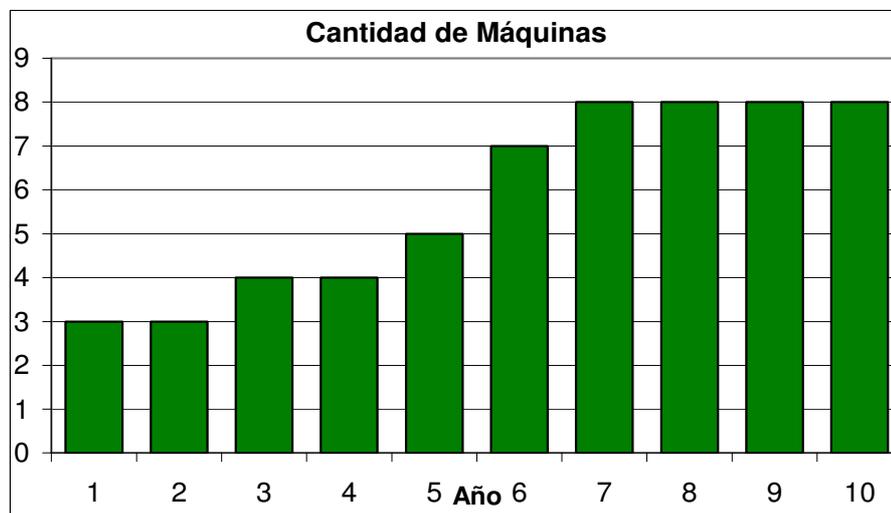


Gráfico 3.1: Cantidad de máquinas que se utilizarán durante cada año de operación de Vinotecnia.

Horizonte de Planeamiento Seleccionado

Aplicando los aspectos ya definidos, para optimizar el funcionamiento operativo de la empresa. Se separó el cronograma en los primeros 6 años y los últimos 4, etapa de crecimiento y periodo estacionario respectivamente.

Priorizando la flexibilidad y espontaneidad en la asignación de turnos, y así lograr satisfacer a los clientes emergentes, en los primeros 6 años se empleará un horizonte de 10 días hábiles, dos semanas completas. Luego, en la próxima etapa, priorizando la optimización de la rentabilidad, reduciendo costos logísticos, se pasará a un horizonte de planeamiento de 15 días.

Respuesta de la Empresa ante estas Especificaciones

Los **Gráficos 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5** muestran la respuesta esperada de Vinotecnia ante esta definición de condiciones operativas. En ellos vemos como en los primeros años se prioriza el cumplimiento ante los clientes sacrificando la distancia de viaje y el nivel de utilización de las máquinas y luego en el periodo estacionario, se invierten las prioridades y por lo tanto también se invierten los resultados.

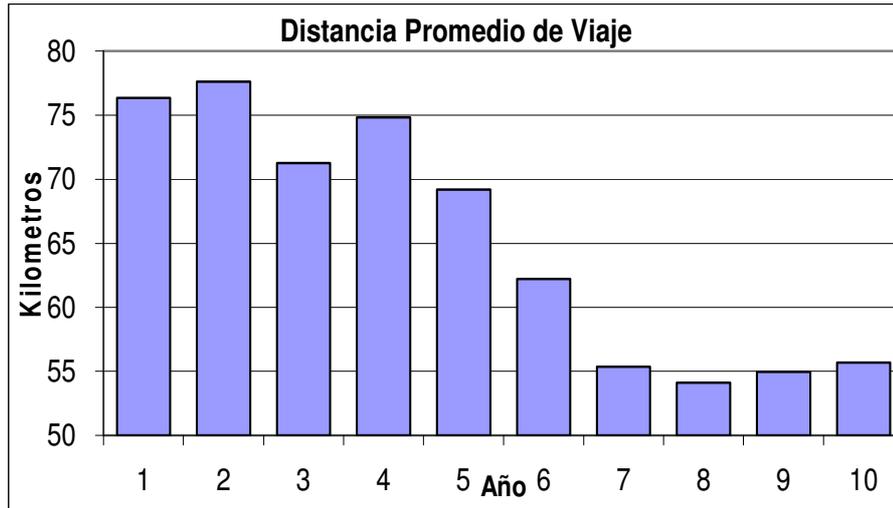


Gráfico 3.2: Distancias promedio de viaje esperadas por año bajo las condiciones definidas.

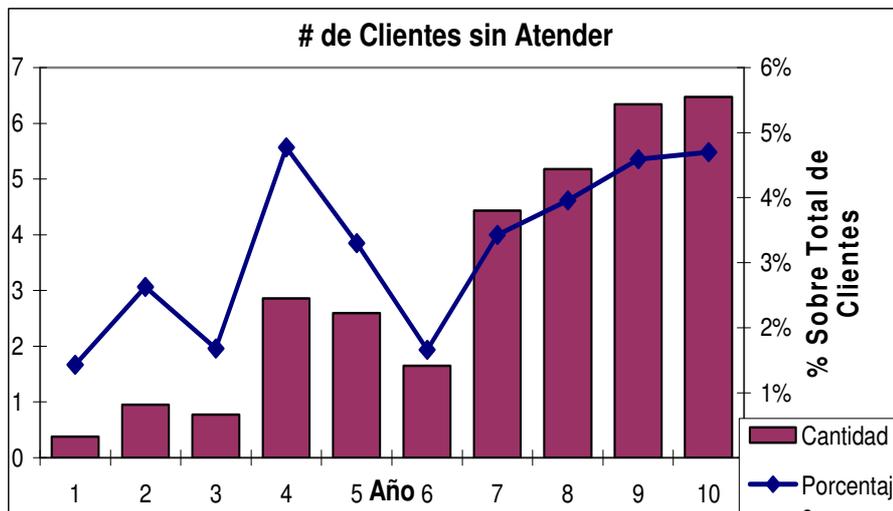


Gráfico 3.3: Promedio de clientes sin atender por año y el porcentaje que este número representa sobre la cantidad de clientes recibidos bajo las condiciones definidas.

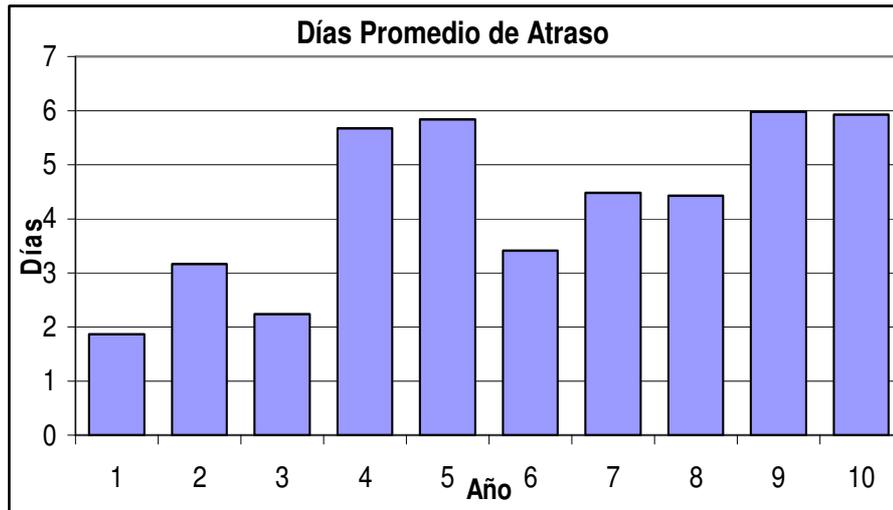


Gráfico 3.4: Promedio de días de atraso esperables por año bajo las condiciones definidas.

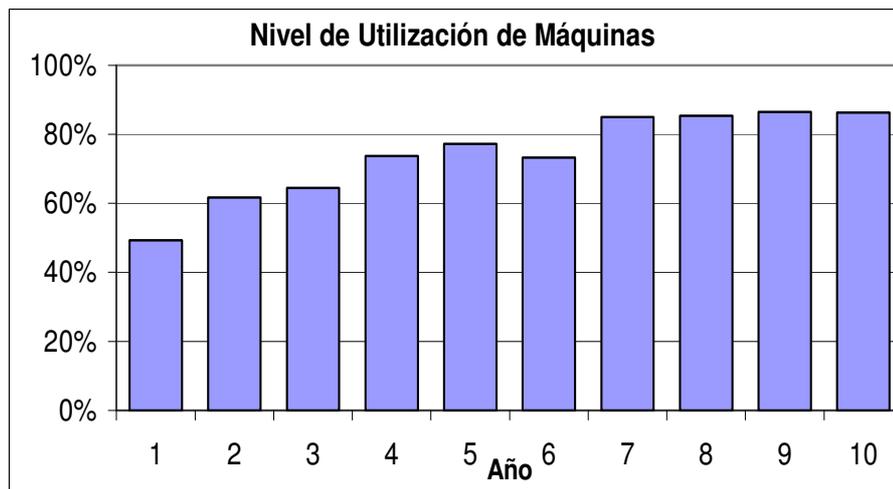


Gráfico 3.5: Niveles de utilización de las máquinas esperados por año bajo las condiciones definidas.

IV. Fundamentación de Conclusiones

Resultados de la Profundización del Estudio de Mercado Potencial

Mediante consultas con expertos y conocedores de la vitivinicultura Argentina y el negocio relacionado con esta, sumándole las experiencias de proveedores de este servicio en EE.UU. y Chile, y con el aporte de un estudio estadístico del mercado potencial, se determinan los siguientes parámetros generales esperables en los futuros clientes de Vinotecnia:

- “Fine Tuning” procesará un promedio de 22 mil litros
- Masivos rondará los 160 mil litros procesados
- “Stuck Fermentation” rondará los 56 mil litros tratados

A su vez, el estudio de mercado muestra la siguiente distribución esperable de cantidad de veces que se solicita un servicio sobre el total de pedidos:

- 71% “fine tuning”
- 19% masivos
- 10% “stuck fermentation”

La distribución en cantidad de clientes según zona y tamaño se representa en el **Gráfico 4.1**. Como se puede apreciar en el mismo, los clientes se encuentran concentrados en Luján de Cuyo y son en su mayoría de tamaño reducido. Esto implica una mayor cantidad de viajes de corta distancia y menor plazo de duración del tratamiento del vino en la bodega.

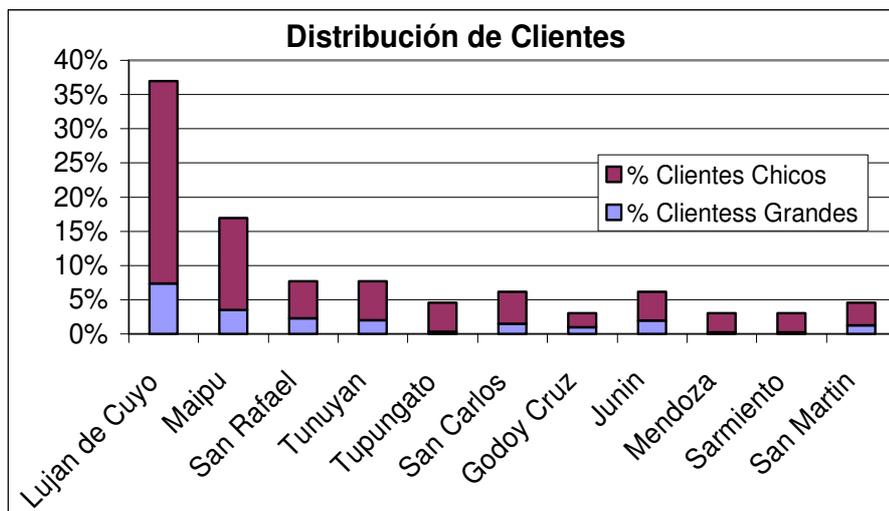
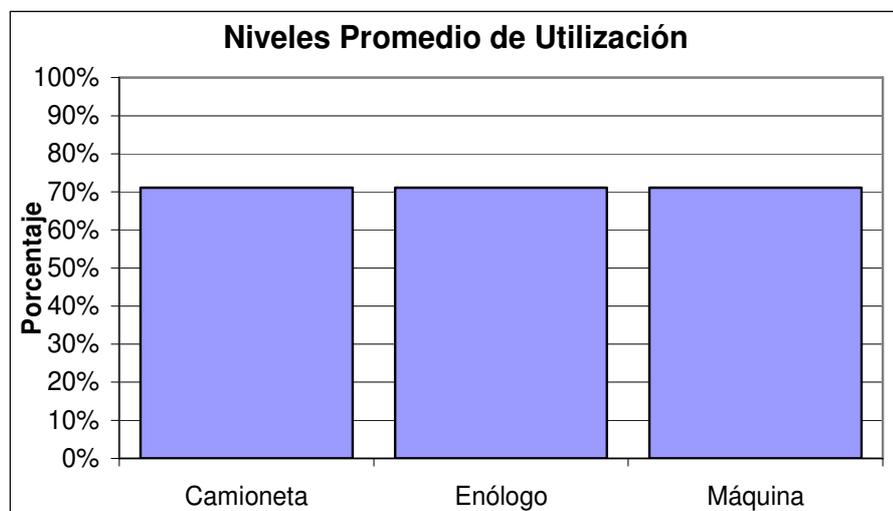


Gráfico 4.1: Distribución porcentual de cantidad de clientes por tamaño y ubicación.

Rediseño del Procedimiento de Atención al Cliente

El tratamiento del vino acapara el 98% del tiempo de procesamiento de clientes de “stuck fermentation”, el 93% en el caso de “fine tuning” y el 99% para los clientes masivos, por lo tanto se puede reducir enormemente la cantidad de camionetas y enólogos necesarios ya que estos no son imprescindibles para llevar a cabo estos procesos. Las **Figuras 4.1 y 4.2** muestran precisamente este resultado ya que en el primero se utilizó el procedimiento original utilizando 10 camionetas 10 enólogos y 10 máquinas mientras que en el segundo se utilizó el procedimiento optimizado con sólo una camioneta, un enólogo y 10 máquinas.



Horas Promedio de Espera

17 Fine Tuning	16 Masivos	7 Stuck Fermentation
-------------------	---------------	-------------------------

Figura 4.1: Niveles de utilización y tiempos promedio de espera por cliente según el “Modelo Original en ARENA”. (10 Cam. 10 Enó. 10 Máq.)

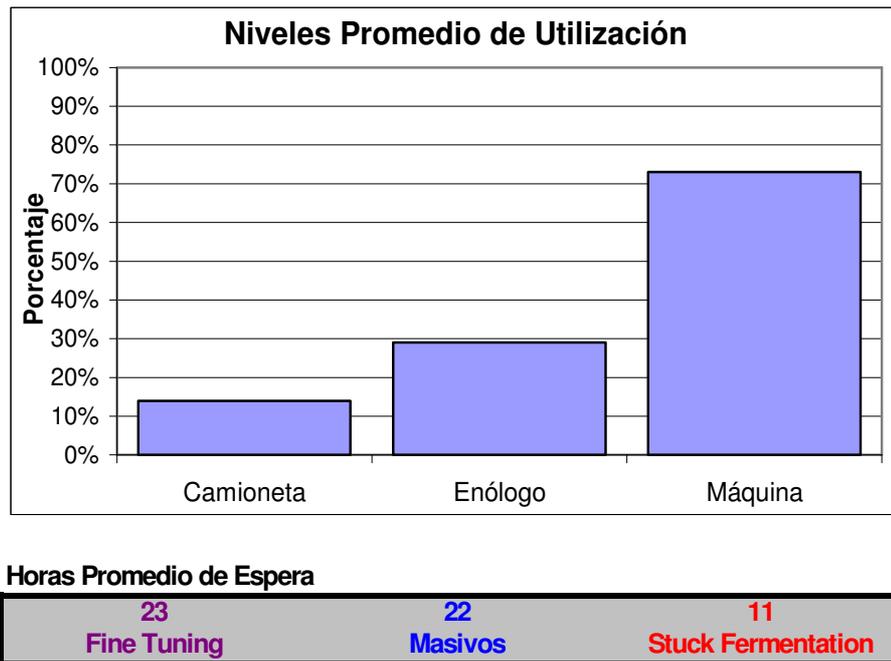


Figura 4.2: Niveles de utilización y tiempos promedio de espera por cliente según el “Modelo Optimizado en ARENA”. (1 Cam. 1 Enó. 10 Máq.)

El rediseño del proceso de atención a los clientes marca un claro beneficio al reducir al mínimo la cantidad de camionetas y enólogos necesarios. Comparando las **Figuras 4.1 y 4.2** vemos como en la configuración original se utilizan 10 camionetas y 10 enólogos a un 71% lo que equivale a utilizar 7,1 camionetas y enólogos al 100%. En la configuración optimizada en cambio, se utilizan una camioneta y un enólogo al 14% y 29% respectivamente, lo que equivale a utilizar 0,14 camionetas y 0,29 enólogos al 100%. Por lo tanto se puede pensar que se ha logrado reducir el requerimiento de camionetas y enólogos en un 98% y 96% respectivamente.

En adelante se utilizará únicamente el nuevo procedimiento para la simulación y definición de los aspectos operativos de la empresa ya que este será el procedimiento a implementar.

Asignación de Turnos

Dada la complejidad del “**Multiple Traveling Salesman Problem**” y una baja cantidad de destinos por periodo es aceptable la solución propuesta en este caso ya que no se requiere de un gran análisis para determinar el recorrido a emplear por los recursos. Existen varios algoritmos de resolución de este problema sin embargo no se arriba a una solución optima, sino a aproximaciones de la misma. La regla de decisión propuesta supera ampliamente la asignación de turnos mediante un criterio de “**first in, first out**” generando una gran mejora de performance relativa a un criterio de baja

complejidad. No vale la pena buscar una mejora mayor ya que cada mejora sucesiva disminuirá en magnitud mientras que significará un aumento cada vez mayor en complejidad. La codificación utilizada para cumplir con el criterio seleccionado se encuentra detallada en el **Anexo III**.

Criterio de Selección de Cantidad de Recursos

Eligiendo un horizonte de planeamiento arbitrario (en este caso $P=10$) queda claro que no hay necesidad de aumentar la cantidad de camionetas y enólogos por lo que este criterio se referirá únicamente a la cantidad de máquinas.

Siguiendo la estrategia expuesta en el **Contexto**, en los primeros 6 años del emprendimiento se desea captar el mercado naciente por lo que toman mayor importancia los indicadores del nivel de cumplimiento para con el cliente. Por otro lado, en el comienzo del emprendimiento, al trabajar con menos máquinas los niveles de utilización serán más bajos ya que los picos en la demanda no se podrán suavizar entre muchas máquinas esto causará un mayor impacto en la cantidad de clientes sin atender como también en el atraso en la atención. Todo esto se analiza en profundidad en la sección de **Sensibilidades**. Resumiendo, la **Tabla 4.1** muestra la respuesta promedio de los indicadores en este periodo ante los distintos criterios analizados. Los criterios simplemente fijan el máximo promedio de días de espera admisible para que exista una máquina libre. Por lo tanto, al disminuir este número, será necesario contar con más máquinas.

Primeros 6 años

Criterio	Distancias de Viaje	Incrementos %	Clientes sin Atender	Incrementos %	Días de Atraso	Incrementos %	Nivel de Utilización
I	72	0%	1,5	0%	3,7	0%	67%
II	73	1%	1,9	23%	4,5	21%	70%
III	75	3%	2,8	50%	5,7	26%	74%

Tabla 4.1: Muestra los valores promedio en los primeros 6 años del emprendimiento que toman los 3 indicadores para distintos criterios de selección de recursos.

Finalmente se optó por recomendar un criterio de selección de recursos de 7 días como promedio máximo de espera para que se libere una máquina.

En los últimos 4 años, es decir el periodo estacionario, el criterio de selección se perfila más hacia la rentabilidad, intentando maximizar los niveles de utilización. Sin embargo no debemos perder de vista las repercusiones que esto tiene sobre los demás indicadores. La **Tabla 4.2** Muestra el fuerte impacto sobre los indicadores que tiene utilizar 8 en vez de 9 máquinas en este periodo, pero a su vez, este cambio aumenta el nivel de utilización en 8%. Ya que, a pesar de haber aumentado enormemente de forma porcentual, el aumento en

la cantidad de clientes sin atender por año será de 4,4, es decir menos del 4% de los clientes atendidos. A su vez, las reducciones en las distancias de viaje se intentarán recuperar mediante la selección del horizonte de planeamiento. Por lo tanto no se justifica la compra de otra máquina, por lo que el criterio a utilizar será el de 10 días de espera.

Últimos 4 años

Criterio	Distancias de Viaje	Incrementos %	Clientes sin Atender	Incrementos %	Días de Atraso	Incrementos %	Nivel de Utilización
I (9 Máq)	55	0%	1,3	0%	3,3	0%	78%
II (8 Máq)	61	10%	4,2	216%	6,2	86%	86%
III (8 Máq)	61	0%	4,2	0%	6,2	0%	86%

Tabla 4.2: Muestra los valores promedio en los últimos 4 años del emprendimiento que toman los 3 indicadores para distintos criterios de selección de recursos.

Juntando ambos criterios se obtiene el cronograma de inversiones en máquinas que muestra el **Gráfico 3.1**.

Horizonte de Planeamiento

Tomando todas las definiciones realizadas hasta el momento, resumiendo el análisis de **Sensibilidades**, la **Tabla 4.3** identifica el impacto que el horizonte de planeamiento tiene sobre cada uno de los indicadores utilizados. En el estudio, el horizonte de planeamiento se fue aumentando de a un día desde una duración de 5 días hasta uno de 15 días.

	Mejora % Total entre 5 y 15 Días	Promedio de Mejora % por Día Agregado	Naturaleza de esta Relación	Valor en P=5	Valor en P=15
Distancia de Viaje (km)	17%	1,7%	Estable	75	62
Clientes sin Atender	-57%	-4,2%	Estable	2,15	3,36
Días de Atraso	30%	3,1%	Estable	5,57	3,92

Tabla 4.3: Resumen de resultados del análisis de sensibilidad sobre el impacto que la variación del horizonte de planeamiento tiene sobre los 3 indicadores.

En base a esta tabla y teniendo en cuenta la estrategia macro de quienes lleguen a operar la empresa, se puede decidir por la utilización de un horizonte de planeamiento u otro. Queda claro que el impacto de agregar un día más al horizonte de planeamiento es positivo sobre las distancias promedio de viaje y los días de atraso pero negativo sobre los clientes sin atender. Esto se debe a que al aumentar el horizonte de planeamiento, los turnos se asignan con mayor retraso por lo que se aproximan a un mes de plazo entre pedido y atención, punto en el cual se estima que el cliente buscará otro proveedor. Sin embargo

queda claro también que se trata de pocos clientes sin atender, nunca más de 4 por año, por lo que no es muy contraproducente este indicador.

Vale aclarar que la relevancia de cada impacto depende del costo asignado al empeoramiento de cada valor. Es decir, si el costo de transporte es muy elevado aumenta la significación del impacto sobre las distancias promedio de viaje. De forma semejante, si el costo intangible de fallas en el cumplimiento con los clientes resulta ser muy elevado, el impacto de la variación del horizonte de planeamiento sobre estos indicadores cobra mayor importancia.

Con estos puntos en mente se recomienda utilizar dos horizontes de planeamiento distintos, tal como se lo hizo con el criterio de selección de recursos.

En los primeros 6 años, para mantenerse por encima de los pedidos de clientes y no darle lugar a la competencia se recomienda un horizonte de planeamiento más corto ya que la cantidad de recursos elegidos permite mantener buenos niveles de cumplimiento con los clientes.

Luego en los últimos 4 años se aumentará el horizonte de planeamiento. Al contar con buenas relaciones con los clientes, la programación de turnos con mayor anticipación no le restará a su satisfacción pero si permitirá reducir directamente las distancias promedio de viaje que se mantienen elevadas al emplear menos máquinas para conseguir una mayor rentabilidad. A su vez, también se logrará mejorar el índice promedio de días de retraso en la atención al cliente.

Como ya se aclaró en las conclusiones, justificándolos por los gráficos expuestos en las **Sensibilidades**, los valores recomendados para el horizonte de planeamiento a utilizar resultan ser de 10 días para los primeros 6 años y de 15 días para los últimos 4. De esta forma, en ambos casos se está por encima del tiempo de espera generado por el **back log** promedio esperado, dándole a la empresa la oportunidad de programar bien la asignación de turnos de atención.

V. Sensibilidades

Justificación de Optimización del Procedimiento de Atención al Cliente

En la **Fundamentación de Conclusiones** ya se enumeraron los beneficios logrados por la reformulación del procedimiento de atención al cliente. Analizando los efectos negativos de esta optimización destacamos que se consigue al costo de un incremento de sólo el 2% en el nivel de utilización de las máquinas. El mismo es generado por los nuevos tiempos de espera cada vez que se requiere la presencia de un recurso que no se encuentra presente a lo largo de todo el proceso de atención. Estos inconvenientes resultan en un incremento del tiempo de espera total en la atención de un cliente. Estos aumentos son del 34%, 45% y 56% para los clientes de Fine Tuning, Masivos y Stuck Fermentation respectivamente. Estos porcentajes parecen ser muy elevados, sin embargo se trata de tan sólo unas 6 horas más de espera. Si se analizan estos efectos frente a condiciones menos favorables, los incrementos porcentuales serán mucho menores. Por otro lado, si realmente resulta necesario reducir estos tiempos, esto se puede lograr ya sea aumentando la cantidad de máquinas o la cantidad de camionetas y enólogos en una unidad.

Impacto de la Modificación en el Criterio de Selección de Cantidad de Máquinas

Respetando las condiciones establecidas en las **Conclusiones** se realizó la experimentación de los efectos generados al cambiar el criterio de selección de cantidad de recursos. El **Gráfico 5.1** muestra justamente la cantidad de máquinas empleadas cada año bajo cada criterio.

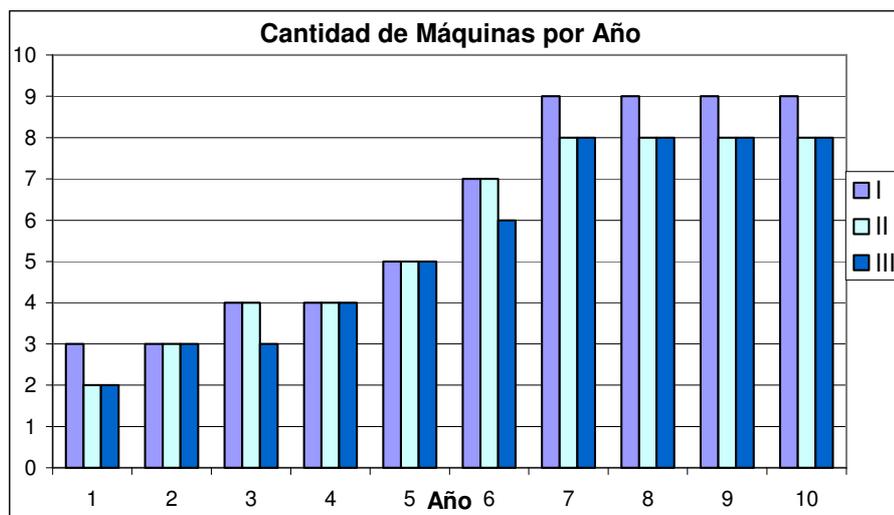


Gráfico 5.1: Cantidad de máquinas empleadas cada año utilizando los distintos criterios de selección.

Estas diferencias en cantidad de máquinas son las que presentan los desacoples entre las curvas graficadas como se ve en los **Gráficos 5.2, 5.3 y 5.4**. En los mismos se observa como al ser menos tolerantes con el tiempo promedio permitido de espera por los clientes para ser atendidos, por lo tanto empleando más máquinas, se mejora la performance en cuanto a los indicadores especificados: distancia promedio de los viajes realizados, promedio de clientes sin atender y promedio de atraso en la atención de clientes respectivamente.

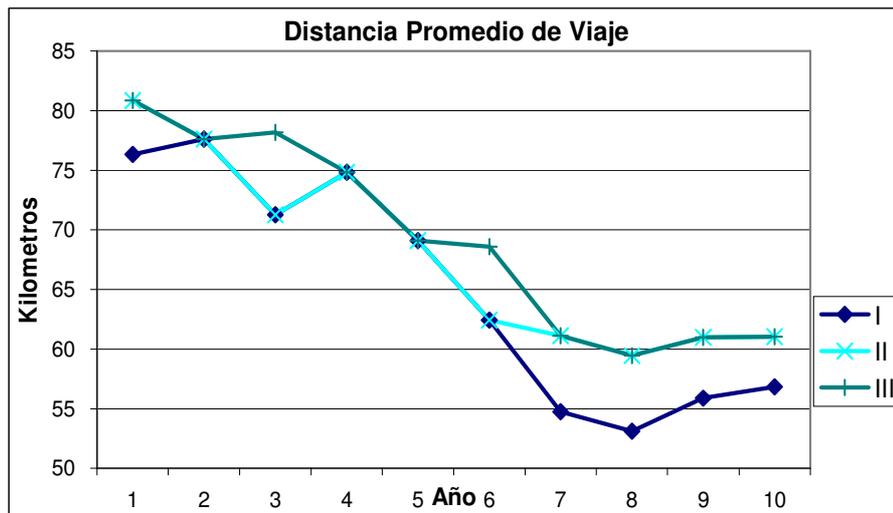


Gráfico 5.2: Distancia de viaje promedio para distintos criterios de selección de cantidad de máquinas.

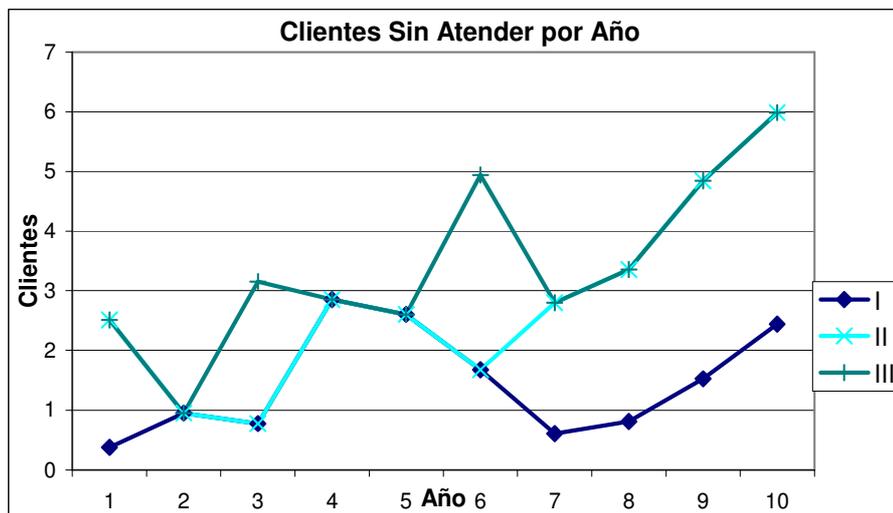


Gráfico 5.3: Promedio de clientes sin atender para distintos criterios de selección de cantidad de máquinas.

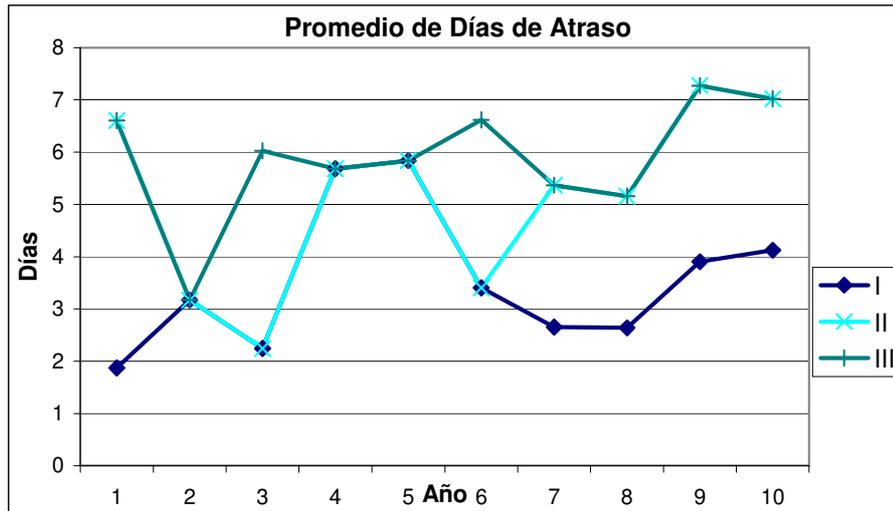


Gráfico 5.4: Promedio de días de atraso en la atención de clientes para distintos criterios de selección de cantidad de máquinas.

Como vemos en estos gráficos, existen dos grandes separaciones entre las curvas de 7 y 10 días. La primera se presenta en el primer año, momento en el cual es fundamental captar clientes en el mercado naciente. Es por esto que lograr minimizar los clientes no atendidos y bajar de 11 días de atraso promedio a casi 2, como se ve en los **Gráficos 5.3** y **5.4**, justifica la compra de una máquina más. La segunda separación ocurre en los últimos cuatro años proyectados, en este caso, a pesar de existir diferencias de hasta 6 clientes sin atender y unos 5 días de atraso, como también un 9% de diferencia en las distancias promedio de viaje, recordemos que en este plazo el objetivo es maximizar la rentabilidad elevando el nivel de utilización de los recursos.

La contrapartida de las mejoras observables al ser más estricto el criterio de selección de cantidad de máquinas (minimizando la espera admisible), por lo tanto empleando mayores cantidades de las mismas, es la disminución en el nivel de utilización de las máquinas empleadas. Recordemos que un objetivo es maximizar los niveles de utilización. El **Gráfico 5.5** muestra la variación en los niveles de utilización

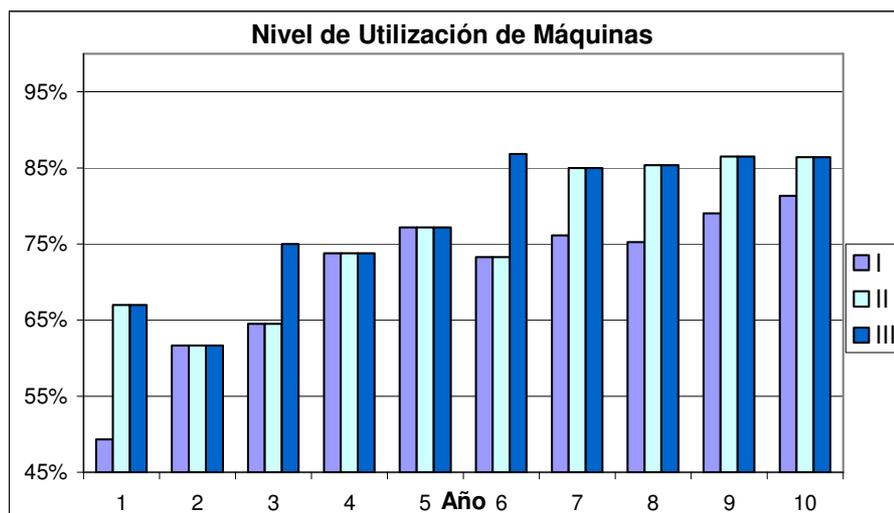


Gráfico 5.5: Promedios de niveles de utilización de las máquinas para distintos criterios de selección de cantidad de máquinas.

Al tener en cuenta este último gráfico en el análisis, queda claro que la disminución en el nivel de utilización al trabajar con 9 máquinas en los últimos 4 años contrarresta las mejoras logradas, no justificándose entonces la adquisición de una novena máquina.

Impacto de la Redefinición del Horizonte de Planeamiento

Los **Gráficos 5.6, 5.7 y 5.8** referidos a la distancia de viaje, clientes sin atender y días de atraso respectivamente, muestran el promedio generado al simular los 10 años de operación con cada horizonte de planeamiento. Vale aclarar que estos resultados se obtuvieron manteniendo el criterio de selección de recursos ya establecido.

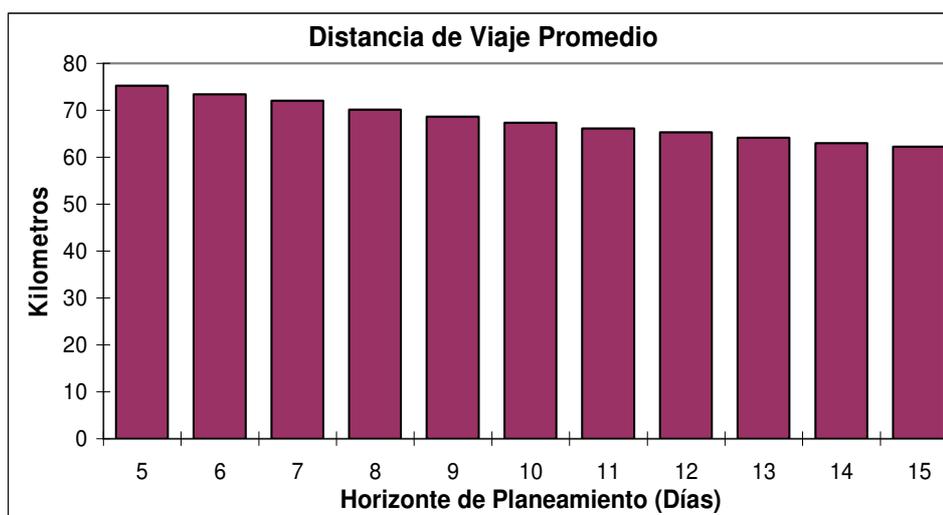


Gráfico 5.6: Promedio en distancias de viaje en los 10 años de operación con distintos horizontes de planeamiento.

En el **Gráfico 5.6** vemos que al aumentar el horizonte de planeamiento se logra una reducción promedio del 1,7% en las distancias de viaje. Por lo tanto es válido comparar los ahorros que esto generaría con la insatisfacción generada en los clientes al asignarles turnos que impliquen un mayor tiempo de espera. Vale aclarar que se espera atender alrededor de 883 clientes a lo largo de los 10 años y dado que aproximadamente en un 5% de los clientes se requiere realizar un viaje para reparar la máquina, se espera realizar unos 927 viajes. Por lo tanto, pasar de un horizonte de planeamiento de 5 días a uno de 15 puede ahorrar alrededor de unos 12.000 km a recorrer en los 10 años. Además, teniendo en cuenta que el 60% de los clientes se atenderá en los últimos 4 años sería recomendable empezar con un horizonte de planeamiento que beneficie la satisfacción del cliente y luego aumentarlo para obtener mejores rendimientos cuando se hace más relevante el costo logístico.

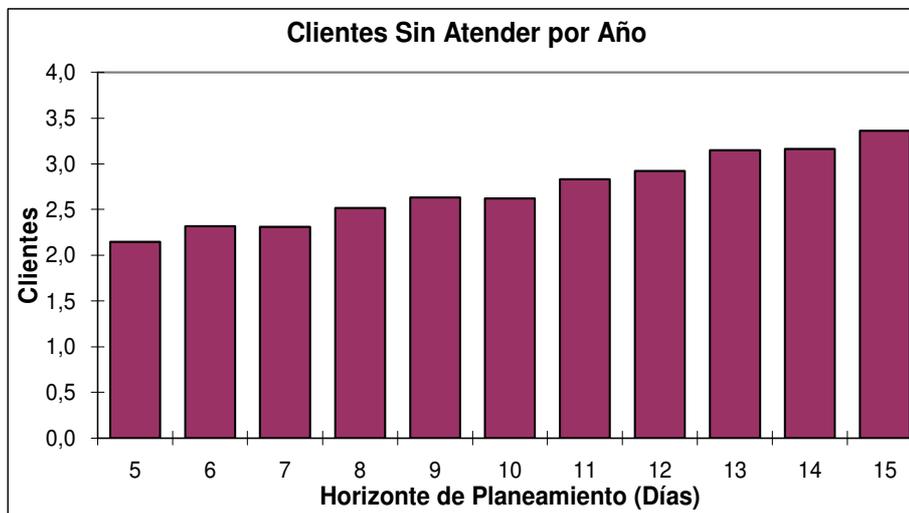


Gráfico 5.7: Promedio de clientes sin atender en los 10 años de operación con distintos horizontes de planeamiento.

El **Gráfico 5.7** muestra como el alargue del horizonte de planeamiento causa un aumento marcado en la cantidad de clientes perdidos al no poder asignarles turnos dentro de un periodo de menos de un mes de realizada la solicitud. Igualmente vale aclarar que se está hablando de un promedio de menos de 4 clientes sin atender lo cual es insignificante frente a variaciones según la observación que permiten llegar hasta un máximo por encima de los 30 clientes sin atender. Por lo tanto, el horizonte de planeamiento no es determinante en la reducción de la cantidad de clientes no atendidos. Esta variable también depende fuertemente de factores no controlables.

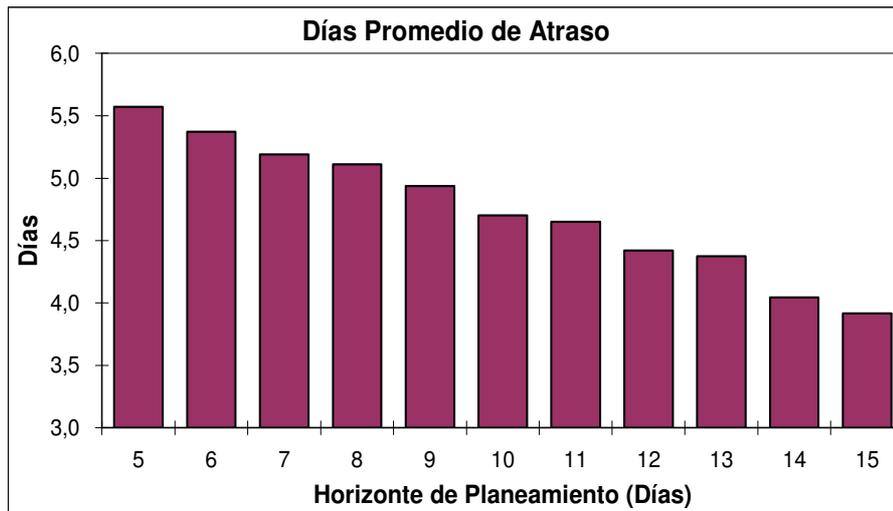


Gráfico 5.8: Promedio de días de atraso en los 10 años de operación con distintos horizontes de planeamiento.

El **Gráfico 5.8** muestra efectos similares a los observados sobre las distancias promedio de viaje pero esta vez sobre los días de atraso en la atención de clientes. De esta forma queda claro que los clientes a los que se les asigna turnos recibirán un mejor nivel de servicio al utilizar un horizonte de planeamiento mayor.

ANEXOS

Anexo I. Modelo Conceptual

En búsqueda de alcanzar los objetivos propuestos será necesario modelar el comportamiento de la empresa a medida que la misma se desenvuelve desde su creación hasta el periodo de funcionamiento estacionario. A continuación se definen el alcance del modelo como también sus variables de forma tal que sea posible realizar el análisis de sensibilidad necesario para conocer las respuestas de la empresa frente a distintas decisiones en el diseño de su atención y estrategia.

Límites y Contexto

a. Demanda:

Como se aclaró en la **Profundización del Estudio de Mercado Potencial**, el interés en la demanda esperada de Vinotecnia se basa en la necesidad de generar clientes representativos en cuanto a la cantidad, momento de llamado, ubicación, servicio solicitado y volumen a tratar. Esto es necesario para poder mediante la simulación recomendar el proceso de atención, cantidad de recursos y horizonte de planeamiento óptimos para aplicar en Vinotecnia. Debido a la inexistencia de un mercado para este servicio en la zona pretendida, la determinación de estas características se realizó mediante consultas con expertos y conocedores de la vitivinicultura Argentina y el negocio implicado en la misma, consultando las experiencias de proveedores de este servicio en EE.UU. y Chile y sumando a las mismas los parámetros de las bodegas ya presentes en esta zona.

De esta forma, estudiando la existencia de potenciales clientes y sus atributos, se podrá definir una distribución de probabilidades en cuanto a tamaño y ubicación y servicio solicitado que permita generar luego un panorama de simulación representativo de la realidad.

b. Recursos (máquinas, camionetas, operarios, enólogos):

Ya se han realizado estudios cualitativos y comparativos para determinar las camionetas a utilizar, por lo que éste recurso se verá limitado a sólo variar en cantidad dentro de la simulación. Lo mismo puede decirse de las máquinas a utilizar y los enólogos a contratar.

c. Operaciones:

Los tiempos de carga y descarga, instalación y desinstalación de la máquina han sido estimados en base a la experiencia del proveedor de la misma. A cada paso del proceso se le permitirá una variación relacionada a su complejidad y naturaleza. La determinación de los tiempos de las tareas es más que nada cualitativa. Sin embargo la precisión en la determinación de cada tiempo individual no es el objetivo de este proyecto por lo que se optará

por aproximarse en forma razonable a los tiempos reales, siempre permitiendo cierta holgura para imprevistos.

Un aspecto que sí impacta sobre el resultado de la simulación es la asignación de recursos innecesarios en determinadas tareas. Por éste motivo se prestará más atención a las características de cada proceso permitiendo redefinir la aplicación de los recursos, logrando así librar a los recursos claves para su utilización en la atención de otros clientes.

Variables

a. Demanda:

- *Datos necesarios:*
 - Demanda total esperada en el año
 - Distribución probabilística de clientes potenciales por localidad y tamaño
 - Ubicación
 - Tamaño del cliente
- *Información generada:*
 - Número de clientes esperados
 - Servicio solicitado por los mismos
 - Litros a tratar por los mismos
 - Ubicación de los mismos
 - Día de pedido

b. Recursos:

- *Combinación de recursos disponibles a analizar vía la simulación.*
(Se definirá al lograr optimizar su rendimiento).

c. Operaciones:

- *Inputs estimados:*
 - Tiempo de viaje
 - Tiempo de descarga de máquina
 - Tiempo de set up
 - Tiempo de determinación de condiciones y degustación
 - Tiempo de tratamiento del vino
 - Tiempo de cierre de operación
 - Tiempo de desinstalación
 - Tiempo de carga
- *Outputs:*
 - Tiempo de espera del cliente
 - Nivel de utilización por recurso

- Litros tratados
- Distancia promedio de viajes
- Días de atraso en la prestación del servicio
- Clientes atendidos y sin atender

Proceso de Atención

- A lo largo del año se recibirán llamadas de clientes solicitando uno de los tres servicios: “Stuck Fermentation”, “Fine Tuning” o Reducción Masiva de Graduación Alcohólica.
- Identificado el propósito del llamado. En el caso de “stuck fermentation” se le asigna al cliente la mayor prioridad posible, por lo que apenas se genera una apertura en el cronograma de planeamiento de turnos, la misma se llenará con clientes solicitando el servicio por este motivo. Es decir, se le asigna el primer turno disponible.
- En los otros dos casos, los turnos se asignarán con un horizonte de planeamiento determinado, intentando agrupar clientes según su ubicación para minimizar las distancias de viaje. En el caso de estar completo el cronograma de planeamiento de turnos la atención del cliente será postergada al próximo periodo de atención.
- Este procedimiento se representa gráficamente en el **Diagrama 2.2**. El **Diagrama 2.1** muestra la prestación del servicio que se realizará repetidamente en la bodega de cada cliente, así completando la atención al mismo.

Anexo II. Modelo de Datos

Introducción

Al tratarse de una empresa inexistente, que proveerá un servicio aun no presente en un mercado aun no creado, no existen datos empíricos en base a cuales desarrollar este modelo. Por lo tanto el modelo de datos se encuentra dividido en dos secciones claras:

- Determinación de la demanda:

Se realizó un estudio de mercado de potenciales clientes de Vinotecnia recopilando información sobre la ubicación y el tamaño de bodegas existentes.

- Distribuciones y parámetros de procesos de atención:

Basados primordialmente en información prestada por el proveedor de la máquina.

Determinación de la demanda

La determinación de la demanda se basa en los resultados del estudio de mercado realizado. Los datos relevantes son la ubicación y el tamaño del cliente potencial. El **Gráfico 4.1** muestra la distribución porcentual de clientes por ubicación, desglosada en clientes chicos y grandes. En base a estos resultados se determinan los parámetros representativos de potenciales clientes presentes en las distintas localidades definidas. Luego en base a un único número aleatorio se determina la localidad de un cliente. Una vez definida su ubicación, se define el tamaño del cliente y consecuentemente el servicio requerido, sea “stuck fermentation” (independiente del tamaño), reducción masiva de graduación alcohólica (clientes grandes) o “fine tuning” (clientes chicos y grandes).

Una vez generada una lista de clientes ficticios, se genera la sucesión de llamados a través de la cual los mismos se presentan. Esta sucesión es generada utilizando una distribución exponencial para los tiempos entre llamadas consecutivas de los clientes. La media de las distribuciones exponenciales se determina a partir del número de clientes esperado en el año, partiendo de la base de los litros totales a tratar en el mismo. En el caso de clientes de “stuck fermentation” el día de llamado se determinará mediante una distribución exponencial no homogénea que presente un pico de llamadas a mediados del tercer mes del periodo de fermentación. La generación de demanda descripta se encuentra en las hojas “**Características Clusters**” y “**Gen Demandas**” del archivo de Excel “**Tesis Excel**” en el CD adjunto.

El **Gráfico 7.1** presenta las curvas representativas de los litros a tratar esperados por año y los litros promedio generados mediante la simulación en Excel.

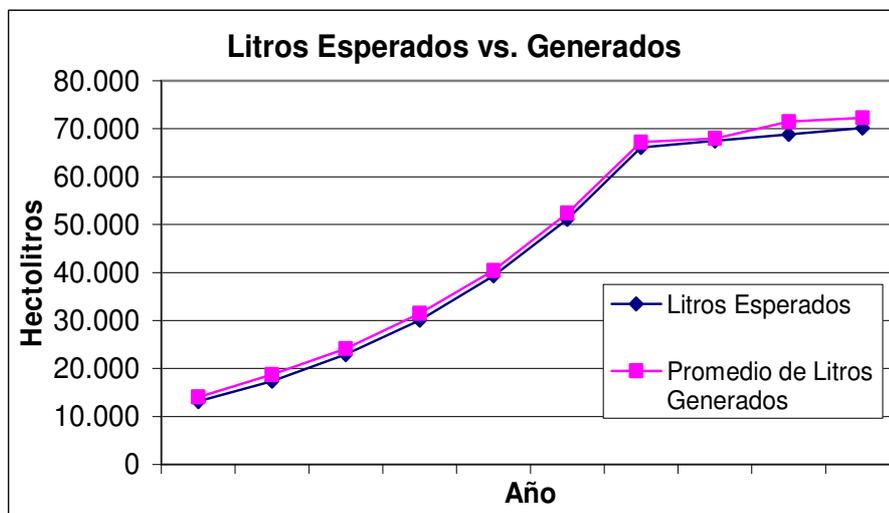


Gráfico 7.1: Litros Anuales Esperados vs. Promedio de Litros Anuales Generados

Distribuciones y parámetros de procesos de atención

Con base en la información facilitada por prestadores de este servicio en los Estados Unidos y Chile (proveedores de nuestra máquina), se estimaron las distribuciones de tiempos de cada proceso operativo presente en la atención de un cliente. La fuente cedió los tiempos mínimos, máximos y promedios de duración de cada proceso. A continuación se detalla la determinación de cada distribución con sus respectivas justificaciones.

a. Distancias de Viaje

Se determina según los datos de la ubicación, tomándose una probabilidad uniforme para el rango de distancias asociado con cada ubicación ya que no se especifica como se agrupan las bodegas dentro de las localidades predeterminadas. Por lo tanto en base a esta distancia, y la velocidad de viaje promedio estimada, se obtiene el tiempo de viaje en cuestión. Para la simulación en Arena se genera una distribución representativa de los viajes posibles según la asignación de turnos determinada en Excel. Para determinar esta distribución se ingresaron los viajes generados por las 84 corridas del Excel para el décimo año en el “input analyzer”.

b. Descarga de Máquina:

Es un proceso sencillo que consiste en la descarga de la máquina con un auto-elevador presente en la bodega. La variación del tiempo de ejecución depende más que nada de la destreza del operador. Sin más información se toma como

estimación la distribución triangular determinando un mínimo, un máximo y la moda.

c. Instalación:

La instalación de la máquina en la bodega si depende mucho de las condiciones que se presentan en la misma. Dependiendo de la disponibilidad de mangueras y la accesibilidad a los tanques requeridos, este proceso puede extenderse muy por encima de sus valores promedio. Por lo tanto se lo representará con una distribución lognormal que permite la generación de dichos prolongaciones en el tiempo de instalación.

d. Determinación de Condiciones:

- *Fine Tuning*: arrancando con un tiempo mínimo, este proceso depende únicamente del vino y el paladar de los enólogos. Por lo tanto, una vez realizada la tarea en el tiempo mínimo, el proceso se extiende hasta determinar una graduación alcohólica específica, sin embargo ésta graduación es aleatoria para cada vino por lo que es tan probable que sea la primera como la última. Por lo tanto se representa este tiempo mediante una distribución uniforme.
- *Resto*: en los otros motivos de prestación de este servicio, la determinación de condiciones es más directa, se elige una graduación objetivo y se configuran los procesos para obtenerla, por lo tanto se estima este tiempo mediante una distribución triangular.

e. Tratamiento del Vino:

Resumiendo, el tiempo empleado para el tratamiento del vino resultará de la compilación de varios factores. El tiempo total empleado es igual a: “capacidad de máquina” por “litros a tratar” más el tiempo de reparación de fallas. Este tiempo de reparación depende de la “cantidad de fallas” por el “tiempo de reparación” de cada una (en algunos casos incluyendo un tiempo de viaje).

- *Capacidad de Máquina*: este valor está sujeto a las especificaciones de la máquina comprada, sin embargo en la operación de la misma existen pequeñas variaciones alrededor del valor esperado. Las mismas resultan de la suma de incontables variables por lo que se aproxima dicha variación mediante una distribución normal
- *Fallas*: tomando el tiempo estimado de duración del funcionamiento de la máquina (litros a tratar por capacidad promedio), e información del promedio de fallas por litro tratado facilitada por el proveedor, se utiliza la distribución de Poisson para determinar cuantas fallas ocurrirán en la atención del cliente.

- *Falla, requiere viaje al centro de atención?*: esta es la única distinción entre fallas posibles ya que es el único motivo que hará variar extraordinariamente el tiempo de reparación de una falla. La determinación de cuantas fallas requerirán un viaje se toma en base a un porcentaje estimativo facilitado por el proveedor.
- *Reparación de Fallas*: el tiempo de reparación en si de cada falla se encuentra dentro de un promedio pero rodeado de nuevos imprevistos. Por lo tanto se utiliza la distribución lognormal que permite la prolongación de estos tiempos en algunas oportunidades.

f. Desinstalación:

Dependerá directamente del tiempo de instalación determinado anteriormente ya que la complicación para instalar se comparte con una complicación en la desinstalación. Sin embargo el tiempo esperado es un poco menor y con pequeñas variaciones, ambos efectos ilustrados mediante una distribución normal.

g. Carga de Máquina:

Al igual que la descarga, este tiempo se simulará mediante una distribución triangular pero tenderá a ser un poco mayor que la anterior ya que es una operación más compleja.

La **Tabla 7.1** muestra un resumen de las distribuciones y sus parámetros.

Proceso	Concepto	Distrib.	Parametros			Unidades
Viajes	-	Expo	lambda: 30,7	const: 5		km
Descarga	-	Triangular	min: 10	moda: 15	max: 22	minutos
Instalacion	-	Lognormal	media: 40	desvio: 10		minutos
Determinacion de condiciones	Fine tuning	Uniforme	min: 25	max: 75		minutos
	Resto	Triangular	min: 15	moda: 25	max: 40	minutos
Tratamiento del Vino	Capacidad de máquina	Normal	media: 550	desvio: 15		litros/hora
	Fallas	Poisson	media: 0,005			fallas/mil hectolitros
	Requiere viaje al centro de atención?	Porcentaje	10%			porcentaje
	Reparación sin viaje	Lognormal	media: 45	desvio: 15		minutos
	Reparación con viaje	Lognormal	media: 120	desvio: 30		minutos
Cierre de Operaciones	-	Uniforme	min: 15	max: 60		minutos
Desinstalacion	Variación respecto de instalación	Normal	media: -5	desvio: 5		minutos

Tabla 7.1: Resumen de las distribuciones representativas de cada proceso y sus respectivos parámetros.

Anexo III. Modelo Operacional

Introducción

Siguiendo lo establecido por el **Modelo Conceptual** y el **Modelo de Datos** y para cumplir con los objetivos del proyecto se realizó una modelización de la asignación de turnos en Excel, dejando la determinación de niveles de utilización y variaciones en la prestación del servicio a ser modeladas en el ARENA. Los datos utilizados en la simulación en ARENA incluyen todas las distribuciones de operaciones determinadas en el Modelo de Datos como también los parámetros a seguir en la generación de clientes. Así se determinaran los tiempos promedio de espera por cliente y los niveles de utilización de los recursos en la simulación en ARENA para que los mismos luego sirvan como datos de entrada para la simulación en el Excel (hoja "**ARENA**" del archivo de Excel "**Tesis Excel**" en el CD adjunto).

El Excel por su parte también cuenta con números aleatorios y datos prefijados presentes en las hojas "**Datos Corridas**" y "**Tablero de Comando**" para su alimentación. De esta forma se crean 84 corridas por cada año a simular, logrando conseguir que los resultados tengan valor estadístico. Estos resultados a su vez se encuentran resumidos en la hoja "**Resultados**" habiendo sido obtenidos mediante la utilización de Macros ya programadas.

Modelo en ARENA

El modelo en ARENA genera clientes a lo largo de un año según los parámetros determinados en el **Modelo de Datos** y descriptos en los **Resultados de la Profundización del Estudio de Mercado Potencial**. Por lo tanto se generan las 3 clases de clientes en módulos "**Create**". Estos clientes luego recorren el proceso de atención solicitando recursos necesarios para cada proceso. Cada proceso, representado por un módulo "**Process**" requiere un tiempo determinado por las distribuciones descriptas en el **Modelo de Datos** y de esta forma se da lugar a las consecuencias de las variaciones en los tiempos. La necesidad de recursos que se encuentran presentes en cantidades limitadas genera colas de espera cada vez que un recurso está agotado. Las mismas se ven representadas sobre los módulos "**Seize**" en los que se asigna un recurso a la atención de un cliente para luego ser liberado mediante módulos "**Release**". Finalmente, el promedio de tiempo en estas colas y los niveles de utilización de los recursos se compilan en "**Reports**" que el programa produce automáticamente luego de las 84 corridas para cada año. Esta información es la que luego se copia al Excel y servirá para determinar la cantidad óptima de cada recurso. Este modelo se encuentra bajo el nombre "**Modelo Original en ARENA**" en el CD adosado.

Los cambios en el **Procedimiento de Atención al Cliente** resultan en una remodificación de este modelo, la cual fue utilizada para llevar a cabo las experimentaciones. Este modelo final en ARENA se encuentra bajo el nombre "**Modelo Mejorado en ARENA**" en el CD adjunto.

Modelo en Excel

El modelo en Excel se alimenta tanto de la generación de demanda basada en el estudio de mercado potencial como en los resultados obtenidos de las corridas del ARENA. Como el ARENA es el modelo que contempla las variaciones en los tiempos de cada proceso el mismo determina los niveles de servicio, tiempos de espera promedio y niveles de utilización en los cuales basar la determinación de cantidad de recursos a emplear. Por lo tanto dependiendo del horizonte de planeamiento elegido y de ser provechoso algún otro criterio o condición, quedarán establecidos los parámetros para la simulación en Excel.

La utilización del modelo en Excel consiste en la predeterminación del contexto de simulación (determinando los parámetros de la demanda, los resultados del ARENA, el criterio de selección de cantidad de recursos y el horizonte de planeamiento) seguida por la corrida de diversas Macros.

Primero se corren las Macros de borrado, despejando el modelo para arrancar una nueva simulación. Luego, se corre la Macro "**Selección de Recursos**" seguida por la "**Actualización de Recursos**" logrando así aplicar el criterio de selección de recursos a la información obtenida del ARENA definiendo entonces la cantidad de máquinas a utilizar en ese año. Luego se actualiza el Excel que dependiendo del año y observación a simular se alimenta de celdas determinadas en la hoja "**Datos Corridas**".

Habiendo definido todas las condiciones, las Macros "**Compilar Demanda**" y "**Ordenar**" recopilan el cronograma de llamadas recibidas para todo el año. Este luego de actualizar el Excel es tomado por la Macro "**Turnos**" para realizar la asignación de turnos por máquina disponible. De esta forma se simula el cronograma de atención de un año.

La Macro "**Una Corrida**" corre este proceso completo para una observación de un año. A su vez, la Macro "**Corridas**" es el reunte de todas las observaciones de un año. Finalmente, la Macro "**Resultados**" corre para distintos horizontes de planeamiento los 10 años simulados con sus 84 observaciones cada uno recopilando a la vez la información pertinente a los indicadores utilizados en las primeras columnas de la hoja "**Resultados**".

Modelización de la Metodología de Asignación de Turnos

La asignación de turnos se realiza empleando un algoritmo de selección que cumple con el siguiente criterio. Dada la posición actual de las máquinas disponibles se asigna al cliente en cuestión la máquina más cercana. Vale aclarar que se trabaja con un periodo de atención dado, es decir, se toman en cuenta todos los clientes a atender en ese periodo de una misma vez, priorizando la atención de clientes que solicitaron el servicio primero. El algoritmo en sí recorre la ubicación de cada máquina buscando la primera que concuerde con la ubicación deseada. De no existir una máquina en la ubicación deseada, se cambia la ubicación deseada por la siguiente zona en cercanía. La determinación del orden de búsqueda se encuentra dado por una tabla que muestra el orden de cercanía entre zonas empezando por cada una de las zonas. La codificación de este algoritmo en Visual Basic se detalla en el **Código 3.1** de la Macro "Turnos".

```

Sub Turnos()
`vector de días de ocupación de camionetas
Dim tc(12, 43) As Double
`# de periodo
sem = 1
` # de dias en un periodo
p = Hoja8.Cells(14, 10)
`# de registro en DemGen
aa = 3
`kk=cantidad de maquinas
kk = Hoja8.Cells(12, 10) + 1
`# de maq
k = 1
`contador para copiar info a turnos
j = 0
`contador para buscar maq mas cercana
v = 1
`Asigna Periodos de Atención
Do While DíadeLlamada < DíasenelAño
    PeriododeAtención = Int(Hoja10.Cells(aa, 2) / p) + 1
    aa = aa + 1
Loop
aa = 3
`Asigna Turnos
Do While sem < PeriodosenelAño
    Do While DíadeLlamada < sem * p + 1
        If PeriododeAtención = sem Then
            If Asignado? = Falso Then
                `Genera los clientes sin atender, 30 días entonces se cansan
                If DíadeLlamada < sem * p - 30 Then
                    Hoja10.Cells(aa, 5) = 2
                Else
                    Do While v < 12
                        PosicionDeseada = TablaOrdenZonas(v,k)
                        `Busca más cercana
                        Do While k < kk
                            If PosicionDeseada = PosicionCam(k) And tc(k, sem)
< p(horas) And tc(k, sem)(días) + (sem - 1) * p < DíasenelAño Then

```

```

        `Copia info de cliente a "turnos"

        PosicionCam(k) = PosiciónCliente
        PosicionCamA(k) = PosicionCam(k)
        Asignado? = Verdadero
        tc(k, sem) = tc(k, sem) + LitrosTratados /
capmaq + Viaje / Veloc + tdeproceso
        k = 1
        v = 11
        Exit Do
    Else
        k = k + 1
    End If
Loop
`Cambia Posición Buscasda
v = v + 1
`Cambia Periodo Asignado de Atención
If Asignado? = Falso And k = kk And v = 12 Then
    PeriododeAtención = sem + 1
End If
k = 1
Loop
End If
End If
aa = aa + 1
k = 1
v = 1
Else
    aa = aa + 1
End If
Loop
k = 1
`Continua el tiempo de atención de las máquinas
Do While k < 12
    tc(k, sem + 1) = tc(k, sem) - p(horas)
    If tc(k, sem + 1) < 0 Then
        tc(k, sem + 1) = 0
    End If
    k = k + 1
Loop
aa = 3
sem = sem + 1
Loop
End Sub

```

Código 3.1: Código de la Macro “**Turnos**” que realiza la asignación de turnos siguiendo el algoritmo descrito.

Este algoritmo de decisión para la asignación de turnos es una solución al clásico “**Multiple Traveling Salesman Problem**”. Existen varios algoritmos que intentan aproximarse a la solución óptima de un problema en el cual varios “**Vendedores**” salen a visitar a una cierta cantidad de clientes ubicados sobre el mapa. Existen soluciones que pliegan varios casos de un solo vendedor uno sobre el otro, pero para este caso es necesario que el vendedor vuelva a la base de donde empezó. Otras soluciones posibles utilizan la graficación del problema para encontrar tramos de recorridos óptimos y luego ir juntándolos. Sin embargo se optó por una regla de decisión menos complicada. Esta

consigue un gran acercamiento a la solución óptima sin mayor complejidad, es fácil de programar e intentar mayores aproximaciones a la solución óptima no merece el esfuerzo ya que éstas irán disminuyendo en magnitud mientras que aumentan en complejidad.

Anexo IV. Planificación de la Experimentación

En la simulación de ambos modelos se utilizaron 84 observaciones por corrida. De esta forma se lograron resultados con validez estadística. Cada observación genera clientes y procesa su atención a lo largo de un año. A su vez, para completar la simulación de un escenario, se realizan las corridas correspondientes a los 10 años de operación de Vinotecnia, cada una con sus 84 observaciones, las cuales generan n clientes con sus respectivas mediciones.

La experimentación y optimización de los aspectos operativos del funcionamiento de Vinotecnia se realizan siguiendo un orden lógico. Primero se realiza la optimización del Procedimiento de Atención al Cliente en lo relacionado con la asignación de recursos a los procesos necesarios. Luego se determina la cantidad de recursos a emplear dejando para último la determinación estratégica del horizonte de planeamiento. Este último es el más flexible por lo que se justifica determinarlo último para compensar las deficiencias creadas en la determinación de los aspectos anteriores.

En cuanto a este orden en el manejo de los modelos, primero se reconfiguró el modelo en ARENA para representar los cambios la asignación de recursos en el flujo de atención a clientes. Segundo se utilizó este modelo para determinar los niveles de servicio y utilización generados al utilizar distintas cantidades de recursos para cada año. Tercero y último, se corrieron las Macros en el Excel que permiten cuantificar el rendimiento operativo de la empresa al utilizar distintos criterios y estrategias.