

308917

51



**UNIVERSIDAD PANAMERICANA** 203  
ESCUELA DE INGENIERIA  
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE HIDRATACION DE AGUARDIENTES**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

AREA : INGENIERIA INDUSTRIAL

P R E S E N T A

**JOSE LUIS VITAGLIANO NOVOA**

DIRECTOR :

**FIS. MARIANO ROMERO VALENZUELA**

MEXICO, D. F. 1993

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

	Página
1.- Introducción	1
1.1.- La empresa y su producto	1
1.2.- Antecedentes del problema	7
2.- Marco teórico	11
2.1.- Técnicas a utilizar	11
2.2.- El cursograma analítico	16
2.3.- Estudio de tiempos con cronómetro	19
2.4.- Gráficas de GANTT y PERT	22
3.- Análisis del problema	26
3.1.- Medición del grado alcohólico	26
3.2.- Descripción del procedimiento de hidratación	29
3.3.- Los reprocesos	32
3.4.- Análisis estadístico de los reprocesos	35
4.- Investigación de campo	40
4.1.- Recursos disponibles	40
4.2.- Medición del volumen de aguardiente en un tanque	46
4.3.- Descripción operativa del proceso de hidratación	48
4.4.- Definición de los elementos del proceso de hidratación	62
4.4.1.- Definición de los elementos para el descargue de pipas	63
4.4.2.- Definición de los elementos para la hidratación del producto en tanque	70
4.4.3.- Definición de los elementos de un reproceso	73
4.5.- Estudio de tiempos	79
4.6.- Análisis de ruta crítica	86
4.7.- Cursograma analítico	91
4.8.- Análisis crítico de los problemas observados	95

<b>5.-</b>	<b>Diseño del sistema de hidratación</b>	<b>Página</b> <b>107</b>
5.1.-	Evaluación de las alternativas de mejora	107
5.2.-	Descripción del método propuesto	125
<b>6.-</b>	<b>Resultados de la implantación</b>	<b>133</b>
6.1.-	Desarrollo anterior a la implantación del sistema	133
6.2.-	Análisis de los reprocesos observados	135
6.3.-	Estudio financiero	137
<b>Conclusiones</b>		<b>143</b>
<b>Bibliografía</b>		<b>146</b>

# Planta Los Reyes

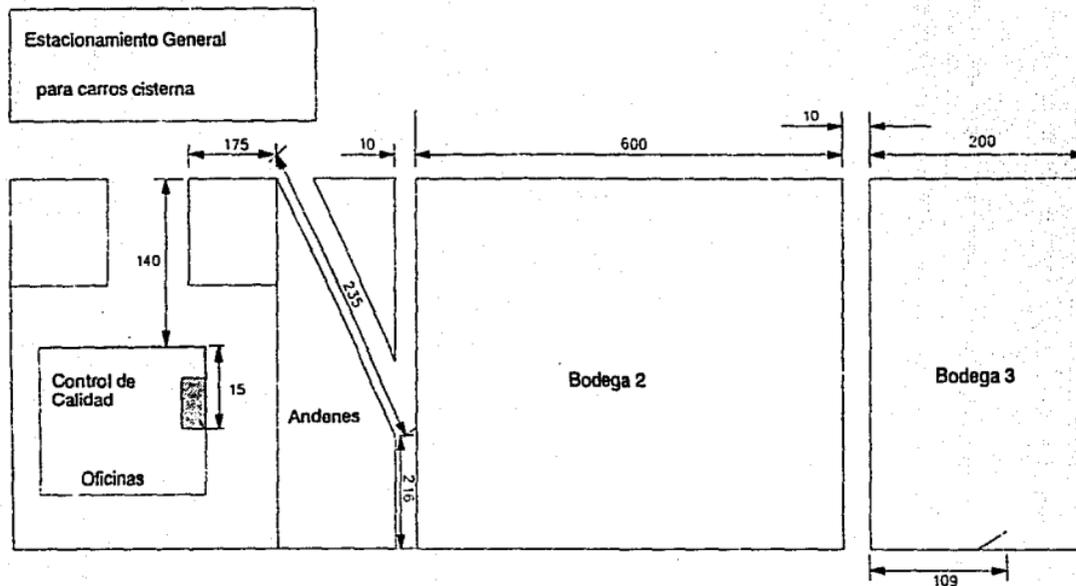


Diagrama # 1 ( Diagrama de la planta de Los Reyes )

## **Capítulo 1: Introducción**

### **1.1.- La empresa y su producto**

La empresa en que se desarrolla este estudio es una empresa mexicana que fue creada a principios de siglo con la ayuda de tecnologías y capitales españoles. Su giro principal es la elaboración de bebidas alcohólicas, principalmente brandies y vinos, su embotellado y distribución, tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

Según la revista " Fortune ", dos de los productos de esta empresa se encuentran dentro de las 15 bebidas alcohólicas de mayor venta en el mundo, siendo su mercado principal la República Mexicana.

En la actualidad, el mercado nacional demanda aproximadamente 10 millones de cajas anualmente, mientras que los diferentes mercados internacionales demandan alrededor de 1 millón de cajas en el mismo período de tiempo. Las perspectivas de crecimiento para los próximos años son buenas para la empresa, ya que se prevé un crecimiento constante del mercado de un 5% anual.

Las compañías competidoras, manufactureras, más importantes en este mercado dentro de la República Mexicana son las siguientes:

Casa Pedro Domecq  
Bacardi y Compañía  
Tequila Cuervo  
Seagram's de México  
Vinos Gallo

Para la empresa los productos de brandy y vino son los más importantes, tanto a nivel volumen desplazado como a nivel margen de utilidad.

Hay tres departamentos involucrados directamente en la elaboración de los brandies y vinos, los cuales son:

- Elaboraciones. Este departamento se encarga directamente de los procesos de recepción de materias primas directas, formulaciones y movimientos en bodegas y tanques de almacenamiento.
- Control de Calidad. Este departamento se encarga de la realización de análisis físicos y químicos de materias primas, materiales semiterminados, materiales en proceso y productos terminados.
- Embotellado. Este departamento está encargado de las líneas de embotellado.

La planta elaboradora de la empresa se encuentra en el Municipio de Los Reyes La Paz, Estado de México. En el diagrama # 1 se muestra un plano de dichas instalaciones. En esta planta se elaboran y se embotellan

todos los productos de la empresa, para luego ser distribuidos a todo el país por medio de una red de distribución propia.

El aguardiente de uva es la materia prima principal para la elaboración de brandy. El proceso de elaboración de este aguardiente empieza con la vendimia, que es el proceso de recolección del fruto de la vid. Las uvas son transportadas a las Vinícolas, donde son pesadas y sometidas, en racimo, a un proceso de estrujamiento, del cual se obtiene el mosto. Este pasa posteriormente a tanques de fermentación, en donde, por acción de levaduras naturales, se obtiene el vino.

Para obtener el aguardiente se procede a destilar el vino en alambiques, donde se separa el alcohol contenido en el licor fermentado. Dentro de los procesos más comunes de destilación se identifican los siguientes:

- Cuello de cisne
- Integral o discontinuo
- Continuo

El uso de estos aguardientes requiere que el contenido de impurezas sea mínimo. Mediante un proceso efectivo de destilación se puede obtener alcohol prácticamente puro, que cumple ampliamente las normas que, en materia sanitaria, establecen las dependencias gubernamentales dedicadas a vigilar las características de los alcoholes empleados en la elaboración de bebidas alcohólicas.

El aguardiente así obtenido, es transportado por medio de carros cisterna a las bodegas de añejamiento. Luego de mezclarse los aguardientes de diferentes clases para lograr distintas formulaciones, estos aguardientes son almacenados en barricas de roble blanco por períodos que varían de los 2 a 6 años para así obtener el brandy.

El aguardiente que se transporta debe tener un alto grado alcohólico por razones de carácter económico y logístico. Al decir que un aguardiente tiene un alto grado alcohólico, por ejemplo, de 95°GL, nos referimos a que su porcentaje volumétrico de alcoholes diversos es de 95%, siendo en su mayoría alcohol etílico, y 5% de agua.

El aguardiente es completamente transparente, debido a que se obtiene como resultado de un proceso de destilación. Su aroma es tenue y característico de la uva y su sabor ardiente. Su densidad varía dependiendo de su grado alcohólico real. La tabla #1 ilustra esta relación.

El aguardiente es, además, un líquido flamable y a presiones altas volátil. Estas son características naturales del alcohol etílico que contiene. Hay que considerar que, en estado puro, el alcohol etílico se enciende con la simple acción de los rayos solares.

El alcohol etílico es soluble en agua en cualquier proporción, siendo necesaria una agitación mecánica para obtener un producto homogéneo. La hidratación de aguardientes produce un desprendimiento de calor. Se han observado elevaciones de temperatura de hasta 4°C en hidrataciones de tanques de 194,000 litros, en donde se bajó el grado de 95 a 65°GL.

## Densidades de Mezclas de Etanol - Agua

		DENSIDADES EN Kg / Lt									
GL	64	64.01	64.02	64.03	64.04	64.05	64.06	64.07	64.08	64.09	
DENSIDAD	0.89893	0.89890	0.89888	0.89886	0.89883	0.89880	0.89879	0.89876	0.89873	0.89870	
GL	64.1	64.11	64.12	64.13	64.14	64.15	64.16	64.17	64.18	64.19	
DENSIDAD	0.89870	0.89867	0.89865	0.89863	0.89860	0.89857	0.89856	0.89853	0.89850	0.89848	
GL	64.2	64.21	64.22	64.23	64.24	64.25	64.26	64.27	64.28	64.29	
DENSIDAD	0.89847	0.89844	0.89842	0.89840	0.89837	0.89834	0.89833	0.89830	0.89827	0.89825	
GL	64.3	64.31	64.32	64.33	64.34	64.35	64.36	64.37	64.38	64.39	
DENSIDAD	0.89823	0.89820	0.89819	0.89816	0.89813	0.89810	0.89809	0.89806	0.89803	0.89801	
GL	64.4	64.41	64.42	64.43	64.44	64.45	64.46	64.47	64.48	64.49	
DENSIDAD	0.89800	0.89797	0.89796	0.89793	0.89790	0.89787	0.89786	0.89783	0.89780	0.89778	
GL	64.5	64.51	64.52	64.53	64.54	64.55	64.56	64.57	64.58	64.59	
DENSIDAD	0.89776	0.89773	0.89772	0.89769	0.89766	0.89764	0.89762	0.89759	0.89756	0.89754	
GL	64.6	64.61	64.62	64.63	64.64	64.65	64.66	64.67	64.68	64.69	
DENSIDAD	0.89752	0.89749	0.89748	0.89745	0.89742	0.89740	0.89738	0.89735	0.89732	0.89730	
GL	64.7	64.71	64.72	64.73	64.74	64.75	64.76	64.77	64.78	64.79	
DENSIDAD	0.89730	0.89727	0.89726	0.89723	0.89720	0.89718	0.89716	0.89713	0.89710	0.89708	
GL	64.8	64.81	64.82	64.83	64.84	64.85	64.86	64.87	64.88	64.89	
DENSIDAD	0.89706	0.89703	0.89702	0.89699	0.89696	0.89694	0.89692	0.89689	0.89686	0.89684	
GL	64.9	64.91	64.92	64.93	64.94	64.95	64.96	64.97	64.98	64.99	
DENSIDAD	0.89683	0.89680	0.89679	0.89676	0.89673	0.89671	0.89669	0.89666	0.89663	0.89661	
GL	65	65.01	65.02	65.03	65.04	65.05	65.06	65.07	65.08	65.09	
DENSIDAD	0.89659	0.89657	0.89655	0.89652	0.89649	0.89647	0.89645	0.89642	0.89640	0.89637	
GL	65.1	65.11	65.12	65.13	65.14	65.15	65.16	65.17	65.18	65.19	
DENSIDAD	0.89636	0.89634	0.89632	0.89629	0.89626	0.89624	0.89622	0.89619	0.89617	0.89614	
GL	65.2	65.21	65.22	65.23	65.24	65.25	65.26	65.27	65.28	65.29	
DENSIDAD	0.89612	0.89610	0.89608	0.89605	0.89602	0.89600	0.89598	0.89595	0.89593	0.89590	
GL	65.3	65.31	65.32	65.33	65.34	65.35	65.36	65.37	65.38	65.39	
DENSIDAD	0.89588	0.89586	0.89584	0.89581	0.89578	0.89576	0.89574	0.89571	0.89569	0.89566	
GL	65.4	65.41	65.42	65.43	65.44	65.45	65.46	65.47	65.48	65.49	
DENSIDAD	0.89565	0.89563	0.89561	0.89558	0.89555	0.89553	0.89551	0.89548	0.89546	0.89543	
GL	65.5	65.51	65.52	65.53	65.54	65.55	65.56	65.57	65.58	65.59	
DENSIDAD	0.89541	0.89539	0.89537	0.89534	0.89532	0.89529	0.89527	0.89524	0.89522	0.89519	

TABLA # 1 (Tabla de densidades de mezclas etanol-agua)

## 1.2.- Antecedentes del problema

El proceso de hidratación inicial que se aplica a los aguardientes recién llegados a la Planta de Los Reyes ha sido catalogado por el departamento de Control de Calidad como uno de los más críticos en lo que toca a carga de trabajo para este departamento. Desde el año de 1989, se han realizado una serie de experimentos en laboratorio para cuantificar la merma potencial máxima y la merma promedio que se observa en el proceso de hidratación inicial. Dentro de la vasta gama de procesos de hidratación que se realizan en la Planta de Los Reyes, este proceso inicial de reducción de grado alcohólico de los aguardientes de uva, que llegan para su elaboración, es el más crítico, ya que en él se puede registrar una merma importante. Los departamentos involucrados en la elaboración del brandy han estado siempre preocupados en la reducción de mermas.

Se ha tratado de minimizar la merma por medio de nuevos procedimientos, por ejemplo, se han realizado experimentos en laboratorio que han comprobado que la agitación de un aguardiente por 10 minutos y no por media hora, como se hacía antes, dan como resultado un producto homogéneo, con la sensible reducción de la merma causada por evaporación. Como este ejemplo hay muchos, que muestran el interés de la empresa por mejorar los procedimientos globales para minimizar la merma y las pérdidas de producto, no sólo haciendo mejoras en los procesos, sino también analizando los problemas que se presentan en campo.

Los departamentos involucrados directamente en la elaboración del brandy se percataron de una serie de reprocesos y de tardanzas enormes en el proceso de hidratación inicial. Se realizó un estudio mediante una encuesta a todo el personal de la Gerencia de Elaboraciones y a la Gerencia de Control de Calidad para detectar cuales eran los procesos que, a juicio de las personas involucradas, daban una mayor carga de trabajo a cada departamento.

El 76% de las personas encuestadas opinaron que el proceso de hidratación inicial de aguardientes era el problema principal de la empresa. Una encuesta tal vez no sea el procedimiento ideal para detectar errores, ya que intervienen muchos factores subjetivos, pero puede dar una idea general de la situación.

La Gerencia Técnica analizó desde un punto de vista logístico y técnico el proceso de hidratación inicial, y descubrió que la capacidad nominal de la planta de Los Reyes para descargar aguardientes e hidratarlos para luego pasarlos a bodegas, teóricamente es de 240,000 litros por hora. Operativamente se estaban descargando aproximadamente 190,000 litros por hora, teniéndose un 26% de capacidad no aprovechada. Este hecho reflejaba un problema operativo enorme, ya que cuando se tiene que recoger un embarque grande de aguardiente, se contratan transportistas para que lleven el producto a las bodegas de Los Reyes, en la medida en que pueda ser procesado. Como la capacidad teórica de procesamiento de aguardiente es mayor a la real, se presentan muchos problemas para recibir el aguardiente.

La planta de Los Reyes tiene en operación un total de 6 tanques de almacenamiento de 194,000 litros cada uno destinados específicamente para la recepción y la hidratación inicial de los aguardientes que llegan a la planta. Estos tanques son denominados "Tanques K" , en los cuales se descarga un promedio de 3 pipas para realizar un proceso de hidratación. Cabe señalar que cada pipa transporta alrededor de 30,000 a 44,000 litros de aguardiente, esto es, a cada tanque se le descargan 90,000 a 132,000 litros de aguardiente a alto grado alcohólico, y dependiendo de su grado inicial y del grado final deseado, se agregan los litros de agua necesarios, que en algunas ocasiones llega a ser más de 80,000 litros de agua. Todos estos tanques tienen las acometidas de entrada de agua y de aire necesarias para poder realizar el proceso de hidratación que posteriormente se describirá.

Como anteriormente se dijo, los departamento de Control de Calidad y Elaboraciones detectaron un índice de reprocesos muy grande para el proceso de hidratación. Para una mayor aclaración sobre lo que es un reproceso, ver la página 32. Por medio de un experimento de laboratorio realizado en 1989 se pudo analizar la merma que se obtiene por un solo reproceso en uno de los tanques "K" descritos anteriormente. El experimento dió como resultados un 0.2% de pérdida en peso de alcohol, mientras que el aumento de temperatura registrado fue de 1°C. Esta merma de 0.2% en peso de alcohol es muy importante, ya que tiene que ser interpretada como una pérdida del 0.2% de alcohol puro y no del aguardiente a 65°GL que se obtiene como producto final.

Para calcular la merma que se tiene por cada reproceso por la evaporación existente, es necesario hacer los cálculos que se ejemplifican a continuación:

Volumen de aguardiente a 93°GL	90,000 lt
Volumen de alcohol puro	83,700 lt
Merma ( 0.2 % )	167 lt
Costo por litro de aguardiente	N\$ 3.20
Costo de un reproceso	N\$ 535.68

Como se puede observar, cada reproceso en las hidrataciones iniciales del producto se traduce en una pérdida superior a los quinientos nuevos pesos. Este hecho, aunado a la impresión de todo el personal de los departamentos comprometidos directamente en la elaboración del brandy, de que en el proceso de hidratación inicial se registran muchos reprocesos, son el motivo de este estudio.

Para entender el problema y poder visualizarlo de una manera global, se necesita hacer un estudio de tiempos y movimientos, con el fin de determinar las causas del gran número de reprocesos observados. La finalidad principal de este estudio, es proponer un método para que desaparezcan dichos reprocesos, o se presenten en mínima cantidad.

## Capítulo 2: Marco teórico

### 2.1.- Técnicas a utilizar

Las principales técnicas a utilizar en esta tesis son dos, que son parte de una técnica más amplia llamada Estudio del Trabajo. Las técnicas mencionadas son el cursograma analítico, para analizar los movimientos y el estudio de tiempos por cronómetro, para determinar el tiempo que cada elemento del proceso consume. Como ayuda suplementaria para estas dos técnicas, se elaborarán rutas críticas del proceso, gráficas de GANTT y de PERT, y diferentes gráficas de distribución de frecuencias que ayudarán a describir el problema y tratar de solucionarlo.

Como estudio del trabajo, se entiende ciertas técnicas, y en particular el estudio de métodos y la medición del trabajo, que se utilizan para analizar la labor humana en todos sus contextos. Este estudio lleva, por medio de un sistema, a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con miras de efectuar mejoras.

Por todo lo anterior, el estudio del trabajo está directamente relacionado con la productividad, ya que trata de aumentar la producción a partir de una cantidad de recursos dada, manteniendo la inversión de capital constante o poco incrementada.

En épocas pasadas, al estudio del trabajo se le conocía como estudio de tiempos y movimientos, pero actualmente, con el desarrollo de la técnica

y sus aplicaciones a actividades diversas, se considera que esta última denominación es restrictiva.

Este método parte de la idea de que el proceso examinado puede incrementar la producción utilizando los recursos existentes, sin invertir grandes capitales. Es un método que incrementará, en la mayoría de los casos, la productividad de una fábrica o instalación por medio de la reorganización del trabajo. Sigue un orden sistemático, de modo que es imposible pasar por alto alguno de los factores que influyen en la eficacia de la producción, ni al revisar acciones presentes ni al crear nuevas. Este método sistemático recolecta, además, todos los datos relacionados con la operación.

Otra de las ventajas de esta técnica de estudio es que es el método más exacto conocido hasta ahora para establecer normas de rendimiento, de las que dependen la planeación y el control de la producción.

Los resultados del Estudio del Trabajo son inmediatos y las economías resultantes de su correcta aplicación continuarán mientras las operaciones mejoradas sigan en función.

Como ya se dijo, el Estudio del Trabajo comprende varias técnicas, en especial el estudio de métodos y la medición del trabajo, que a su vez se componen de diferentes técnicas.

El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemático de los procesos existentes, que trae como resultado una evaluación crítica para

Idear y aplicar procesos más sencillos y eficaces para reducir costos. Entre las técnicas más utilizadas para realizar el estudio de métodos se encuentran las siguientes:

- Disposición de la fábrica,
- Diagrama de hilos,
- Cursograma sinóptico,
- Diagrama bimanual,
- Cursograma analítico y
- Gráfico de trayectoria, entre otras.

Por otro lado, la medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo en el que un trabajador calificado realiza una tarea definida efectuándola según un patrón de ejecución preestablecido. Las principales técnicas que se utilizan en la medición del trabajo son las siguientes:

- Muestreo del trabajo,
- Estudio de tiempos con cronómetro,
- Sistemas de normas de tiempos predeterminadas y
- Datos tipo, entre otras.

El procedimiento básico para el Estudio del Trabajo consta de ocho etapas fundamentales, que son indispensables. Estas ocho fases son las siguientes:

- **Seleccionar:** Se escoge el trabajo o proceso a estudiar
  
- **Registrar por observación directa:** Se deben registrar todos los pasos mediante las técnicas más apropiadas y disponer de todos los datos de la manera más adecuada para analizarlos
  
- **Examinar:** Es un estudio crítico de todos los pasos del proceso o tarea observada
  
- **Idear:** Se ideará el método más económico tomando en cuenta todas las circunstancias
  
- **Medir:** Se medirá el contenido del trabajo y el tiempo estimado para la realización del método elegido
  
- **Definir:** Se definirán todos los pasos del nuevo método
  
- **Implantar:** Se implantará el nuevo proceso como práctica de uso general
  
- **Mantener:** Mediante procesos de control adecuados se mantendrá en uso la nueva práctica

**Una vez registrados todos los datos sobre la operación y los obreros que la realizan, se debe hacer una descomposición de la tarea en elementos.**

El elemento es la parte delimitada de una tarea definida que se selecciona para facilitar la observación, medición y análisis.

Es necesario detallar los elementos para poder hacer una especificación detallada del trabajo, analizando las acciones que se puedan sustituir o mejorar.

Existen algunas reglas básicas para delimitar los elementos de una operación, entre las cuales están las siguientes:

- Los elementos deberán ser de identificación fácil y deberán de tener un comienzo y un final claramente definidos.

- Dentro de lo posible, los elementos deberán elegirse de manera que correspondan a segmentos naturalmente unificados y visiblemente delimitados en la tarea.

- Los elementos que no aparecen en todos los ciclos deben identificarse y analizarse aparte de los que sí aparecen.

Para hacer el estudio de métodos en esta tesis se ha escogido la técnica del cursograma analítico. Las técnicas de "disposición de la fábrica" y "diagrama de hilos" serán utilizadas, ya que no se pretende utilizar una nueva distribución de los departamentos e instalaciones en la planta. Se escogió la técnica del "cursograma analítico", ya que estudia, de una manera minuciosa, todos los movimientos de un reproceso. Para la

medición del trabajo se llevará a cabo un estudio de tiempos por cronómetro, ya que el objeto de este análisis es únicamente el de determinar el tiempo que el procedimiento consume en su realización.

## **2.2.- El cursograma analítico**

El cursograma analítico es un diagrama que muestra la trayectoria recorrida para la realización de cierta tarea. Los cursogramas analíticos pueden basarse en 3 conceptos principales:

- El operario: Diagrama de las actividades de las personas
- El material: Diagrama de las manipulaciones del material
- El equipo: Diagrama de cómo se emplea la maquinaria

En la figura #1, página 18, se muestra un formato típico de un cursograma analítico, el cual será utilizado en la descripción del proceso.

Para hacer constar en un cursograma todo lo referente a un trabajo, resulta más sencillo el empleo de cinco símbolos uniformes recomendados por la Asociación de Ingenieros Mecánicos de Estados Unidos.

OPERACION

La actividad de operación indica las principales fases del proceso, método o procedimiento.

INSPECCION

Indica que se verifica la cantidad, la calidad o ambas.

TRANSPORTE

Indica el movimiento de los trabajadores, materiales o equipo de un lugar a otro.

DEPOSITO PROVISIONAL O ESPERA

Indica la demora en el desarrollo de los hechos

ALMACENAMIENTO

Indica el depósito de un material en un almacén donde es necesaria alguna autorización previa para la recepción o entrega.

En el caso de detallar una operación, se indican las cantidades manejadas y el tiempo transcurrido. En el caso de un transporte, se podrán



detallar cantidades manejadas, distancias recorridas y tiempo transcurrido. Para la espera, se podrá detallar el tiempo de espera, para la inspección, la cantidad inspeccionada y el tiempo transcurrido. Por último, para el almacenaje se podrá detallar el número de piezas que se almacenen.

Todas estas características son muy valiosas para tener un cuadro completo de todo el proceso, pero no hay que olvidar que la característica más valiosa del cursograma analítico es la representación gráfica de los hechos, con la que se obtiene una visión panorámica de lo que sucede. De esta manera se podrán entender mejor tanto los hechos en si como su relación mutua.

### 2.3.- Estudio de tiempos con cronómetro

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo mediante la cual se registrarán tiempos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada bajo condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de establecer el tiempo promedio necesario para la realización de la tarea en cuestión.

El formato típico para llevar un control sobre los tiempos tomados, es el ilustrado en las figuras #2 y #3, siendo éstas la hoja principal y su continuación, respectivamente.





Como podrá observarse, la hoja principal tiene como encabezado los datos más importantes del trabajo que se medirá, mientras que las hojas consecutivas sólo hacen referencia a la hoja principal.

#### 2.4.- Gráficas de GANTT y PERT

Estos dos tipos de herramientas se utilizarán para describir y analizar las operaciones que se realicen durante el procedimiento de hidratación.

Las gráficas de GANTT son un tipo de gráficas de barras que ilustran el tiempo que cada una de las tareas necesita para su realización. Se utilizan para la planeación de proyectos, para coordinar un número de actividades programadas o para analizar un procedimiento ya establecido. En este último caso se componen de una barra por actividad, que ilustra el inicio y el final de la acción en relación al tiempo. Por medio de ellas se puede analizar la dependencia que existe entre cada una de las acciones en lo que se refiere a tiempo de inicio, duración y fin.

Una de las ventajas que ofrecen estas gráficas, es que se puede analizar el tiempo que cada obrero necesita para realizar su labor. Es decir, se podrá notar si un obrero tiene tiempos muertos, y en su caso, se podrá indicar al obrero que ayude en otras tareas para éstas se realicen más rápido y se acorte el tiempo de proceso.

Las técnicas de descripción por medio de la ruta crítica pertenecen a un conjunto de herramientas que son utilizadas para la planeación y el control de proyectos. En cualquier proyecto las tres variables críticas son tiempo, costo y disponibilidad de recursos. Estas técnicas han sido creadas para analizar estas tres variables por separado o en conjunto. Los dos tipos de gráficas más utilizados son las gráficas de PERT ( Program Evaluation and Review Technique ) y las de CPM ( Critical Path Method ), las cuales fueron desarrolladas en los años 50's.

Al utilizar el método de PERT se despliega un proyecto en forma de gráfica haciendo notar las acciones que determinan el tiempo total de proceso. Para que esta técnica sea eficiente, es necesario que tenga las siguientes características:

- Los elementos deben estar bien definidos, y sus comienzos y finales deben estar bien identificados.

- Los elementos deben ser independientes.

- Los elementos deben seguir una secuencia.

Una opción muy utilizada para identificar la ruta crítica de un proceso, es la de marcarla con una doble línea. Esto hace que la identificación de las tareas que determinan la duración total del proceso sea fácil de notar.

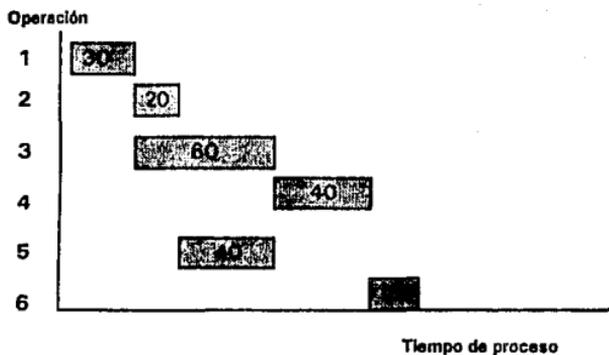
Es conveniente señalar en cada acción que se encuentre sobre la ruta crítica su tiempo de proceso y el tiempo acumulado del proceso completo.

Para entender estos dos conceptos con mayor claridad, se presenta el siguiente ejemplo:

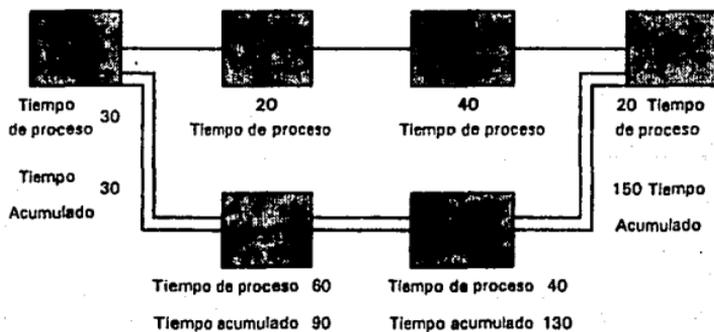
Un proceso de manufactura se integra por seis operaciones. Los tiempos de proceso y la secuencia de las operaciones se detallan en la siguiente tabla.

	Tiempo de proceso	Operaciones previas inmediatas
Operación 1	30 min	---
Operación 2	20 min	1
Operación 3	60 min	1
Operación 4	40 min	3
Operación 5	40 min	2
Operación 6	20 min	4 y 5

La gráfica de Gantt correspondiente al proceso de manufactura ejemplificado, es la siguiente:



La gráfica de PERT correspondiente es la siguiente:



### Capítulo 3: Análisis del problema

#### 3.1.- Medición del grado alcohólico

Antes de comenzar a describir el proceso de la hidratación de aguardientes, es necesario notar la diferencia entre dos tipos de medición del grado alcohólico de cualquier licor. La unidad más comúnmente utilizada en México para medir el grado alcohólico de un licor son los grados Gay-Lussac. Estas unidades denotan el porcentaje volumétrico de alcohol en cualquier licor; de esta manera, un licor de 40° GL tiene un 40% de volumen de alcohol.

Los dos tipos de mediciones citados anteriormente provienen del método y de los instrumentos necesarios para la medición de este parámetro. Los instrumentos necesarios son los siguientes:

- Alcohómetro
- Termómetro

A continuación se muestra una representación gráfica de estos dos instrumentos.



Termómetro



Alcoholómetro

El alcoholómetro es un instrumento que puede estar graduado tanto en términos de gravedad específica como en términos de porcentaje de volumen de alcohol. Debido a que el sistema de medición que se utiliza se refiere a porcentajes de alcohol, los alcoholómetros usados en este procedimiento están graduados en medidas de porcentajes de alcohol. El alcoholómetro se sumerge en el licor que será verificado y, flotará a una profundidad dada, dependiendo de la densidad del líquido. Ya flotando, se puede leer en la escala el grado alcohólico que corresponde a la profundidad a la que el instrumento está flotando. La lectura obtenida se conoce como grado alcohólico aparente y difiere del grado alcohólico real en que la temperatura del licor es igual, en la mayoría de los casos, a la temperatura a la que se calibró el alcoholómetro.

Con la ayuda del termómetro se determinará la temperatura del licor, y posteriormente se aplicarán los dos datos obtenidos, el grado alcohólico aparente y la temperatura, a una tabla, (Tabla # 2), para obtener el grado alcohólico real.

## Conversión de Grado Aparente a Grado Real

° GL Aparente Temperatura °C	64	64.1	64.2	64.3	64.4	64.5	64.6	64.7	64.8	64.9
22	63.3	63.4	63.5	63.6	63.7	63.8	63.9	64	64.1	64.2
22.5	63.1	63.2	63.3	63.4	63.5	63.6	63.7	63.8	63.9	64
23	62.9	63	63.1	63.2	63.3	63.4	63.5	63.6	63.7	63.8
23.5	62.7	62.8	62.9	63	63.1	63.2	63.3	63.4	63.5	63.6
24	62.5	62.6	62.7	62.8	62.9	63	63.1	63.2	63.3	63.4
24.5	62.3	62.4	62.5	62.6	62.7	62.8	62.9	63	63.1	63.2
25	62.1	62.2	62.3	62.4	62.5	62.6	62.7	62.8	62.9	63
25.5	61.9	62	62.1	62.2	62.3	62.4	62.5	62.6	62.7	62.8
26	61.7	61.8	61.9	62	62.1	62.2	62.3	62.4	62.5	62.6
26.5	61.5	61.6	61.7	61.8	61.9	62	62.1	62.2	62.3	62.4
27	61.3	61.4	61.5	61.6	61.7	61.8	61.9	62	62.1	62.2
27.5	61.1	61.2	61.3	61.4	61.5	61.6	61.7	61.8	61.9	62
28	60.9	61	61.1	61.2	61.3	61.4	61.5	61.6	61.7	61.8
28.5	60.7	60.8	60.9	61	61.1	61.2	61.3	61.4	61.5	61.6
29	60.5	60.6	60.7	60.8	60.9	61	61.1	61.2	61.3	61.4
29.5	60.3	60.4	60.5	60.6	60.7	60.8	60.9	61	61.1	61.2
30	60.1	60.2	60.3	60.4	60.5	60.6	60.7	60.8	60.9	61
30.5	59.9	60	60.1	60.2	60.3	60.4	60.5	60.6	60.7	60.8
31	59.7	59.8	59.9	60	60.1	60.2	60.3	60.4	60.5	60.6
31.5	59.5	59.6	59.7	59.8	59.9	60	60.1	60.2	60.3	60.4
32	59.3	59.4	59.5	59.6	59.7	59.8	59.9	60	60.1	60.2
32.5	59.1	59.2	59.3	59.4	59.5	59.6	59.7	59.8	59.9	60
33	58.9	59	59.1	59.2	59.3	59.4	59.5	59.6	59.7	59.8
33.5	58.7	58.8	58.9	59	59.1	59.2	59.3	59.4	59.5	59.6
34	58.5	58.6	58.7	58.8	58.9	59	59.1	59.2	59.3	59.4
34.5	58.3	58.4	58.5	58.6	58.7	58.8	58.9	59	59.1	59.2
35	58.1	58.2	58.3	58.4	58.5	58.6	58.7	58.8	58.9	59
35.5	57.9	58	58.1	58.2	58.3	58.4	58.5	58.6	58.7	58.8
36	57.7	57.8	57.9	58	58.1	58.2	58.3	58.4	58.5	58.6
36.5	57.5	57.6	57.7	57.8	57.9	58	58.1	58.2	58.3	58.4

Tabla # 2 ( Tabla de conversión de grado aparente a grado real )

Se necesitará, por lo tanto, de dos lecturas previas, de grado alcohólico aparente y de temperatura, para conocer el valor real del grado alcohólico de un licor por medio de tablas. Una vez determinado el grado alcohólico real del licor, se podrá extrapolar su densidad, nuevamente por medio de tablas, como la mostrada en el capítulo 1 a la que se le ha asignado el # 1. ( ver página 6 )

### 3.2.- Descripción del procedimiento de hidratación

El proceso teórico de una hidratación difiere del operativo por razones del número de litros de aguardiente manejado y por vicios desarrollados con el paso del tiempo. Tanto los vicios en el proceso, como el proceso mismo, se analizarán en el capítulo 4 más detalladamente.

Como se mencionó en la introducción, el aguardiente de uva que llega a la planta de Los Reyes es transportado por medio de carros cisterna, cuya capacidad de almacenaje varía de 30,000 a 44,000 litros cada uno. Estos aguardientes llegan a grados alcohólicos muy altos, del orden de los 74 a 95°GL, y no pueden ser añejados en esas condiciones, ya que se tendrían mermas muy altas por evaporación en las barricas. Es necesario, por lo tanto, reducir el grado alcohólico del aguardiente, proceso al que se le denomina hidratación inicial.

Al llegar el aguardiente a la planta de Los Reyes, el aguardiente debe ser analizado en el departamento de Control de Calidad para verificar si el producto no está contaminado. Por esta razón, a cada pipa que entra en la planta se le toma una muestra de aproximadamente un litro, que se lleva al laboratorio para ser sometida a análisis organolépticos ( sensoriales ), cromatográficos y fisicoquímicos. Una vez hechos los análisis mencionados y autorizada la muestra, se procede a notificar al departamento de Elaboraciones para que empiecen a descargar el contenido de la pipa verificada en los llamados tanques "K".

Se procede a pesar, entonces, la pipa llena y posteriormente a descargarla en los tanques "K". Control de Calidad realizará una medición de grado alcohólico de la muestra de la pipa y mandará los resultados a los supervisores encargados del proceso de hidratación. Los resultados de la medición de grado alcohólico son anotados en un documento llamado "Cuenta de Hidratación de la Muestra", que se lleva a las instalaciones en donde se encuentran los tanques "K".

Una vez descargadas 3 pipas en un tanque, se procederá a agregar agua desmineralizada en la cantidad que sumen las cuentas de las pipas descargadas. Se agrega agua desmineralizada para no tener ningún cambio de sabor en los aguardientes, debido a las sales que pueda contener el agua. Se procede, entonces, a agitar el producto por medio de inyección de aire durante 10 minutos, tiempo suficiente para obtener un producto homogéneo.

Ya agitado el aguardiente, se tomará una muestra, que será mandada, nuevamente, a Control de Calidad para verificar el grado alcohólico real. Si esta muestra cumple con las especificaciones deseadas, se le comunicará al departamento de Elaboraciones para que pase el producto a las bodegas. Si, en caso contrario, la muestra no es autorizada, se procederá a crear una nueva cuenta de hidratación, que será mandada al área de los tanques "K", y se iniciará un reproceso.

El siguiente diagrama muestra a grandes rasgos, la secuencia de acciones que se suceden en el proceso de hidratación de aguardientes.

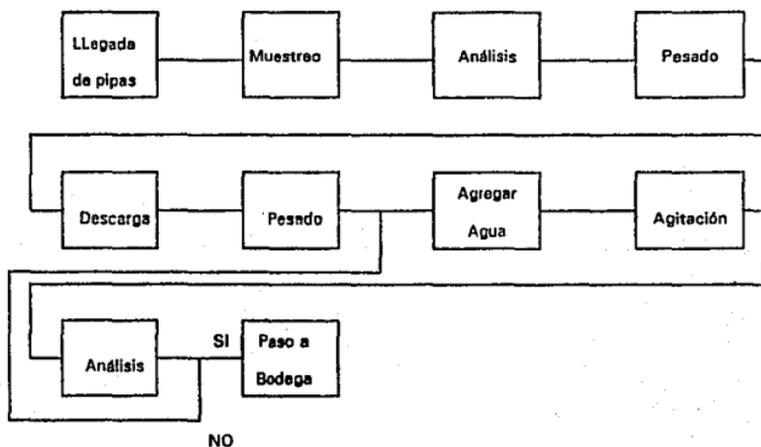


Diagrama de flujo del proceso de hidratación de aguardientes

### 3.3.- Los reprocesos

En el proceso de hidratación de aguardientes, se conoce como reproceso a las hidrataciones y agitaciones del producto posteriores a la primera hidratación, que son consecuencia de que el aguardiente tenga un grado alcohólico más alto o más bajo que el deseado.

El producto final, a 65°GL puede tener un margen de error de 0.5°GL. Esto es, un aguardiente que tenga un grado alcohólico entre los 64.5 y los 65.5°GL es autorizado para ser transportado a las bodegas de añejamiento para ser puesto en barricas. El aguardiente que no cumpla con la característica mencionada, será objeto de un reproceso.

En el caso de que un aguardiente contenga un porcentaje volumétrico de alcohol demasiado alto, se procederá a agregar agua desmineralizada y a agitar por medio de aire para homogeneizar el producto. Si, por el contrario, el aguardiente contiene un grado alcohólico más bajo que el señalado, se procederá a agregar más aguardiente, de la misma clase y de grado alcohólico alto, en el tanque de almacenamiento, para luego agitarse por medio de la inyección de aire.

Como la unidad de medida para calcular el grado alcohólico de un licor indica el porcentaje volumétrico de alcohol en agua, se puede calcular,

por medio de una simple ecuación improporcional, o regla de tres inversa, la cantidad de agua o aguardiente necesaria para llegar a un grado alcohólico determinado. De esta manera, por ejemplo, si se tienen 90,000 litros de aguardiente a 85°GL y se requiere que el aguardiente tenga un grado alcohólico de 65°GL para poder ser pasado a barricas, se podrá calcular el número de litros de agua necesarios de la siguiente manera:

$$V_f = (V_i * G_i) / G_d$$

$$V_a = V_f - V_i$$

Siendo

**V<sub>i</sub>** : Volumen de aguardiente a un grado alcohólico inicial expresado en litros

**G<sub>i</sub>** : Grado alcohólico inicial del aguardiente en °GL

**G<sub>d</sub>** : Grado alcohólico deseado en °GL

**V<sub>f</sub>** : Volumen de aguardiente al grado alcohólico deseado en litros

**V<sub>a</sub>** : Volumen de agua en litros

Aplicando las fórmulas en el ejemplo, se tendrá lo siguiente:

$$V_f = (90,000 \text{ lt} * 85^\circ\text{GL}) / 65^\circ\text{GL} = 117,692.3 \text{ lt}$$

$$V_a = 117,692.3 \text{ lt} - 90,000 \text{ lt} = 27,692.3 \text{ lt}$$

Esto indica que se tendrán que agregar 27,692 litros de agua desmineralizada al aguardiente de 85°GL para poderlo almacenar en barricas una vez que tenga un grado alcohólico de 65°GL.

De esta manera, el procedimiento para determinar el volumen de agua que hay que agregar al aguardiente de alto grado alcohólico, es el siguiente:

- 1° : Determinar el peso en Kg del aguardiente descargado por una pipa
- 2° : Determinar el grado alcohólico real del aguardiente
- 3° : Determinar la densidad del aguardiente por medio de tablas
- 4° : Calcular el número de litros de aguardiente que corresponde al peso descargado de la siguiente manera:

$$V = m / d$$

Siendo

m : masa en Kg

d : Densidad en Kg/Lt

V : Volumen en litros

- 5° : Calcular el número de litros de agua necesarios para obtener un grado alcohólico determinado

Debido a la simplicidad de los cálculos necesarios para realizar una hidratación, o en su defecto un reproceso, aunada al hecho de que los cálculos son realizados por profesionistas en el departamento de Control de

Calidad, se puede suponer que los errores no se originan en este departamento, sino en el área donde se hidratan los aguardientes.

### 3.4.- Análisis estadístico de los reprocesos

Para entender la magnitud del problema se tendrán que analizar datos históricos que se refieran a los reprocesos. En el período de julio a octubre de 1992 se encontraron los datos que se observan en la tabla # 3.

Se puede notar que en promedio se observaron 2.16 reprocesos por elaboración. Como anteriormente se calculó, se tiene una pérdida promedio de N\$ 535.68 por reproceso debido a la evaporación. Por lo anterior, se registra una pérdida de N\$ 1,692.75 por hidratación y reprocesos.

Comparando la pérdida que actualmente se tiene con la estándar (que se refiere sólo a la pérdida sin considerar reprocesos), podemos notar una diferencia de N\$ 1,157.07 por concepto de reprocesos en cada hidratación realizada.

En el mismo período de julio a octubre de 1992, se observaron los datos presentados en la tabla # 4, en la que se indica que los reprocesos observados en este período fueron, en un alto porcentaje, causados por un alto grado alcohólico del aguardiente. En otras palabras, más del 90% de dichos reprocesos se debieron a que la adición de agua desmineralizada al aguardiente no fue suficiente para reducir el grado alcohólico a 65°GL.

## Reprocesos Observados

MES	No. HIDRATACIONES	No. REPROCESOS	TOTAL	% DE INEFICIENCIA
JULIO	112	274	386	244.64%
AGOSTO	93	195	288	209.68%
SEPTIEMBRE	84	154	238	183.33%
OCTUBRE	97	212	309	218.56%
TOTAL	386	835	1221	216.32%

36

No. HIDRATACIONES INDICA EL NUMERO DE TANQUES EN LOS QUE SE HICIERON  
HIDRATACIONES

EL PORCENTAJE DE INEFICIENCIA SE CALCULO DE LA SIGUIENTE MANERA:

$$\% \text{ INEF} = \text{TOTAL} / \text{No. HIDRATACIONES} - 1$$

**TABLA # 3 ( Reprocesos observados durante el período de julio a agosto )**

## Análisis de los Reprocesos

MES	REPROCESOS POR ALTO GRADO	REPROCESOS POR ALTO GRADO	REPROCESOS POR BAJO GRADO	REPROCESOS POR BAJO GRADO	TOTAL
JULIO	261	95.26%	13	4.74%	274
AGOSTO	172	88.21%	23	11.79%	195
SEPTIEMBRE	125	81.17%	29	18.83%	154
OCTUBRE	194	91.51%	18	8.49%	212
TOTAL	752	90.06%	83	9.94%	835

11

TABLA # 4 ( Análisis de los reprocesos )

En el período ya mencionado, también se realizó el estudio del número de pipas rechazadas debido a que el aguardiente que transportaban no cumplió con los requerimientos de calidad necesarios. Los resultados de dicho análisis se presentan en la tabla # 5.

Como se podrá observar, más del 99% de los aguardientes transportados por carros cisterna fueron autorizados para su descarga.

## Análisis de las Autorizaciones para Descarga

Mes	Número de pipas que llegaron a la planta	Número de pipas autorizadas		Número de pipas rechazadas	
Julio	336	332	98.81%	4	1.19%
Agosto	279	277	99.28%	2	0.72%
Septiembre	252	252	100.00%	0	0.00%
Octubre	291	288	98.97%	3	1.03%
Totales	1158	1149	99.22%	9	0.78%

Tabla # 5 ( Análisis de las autorizaciones de descarga )

## Capítulo 4: Investigación de campo

La investigación de campo que a continuación se presenta, consiste en analizar, mediante las técnicas descritas en el capítulo 2, tanto el proceso, como los problemas que éste tiene.

El primer paso a dar será investigar con qué medios técnicos y humanos se cuenta para la realización del proceso. A continuación se describirá el método que se utiliza actualmente para medir el volumen en un tanque. Posteriormente se describirá el proceso operativo de hidratación y se dividirá en conjuntos de acciones, conocidos como elementos. Estos elementos servirán de base para realizar los estudios de tiempos, rutas críticas y cursogramas analíticos que se necesita realizar para entender las causas de los problemas que se tienen. Por último se realizará un análisis crítico de los problemas observados.

### 4.1.- Recursos disponibles

Para poder realizar el procedimiento de hidratación de los aguardientes que llegan a la planta de Los Reyes, se cuenta con las instalaciones de la llamada bodega 3, mostrada en el diagrama # 2. La bodega 3 cuenta con 6 tanques, llamados tanques "K", con una capacidad de almacenaje de 194,000 litros cada uno. Estos tanques son de acero inoxidable y cumplen

# Bodega 3

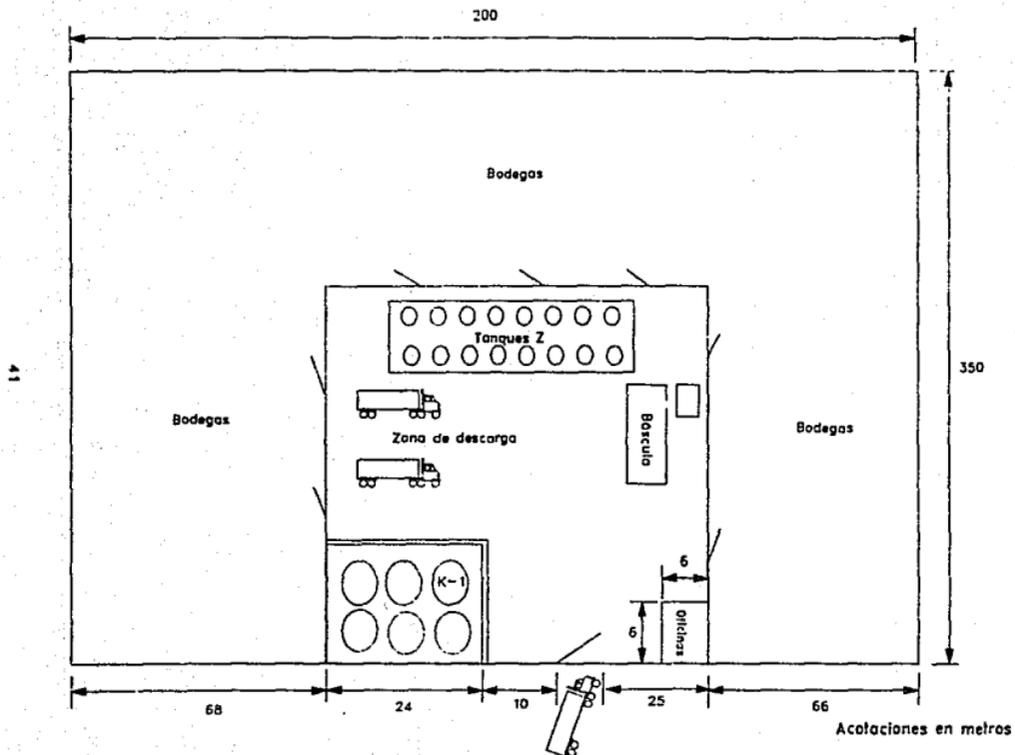


Diagrama # 2 (Diagrama de la bodega 3)

con las normas de sanidad que el gobierno exige para los tanques almacenadores de esta clase de productos.

Los tanques utilizados para este procedimiento miden 7 metros de altura, tienen un diámetro de 6 metros y descansan sobre una base de concreto reforzado de 1 metro de altura. En la parte frontal cada tanque tiene un nivel para medir la altura a la que la superficie del aguardiente se encuentra dentro del tanque. Este nivel consiste de una manguera de plástico transparente que se conecta a una válvula de paso que se encuentra en la parte inferior del tanque.

Es muy importante señalar que el nivel de altura está separado unos 7 centímetros de la pared del tanque, lo cual hace que las mediciones sean difíciles de realizar.

Para medir la altura a la que el aguardiente llega dentro del tanque, se utiliza una escala pintada en la pared del tanque, con divisiones cada 10 centímetros.

En el diagrama # 3 se presenta un tanque "K" típico, pudiéndose observar sus medidas de seguridad, que son las válvulas de venteo colocadas en su parte superior. También se señalan los diferentes tipos de acometidas que llegan al tanque para realizar el procedimiento de hidratación, mediante los siguientes productos:

## Tanque "K" Típico

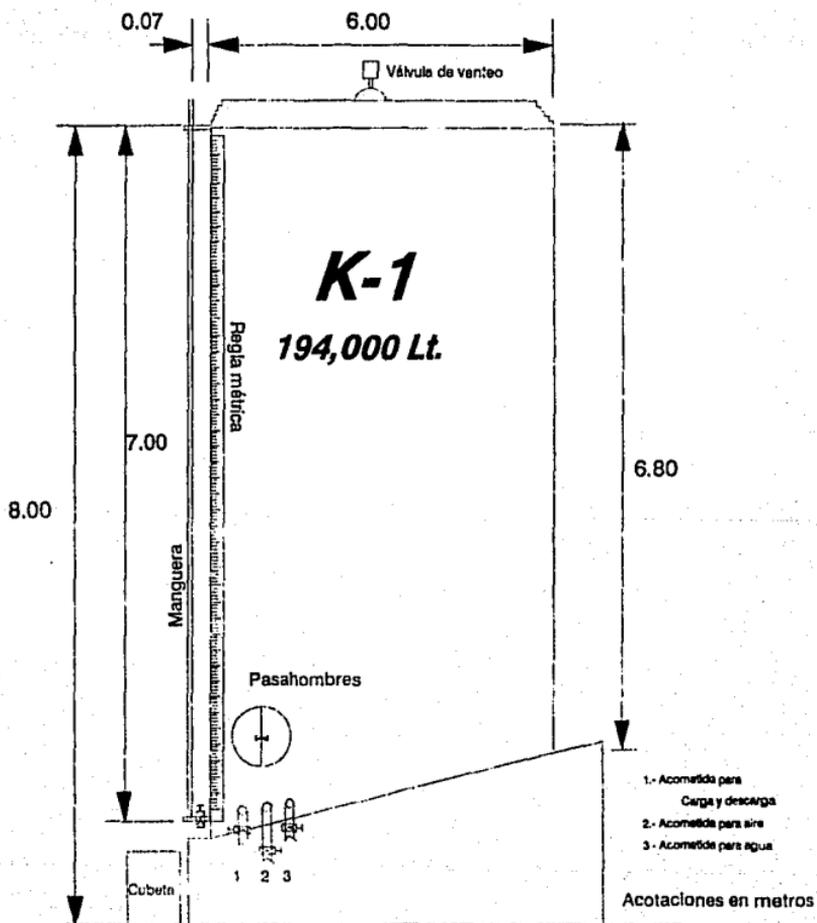


Diagrama # 3 (Diagrama de un tanque "K" típico)

- a.) Carga y descarga de aguardiente
- b.) Entrada de aire
- c.) Entrada de agua

La acometida de aguardiente sirve para introducir el contenido de las pipas dentro del tanque y, cuando el aguardiente esté ya a un grado alcohólico determinado, para descargar el tanque e introducir el aguardiente a la tubería principal para transportarlo a las bodegas de añejamiento. Esta acometida es de un diámetro de 2 pulgadas y tiene un aditamento especial para poder acoplar mangueras.

La acometida de aire es más sencilla, ya que sólo consta de un tubo de 1 pulgada de diámetro que está conectado a una compresora de aire, que lo introduce por la parte inferior del tanque. La tubería de aire cuenta con una válvula para evitar que el producto se introduzca en ella cuando la compresora no esté trabajando.

La acometida de agua, igual que la de aire, consiste en una tubería de hierro que está conectada, por una parte a una bomba y por la otra a la parte inferior del tanque de almacenamiento. Esta tubería es de 2 pulgadas de diámetro y, al igual que la de aire, cuenta con una válvula de seguridad para evitar que el aguardiente dentro del tanque de almacenamiento pueda introducirse a la tubería cuando la bomba no esté trabajando. Las bombas para introducir agua a los tanques son fijas y en total son 3, esto es, una bomba para cada dos tanques. Estas bombas tienen una potencia de 5 HP y manejan un flujo de aproximadamente 40,000 litros por hora.

Las bombas que se utilizan para cargar y descargar los tanques de almacenamiento, son bombas de 10 HP de potencia a 3600 RPM. Se tiene un total de 4 bombas, dos fijas y dos móviles. Estas bombas tienen acometidas para manguera de 2 pulgadas de diámetro.

Las mangueras utilizadas en el proceso de carga de un tanque de almacenamiento tienen dos pulgadas de diámetro, son de plástico y rígidas. Estas mangueras son especiales, debido a que resisten las altas presiones que se generan tanto debido a las bombas como al producto dentro del tanque de almacenamiento, que ejerce una presión al tratar de regresarse por la manguera. En la actualidad se cuenta con 6 mangueras de 10 metros cada una, que son acoplables entre si.

La tubería principal que se utiliza para transportar el aguardiente a 65°GL a las bodegas de añejamiento es de PVC y tiene un diámetro de 2 pulgadas. Esta tubería es aérea y tiene una serie de válvulas de mariposa de manera que puede conectarse a cualquiera de las bombas de descarga de los tanques de almacenamiento.

Las personas responsables de las hidrataciones de los aguardientes que llegan a la planta son los supervisores de tanques. Los dos supervisores que actualmente se encargan de este procedimiento tienen una escolaridad básica, habiendo cursado hasta la secundaria.

#### 4.2.- Medición del volumen de aguardiente en un tanque

La medición del volumen de aguardiente en un tanque "K" se realiza con la ayuda de un nivel que, por medio de vasos comunicantes, indica la altura que el aguardiente alcanza dentro del tanque. Como se dijo anteriormente, los niveles están hechos de una manguera plástica transparente que se conecta a una válvula de paso en la parte inferior del tanque. Esta manguera está fija en la parte superior del tanque para mantenerla paralela a la pared del tanque

Para realizar una medición del volumen se necesita, inicialmente, purgar el nivel de aguardiente. Esto se hace cerrando la válvula de paso y aflojando la abrazadera que junta herméticamente la manguera y la boca de la válvula, para luego desconectarlas y vaciar la manguera de aguardiente. El aguardiente es depositado en una cubeta que se encuentra en la parte frontal de cada tanque.

Una vez purgado el nivel, se conecta de nuevo la manguera a la boca de la válvula, se aprieta la abrazadera y se abre la válvula para que el aguardiente empiece de nuevo a fluir. Por diferencia de presiones el aguardiente se estabilizará a la misma altura a la que se encuentra la superficie dentro del tanque, y de esta manera, ayudándose de la regla métrica pintada en la pared del tanque, se podrá medir la altura real que el aguardiente alcanza dentro del tanque.

Conociendo la altura que el aguardiente alcanza dentro del tanque, los supervisores calcularán el volumen de aguardiente dentro del tanque de la siguiente manera:

$$V_f = H_o * 28.274 * 100$$

En donde

Vf : Volumen de aguardiente dentro del tanque expresado en litros

Ho : Altura del aguardiente observada expresada en decímetros

Debido a que los tanques tienen un diámetro de 6 metros, su área es de 28.274 m<sup>2</sup>. En la fórmula descrita el factor 28.274 se multiplica por 100 para convertirlo a decímetros cuadrados.

Durante la adición de agua en el proceso de hidratación se debe tener cuidado con la altura que marca el nivel, ya que la turbulencia provocada por la inyección de agua al tanque puede crear un nivel falso en la manguera exterior. Para cuidar este aspecto, los supervisores deben purgar el nivel del tanque constantemente para no inyectar una cantidad de agua mayor a la debida en el tanque.

Aunado a lo anterior, se tiene que no es constante el flujo de agua desmineralizada a los tanques de hidratación. Esto se debe a que en el área existe un problema de abastecimiento de agua y, además, hay varios procesos que requieren del suministro de agua desmineralizada, y que

pueden ser realizados al mismo tiempo, teniendo como consecuencia un flujo variable de agua.

No se puede calcular, por lo tanto, el tiempo necesario para inyectar una cierta cantidad de litros de agua desmineralizada en un tanque de hidratación. Por esto los supervisores tienen que purgar constantemente los niveles para controlar la altura del aguardiente dentro del tanque..

Las cuentas de hidratación necesarias para un reproceso se toman únicamente como documentos de trabajo, y cuando ya no son utilizadas se desechan, sin llevarse un control de ellas.

#### 4.3.- Descripción operativa del proceso de hidratación

El proceso descrito en el capítulo 3 es el que se reconoce como estándar por la Dirección de la empresa. Se espera encontrar vicios y errores operativos en el proceso, que son la causa de la gran cantidad de reprocesos que se observan.

El proceso operativo que se efectúa en la planta de Los Reyes empieza con la recepción de los aguardientes que se transportan en carros cisterna. Estos llegan directamente al estacionamiento general de carros cisterna mostrado en el diagrama #1, página 3. En este lugar, las pipas son revisadas para verificar si alguna de ellas tiene fugas que puedan indicar que el producto se haya contaminado de alguna manera durante el viaje desde

las vinícolas. Se debe hacer notar que el producto puede contaminarse fácilmente al contacto con cualquier óxido. En el estacionamiento también se realiza todo el papeleo administrativo que la compañía transportadora del aguardiente necesita para comprobar la realización de los viajes hechos para llevar el aguardiente a la planta.

Una vez realizados todos los trámites administrativos y habiéndose verificado la integridad de las pipas, éstas pasan a la bodega 3, en donde se encuentran los tanques "K". La distribución de la bodega 3 se puede observar en el diagrama # 2, página 41. En cuanto llegan las pipas a estas instalaciones, se procede a quitar el sello de seguridad que certifica que la pipa no ha sido abierta desde el lugar donde se cargó el aguardiente.

Se procede, entonces, a tomar una muestra de su contenido introduciendo dentro de la pipa una botella con capacidad de un litro. La botella se saca y se tapa herméticamente con un corcho y se identifica mediante una etiqueta que contiene los siguientes datos:

- Número de la pipa de la que proviene la muestra
- Fecha y hora de extracción de la muestra
- Análisis por efectuar
- Factura del aguardiente
- Clase del aguardiente que se transportó ( también conocido como producto que se transportó )

Cabe mencionar que las etiquetas utilizadas para identificar las muestras son de aproximadamente 2cm x 3cm y son completamente

blancas. Los operarios responsables de sacar las muestras llenan las etiquetas a mano una vez que éstas están ya pegadas en la botella.

Ya que la muestra ha sido identificada, el operador responsable la deposita junto al tanque "K-1" ( ver diagrama # 2 página 41 ), que es el más cercano a la entrada principal. La pipa es cerrada y estacionada en el área de descarga para aguardar a que Control de Calidad analice la muestra y la autorice.

Acto seguido, se procede a llenar la hoja de control del almacén de aguardientes mediante la cual se administra la recepción, de aguardientes y su aprobación. El formato de esta hoja se muestra en la figura # 4. El supervisor llena los espacios de fecha de recepción, número de la pipa que transportó el producto, factura del producto y clase de aguardiente que se trasladó. Cada renglón de este documento representa una pipa de aguardiente.



La persona responsable de llevar las muestras de todas las bodegas al departamento de Control de Calidad utiliza una bicicleta para recorrer las considerables distancias que existen entre las bodegas. La bicicleta tiene dos canastillas para poder transportar hasta 12 muestras de aguardientes por viaje. Esta persona, que debe recorrer todas las bodegas para recoger muestras y llevarlas al laboratorio, pasa aproximadamente cada 15 minutos a la zona de los tanques "K" y recoge las muestras que estén listas para ser llevadas a Control de Calidad.

Las muestras son entregadas en el laboratorio, en donde la persona responsable de realizar los análisis pertinentes las registra y efectúa los análisis sensoriales, cromatográficos y físicoquímicos correspondientes. En caso de pasar estos análisis de manera satisfactoria, el laboratorista telefóna a la zona de tanques "K" para autorizar la descarga de la pipa cuya muestra ha sido analizada. En caso de no pasar los análisis mencionados de manera satisfactoria, la persona responsable de los análisis deberá llamar a la bodega 3 para comunicar que el producto que se ha analizado ha sido rechazado.

Al recibir la notificación del rechazo de algún producto, el supervisor responsable de ese producto deberá cerrar la pipa con un nuevo sello de seguridad y la deberá mandar al estacionamiento general de carros cisterna para luego ser enviada a la vinícola que abasteció el producto. En los controles de recepción de aguardientes y aprobación se anotará entonces la leyenda "Producto Rechazado" en el renglón correspondiente.

Una vez hecha la llamada telefónica para autorizar la descarga del producto analizado, el laboratorista llena un documento llamado "cuenta de hidratación de aguardientes". El formato de este documento se muestra en la figura # 5 ( ver página 55 ). El responsable de los análisis empieza entonces a llenar el documento de la cuenta de hidratación con los datos que vienen anotados en la etiqueta de la botella que analizó. En el documento llena los espacios de producto (que es la clase del aguardiente), fecha de recepción, factura del aguardiente y número de la pipa en la que se transportó el producto. El laboratorista procede entonces a medir el grado alcohólico real de la muestra, dato que es también registrado en el documento. Teniendo este dato, se procede a extrapolar la densidad del aguardiente de las tablas. También se calcula el número de litros de agua necesarios para llegar a los 65°GL y se calcula el volumen final de aguardiente que se tendrá a 65°GL. Todos estos datos son registrados en la cuenta de hidratación. Una vez que se ha llenado el documento, se deja sobre el mostrador de recepción, para que cuando pase el mensajero de la bicicleta lo lleve a la zona de los tanques "K". En resumen, los datos que los supervisores obtienen por medio de la cuenta de hidratación, referidos a una pipa en concreto, son los siguientes:

- Grado alcohólico real de la pipa
- Densidad del aguardiente
- Número de litros de agua necesarios para bajar el grado alcohólico a 65°GL
- Volumen final de aguardiente a 65°GL

En la bodega 3, una vez recibida la llamada telefónica del laboratorio autorizando la descarga del aguardiente, se procede a estacionar la pipa sobre una báscula de 50 toneladas para que la pipa sea pesada llena de aguardiente. Este dato se registra en un pequeño documento como el que se ilustra en la figura # 6 ( ver página 55 ) y al cual nos referiremos como documento de pesado.

El documento de pesado sirve tanto para control interno de inventarios como de demostración del peso transportado por el carro cisterna. En otras palabras, es la factura del transportista que comprueba el peso transportado. En este documento se registrará la clase de producto que se transportó, el número de la pipa que realizó el traslado, el nombre del tractor que realizó el viaje, la fecha de entrega del aguardiente y el nombre de la persona que pesó la pipa.

Este documento se introduce en una ranura especial de la báscula para que ésta lo grabe con el peso correspondiente. El documento se elabora por triplicado.

Ya pesada la pipa llena y registrados los datos mencionados, se estaciona en la zona de descarga, donde los operadores le conectan una de las bombas de succión por medio de mangueras de 2 pulgadas de diámetro, con las cuales se vaciará y el aguardiente se descargará en uno de los tanques disponibles.

## Cuenta de Hidratación

Producto :	Tanque :
Fecha :	Factura :
Volumen :	Pipa :
<b>Componentes</b>	<b>Volumen</b>
Densidad :	
° GL :	
# Litros de Agua necesarios para 65 ° GL	
Volumen final :	
Observaciones	

Figura # 5 ( Formato de la cuenta de hidratación )

## Documento de Pesado

	Clase :
Peso pipa llena ( Peso # 1 )	Pipa :
Peso pipa vacía ( Peso # 2 )	°GL :
Diferencia	Tractor :
	Fecha :
	Pesador :

Figura # 6 ( Formato del documento de pesado )

Se procede a estacionar la pipa vacía nuevamente sobre la báscula para ser pesada, esta vez vacía. El peso se registra de nuevo en el documento de pesado, y, por medio de una substracción que es realizada por uno de los supervisores, se obtiene el peso neto del aguardiente descargado, que se registra en el documento de pesado. La cuenta de hidratación, se engrapa al documento de pesado para evitar confusiones.

Con el dato del total de litros de aguardiente descargados por la pipa, se calcula el volumen de aguardiente descargado de la siguiente manera:

$$\begin{array}{rcc} \text{Peso del aguardiente} & * & \text{Densidad} & = & \text{Litros descargados} \\ \text{Kg} & & \text{Lt/Kg} & & \text{Lt} \end{array}$$

El resultado se registra en la cuenta de hidratación. Este cálculo es realizado por el personal del departamento de Elaboraciones.

Acto seguido, el supervisor anota en la cuenta de hidratación el dato del tanque en el que se llevará a cabo la hidratación y registra en el documento de pesado el grado alcohólico del producto. También se anota en el formato de recepción de aguardientes y aprobación los datos del número de litros de aguardiente correspondientes al peso descargado, el grado alcohólico del aguardiente y el tanque en que se realizó la hidratación.

Una vez que se han descargado 3 pipas en un tanque, se procede a calcular la cantidad de litros de agua necesaria para hidratar el producto a 65°GL, sumando los rubros de "litros de agua necesarios para 65°GL" de las

3 cuentas de hidratación correspondientes a las pipas descargadas en el tanque. Seguidamente se purga el nivel que indica la altura de aguardiente dentro del tanque en cuestión. Una vez hecho esto, el supervisor de la hidratación calcula el nivel de altura al que se deberá llegar, de la siguiente manera:

$$H_a = 1000 * S_a / 28.274$$

$$H_f = A_a + H_a$$

En donde

**Aa :** Altura de aguardiente en el tanque, expresada en metros

**Sa :** Agua que deberá agregarse expresada en litros

**Ha :** Altura que representa el volumen de agua necesario para llegar a los 65°GL, expresada en metros

**Hf :** Altura final a la que deberá llegar el nivel del tanque expresada en metros

Ya calculada la altura a la que el aguardiente deberá llegar, se abren las válvulas de agua y se verifica constantemente que la altura no rebase el nivel calculado. Para tener mediciones reales se purgan los niveles cada vez que se hace una observación, ya que al estar los tanques a la intemperie, la temperatura del aguardiente dentro del nivel de plástico no es la misma que la del aguardiente dentro del tanque de acero inoxidable, proporcionando un dato falso.

Cuando el supervisor observa que el nivel del tanque ha alcanzado la altura deseada, procede a cerrar las válvulas de agua y a abrir las válvulas de aire. La agitación por medio de aire dura aproximadamente 10 minutos. Una vez transcurrido este tiempo, el supervisor cierra las válvulas de aire y sube a la parte superior del tanque para sacar una muestra de un litro de aguardiente.

La muestra se tapa herméticamente y se identifica con las etiquetas anteriormente descritas. En estas etiquetas se registran los siguientes datos:

- Tanque del que proviene la muestra
- Fecha y hora de la extracción de la muestra
- Grado alcohólico al que se debe llegar

Esta muestra es depositada por el supervisor junto al tanque "K-1" para que cuando pase el mensajero de la bicicleta la lleve al laboratorio.

En el departamento de Control de Calidad, el laboratorista mide el grado alcohólico de la muestra de aguardiente. Si el grado alcohólico se encuentra entre los 64.5 y los 65.5°GL, la muestra es aprobada, y el laboratorista hace una llamada telefónica a la bodega 3 para autorizar la descarga del tanque a las bodegas de añejamiento, notificándole al supervisor el grado alcohólico del aguardiente. Si, por el contrario, el grado alcohólico de la muestra de aguardiente no se encuentra en el intervalo mencionado, el laboratorista procede a hacer una nueva cuenta de hidratación, en la cual se calculan todos los datos necesarios. Ya

calculados estos parámetros, mandará la cuenta de hidratación a la bodega 3 por medio del mensajero de la bicicleta. Esta cuenta de hidratación sólo se identificará por medio del tanque en el que se estará realizando la hidratación.

Si la muestra es autorizada, el supervisor hace la designación de la tubería pertinente para empezar a bombear el producto a las bodegas, y completará el renglón de datos del formato de control de recepción de aguardientes y aprobación anotando la fecha en que se pasa el producto a bodegas, la bodega en donde se almacenará el producto y la andana en la que se localizará el producto, al igual que el número de litros de aguardiente que se almacenarán y su grado alcohólico.

El supervisor llena los espacios correspondientes en el formato de control de entradas de aguardientes a bodega: fecha de entrada, clase del aguardiente que se almacenará, factura del aguardiente, litros que entrarán, grado alcohólico, bodega en la que se almacenará, andana en la que se localizará el producto, número de barricas necesarias para almacenar el producto y el tanque del que proviene el producto. Este formato se muestra en la figura # 7.



Si, por el contrario, se recibe una nueva cuenta de hidratación para el tanque que se está hidratando, notando que el grado alcohólico es superior a los 65.5°GL, se debe purgar de nuevo el nivel del tanque y calcular la altura a la que se deberá llegar. Ya calculada la altura con los nuevos datos de la cuenta de hidratación, se abren las válvulas de agua para llegar al nivel deseado.

Si la muestra señala que el aguardiente tiene un grado alcohólico menor a los 64.5°GL, entonces el supervisor agrega aguardiente de alto grado alcohólico, en la cantidad que se requiera para llegar a los 65°GL.

Para cualquiera de los dos casos, ya sea grado alcohólico alto o bajo, se deberá agregar agua, o aguardiente si es el caso, y agitarse de nuevo con aire. Nuevamente se deberá tomar una muestra del producto que se llevará al laboratorio para ser sometido a una medición de grado alcohólico, que podrá dar como resultado la autorización para descargar a bodegas o, en caso contrario, la necesidad de efectuar otro reproceso.

Por la complejidad de un reproceso en el caso de aumentar el grado alcohólico, los supervisores cuidan mucho que la altura del nivel del tanque no rebase lo calculado. Esta complejidad radica en que se deberá vaciar parcialmente una pipa de aguardiente para descargar su contenido en el tanque del aguardiente de bajo grado y, en muchas ocasiones, las pipas que viajan a la planta lo hacen en grupos de 3, de manera que a veces no habrá aguardiente de alto grado para realizar esta labor.

Las cuentas de hidratación necesarias para un reproceso se toman únicamente como documentos de trabajo, y cuando ya no son utilizadas se desechan, sin llevarse un control de ellas.

#### 4.4.- Definición de los elementos del proceso de hidratación

El proceso de hidratación se define como el conjunto de acciones que se inicia con la toma de una muestra de una pipa para que se analice y termina con la autorización que da el departamento de Control de Calidad para mandar el producto a las bodegas de añejamiento.

La definición de los elementos se divide en tres partes que corresponden a los elementos descritos en los subcapítulos 4.4.1.-, 4.4.2.-, y 4.4.3.-. En la primera parte se agrupa el conjunto de acciones que inicia con la toma de una muestra de una pipa para su análisis y autorización de descarga a tanques, y termina con el cálculo del número de litros de aguardiente descargados por la pipa en cuestión y la elaboración del documento de pesado y la cuenta de hidratación correspondiente. En la segunda parte se detallan todos los movimientos que se realizan en los tanques de hidratación. En la tercera parte se describen las labores que se realizan cuando tiene lugar un reproceso.

Esta división se debe a que los movimientos que se realizan en la primera parte se refieren únicamente a una pipa en particular, mientras que los movimientos de la segunda parte se realizan en los tanques de

almacenamiento, en los que se puede almacenar e hidratar el producto de hasta 3 carros cisterna, y los de la tercera parte dependen de la exactitud con la que se hayan realizado los movimientos de la segunda parte.

A continuación se definen los elementos que se analizarán, las acciones que se llevan a cabo en cada uno de estos elementos, los recursos que se utilizan para su realización y el personal responsable de efectuar las tareas. Esta definición de elementos servirá tanto para el estudio de tiempos como para el análisis de los movimientos y la creación de la ruta crítica.

#### 4.4.1.- Definición de los elementos para el descargue de pipas

Como primer elemento para el descargue de las pipas de aguardiente a los tanques de hidratación, tomaremos el muestreo de una de las pipas para que se autorice el producto para su descarga a los tanques de hidratación. Este elemento lo denominaremos "muestreo inicial", y es realizado por uno de los dos supervisores encargados de todo el procedimiento de hidratación. Este elemento incluye las siguientes tareas:

- Quitar el sello de seguridad de la pipa
- Abrir la escotilla superior de la pipa
- Sumergir una botella de 1 litro en el aguardiente hasta que ésta se llene
- Tapar herméticamente la botella con un corcho

- Cerrar la pipa
- Pegar una etiqueta en blanco en la botella
- Identificar la muestra anotando los datos pertinentes en la etiqueta
- Dejar la muestra junto al tanque "K-1"

El segundo elemento que se definirá lo denominaremos como "Ir al laboratorio". Incluye las siguientes acciones:

- Recoger las muestras que se encuentren junto al tanque "K-1" y ponerlas en la canastilla de la bicicleta
- Llevar las muestras al laboratorio
- Entregar las muestras a la persona responsable de los análisis de aguardientes

Todas estas acciones son realizadas por el mensajero que transporta en bicicleta, cualquier clase de muestras de las bodegas al departamento de Control de Calidad.

Al tercer elemento que se describirá se le denominará "Análisis Iniciales", mediante los cuales se verificará la calidad del producto. Estos análisis se realizan en el laboratorio del departamento de Control de Calidad por un ingeniero químico capacitado también para degustar el aguardiente.

Las acciones comprendidas en este elemento son las siguientes:

- Recibir las muestras que lleva el mensajero de la bodega 3
- Registrar los datos necesarios en la bitácora del departamento de Control de Calidad
- Vaciar el aguardiente en una probeta
- Realizar un análisis sensorial (organoléptico)
- Realizar un análisis cromatográfico
- Realizar un análisis físico-químico
- Formular la autorización para descargue, o el rechazo del producto, en su caso

Los resultados de los análisis realizados a la muestra son registrados en la bitácora del departamento de Control de Calidad para tener un control estricto sobre las autorizaciones que se generan en este departamento.

El cuarto elemento que se describirá será el denominado "Notificación de autorización". Este elemento consiste en una sola acción: telefonar a la bodega 3 para comunicar al supervisor que la muestra ha pasado los análisis satisfactoriamente. Esta llamada telefónica la realiza la persona responsable de los análisis físico-químicos en el laboratorio.

El quinto elemento se denominará "Análisis de grado alcohólico". Las acciones correspondientes son realizadas por el laboratorista, luego de haber comunicado a la bodega 3 que el producto ha pasado satisfactoriamente los análisis. Este elemento está constituido por las siguientes acciones:

- Llenar un documento de cuenta de hidratación con los datos que se anotaron en la etiqueta de la muestra que se ha analizado ( ver el formato de la cuenta de hidratación en la página 55 )
- Medir el grado alcohólico real del producto
- Calcular la densidad del producto por medio de tablas
- Calcular el número de litros de agua necesaria para llegar a un grado alcohólico de 65°GL
- Calcular el volumen final de aguardiente a 65°GL
- Registrar los datos en la cuenta de hidratación
- Registrar los resultados en la bitácora del departamento de Control de Calidad.
- Dejar la cuenta de hidratación sobre el mostrador

El siguiente elemento se denominará "Regreso de la cuenta de hidratación a bodega 3". Será realizado por el mensejero de las muestras ya que se haya dejado la cuenta de hidratación sobre el mostrador de recepción del departamento de Control de Calidad. Este elemento incluye las siguientes acciones:

- Recoger la cuenta del mostrador
- Llevar la cuenta a la bodega 3
- Entregar la cuenta al supervisor encargado de la pipa en cuestión

El elemento denominado "Peso de la pipa llena" es realizado por el supervisor una vez recibida la autorización del laboratorio para descargar el producto a los tanques de almacenamiento. Este elemento incluye las siguientes tareas:

- Llamar por el altavoz al chofer de la pipa cuyo contenido ha sido analizado y autorizado, para que estacione la unidad sobre la báscula
- Esperar a que el chofer salga de la pipa
- Llenar el documento de pesado con los datos de la pipa y del producto ( ver formato en la página 55 )
- Nivelar la báscula
- Introducir el documento de pesado en la báscula
- Seleccionar el modo de "Peso # 1" en la báscula
- Activar el marcador de la báscula para que imprima el peso en el documento de pesado
- Llamar al chofer de la pipa para que mueva la unidad a la zona de descarga

El siguiente elemento que se describirá será el denominado "Descarga". Las acciones que se realizan en este elemento se enumeran a continuación:

- Apagar el motor del tractor para evitar accidentes
- Definir los movimientos para la utilización de tuberías para conducir el producto al tanque de almacenamiento deseado.
- Conectar la bomba, ya sea fija o móvil, a la válvula de paso de la pipa por medio de mangueras de plástico rígido
- Abrir la escotilla superior de la pipa
- Abrir la válvula de paso de la pipa

- Llenar la manguera de plástico con aguardiente procedente de la pipa para evitar que la bomba trabaje en vacío
- Encender la bomba
- Esperar a que se descargue la pipa
- Apagar la bomba
- Cerrar la válvula de paso de la pipa
- Desconectar las mangueras de la válvula de paso de la pipa
- Cerrar la escotilla superior de la pipa

Todas estas labores son realizadas por el supervisor encargado de la descarga, una vez que la pipa se halle estacionada en la zona de descarga de la bodega.

El elemento denominado "Peso de la pipa vacía" comprende las siguientes acciones:

- Pedir al chofer que estacione la pipa sobre la báscula
- Esperar que el chofer salga de la pipa
- Nivelar la báscula
- Colocar el documento de pesado correspondiente en la ranura de la báscula
- Seleccionar el modo de "Peso # 2" en la báscula
- Activar el marcador de la báscula, para que imprima el peso en el documento de pesado
- Entregar una copia del documento de pesado al chofer de la pipa
- Pedir al chofer que retire la pipa de la báscula y la lleve al estacionamiento general de carros cisterna

Este conjunto de acciones debe ser realizado una vez que la pipa está cerrada y completamente vacía. Todas estas acciones son realizadas por el mismo supervisor que realizó la medición de peso al estar la pipa llena de producto.

El último elemento que se describirá dentro de esta parte, será el llamado "Revisar documentos" y consiste de las siguientes acciones:

- Calcular la diferencia entre los pesos registrados en el documento de pesado y anotarla en el lugar correspondiente de dicho documento
- Engraprar la cuenta de hidratación y el documento de pesado correspondientes a una pipa
- Calcular el número de litros de aguardiente descargados y anotar el dato en la cuenta de hidratación
- Completar los datos faltantes tanto en la cuenta de hidratación como en el documento de pesado
- Anotar los datos faltantes en los controles de recepción de aguardientes y aprobación

Todas estas acciones son realizadas por el supervisor encargado de la pipa. Estos documentos son guardados por el supervisor en la oficina para evitar su extravío.

#### 4.4.2.- Definición de los elementos para la hidratación del producto en tanque

Los elementos que se describen son los correspondientes al conjunto de acciones que se realizan para la hidratación del aguardiente dentro de un tanque de almacenamiento. Debido a que en un tanque de almacenamiento se hidrata generalmente el producto de tres pipas, las acciones que se realizan deberán considerarse por separado de las descritas en la primera definición de elementos (4.4.1).

Por otra parte, los elementos que se describen a continuación se refieren a las decisiones y movimientos que se hacen en caso de presentarse un reproceso.

El primer elemento de esta segunda parte de definiciones se denomina "Suma de las cuentas". Para poder realizar las tareas que se engloban en este elemento, es necesario contar con las cuentas de hidratación y los documentos de pesado correspondientes a las pipas que hayan descargado su contenido en el tanque que se hidratará. Las labores son realizadas en su totalidad por el supervisor, y son las siguientes:

- Reunir las tres cuentas de hidratación correspondientes a los carros cisterna descargados en el tanque que se hidratará
- Sumar los rubros de "Número de litros de agua para llegar a 65°GL"

- Calcular la altura del nivel del tanque a la que se tendrá que llegar para reducir el grado alcohólico del aguardiente a 65°GL

El siguiente elemento que se definirá, se denomina "Agregar agua".

Este elemento está formado por las siguientes acciones:

- Purgar el nivel del tanque
- Abrir la válvula de paso de agua
- Encender la bomba para inyectar agua dentro del tanque
- Esperar a que se llegue al nivel de altura deseado
- Apagar la bomba de agua, ya que se haya llegado al nivel calculado
- Purgar el nivel del tanque
- Verificar si la altura que indica el nivel del tanque es la calculada
- Si no se llegó a la altura deseada, encender de nuevo la bomba de agua hasta que se llegue al nivel deseado
- Si se llegó a la altura previamente calculada, cerrar la válvula de paso de agua

El siguiente conjunto de tareas son realizadas, al igual que el anterior, por el supervisor. Este elemento se denomina "Agitación" y consta de las siguientes tareas:

- Abrir la válvula de paso de aire
- Encender la compresora de aire para empezar a inyectarlo dentro del tanque para mezclar el producto
- Esperar aproximadamente diez minutos para obtener una mezcla homogénea del aguardiente y el agua

- Apagar la compresora de aire
- Cerrar la válvula de paso de aire

El siguiente elemento que se describirá, será el denominado "Muestreo". Este conjunto de acciones es realizado por el supervisor y engloba las siguientes labores:

- Recoger una botella vacía de la oficina de la bodega 3
- Subir por las escaleras a la parte superior del tanque
- Abrir la escotilla superior del tanque
- Amarrar la botella a una cuerda
- Sumergir la botella y dejarla caer hasta el fondo del tanque
- Sacar la botella del tanque, cuando ésta esté llena de aguardiente
- Tapar la botella con un corcho
- Cerrar la escotilla superior del tanque de almacenamiento
- Pegar una etiqueta en blanco en la botella
- Anotar los datos del tanque en la etiqueta
- Bajar del tanque
- Depositar la botella junto al tanque "K-1" ( ver diagrama 2, página 41 )

El conjunto de acciones siguiente lo realiza el mensajero que transporta las muestras de las bodegas al laboratorio. Este elemento se denomina "Ir al laboratorio" y engloba las siguientes tareas:

- Recoger la muestra que se encuentre junto al tanque "K-1"
- Ir al laboratorio
- Entregar la muestra a la persona responsable de los análisis de laboratorio

El siguiente elemento que se definirá se denomina "Análisis de grado alcohólico". Este se realiza una vez que la muestra ha sido entregada en el laboratorio, y se compone de las siguientes tareas:

- Medir del grado alcohólico real del aguardiente
- Anotar en la bitácora del departamento de Control de Calidad los resultados del análisis

El último elemento que se describirá en este segmento, será el denominado "Comunicación de autorización". Lo realiza la persona encargada de los análisis de laboratorio, luego de haber realizado una medición del grado alcohólico real de la muestra de aguardiente del tanque de hidratación. Esta comunicación se realiza por vía telefónica.

#### 4.4.3.- Definición de los elementos de un reproceso

Los elementos que se definen en la siguiente parte, representan el conjunto de acciones que se realizan cuando se presenta la necesidad de hacer un reproceso o ajuste. Se decidió describir a los siguientes elementos por separado de los demás conjuntos de acciones, debido a:

número de reprocesos que fueron observados con anterioridad y al hecho de que las labores efectuadas durante un reproceso tienen pequeñas diferencias con respecto al proceso normal de hidratación.

También se debe notar que en un proceso de hidratación existen dos posibilidades; la primera es que no se presente la necesidad de hacer reprocesos durante la hidratación; la segunda, que sea necesario hacer ajustes al producto ya mezclado. En el caso de que se tenga que hacer ajustes, puede haber necesidad de que sea uno o varios en el mismo producto, siendo la cantidad de ellos muy variable.

A continuación se describen los elementos para describir y analizar la tercera parte de este estudio.

El primer elemento que se describe es el denominado "Creación de la cuenta de hidratación". Este elemento es diferente al que se describió en el subcapítulo anterior debido a que no se registran los datos como si el producto proviniera de una pipa, sino de un tanque. En el encabezado de la cuenta de hidratación se llenan los espacios de producto, fecha y tanque, y luego se procede a realizar los cálculos pertinentes. Todas estas acciones las realiza la persona encargada de los estudios de grado alcohólico.

A continuación se enumeran las tareas que se engloban bajo este elemento:

- Llenar el encabezado de la cuenta de hidratación con los datos que se enumeraron anteriormente ( ver figura 5, página 55 )

- Anotar el grado alcohólico real del producto que anteriormente se analizó
- Calcular la densidad del aguardiente por medio de tablas
- Calcular el número de litros de agua necesarios para bajar el grado alcohólico del producto a 65°GL, o en su caso el número de litros de aguardiente a 95°GL necesario para llegar al mismo grado alcohólico
- Calcular el volumen final que se tendrá de producto a 65°GL
- Registrar los resultados en la cuenta de hidratación
- Registrar todos los datos en la bitácora del departamento de Control de Calidad
- Anotar en el espacio de observaciones de la cuenta de hidratación la razón por la cual se realizó una cuenta de hidratación sobre el producto del tanque indicado
- Dejar la cuenta de hidratación sobre el mostrador

Todas estas acciones se deben realizar una vez que el análisis de grado alcohólico de la muestra del tanque en cuestión se haya hecho, y que este análisis haya reflejado un grado alcohólico que no se encuentre dentro de las especificaciones necesarias para poder autorizar el paso del producto a las bodegas de añejamiento.

El elemento que sigue en la secuencia de un reproceso es el denominado "Regreso de la cuenta a bodega 3". Las acciones de este elemento las realiza en su totalidad el mensajero que transporta las muestras del laboratorio a las diferentes bodegas y patios de manobras. Estas tareas son las siguientes:

- Regoger la cuenta de hidratación del mostrador
- Ir a la bodega 3
- Entregar el documento al supervisor

El elemento siguiente se denomina "Agregar agua o aguardiente". Este conjunto de acciones se realiza una vez que ha regresado la cuenta de hidratación del laboratorio. Dependiendo de los resultados obtenidos en los análisis de grado alcohólico que se le efectuaron a la muestra del tanque en cuestión, se agregará agua desmineralizada o aguardiente. En el caso de que el grado alcohólico del aguardiente del tanque que se está hidratando sea mayor a los 65.5°GL, se procederá a agregar agua al tanque. Si, por lo contrario, el grado alcohólico del aguardiente es inferior a los 64.5°GL, el supervisor tendrá que adicionar aguardiente de alto grado alcohólico para elevar el ya existente. Este último paso se realiza descargando parcialmente una pipa cuyo producto ya haya sido analizado y se conozca su grado alcohólico.

Este elemento engloba las siguientes tareas:

- Purgar el nivel del tanque
- Calcular la altura a la que deberá llegar el aguardiente dentro del tanque para obtener un producto final con un grado alcohólico satisfactorio
- En caso de tener un grado alcohólico bajo, conectar la salida de la bomba de descarga de pipas al tanque

- Abrir la válvula de paso, ya sea de agua o de aguardiente
- Encender la bomba correspondiente
- Esperar a que la altura del nivel llegue a lo calculado
- Apagar la bomba
- Cerrar la válvula de paso

Una vez agregado el producto correcto, se procede a ejecutar el conjunto de acciones que se engloban en el siguiente elemento. Este elemento se denominará "Agitación" y comprende las siguientes tareas:

- Abrir la válvula de paso de aire
- Encender la compresora de aire
- Esperar aproximadamente 10 minutos
- Apagar la compresora
- Cerrar la válvula de paso de aire

Ya realizadas estas acciones, se procede a realizar el siguiente grupo de labores, que se englobarán en el elemento denominado "Muestreo":

- Recoger una botella vacía de la oficina de la bodega 3
- Subir por las escaleras a la parte superior del tanque
- Abrir la escotilla superior del tanque
- Amarrar la botella a una cuerda
- Sumergir la botella y dejarla caer hasta el fondo del tanque
- Sacar la botella del tanque, una vez que ésta esté llena de aguardiente
- Tapar la botella con un corcho

- Cerrar la escotilla superior del tanque de almacenamiento
- Pegar una etiqueta en blanco en la botella
- Anotar los datos del tanque en la etiqueta
- Bajar del tanque
- Depositar la botella en el tanque "K-1" ( ver diagrama # 2, página 41 )

El siguiente conjunto de acciones las realiza el mensajero de las bodegas, quien efectua las siguientes labores:

- Recoger la muestra del tanque "K-1"
- Llevar la muestra al laboratorio
- Entregar la muestra al responsable del departamento

Este conjunto de acciones las denominaremos con el nombre de "Ir al laboratorio".

Las acciones del siguiente elemento las realizará el laboratorista. Este conjunto de acciones se denominará "Análisis de grado alcohólico" y comprende las siguientes:

- Medir del grado alcohólico real del aguardiente
- Anotar en la bitácora del departamento de Control de Calidad los resultados del análisis
- Crear una nueva cuenta de hidratación, en el caso de no pasar los análisis satisfactoriamente

En el caso de que los análisis de grado alcohólico muestren que el aguardiente no cumple con las características necesarias, se hará un nuevo reproceso.

#### 4.5.- Estudio de tiempos

El siguiente estudio de tiempos es realizado con la intención de elaborar una ruta crítica del proceso. El establecer tiempos estándar de proceso no es el objetivo de este estudio, por lo que sólo se necesitará realizar unas cuantas observaciones para determinar aproximadamente los tiempos promedio que consumen cada uno de los elementos.

Por todo lo anterior, se decidió realizar las observaciones para 2 grupos, o convoys, de carros cisterna que llegaron a las instalaciones. El primer grupo de pipas llegó a la planta de Los Reyes a las 11:00 horas y el segundo a las 19:00 horas. El primer convoy de carros cisterna consta de 9 pipas, cuyo producto se hidrató en los tanques 1, 2 y 3. El segundo grupo de pipas consistió de 8 unidades que vaciaron su aguardiente en los tanques 4, 5 y 6.

Los estudios que a continuación se muestran son los correspondientes al descargue de las pipas, la hidratación del producto que contenían y a los reprocesos que se observaron.

Como se podrá notar, el primer estudio contiene 17 observaciones, las cuales corresponden a los 17 carros cisterna que descargaron su contenido en los tanques de almacenamiento. El estudio de tiempos del proceso de hidratación de aguardientes contiene 6 observaciones, las cuales corresponden a los seis tanques que se hidrataron. El último estudio contiene 15 observaciones, correspondientes al número de reprocesos que se observaron en los 6 tanques de hidratación.

A continuación se muestran los resultados de los estudios mencionados:











#### 4.6.- Análisis de ruta crítica

El siguiente análisis de ruta crítica describe la secuencia que siguen los elementos descritos. La doble línea muestra la ruta crítica, es decir, la secuencia de acciones que determina la duración del proceso completo.

En el esquema de ruta crítica, mejor conocido como diagramas de PERT, se muestra, además de la secuencia que siguen los elementos, los tiempos de proceso de cada uno de los elementos y los tiempos acumulados que se registran en la secuencia completa.

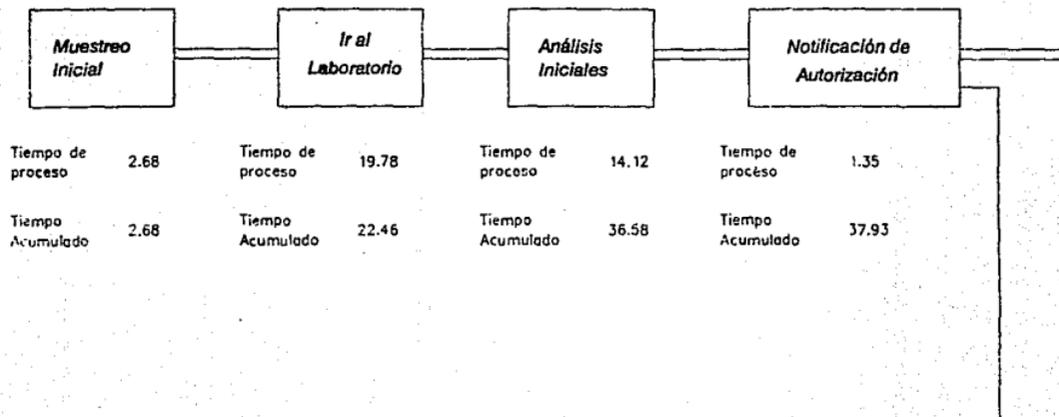
En las secuencias que no son rutas críticas, no se muestran los tiempos acumulados de proceso, ya que las acciones que se realizan dentro de este tipo de secuencia no determinan la duración del proceso global.

Este análisis de ruta crítica está dividido en las tres partes mencionadas, para tener una visión esquemática de los diferentes procesos que se requieren para realizar una hidratación.

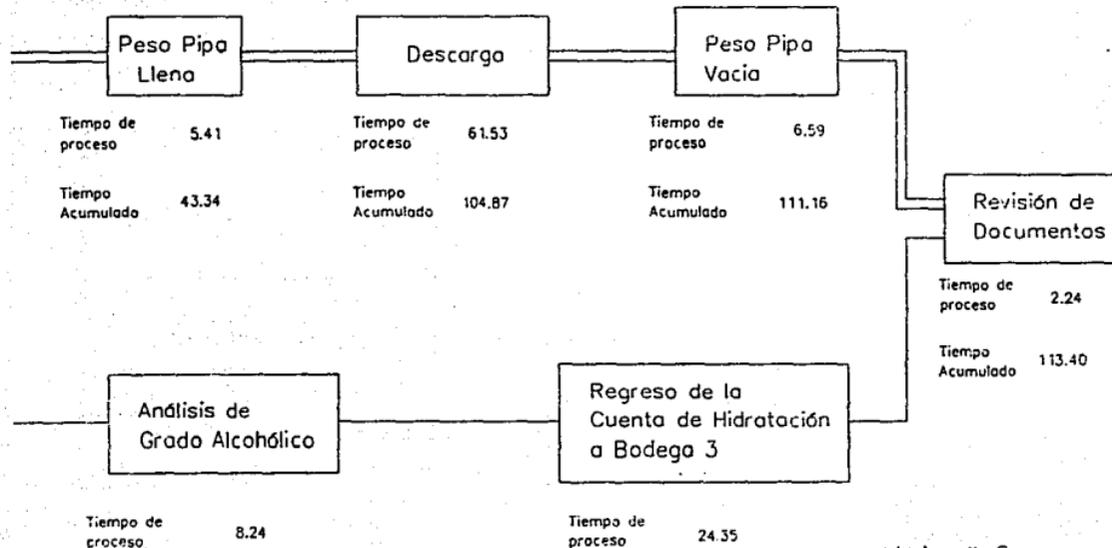
Estas tres partes son la descarga de pipas, la hidratación de producto en tanque y los reprocesos.

A continuación se muestran los diagramas correspondientes:

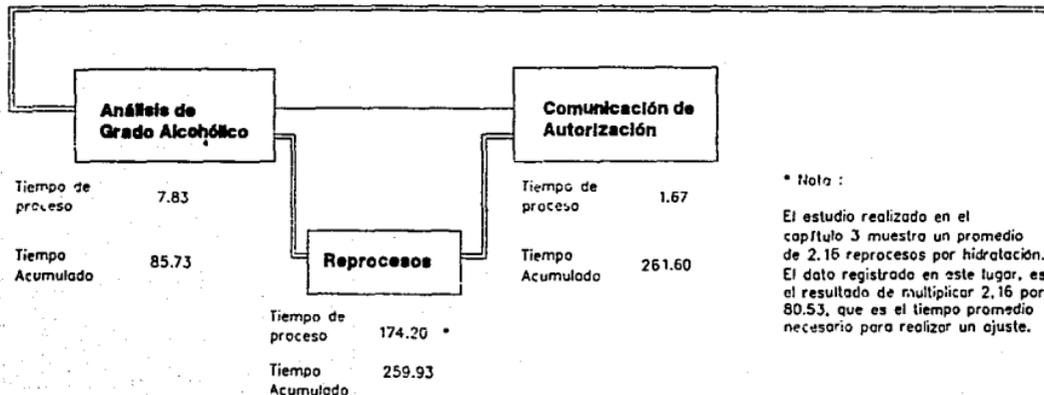
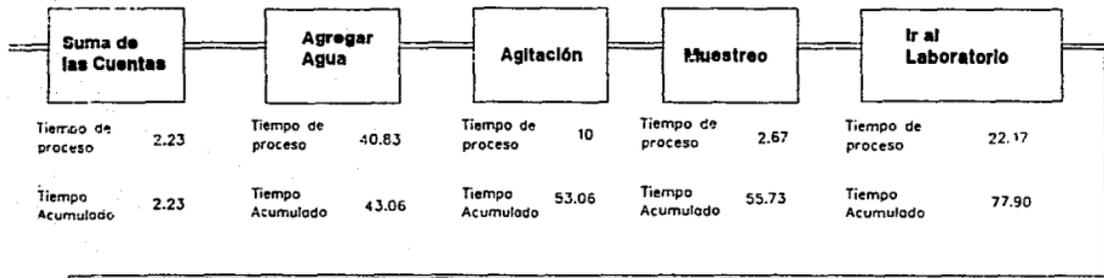
## ***Ruta Crítica para el Descargue de una Pipa***



## Ruta Crítica para el Descargue de una Pipa



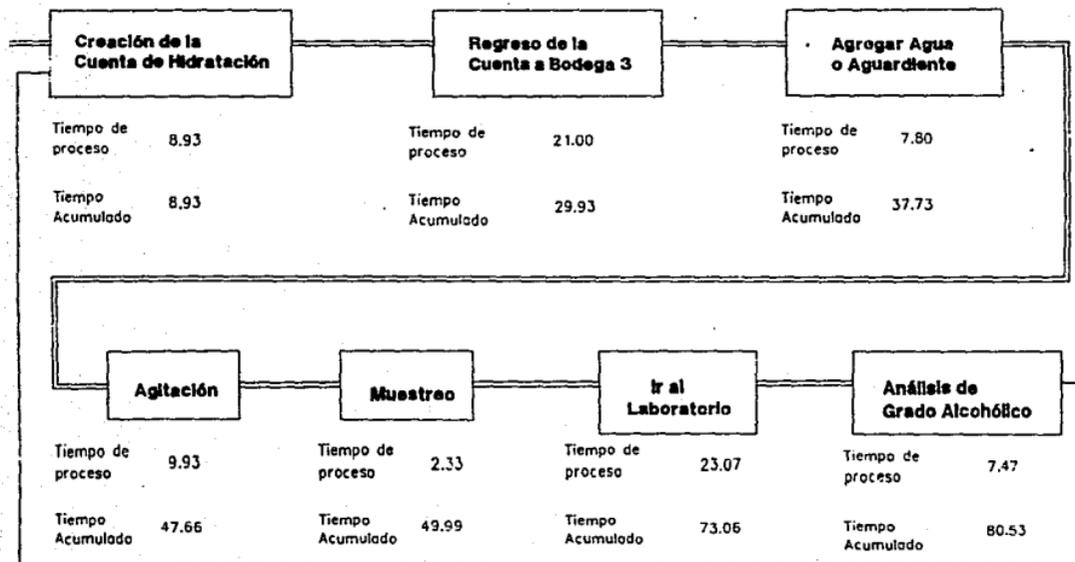
## Hidratación de Producto en Tanque



\* Nota :

El estudio realizado en el capítulo 3 muestra un promedio de 2.16 reprocesos por hidratación. El dato registrado en este lugar, es el resultado de multiplicar 2.16 por 80.53, que es el tiempo promedio necesario para realizar un ajuste.

## Ruta Crítica para los Reprocesos



#### **4.7.- Cursograma analítico**

A continuación se muestran los estudios realizados para determinar los movimientos que se realizan durante todo el procedimiento de hidratación de aguardientes.

El procedimiento del método actual para la descarga de las pipas se muestra en el primer cursograma analítico. El segundo estudio corresponde al proceso de hidratación de aguardiente contenido en tanques de almacenamiento e hidratación de la bodega 3, y el tercer estudio corresponde a los movimientos necesarios para realizar un reproceso.







#### 4.8.- Análisis crítico de los problemas observados

El problema principal que se desea abordar es el alto número de reprocesos que se registran en el procedimiento de hidratación de aguardientes por las varias razones que ya se describieron de diferente naturaleza. La causa principal es la medición de la altura de aguardiente dentro del tanque de hidratación. Esta medición del volumen de aguardiente dentro del tanque en donde se hidrata es muy inexacta, debido a varios factores, entre los cuales se encuentran los siguientes:

1°

El aguardiente es un líquido completamente transparente, lo cual hace difícil observar el nivel al que se encuentra el licor en el nivel externo del tanque. Hay que recordar que el nivel externo está compuesto únicamente por una manguera de plástico transparente, que toma un tono blanquecino con el tiempo. Esta dificultad para leer la altura a la que se encuentra el nivel de aguardiente se nota aun más en las hidrataciones que se realizan por la noche.

2°

La manguera antes descrita está separada de la regla métrica aproximadamente 7 centímetros, lo que hace que las lecturas no sean exactas.

3°

El supervisor debería medir la altura de aguardiente en el tanque siempre desde la misma posición, ya que en caso contrario su perspectiva cambia, y por consiguiente, su lectura cambia.

Los supervisores, actualmente, no toman lecturas desde el mismo lugar, sino que desde el lugar en donde se encuentren.

4°

Al estar la manguera expuesta al medio ambiente, su temperatura será, en la mayoría de las veces, diferente a la del aguardiente dentro del tanque. En otras palabras, si la temperatura del medio ambiente es alta, el aguardiente dentro de la manguera se expandirá, dando como consecuencia un nivel falso.

5°

Los niveles de aguardiente no se purgan durante la hidratación del producto. Si en cualquier momento el nivel es afectado por turbulencia o oleaje dentro del tanque, y el nivel no refleja el verdadero volumen de aguardiente, no se podrá apagar la bomba de agua cuando realmente se necesite.

Como se dijo anteriormente, el error máximo permisible en el grado alcohólico es de 0.5°GL. Como los aguardientes que llegan a la planta para su hidratación fluctúan entre los 74 y 95°GL, y el volumen que descarga una pipa es muy variable, se realizó el siguiente estudio de simulación para

obtener información acerca de cuantos centímetros de altura representan los 0.5°GL que se tienen como error permisible.

Las variables que se tienen son el grado alcohólico al que llega un cargamento y el volumen que se descarga en un tanque. Estas variables fluctúan dentro de los siguientes intervalos:

Grado Alcohólico [°GL]	$74 < x < 95$
Volumen a grado alto [Lt]	$60,000 < y < 132,000$

El programa de simulación fue hecho en TurboPascal y calcula los siguientes parámetros:

- La altura mínima equivalente a un cambio en el aguardiente de 0.5°GL .
- La altura máxima equivalente a un cambio en el aguardiente de 0.5°GL
- El número de observaciones registradas en los intervalos de [0..2], [2..4] y [4..6] centímetros
- El resultado promedio de las observaciones

El programa de simulación es el siguiente:

```

Program Aguardiente;
Uses Crt;
Var
    Prom, Vola65, Vola645, Diferencia, Cm, Min, Max, Volumen, GL: Real;
    Int1, Int2, Int3: Integer;
Begin
    Volumen: = 60000;
    GL: = 74;
    Max: = 0;
    Min: = 1000;
    Int1: = 0;
    Int2: = 0;
    Int3: = 0;
    Repeat
        Repeat
            Vola65: = Volumen * GL / 65;
            Vola645: = Vola65 * 65 / 64.5;
            Diferencia: = Vola645 - Vola65;
            Cm: = 10 * Diferencia / 2827.43;
            Prom: = Prom + Cm;
            If Cm > Max Then Max: = Cm;
            If Cm < Min Then Min: = Cm;
            If Cm < 2 Then Int1: = Int1 + 1;
            If (Cm > 2) And (Cm < 4) Then Int2: = Int2 + 1;
            If (Cm > 4) And (Cm < 6) Then Int3: = Int3 + 1;
            Volumen: = Volumen + 5000;
        Until Volumen > 132000;
    
```

```
GL: =GL + 0.5;
Volumen: = 60000;
Until GL > 95;
WriteLn('Valor mínimo obtenido : ',Min:2:2);
WriteLn('Valor máximo obtenido : ',Max:2:2);
WriteLn('Número de observaciones en el primer intervalo :',Int1);
WriteLn('Número de observaciones en el segundo intervalo :',Int2);
WriteLn('Número de observaciones en el tercer intervalo :',Int3);
WriteLn('Promedio de las observaciones :',Prom/645:2:2);
ReadLn;
End.
```

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Valor mínimo obtenido : 1.87 cm
- Valor máximo obtenido : 5.21 cm
- Número de datos observados en el primer intervalo : 11
- Número de datos observados en el segundo intervalo : 465
- Número de datos observados en el tercer intervalo : 169
- Promedio de las observaciones : 3.39 cm

El resultado más importante de este análisis es el cálculo del promedio, ya que podemos notar que, en promedio, un error en la lectura de la altura del nivel de aguardiente de 3.39 cm dará como resultado un reproceso.

Por medio de la investigación de campo se pudo notar la existencia de vicios en procedimiento de hidratación. Los vicios más significativos que se observaron son los siguientes:

- Los supervisores prefieren realizar ajustes por grado alcohólico alto que por grado alcohólico bajo, esto es por la dificultad de realizar los movimientos. Por esta razón, casi nunca agregan la cantidad de agua necesaria, sino un poco menos. Esto hace que el procedimiento sea muy ineficiente, ya que no se realiza conforme a lo calculado.
- Si se descargan pipas por la noche, las autorizaciones de descarga se realizan al siguiente día, debido a que no hay personal de laboratorios las 24 horas del día. Este hecho no es muy significativo, ya que, como se vió anteriormente, no existen muchos rechazos por pipas que contengan aguardientes contaminados o que no cumplan con las normas de calidad establecidas con anterioridad.

Otros de los problemas que se detectaron se refieren a los cálculos que realizan los supervisores. Estas personas realizan demasiados cálculos para obtener una lectura de la altura del aguardiente dentro del tanque de hidratación. Como estos cálculos son aproximados, en cualquier momento se puede cometer un error que puede causar un reproceso que puede costar más de quinientos nuevos pesos.

El hecho de que las cuentas de hidratación para los reprocesos no son archivadas y no se lleva un control estricto sobre de ellas, crea en los supervisores una conciencia de poca importancia por los reprocesos, ya que

el departamento de Elaboraciones no se da cuenta del número de reprocesos que se realizan. Actualmente, la única función de estas cuentas de hidratación es la de comunicar al supervisor encargado que existe una anomalía en el producto. Una vez notificado el supervisor, se deshecha la comunicación.

Otro de los problemas que se observaron, fue que las etiquetas que se utilizan para identificar las muestras de aguardiente son muy pequeñas, y en ocasiones el texto que se anota se vuelve ilegible, ya que el escurrimiento de aguardiente hace que la tinta se corra y no se pueda leer lo que está escrito. Todo esto aunado a que es difícil escribir sobre la superficie curva de una botella.

Las autorizaciones por vía telefónica no son muy confiables, ya que el personal, tanto de laboratorios como de elaboraciones, se puede confundir, dando como consecuencia uno o varios reprocesos adicionales. Esta posibilidad de confusión se aumenta cuando se comunican los resultados de muchos análisis con el mismo telefonema.

Los documentos de control del almacén repiten mucha información, haciéndolos ineficientes, lo que se observa en la cantidad de documentos que se generan para la hidratación de un cargamento de aguardientes.

Se puede notar fácilmente que los cuellos de botella en todo el procedimiento analizado son los transportes de muestras y documentos de la bodega 3 al laboratorio. El tiempo promedio de estos transportes es de aproximadamente 22 minutos por viaje, mientras que los análisis que se

realizan a las muestras duran en promedio aproximadamente 9 minutos. Esto es, para un análisis que dura 9 minutos, se realiza un transporte que dura más del doble de tiempo.

Las gráficas de GANTT que se muestran a continuación, ilustran el hecho descrito. Se puede notar en las tres gráficas que, descontando las acciones de descarga y agregar agua, los transportes son las acciones que toman mayor tiempo y son, por consiguiente, de las que depende la ruta crítica del proceso.

Por medio del análisis de ruta crítica y del estudio de tiempos, se obtienen los siguientes resultados:

Tiempo de proceso de un ajuste	80.53 minutos
Número promedio de ajustes por hidratación	2.16
Tiempo de proceso normal	200.80 minutos
Tiempo de proceso por ajustes	174.20 minutos

Se puede calcular, por lo tanto, que 46.45% del tiempo total de proceso para una hidratación se utiliza para realizar ajustes al producto.

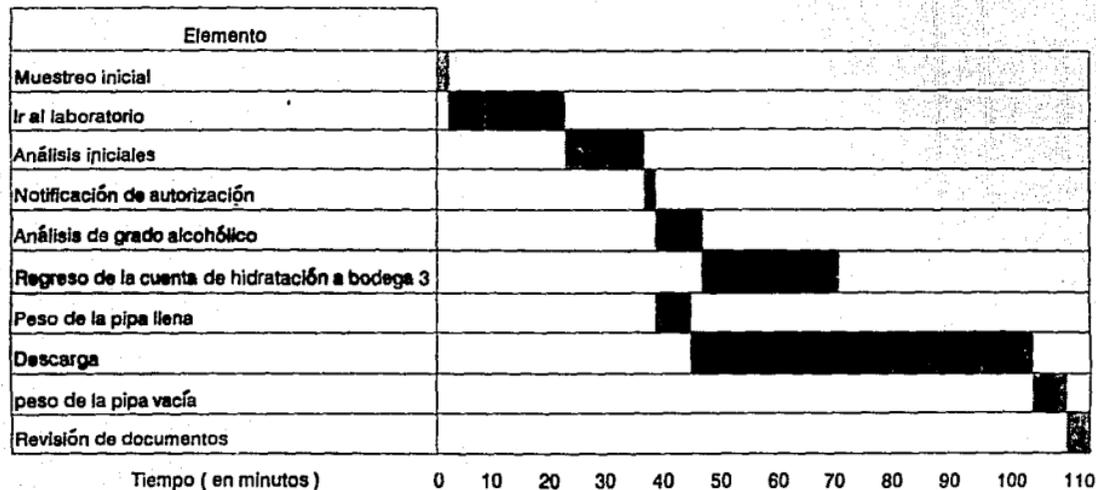
De forma similar, se puede calcular el porcentaje de tiempo que se utiliza para transportar muestras de aguardiente de bodega 3 al laboratorio, teniendo los siguientes datos:

<b>Tiempo acumulado de transporte de muestras</b>	<b>137.14 min</b>
<b>Tiempo total del proceso</b>	<b>375.00 min</b>
<b>% del tiempo total necesario para transportes</b>	<b>36.57 %</b>

El tiempo acumulado por transporte de muestras se calculó sumando los tiempos de proceso de los transportes que se encuentran únicamente sobre la ruta crítica. Los demás transportes no se tomaron en cuenta. También cabe aclarar que los tiempos de proceso de los transportes que se realizan durante los reprocesos, deben multiplicarse por 2.16, que es el número promedio de reprocesos que se realizan por hidratación.

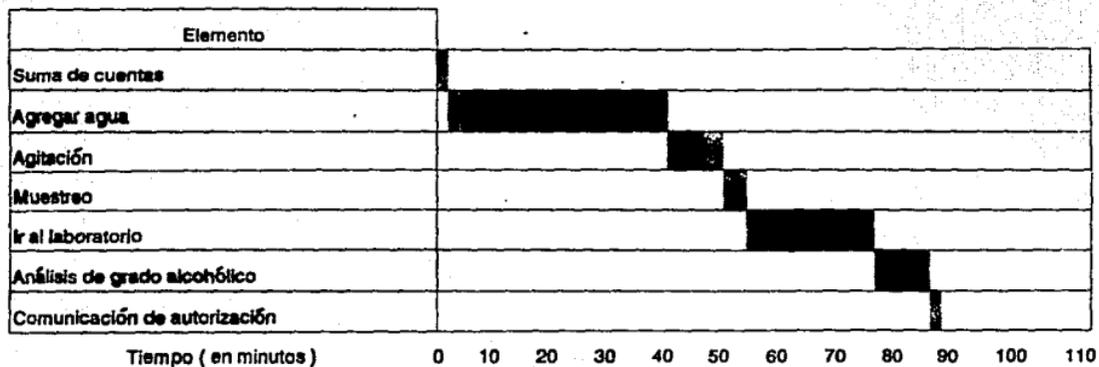
# Proceso de Descarga de Pipas

Gráfica de GANTT



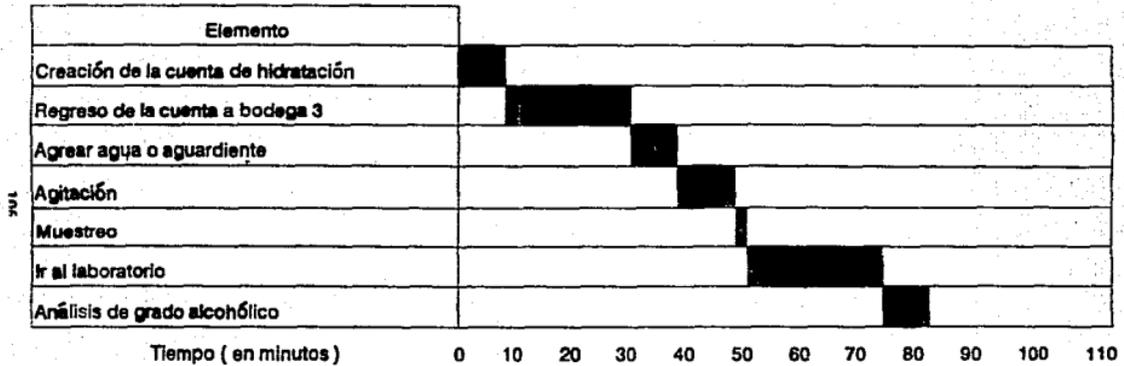
# Hidratación de Producto en Tanque

Gráfica de GANTT



# Reprocesos

Gráfica de GANTT



## **Capítulo 5 : Diseño del sistema de hidratación**

### **5.1.- Evaluación de las alternativas de mejora**

Por medio de la investigación de campo se han detectado los siguientes problemas que crean la necesidad de realizar ajustes en el procedimiento:

- Las lecturas del nivel de aguardiente dentro de los tanques de almacenamiento no son exactas, y las mediciones que se realizan actualmente se ven afectadas tanto por las condiciones del medio ambiente, como por la perspectiva que se tiene desde el lugar en donde se mide la altura. Influyen también las condiciones en las que está construido el nivel del tanque, además de las características físicas del producto.

- Los supervisores tienen que realizar muchos cálculos para realizar una hidratación. Aunque estos cálculos no son muy complicados, la escasa preparación de los supervisores y el gran número de veces que hay que realizar estos cálculos, contribuyen a la aparición de errores que traen como consecuencia la realización de varios ajustes innecesarios.

A su vez, existen varios problemas que hacen que el proceso de hidratación de aguardientes sea muy lento y poco eficiente. Estos problemas son los siguientes:

- Existen demasiados transportes entre la bodega 3 y el laboratorio, que consumen demasiado tiempo y hacen que una persona esté dedicada únicamente a ellos.

- Los controles administrativos del almacén no están bien diseñados, ya que repiten información.

- El hecho de que los supervisores necesiten realizar un cálculo para ubicar el tanque, hace que el proceso sea lento y susceptible de tener errores.

Para resolver estos problemas, se necesita analizar varias alternativas que involucran tener que cambiar el método actual tanto en lo administrativo como en lo operativo. A continuación se analizarán estas alternativas.

Para solucionar el problema de la medición de la altura en los tanques de almacenamiento, se necesita que se controlen, tanto los efectos del medio ambiente, como la subjetividad en la lectura por parte de los supervisores. Para ello, se considera conveniente cambiar el método actual de lectura a uno digital.

Al respecto, se consultó a varios proveedores. Las características que se buscaron fueron las siguientes:

- Bajo costo de adquisición
- Máxima exactitud
- Mínimo mantenimiento y a bajo costo
- Largo tiempo de vida
- Garantía
- A prueba de intemperie
- Alto soporte de la compañía proveedora
- Baja alimentación eléctrica
- Equipos a prueba de explosión ( NEMA 7 )

Existen tres tipos de sistemas que podrían considerarse para obtener lecturas confiables en los tanques. El primer equipo consta de 6 transmisores de nivel para exteriores, un gabinete metálico, un indicador digital y un conmutador de señal. Este equipo está diseñado para medir columnas hidrostáticas de líquidos que no tengan cambios de densidad, pero se podría utilizar si el cambio de densidades del aguardiente no afecta mucho a la lectura. Para operar este equipo, se deberá instalar un transmisor de nivel en cada uno de los tanques de almacenamiento. Los 6 transmisores se conectarán al gabinete y por medio del conmutador manual se podrá obtener la lectura de un tanque en especial.

Para instalar este equipo, se necesitará fijar los transmisores de nivel a la válvula de paso que se encuentra en la parte frontal inferior del tanque, desechando la manguera plástica. Esto se realiza mediante un cople de cuerda recta.

Los transmisores de nivel que se sugieren se basan en la medida de presión producida por la columna manométrica de un líquido con una densidad conocida. Dado que la presión se transmite uniformemente en todas direcciones, es factible utilizar un captador de presión en un líquido para medir la altura que hay desde su posición hasta el nivel superior del tanque.

Conociendo la densidad del líquido se puede calcular el nivel existente desarrollando la ecuación

$$\text{Altura} = \text{Presión} / \text{Peso Específico}$$

Estos transmisores de nivel se utilizan para convertir y transmitir una señal proveniente de un sensor de presión, en una variación de corriente de 4 a 20 mA, sin necesidad de disponer de una fuente de alimentación en campo. Están constituidos a partir de un captador de presión con una membrana inoxidable de gran sensibilidad, unido a un circuito de conversión a 4/20 mA.

Las características técnicas de estos transmisores son las siguientes:

- Sistema de membrana con transmisión por aceite silicona según normas sanitarias
- Conexión a proceso : Rosca de 1" GAS
- Superficie con recubrimiento de teflón
- Caja de fundición de aluminio esmaltado
- Tensión de alimentación : entre 15 y 30 Vcc

- Precisión global : 0.3%
- Histéresis :  $\pm 0.15\%$
- Temperatura de trabajo : -20°C a 70°C
- Niveles Cero y Spann ajustables en un 0.10%
- Salida : 4/20 mA
- Peso : 0.615 Kg
- Caja de fundición de aluminio esmaltado

El conmutador que se sugiere pertenece a una familia de conmutadores manuales que permite la centralización de seis señales idénticas. Los materiales utilizados para la construcción de este conmutador son los siguientes:

- Conmutador de contactos plateados
- Bornes de alta calidad
- Circuitos impresos con pistas de 35 micrómetros de grueso, que permiten reducir la resistencia entre entrada y salida del circuito a 50 miliohms.

Las características de este conmutador son las siguientes:

- 6 posiciones seleccionables y ampliables
- Doble circuito independiente
- Conmutación por doble circuito frontal sin topes
- Conexión por bornes desenchufables
- Resistencia de contacto entre entrada y salida de 50 miliohms
- Resistencia de contacto : 20 miliohms

El indicador digital sugerido es un aparato diseñado principalmente para ser conectado a lazos de corriente de 4/20 mA, señales de uso común en la industria, permitiendo configurar cualquier indicación de  $\pm 1999$  puntos mediante la combinación de presillas accesibles desde el exterior del aparato. Las características técnicas de este indicador son las siguientes:

- Entrada : 4/20 mA
- Indicación : Configurable entre  $\pm 1999$  puntos
- Salida de alimentación auxiliar : 24 Vcc
- Precisión : 0.3%
- Estabilidad :  $>0.1\%$
- Temperatura ambiente máxima : 50°C
- Temperatura de almacenaje : -20°C / 70°C
- Alimentación : 110 V, 50 Hz
- Consumo : 3VA

El costo total de este equipo es de N\$ 48,738.75.

El segundo equipo que puede servir para obtener las mediciones que se requieren, también se basa en el principio de medición por columna hidrostática, pero realiza correcciones de densidad basándose en diferencia de presiones y en temperatura. Este equipo permite obtener mediciones de nivel, volumen, masa, densidad y temperatura en un momento determinado. Esto es posible, ya que el sistema utiliza transmisores de presión y temperatura de alta precisión y unidades de procesamiento que hacen los

cálculos necesarios y posibilitan, a través de la comunicación digital, el envío de estos datos a un ordenador general. En la figura # 8 se puede observar un tanque cilíndrico; semejante a los tanques "K", equipado con este sistema de medición.

El transmisor PT3 mide la presión principal; el PT2 la presión de referencia para realizar el cálculo de densidad; el transmisor PT1, en lo alto del tanque, es usado solamente cuando el tanque está presurizado. Entre los transmisores PT3 y PT2 se instala un transmisor de temperatura TT1, que provee del dato para convertir el volumen y densidad a la temperatura del fluido. Como el proceso de hidratación de aguardientes no requiere de tanques presurizados, el transmisor PT1 no se instalará.

Todas las lecturas son transmisibles digitalmente hacia la unidad de procesamiento donde están almacenadas las tablas o ecuación del perfil del tanque en el programa del sistema. Estas unidades hacen todos los cálculos y conversiones necesarias.

La lectura de la masa es obtenida mediante la multiplicación de la presión efectiva del líquido, por el área transversal del tanque. Simplificadamente se tendrá:

$$M \text{ [masa]} = (P3 - P1) * \text{Área Transversal}$$

El sistema también calcula, en tiempo real, la densidad del producto almacenado por medio de la relación:

## Equipo Número 2

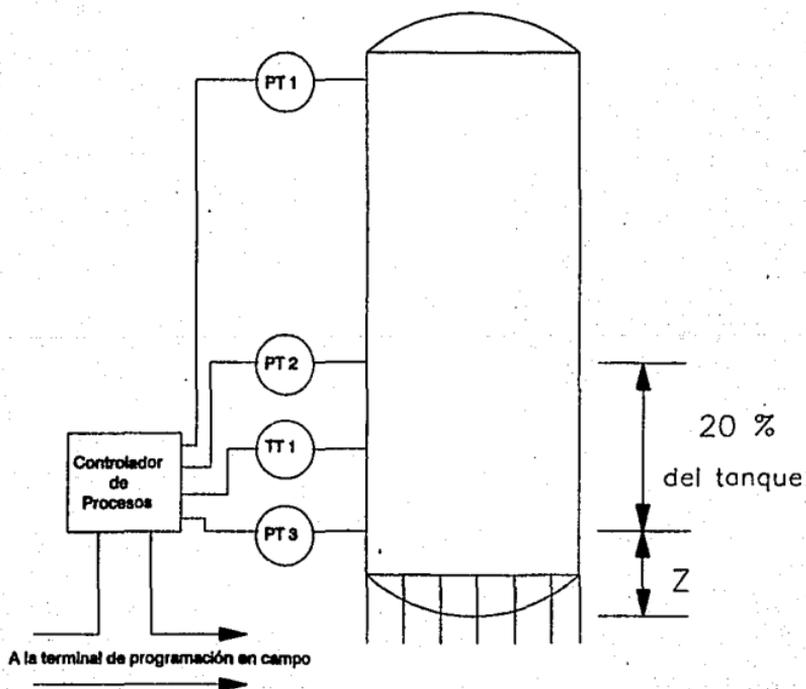


Figura # 8 ( Equipo número dos )

$$D \text{ (densidad)} = (P3 - P1) / H$$

siendo H la distancia entre los dos transmisores PT2 y PT3.

La conversión de la densidad a la temperatura del fluido, puede ser calculada, también en tiempo real, a través de la lectura de temperatura entre PT2 y PT3, más las tablas y ecuaciones apropiadas que están almacenadas en la memoria del procesador.

Por el mismo medio puede obtenerse también el volumen convertido para esa misma temperatura del fluido, una vez que el volumen ha sido corregido a través de una transacción del aforo del tanque que quedará grabada en una tabla de la memoria del procesador.

Para la lectura de nivel real del tanque, se utilizará la presión efectiva, y se dividirá por la densidad calculada previamente:

$$L \text{ (nivel)} = ((P3 - P1) / D) + Z$$

siendo Z la distancia hasta el fondo del tanque ( ver figura # 8, página 114 ).

Los medidores de presión sugeridos por el proveedor tienen las siguientes características técnicas:

- Señal de salida : 4 / 20 mA, 2 hilos
- Tensión de alimentación : 12 a 24 V
- Indicador digital de 4 dígitos LCD
- Precisión : 0.05% a 0.1%
- Control : PID Antireset
- Conexión a proceso : brida de 3 pulgadas de diámetro
- Caja NEMA 7 (a prueba de explosión)

El elemento de medición de temperatura sugerido es un instrumento que convierte la temperatura en una señal digital. El rango de temperaturas que puede medir va desde los  $-10^{\circ}\text{C}$  hasta los  $100^{\circ}\text{C}$ . Su conexión a proceso se realiza mediante una rosca de una pulgada de diámetro y su longitud de inserción en el tanque es de 4 pulgadas. La entrada es a 5 V y su salida a 4 / 20 mA a 2 hilos. Su clasificación es NEMA 7.

El controlador de procesos es un instrumento que controla los datos que se obtienen en 2 tanques de almacenamiento. Los controladores tienen 8 entradas, 8 salidas analógicas, 4 entradas y 8 salidas lógicas. Es en estos controladores en donde se almacenará toda la información referente al aforo de los tanques, las tablas y las ecuaciones correspondientes.

Los datos de los controladores de procesos se totalizarán y se almacenarán en una terminal de programación en campo, donde se podrán llevar estadísticas y un control global del comportamiento de los tanques. En este dispositivo se podrán programar las alarmas pertinentes.

La fuente de alimentación será a 24 V, corriente continua, a 2 A, su entrada a 115 V, corriente alterna, y su clasificación será NEMA 1 ( usos generales ).

El precio de todo el sistema para el área de los tanques "K" asciende a N\$ 153,368.00, e incluye su instalación y programación.

El tercer equipo que se podría utilizar para la obtención de lecturas exactas está formado por medidores de flujo magnéticos instalados tanto en las acometidas de carga y descarga de aguardiente como en las acometidas de entrada de agua de los tanques. De esta manera se necesitarían 2 medidores de flujo magnético por cada tanque de almacenamiento. Los medidores necesitan ser de una exactitud mínima de 0.5 % y tener 2 pulgadas de diámetro.

El principio de operación de estos medidores de flujo se basa en la ley de Faraday de inducción electromagnética. El fluido que pasa entre los medidores magnéticos se convierte en un conductor. Al fluir por el campo magnético creado por los electroimanes del medidor, un voltaje eléctrico es inducido en el líquido. Este voltaje es directamente proporcional a la velocidad del flujo.

Este voltaje inducido es perpendicular al líquido conductor y al campo magnético creado por las bobinas del medidor y es registrado por los electrodos para transmitirlo a un convertidor.

La densidad de flujo del campo magnético y la distancia entre los electrodos en un medidor dado, son siempre constantes, por lo tanto, el voltaje inducido está únicamente en función de la velocidad del fluido, y no es afectado por la temperatura, la viscosidad o la conductividad del líquido. El flujo volumétrico se calcula de la siguiente manera:

$$Q_v = ( D^2 * \pi * V ) / 4$$

En donde,

- Q<sub>v</sub> : Flujo volumétrico
- D : Diámetro de paso
- V : Velocidad del fluido

Como se puede observar, el flujo volumétrico depende únicamente de la velocidad del fluido, ya que el diámetro de paso siempre será constante.

El medidor sugerido para este proceso tiene las siguientes características técnicas:

- Exactitud : 0.25 %
- Recubrimientos internos de teflón
- Electrodo tipo plano
- Temperatura de operación : menor a los 130°C
- Montaje en Tri-Clamp
- Clasificación : NEMA 7
- Diámetro de paso : 2 pulgadas

El medidor viene acompañado de un indicador digital de 2 líneas de 16 dígitos cada una, donde se pueden desplegar tanto el flujo instantáneo como el flujo acumulado.

Se necesitarán 12 medidores de flujo para los 6 tanques de almacenamiento que se tienen en operación. Los medidores se instalarán en la tubería por medio de las conexiones Tri-Clamp y los indicadores digitales pueden ser instalados en la oficina de los supervisores.

El precio de cada uno de los medidores de flujo magnético es de N\$ 9,378.00.

Debido a que la densidad del aguardiente cambia dependiendo de su grado alcohólico, se realizó el siguiente estudio para verificar si la exactitud del primer equipo, aunada al cambio de densidades, es la aceptable para este proceso. En los equipos 2 y 3 el cambio de densidades no afecta las lecturas.

Se tienen los siguientes datos:

Exactitud del transmisor de nivel :	0.3 %
Densidad del aguardiente a 96.1°GL :	0.80595 Kg/Lt
Densidad del aguardiente a 64.5°GL :	0.89880 Kg/Lt
Diferencia de densidades :	0.09285 Kg/Lt
Error correspondiente al cambio de densidades :	10.33 %

**Error Acumulado : 10.63 %**

**Altura correspondiente al error acumulado : 77.71 cm**

**Altura promedio correspondiente a 0.5°GL : 3.39 cm**

Como se puede ver en los cálculos anteriores, el primer equipo no puede servir para medir el nivel de los tanques, por lo tanto, esta opción queda desechada.

A continuación se realizará un estudio de los dos equipos restantes para decidir qué equipo se comprará. Para poder ver claramente las características de cada equipo, se elaboró el siguiente cuadro comparativo.

## Cuadro comparativo para los dos equipos propuestos

Acción	Equipo 2	Equipo 3
Costo total	N\$ 153,388.00	N\$ 112,536.00
Mantenimiento	Cada año se verifican los transmisores y los medidores de temperatura. Este mantenimiento lo realiza la empresa proveedora.	Cada 2 años se realiza una calibración de los medidores. Este mantenimiento lo realiza el proveedor.
Exactitud	0.10%	0.25%
Vida esperada	20 años	30 años
Posibilidades de crecimiento	El sistema puede llegar a formar parte de una red de control para llevar estadísticas y controles de merma e inventarios.	Puede formar parte de una red automatizada tanto para controlar como para calcular mermas e inventarios.
Disponibilidad de alarmas	2 alarmas por tanque	Ninguna
Información que se obtiene	Altura de nivel Densidad Masa Volumen en tanque Temperatura del líquido	Volumen del líquido Flujo instantáneo

Acción	Equipo 2	Equipo 3
Instalación	Se necesitara sacar de operación los tanques para poder realizar la instalación, la cual consistirá en abrir 2 entradas por tanque para acoplar los medidores de presión y temperatura.	La instalación se realiza por medio de montajes Tri-Clamp. No se necesitará sacar de operación los tanques.
Suministro eléctrico	Cada medidor necesita 5 Vcc y la terminal en campo necesitará 115 Vac.	El indicador digital necesita 115 Vca y el medidor de flujo 5 Vcc.
Garantía	6 meses	8 meses
Lectura	Digital	Digital
Temperatura de operación	De -10 hasta 100 ° C	Hasta los 130 ° C
Apoyo del proveedor	El proveedor es una compañía española que tiene su filial en México. Ya se ha trabajado con esta compañía y se sabe que se tendrá todo el apoyo que se necesite.	El proveedor es una compañía inglesa que es líder del mercado de los de flujo magnéticos. Se tienen buenas referencias, pero nunca se ha trabajado con esta compañía.
Gastos adicionales a la compra del equipo	Capacitación para los supervisores en la operación de los tableros.	Ninguno
Desarrollo anterior a la puesta en marcha del equipo	Aforar tanques Realización de ecuaciones y tablas para la cubrición de los tanques	Ninguna
A prueba de intemperie	Si	Si
Clasificación	Medidor de presión : NEMA 7 Medidor de temperatura : NEMA 7 Fuente de alimentación : NEMA 1	NEMA 7

Cómo se puede ver en esta tabla comparativa, los dos equipos que se pueden instalar tienen sus ventajas y sus desventajas, pero la principal ventaja que se aprecia en el equipo número 2 es la cantidad de información que podría manejar. Este equipo puede dar 5 variables de estado del aguardiente, que simplificarían mucho el proceso de hidratación de los aguardientes, además de tener la posibilidad de controlar estadísticamente el desarrollo del procedimiento. La posibilidad de programar alarmas es también muy importante, ya que se podrían controlar los procesos evitando los errores humanos.

La ventaja más importante que tiene el segundo equipo sobre el tercero es la de su posibilidad de crecimiento. El equipo 2, ya en sí, tiene una gran capacidad de almacenamiento de datos históricos, y puede formar parte de un sistema global para automatizar todo el procedimiento mientras que el equipo 3 consta únicamente de una señal digital que necesita de un desarrollo más extenso para poder llegar a la automatización.

Las únicas desventajas de este equipo son que se necesitaría sacar de operación los tanques de almacenamiento para poder realizar su instalación y que el desarrollo anterior a la puesta en marcha del sistema es muy laborioso, ya que se tendrían que aforar cada uno de los tanques y crear ecuaciones y/o tablas de cubicación de tanques para programar el equipo.

Aún teniendo esto en cuenta, y sabiendo que este equipo es más caro que el equipo 3, se sugiere la adquisición de el equipo 2 para ser instalado en el área de los tanques "K".

En relación a los otros problemas que se observaron en el procedimiento de hidratación, es necesario solucionar el problema de llevar muestras de aguardiente en pipa a laboratorio para obtener autorizaciones de descarga. Como se vió en el estudio del capítulo 3, un bajísimo porcentaje de las pipas que llegan a la planta son rechazadas para su descarga. Por lo anterior, se puede omitir la autorización de descarga de aguardiente, con la precaución de realizar un muestreo del aguardiente de cada pipa para luego mandarlo, en un horario que posteriormente se establecerá, al laboratorio, para que ahí se realicen los análisis necesarios y no se pierda el control de la calidad del producto.

Otro problema que se debe atacar es el de la gran cantidad de transportes que se realizan entre la bodega 3 y el laboratorio. Para solucionar este problema, se sugiere cambiar el lugar de la realización de los chequeos de grado alcohólico del laboratorio a la oficina de los supervisores en la bodega 3.

Se tendrán que adquirir, para ello, un juego de alcoholímetros, un termómetro y las diferentes tablas de conversión necesarias para obtener un registro de grado alcohólico real. También se tendrá que capacitar a los supervisores para que puedan realizar esta clase de mediciones. Esta capacitación podrá ser impartida por personal del departamento de Control de Calidad.

Este chequeo de grado alcohólico se realizará con el fin de disminuir el número de viajes al laboratorio, pero no se puede permitir que la responsabilidad de controlar la calidad del producto recaiga íntegramente en

el departamento de Elaboraciones, y en especial en los supervisores. Se ha optado por establecer un horario para llevar al laboratorio todas las muestras de aguardiente hidratado y las del aguardiente de cada pipa. Este transporte de muestras se realizará a las 3:00 PM por cualquiera de los supervisores.

Una vez eliminada la verificación de grado alcohólico del laboratorio, no será ya necesario tener a una persona transportando las muestras. Se sugiere reubicar a esta persona en la zona de bodegas.

Otra medida que se sugiere, es la de cambiar las etiquetas que se pegan en todas las muestras. Las nuevas etiquetas serán más grandes y los supervisores escribirán en ellas antes de pegarlas en las botellas, que se deberán haber llenado previamente de producto.

## 5.2.- Descripción del método propuesto

Una vez instalado y programado el equipo propuesto en todos los tanques de recepción de aguardientes, el proceso de hidratación de aguardientes se realizará de la siguiente manera:

Cuando llegue la pipa a las instalaciones de la bodega 3, uno de los supervisores indicará al chofer de la pipa que estacione la unidad en el área de descarga. Acto seguido, el supervisor se encargará de realizar un muestreo del aguardiente que contiene el carro cisterna. La muestra deberá

ser, igual que anteriormente, de un litro de aguardiente, la botella deberá taparse herméticamente con un corcho e identificarse con las nuevas etiquetas, en las que aparecerán los siguientes datos:

- Número de la pipa de la que proviene la muestra
- Fecha y hora de extracción de la muestra
- Factura del aguardiente
- Clase del aguardiente

A continuación, el supervisor acoplará una de las bombas de descarga de pipas al carro cisterna en cuestión para descargar el contenido en un tanque previamente designado.

La muestra de aguardiente deberá llevarse a la oficina para que el supervisor realice la verificación de grado alcohólico. Los resultados se anotarán en el control de hidrataciones, documento cuyo formato aparece en la figura # 9 ( página 127 ). Como se podrá apreciar, el control de hidrataciones resume toda la información de una hidratación. En este documento se llevará el control de las descargas, la hidratación, los ajustes y el almacenamiento del aguardiente.

### Control de Hidrataciones

Tanque :				Fecha de hidratación :		
Clase :				Fecha de hidratación :		
Fecha de Recepción	Pipa	Factura	°GL	Densidad	Volumen Descargado	Volumen final a 65 ° GL
Totales						

°GL de la 1ª hidratación	Volumen final después de la 1ª hidratación

Ajuste	Volumen final del ajuste	°GL	Observaciones
1			
2			
3			

Fecha	Bodega	Pierna	Barricas		
				Volumen final	
				°GL	
				Real	
				Barricas Teóricas	
				Realizó	
Total					

Observaciones Generales

Figura # 9 ( Formato del control de hidrataciones propuesto )

En ese momento se deberán registrar los siguientes datos:

- Tanque de descarga
- Clase del aguardiente
- Fecha de descarga
- Número de pipa
- Número de factura
- Grado alcohólico del producto
- Densidad del aguardiente

Una vez realizado el análisis de grado alcohólico, el aguardiente utilizado se vuelve a introducir en la botella muestral. Esta botella se tapaná herméticamente y se almacenará en un lugar fresco para ser llevada a las 3:00 PM al laboratorio.

El supervisor deberá esperar a que la pipa haya quedado completamente vacía, desacoplará las mangueras de la pipa y volverá a la oficina, en donde se encuentran las pantallas digitales de cada tanque. En la oficina llenará el nuevo documento de pesado, cuyo formato se muestra en la figura # 10 ( ver página 129 ). En este documento llenará los espacios de fecha de recepción, clase, pipa, °GL y tractor. Igualmente anotará la lectura de masa que se despliegue en la pantalla digital en el espacio correspondiente al peso neto descargado. Por último firmará este documento.

La lectura de volumen en tanque se deberá registrar en el control de hidrataciones bajo el rubro de volumen descargado.

## Documento de pesado

<b>Fecha de recepción</b>	
<b>Clase</b>	
<b>Pipa</b>	
<b>° GL</b>	
<b>Tractor</b>	
<b>Peso neto descargado</b>	
<b>Realizó</b>	

**Figura # 10 ( Formato del documento de pesado propuesto )**

En caso de que la pipa que se haya vaciado no haya sido la primera en descargarse en el tanque, se deberá realizar la siguiente operación para hacer la medición de masa y volumen en tanque:

$$M_d = M_f - M_i$$

$$V_p = V_f - V_i$$

En donde,

**M<sub>d</sub>** : Peso neto descargado

**M<sub>f</sub>** : Lectura de masa después de que la pipa haya sido descargada

**M<sub>i</sub>** : Lectura de masa antes de que la pipa haya sido descargada

**V<sub>p</sub>** : Volumen descargado por la pipa en cuestión

**V<sub>f</sub>** : Lectura de volumen ya que la pipa haya sido descargada

**V<sub>i</sub>** : Lectura de volumen antes de que la pipa haya sido descargada

Una vez que se hayan descargado 3 o 4 pipas, según el volumen de éstas, se procederá a calcular el volumen de aguardiente que se tendrá para obtener un grado alcohólico de 65°GL. Estos cálculos se deberán realizar para cada uno de los descargues de la siguiente manera:

$$V_f = (V_i * GL / 65)$$

En donde,

**V<sub>f</sub>** : Volumen de aguardiente a 65°GL

**V<sub>i</sub>** : Volumen de aguardiente a alto grado

**GL** : Grado alcohólico del aguardiente recibido

Estos datos deberán registrarse en el control de hidrataciones en los espacios correspondientes.

Posteriormente se deberán sumar todos los rubros del aguardiente a alto grado y a 65°GL, anotar el dato en el control de hidrataciones y programar la alarma de alto nivel del tanque al volumen deseado. Una vez hecho esto, se deberá abrir la válvula de paso de agua desmineralizada y encender la bomba.

Cuando el sistema detecte que el volumen ha llegado al nivel especificado por la alarma, ésta empezará a sonar. El supervisor deberá entonces apagar la bomba de agua del tanque en cuestión y cerrar la válvula de paso. Acto seguido deberá empezar a bombear aire durante diez minutos. A continuación, el supervisor deberá registrar en el control de hidrataciones el volumen final del tanque después de la primera hidratación. Una vez terminada la agitación del producto, deberá subir a la parte superior del tanque y tomar una muestra el producto. De nuevo tendrá que identificar perfectamente bien la muestra mediante las etiquetas ya mencionadas y deberá efectuar el análisis de grado alcohólico.

Si el análisis de grado alcohólico es satisfactorio, deberá llenar los datos de volumen final en el tanque, grado alcohólico después de la primera hidratación, grado alcohólico final, realizar el cálculo de barricas teóricas y firmar el documento. Si el grado alcohólico del aguardiente no se encuentra dentro del rango de tolerancia, se deberá anotar el dato del grado alcohólico después de la primera hidratación, y se procederá, por lo tanto, a realizar un ajuste, tomando las lecturas de volumen en tanque y grado

alcohólico del producto, ya que se haya realizado el ajuste. Los ajustes se administrarán con el mismo control de hidrataciones.

Una vez que el producto tenga un grado alcohólico aceptable, deberá pasarse a las bodegas de añejamiento. El registro del lugar a donde va a embarricarse también se lleva en el mismo control de hidrataciones.

En el caso de que el aguardiente de una pipa sea rechazado por el departamento de Control de Calidad, se sabrá exactamente en qué tanque, o en su defecto en qué bodega está ese aguardiente.

## **Capítulo 6: Resultados de la implantación**

A continuación se analizarán los resultados que se obtuvieron de la implantación del sistema de hidratación de aguardientes que se diseñó en esta tesis. Para realizar este análisis se describirá, en un principio, el desarrollo previo a la implantación que se tuvo que hacer. Se analizarán la capacitación del personal y la instalación del equipo adquirido para determinar el costo total de implantación. Posteriormente se realizará un estudio de los reprocesos observados una vez que el nuevo sistema esté funcionando. Por último se realizará un estudio financiero para determinar los beneficios económicos que se obtuvieron gracias a la implantación del sistema propuesto.

### **6.1.- Desarrollo anterior a la implantación del sistema**

En lo que respecta a la capacitación del personal de trabajo, ésta se realizó en dos fases. La primera por conducto del departamento de Control de Calidad, y la segunda, por conducto de la compañía que le vendió el equipo a la empresa.

La primera etapa de capacitación duró cuatro semanas. En esta etapa, se capacitó primero a uno de los supervisores durante dos semanas, y posteriormente al otro durante el mismo tiempo. Las sesiones de

capacitación tenían lugar en las oficinas del departamento de Control de Calidad y eran impartidas por uno de los laboratoristas con mayor conocimiento del proceso. Durante esta capacitación, se les enseñó a los supervisores a obtener las lecturas necesarias, del termómetro y del alcohómetro, para realizar las interpolaciones en las tablas de densidad y grado alcohólico real.

La razón primordial para establecer una capacitación con un calendario como el descrito anteriormente, es que se quiso dar una capacitación sin que el supervisor perdiera mucho tiempo para que pudiera realizar sus tareas diarias. Esto dió como resultado un costo nulo en la primera fase de capacitación, ya que ésta fue impartida dentro de la empresa y el supervisor no invirtió mucho tiempo cada día para recibir este entrenamiento.

La segunda fase de capacitación se llevó a cabo en las instalaciones de la bodega 3 y fue impartida por personal capacitado proporcionado por la compañía a la que se le compró el equipo.

La capacitación duró 1 semana y se realizó de tal manera que el personal de la compañía proveedora realizó las primeras hidrataciones, enseñando a los supervisores cómo se debían obtener las lecturas y cómo programar las alarmas de alto y bajo nivel. Al cabo de esa semana de capacitación, los supervisores quedaron completamente familiarizados con el equipo y su funcionamiento.

El costo de esta capacitación también fue nulo, ya que durante el tiempo que duró la capacitación no se dejó de hidratar aguardiente.

La instalación del equipo duró 7 días, de los cuales 5 fueron días hábiles. Durante este tiempo los seis tanques de hidratación fueron puestos fuera de servicio. Este hecho representó un costo relativamente alto, ya que una vez que se pusieron en servicio los tanques, se tuvo la necesidad de trabajar horas extra para poder descargar los carros cisterna que esperaban en el estacionamiento. En total, se pagaron 55 horas extra a los supervisores durante el mes posterior a la instalación del sistema.

Dado que el salario por hora de cada supervisor es de N\$ 3.49, el tiempo extra pagado sumó N\$ 383.90.

## 6.2.- Análisis de los reprocesos observados

A continuación se realizará un estudio del número de reprocesos observados posteriores a la instalación del equipo y se analizarán las causas de éstos.

Teniendo como promedio un grado alcohólico recibido de 93°GL y un volumen promedio descargado en cada tanque de 90,000 litros de aguardiente a alto grado, obtenemos los siguientes resultados:

Mes	Número de hidrataciones	Número de reprocesos	Porcentaje de ineficiencia
1º Mes	93	21	22.58%
2º Mes	71	8	11.27%
3º Mes	108	14	12.96%
4º Mes	95	10	10.52%
Totales	367	53	14.44%

Como se puede observar, en el primer mes después de la instalación del equipo se registró un índice de reprocesos del doble con respecto a los meses subsecuentes. Esto fue debido a que los supervisores no estaban muy familiarizados con el nuevo equipo, e hicieron algunas lecturas erróneas de volumen y masa. Como se puede observar, durante los cuatro meses posteriores a la instalación del equipo se realizaron en promedio 14.16% de ajustes con respecto al número de hidrataciones realizadas. Esta reducción equivale a un 93.45 % en el índice de reprocesos observados.

Los índices de reprocesos observados en los meses 2, 3 y 4 son muy similares entre sí. Por este hecho, se prevé que en un futuro el índice de reprocesos se comportará alrededor del 11.58%, que es el promedio observado durante estos tres meses. Este índice de reprocesos se traduce en una reducción del 94.46% con respecto al índice observado con el proceso anteriormente usado.

### 6.3.- Estudio financiero

Las mejoras propuestas para el proceso de hidratación de aguardientes implican gastos tanto de compra de equipo e instalación, como de implantación del sistema. A continuación se presenta un estudio financiero que incluye estas erogaciones y los ahorros que se obtuvieron de la implantación. Estos ahorros se calcularon tomando como base el promedio de 2.1632 reprocesos por hidratación, dato que se analizó en el capítulo 1 ( ver página 36 ).

La siguiente tabla muestra las erogaciones, los ahorros y los beneficios que se obtuvieron durante el período previo a la instalación del equipo, su instalación y su puesta en marcha.

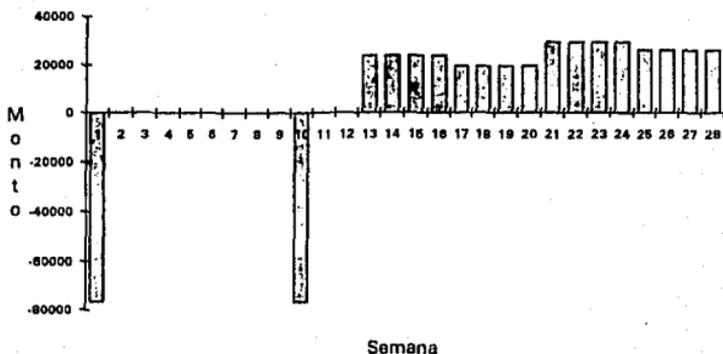
Semana	Acción	Erogación	Ahorro	Beneficio
1	Anticipo 50% del equipo	N\$ 76,684.00	N\$ 0.00	- N\$ 76,684.00
2		N\$ 0.00	N\$ 0.00	N\$ 0.00
3		N\$ 0.00	N\$ 0.00	N\$ 0.00
4		N\$ 0.00	N\$ 0.00	N\$ 0.00
5		N\$ 0.00	N\$ 0.00	N\$ 0.00
6		N\$ 0.00	N\$ 0.00	N\$ 0.00
7		N\$ 0.00	N\$ 0.00	N\$ 0.00

8	Capacitación fase 1	N\$ 0.00	N\$ 0.00	N\$ 0.00
9	Capacitación fase 1	N\$ 0.00	N\$ 0.00	N\$ 0.00
10	Pago entrega del equipo	N\$ 76,684.00	N\$ 0.00	- N\$ 76,684.00
	Compra de alcoholímetros	N\$ 187.00	N\$ 0.00	- N\$ 187.00
	Compra de termómetro	N\$ 35.00	N\$ 0.00	- N\$ 35.00
	Juego de tablas	N\$ 20.00	N\$ 0.00	- N\$ 20.00
11	Instalación del equipo	N\$ 0.00	N\$ 0.00	N\$ 0.00
12	Capacitación fase 2	N\$ 0.00	N\$ 0.00	N\$ 0.00
13	Operación del equipo	N\$ 95.98	N\$ 24,129.38	N\$ 24,033.40
14	Operación del equipo	N\$ 95.98	N\$ 24,129.38	N\$ 24,033.40
15	Operación del equipo	N\$ 95.98	N\$ 24,129.38	N\$ 24,033.40
16	Operación del equipo	N\$ 95.98	N\$ 24,129.38	N\$ 24,033.40
17	Operación del equipo	N\$ 0.00	N\$ 19,497.04	N\$ 19,497.04

18	Operación del equipo	N\$ 0.00	N\$ 19,497.04	N\$ 19,497.04
19	Operación del equipo	N\$ 0.00	N\$ 19,497.04	N\$ 19,497.04
20	Operación del equipo	N\$ 0.00	N\$ 19,497.04	N\$ 19,497.04
21	Operación del equipo	N\$ 0.00	N\$ 29,412.26	N\$ 29,412.26
22	Operación del equipo	N\$ 0.00	N\$ 29,412.26	N\$ 29,412.26
23	Operación del equipo	N\$ 0.00	N\$ 29,412.26	N\$ 29,412.26
24	Operación del equipo	N\$ 0.00	N\$ 29,412.26	N\$ 29,412.26
25	Operación del equipo	N\$ 0.00	N\$ 26,181.90	N\$ 26,181.90
26	Operación del equipo	N\$ 0.00	N\$ 26,181.90	N\$ 26,181.90
27	Operación del equipo	N\$ 0.00	N\$ 26,181.90	N\$ 26,181.90
28	Operación del equipo	N\$ 0.00	N\$ 26,181.90	N\$ 26,181.90

A continuación se presenta un gráfica que detalla las erogaciones y los beneficios que se obtuvieron.

### Flujo Monetario



Como se puede observar, los beneficios empiezan a observarse desde que el equipo empieza a operar.

Considerando una inflación del 12% anual ( 0.218% semanal ) se debe calcular la tasa interna de retorno ( TIR ) y el valor presente neto (VPN) de la inversión para los 7 meses posteriores a la primera erogación.

El valor presente neto de la inversión se calculará afectando cada costo y cada beneficio por la inflación y el tiempo que ha pasado desde la primera erogación. Para esto se necesitará la siguiente fórmula:

$$C_{VPN} = C_n * (1 - i)^{-n}$$

Siendo,

$C_{VPN}$  : El costo o beneficio a valor presente neto

$C_n$  : El costo o beneficio en la semana n

i : La tasa de inflación

n : La semana en la que se realizó la erogación o se obtuvo el beneficio

De esta manera, afectando todos los costos y beneficios obtenidos durante los 7 meses ya descritos, y sumando todas estas afectaciones se obtiene la siguiente tabla:

Semana	Beneficio	Valor presente neto
1	- N\$ 76,684.00	- N\$ 76,684.00
10	- N\$ 78,619.00	- N\$ 80,353.62
13	N\$ 24,033.40	N\$ 24,725.02
14	N\$ 24,033.40	N\$ 24,779.03
15	N\$ 24,033.40	N\$ 24,832.76
16	N\$ 24,033.40	N\$ 24,887.01
17	N\$ 19,497.04	N\$ 20,233.98
18	N\$ 19,497.04	N\$ 20,278.18
19	N\$ 19,497.04	N\$ 20,322.45
20	N\$ 19,497.04	N\$ 20,366.88
21	N\$ 29,412.26	N\$ 30,791.59
22	N\$ 29,412.26	N\$ 30,858.86

23	N\$ 29,412.26	N\$ 30,926.28
24	N\$ 29,412.26	N\$ 30,993.85
25	N\$ 26,181.90	N\$ 27,650.06
26	N\$ 26,181.90	N\$ 27,710.47
27	N\$ 26,181.90	N\$ 27,771.01
28	N\$ 26,181.90	N\$ 27,831.68
<b>Valor presente neto</b>		<b>N\$ 257,121.49</b>

Por lo tanto, la tasa interna de retorno se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{TIR} = \text{VPN} / \text{Inversión inicial}$$

$$\text{TIR} = \text{N\$ } 257,121.49 / (\text{N\$ } 76,684.00 + \text{N\$ } 80,353.62)$$

$$\text{TIR} = 163.73 \%$$

Como se puede observar, la inversión en el sistema de hidratación fue altamente rentable, ya que en un período tan corto, se recuperó la inversión inicial y se empezaron a tener ahorros muy significativos. Teniendo estos resultados, se aprecia inapropiado seguir realizando más cálculos para verificar si la inversión fue rentable, puesto que a todas luces se aprecia el gran beneficio obtenido.

## Conclusiones

Mediante la instalación del sistema digital de lectura de volúmenes y masas, se obtuvo una reducción en el número de reprocesos observados de más del 93% en los primeros 4 meses después de su instalación y se proyecta tener un índice de reprocesos del 11.58 % en los meses posteriores, lo que se resume en una reducción del 94.46 % en el número de reprocesos observados.

A su vez, el método que se implantó hizo que el proceso fuera más rápido y flexible, ya que se eliminaron viajes largos y chequeos innecesarios.

Los beneficios para la empresa son los siguientes:

- Se realizó una inversión inicial relativamente baja.
- Se obtuvieron resultados muy alentadores
- Se empezó a ahorrar desde la instalación del equipo
- Se capacitó al personal destinado al área de hidrataciones
- Se obtuvo un menor manejo de la información
- El mantenimiento al nuevo equipo es casi nulo
- Se obtuvo una disminución considerable de merma
- Se obtuvo un sistema con una gran capacidad de crecimiento

El departamento de Control de Calidad también se beneficia del nuevo proceso de hidratación, ya que se analiza un menor número de muestras y se elimina el trámite de autorización para descargar. Todo esto sin perder el control que se tiene sobre el proceso.

El departamento de Elaboraciones obtiene los siguientes beneficios:

- El tiempo de proceso es más corto
- Se obtiene un mayor control sobre el proceso
- Se tiene una capacidad de crecimiento muy grande
- La capacidad de procesamiento de aguardientes se incrementa debido a que el proceso es más corto
- Se tiene una precisión muy aceptable en las lecturas
- Se requiere menos personal designado a la hidratación de guardientes
- Se evita el error humano en gran parte
- Se pueden obtener datos históricos con mucha facilidad

Por último, los supervisores también se ven beneficiados por el nuevo proceso de hidratación de aguardientes, ya que se facilita su trabajo y se necesita un menor número de documentos para controlar la elaboración.

Hoy en día los sistemas tradicionales de trabajo representan, en muchas ocasiones, esfuerzos y costos muy altos. Ya no se puede pensar que los métodos tradicionales son mejores, o que siempre funcionarán. Hay que estar en la vanguardia con respecto a la tecnología empleada en la

industria y es necesario revisar constantemente los procedimientos para simplificarlos.

Las inversiones en equipos con tecnologías avanzadas deben realizarse cuidadosamente, ya que en la mayoría de los casos, representan erogaciones de efectivo muy altas y, en ocasiones, se corre el riesgo de que exista incompatibilidad con sistemas ya instalados. Es necesario analizar perfectamente las consecuencias que puede traer la instalación de equipos avanzados, como por ejemplo, el mantenimiento, la capacitación y la contratación de personal calificado para su operación, y es indispensable buscar equipos y sistemas nuevos que, bien seleccionados y operados correctamente, reporten los beneficios esperados.

Hay que considerar, igualmente, que existe una corriente blunívoca entre los usuarios que necesitan implantar nuevos sistemas, y las empresas productoras o representantes de equipos de vanguardia. Ello facilita la búsqueda de alternativas para seleccionar el mejor sistema, que redunde en uniformidad en el producto, calidad y bajo costo de producción.

Es necesario, además, revisar constantemente los procedimientos operativos, con el fin de obtener, en muchas ocasiones, ahorros en tiempo, esfuerzo y dinero.

## Bibliografía

- Chase, Richard B. & Nicholas J. Aquilano. **Production and Operations Management. A Life Cycle Approach.** 6ª ed. Irwin. Boston, 1992.
- Encyclopaedia Britannica. William Benton, Publisher Volume 1. Chicago, 1981.
- Guide Pratique D'Alcoométrie. Office International de Metrologie Légale. Imprimerie Libraire Adm. P. Audin. Paris, 1980
- Introducción al estudio del trabajo. Oficina internacional del trabajo. 3ª ed. Editorial Limusa Noriega. México, 1989.
- Michaud, Julio. El libro del vino mexicano 1ª ed. San Angel Ediciones, S. A. de C. V.. México, 1990
- Muñoz Díaz, Luis. Elaboración de alcohol etílico por fermentación de los residuos provenientes del cultivo del maíz. Tesis profesional. ESIQIE, Instituto Politécnico Nacional. México, 1977.
- Prescott, Samuel and Cecil Dune. **Industrial Microbiology.** 3ª ed. McGraw Hill. New York, 1959.