

2ej 121

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA



---

UTILIZACION DEL JUGO DE CAÑA MEZCLADO  
COMO ELEMENTO DE CONDENSACION EN LOS  
INTERCAMBIADORES DE CALOR DE LA INDUSTRIA  
AZUCARERA.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A N

LEOBARDO SANTANA LOPEZ  
LEMUEL MORALES PENACHO  
VICTOR VERA EMETERIO

México, D. F.

1981



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 esta 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.

## P R O L O G O

El planteamiento que hiciéramos en un seminario anterior con miras a la economía del trinomio: COMBUSTIBLE - AGUA - VAPOR; fué llevado a cabo por un grupo de entusiastas compañeros que tuvieron la oportunidad de incursionar como miembros activos de la gran familia azucarera ya que, laboraron y algunos de ellos aún lo hacen directamente en los Ingenios, gracias al apoyo recibido de la Comisión Nacional de la Industria Azucarera.

Una vez presentadas las hipótesis sobre las cuales se fundamentó el tema en estudio, este fué desarrollado paralelamente con el conocimiento del proceso y la maquinaria en el involucrada; sobre todo, en aquellas secciones que afectan directamente a la materia prima que se propone utilizar como medio de condensación "jugo mezclado de caña".

Por ser este un producto de rápido deterioro, se incursionó también en algunos aspectos microbiológicos, con miras a su preservación y rápido tratamiento.

El desgaste de los equipos juega un papel fundamental, por lo que, se proponen algunas modificaciones y/o introducción de nuevos equipos, para prolongar su vida útil.

En síntesis, el proyecto "JUMEZCON" representa, según creemos, una posibilidad para la economía de tan preciados recursos naturales como el agua y los combustibles, tan difíciles de preservar en el mundo de dispendio que nos ha tocado vivir.

ING. MANUEL ENRIQUEZ POY.

Director del Seminario.

UTILIZACION DEL JUGO DE CAÑA MEZCLADO  
COMO ELEMENTO DE CONDENSACION EN LOS  
INTERCAMBIADORES DE CALOR DE LA INDUS  
TRIA AZUCARERA.

## I N D I C E

1.0	INTRODUCCION
1.1	PROYECTO JUMEZCON
1.2	HIPOTESIS
1.3	ANTECEDENTES
1.4	TRIANGULO ECONOMICO
1.5	DEMANDA DE VAPOR EN UN INGENIO
1.6	UTILIZACION DEL AGUA FRIA EN FABRICA
1.7	AGUA PARA CONDENSADORES
1.7.1	CONSUMO DIRECTO:
1.7.2	RECIRCULACION
1.8	INFLUENCIA DEL COMBUSTIBLE
2.0	JUGO MEZCLADO
2.1	DEFINICION
2.2	COMPOSICION
2.3	EXTRACCION
2.4	MICROBIOLOGIA
2.5	PRESERVACION
2.6	MUESTREO
2.6.1	DEFINICION
2.6.2	GENERALIDADES
2.6.3	SISTEMAS DE MUESTREO DEL JUGO MEZCLADO
2.7	ANALISIS
2.7.1	ANALISIS DEL BRIX DEL JUGO MEZCLADO

- 2.7.2 ANALISIS DE LA SACAROSA Y PUREZA DEL JUGO MEZCLADO.
- 3.0 EQUIPOS INVOLUCRADOS Y AFECTACION DE SISTEMA.
- 3.1 MOLINOS
  - 3.1.1 CONDICION Y CUIDADO
- 3.2 CHAROLAS Y TANQUES COLECTORES
- 3.3 COLADORES DE JUGO MEZCLADO
  - 3.3.1 CUIDADO DE LOS COLADORES
  - 3.3.2 COLADORES O SEPARADORES ROTATORIOS
- 3.4 DESARENADORES
  - 3.4.1 ALGUNAS VENTAJAS DE LOS DESARENADORES
- 3.5 BOMBAS PARA GUARAPO
  - 3.5.1 CONDICIONES DEL DISEÑO DE LAS BOMBAS
  - 3.5.2 BOMBAS INATASCABLES
  - 3.5.3 CAPACIDAD DE LAS BOMBAS
  - 3.5.4 BOMBAS DE INYECCION DE JUGO ALCALINIZADO
  - 3.5.5 CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS DE INYECCION
  - 3.5.6 BOMBAS DE RECHAZO
- 3.6 SISTEMA DE MEDICION Y PESAJE
  - 3.6.1 SISTEMAS UTILIZADOS EN LOS INGENIOS PARA - MEDIR Y PESAR EL JUGO MEZCLADO.
  - 3.6.2 CARACTERISTICAS DE LAS BASCULAS
  - 3.6.3 DINAMOMETROS
  - 3.6.4 SISTEMA POR BURBUJEO
- 3.7 TANQUERIA
  - 3.7.1 CONEXIONES

- 3.8 VALVULAS
  - 3.8.1 GLOBO
  - 3.8.2 RETENCION
  - 3.8.3 MARIPOSA
- 3.9 TUBERIA
- 3.10 CONDENSADORES
  - 3.10.1 CONDENSADOR BAROMETRICO
  - 3.10.2 CORRIENTE PARALELA
  - 3.10.3 CONTRACORRIENTE
  - 3.10.4 CHORRO
  - 3.10.5 EVAPORACION AL CONDENSADOR
  - 3.10.6 DEMANDA DE AGUA EN CONDENSADORES
  
- 4.0 EVALUACION TERMOENERGETICA
- 4.1 CANTIDAD DE AGUA A EVAPORAR EN TACHOS.
- 4.2 JUGO NECESARIO PARA LA CONDENSACION
- 4.3 OPERACION DE LA INSTRUMENTACION DEL TANQUE DE JUGO ALCALIMIZADO
  - 4.3.1 INSTRUMENTOS UTILIZADOS
  - 4.3.2 OPERACION
- 5.0 REPERCUSION ECONOMICA DEL PROYECTO JUMEZCON
- 5.1 ECONOMIA DE VAPOR Y COMBUSTIBLE EN CALENTADORES.
  - 5.1.1 BAGAZO ECONOMIZADO
  - 5.1.2 PETROLEO ECONOMIZADO
- 5.2 ECONOMIA DE AGUA DE CONDENSACION
- 5.3 EFECTO DE LA DILUCION

- 5.3.1 VAPOR EXCEDENTE POR DILUCION
- 5.3.2 BAGAZO REQUERIDO
- 5.3.3. AHORRO NETO DE BAGAZO
- 5.3.4 PETROLEO REQUERIDO
- 5.3.5 AHORRO NETO DE PETROLEO
- 5.4 BALANCE ECONOMICO
  - 5.4.1 COSTO DEL PETROLEO
  - 5.4.2 COSTO DEL BAGAZO
  - 5.4.3 COSTO DEL AGUA
  - 5.4.4 RESUMEN. AHORRO
  - 5.4.5 OTROS
- 5.5 INVERSION REQUERIDA
  - 5.5.1 AMORTIZACION DE LA INVERSION.



Durante la zafra 77/78 en el Ingenio Central Progreso del Estado de Veracruz, se observó una curiosa situación - en fábrica: (1) en el departamento de clarificación, donde se cuenta para obtener una molienda nominal de 3,000 Tons/día, con dos clarificadores de funcionamiento continuo de 24' y 17' de diámetro. A lo largo de esta zafra conjuntando las rebotaduras de jugo en los clarificadores, se contabilizó casi un día de tiempo perdido.

El brix promedio del jugo ascendió a 17.22, teniéndose análisis hasta de 19.5 motivando ésto mayormente, por la riqueza sacarífera de las cañas que ahí se muelen.

Saltó entonces a la mente la idea de provocar una dilución adicional al jugo mezclado en cantidad tal, que no afectara más que en mínima parte la evaporación posterior, pero sin utilizar agua complementaria, en vista de la gran escasez que se confronta en esa región. Pensándose entonces en utilizar este recurso hidráulico para condensar los vapores provenientes del intercambio calórico en la elaboración.

El fundamento de cualquier estudio debe tender a la optimización de todos los recursos involucrados en el mismo, por lo que, en este caso particular, hubo de analizarse no sólo el entorno fabril sino también la afectación -- que en él tienen los aspectos externos al proceso.

(1) INFORME ANUAL DE OPERACIONES. CEPISA  
Ing. M. Enríquez Poy. 1978

Nuestro objetivo será determinar la posibilidad de utilizar este arreglo bajo condiciones de operación confiable y económica, se trata de un análisis que involucra multitud de aspectos microbiológicos y físicos en general.

La falta de programación adecuada para las labores en campo traerá en cadena, hasta el momento de la clarificación del jugo en fábrica, la exposición de la sacarosa a la acción enzimática de gran número de microorganismos cuyo origen se encuentra en el suelo y aire contaminantes.

Mucho se ha escrito acerca de la acción de los microorganismos en el jugo de caña, basados principalmente en estudios de laboratorio, pero bien poco se sabe acerca de la velocidad de descomposición o pérdida de sacarosa.

JADAO CARLOS CAIOFATTO Y AGOSTINHO TEIXEIRA SOBRINO,

(2) Clasifican porcentualmente las pérdidas totales como sigue:

Inversión química -----	13%
Inversión enzimática -----	25%
Desarrollo bacteriano -----	62%

OWEN cita que una pérdida de 0.1% en la polarización cae dentro del error experimental. Si esto ocurriera de modo continuo en un Ingenio de 4,000 Tons/día, equivaldría a una pérdida mayor a un cuarto de millón de pesos correspondiente a precios actuales de liquidación, (Zafra 79/80).

(3)

(2)- Purification of juice at Santa Lydia Sugar Mill XVI  
Congreso ISSCT.

(3)- Manual del azúcar de caña. Spencer & Meade.

- 1.- Teóricamente, es factible substituir el agua de inyección a una condensador barométrico por jugo mezclado proveniente de los molinos.
- 2.- El ahorro de agua será proporcional a la cantidad de jugo utilizado.
- 3.- Un incremento en la temperatura del jugo que entra al proceso, traerá aparejado un ahorro substancial en el binomio vapor/combustible.
- 4.- Donde el elevado Brix del jugo represente un problema posterior en la clarificación, la dilución producto de este sistema, se traducirá en un gran beneficio y no afectará mayormente la evaporación subsecuente.
- 5.- Las pérdidas de azúcar por arrastre se eliminan en -- los condensadores utilizados.

-- NH TANTAMI (4), señala que intercalando un calentador de jugo en la línea del condensador, puede incrementarse la temperatura del líquido hasta 45° C, reduciéndose la cantidad de vapor a condensar en el evaporador - de un 7 a 10% en caña.

Esto no representa más que el concepto simple de economizador en los generadores de vapor.

-- M. PATURAU (5), señala que no existe razón alguna para que un condensador barométrico no puede desempeñar el papel de un calentador de jugo. Siempre es más eficaz un condensador que un calentador de jugo en lo que se refiere a la economía de vapor.

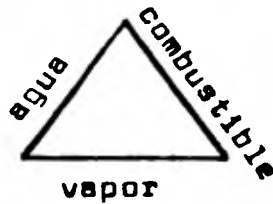
-- CIA. AZUCARERA DE LA CONCEPCION (en Jilotepe Veracruz) reporta la utilización de un calentador de contacto, - utilizando la evaporación del jugo, con muy buenos resultados.

(4) Societé des Sucreries de distilleria de Egipte, UNIDO. 1974.

(5) Principios de Tecnología Azucarera. PIETER HONIG TOMO III.

1.4

TRIANGULO ECONOMICO



1.5

DEMANDA DE VAPOR EN UN INGENIO

Consumo de vapor en una fábrica de azúcar crudo 500 - 550 Kgs/ton. caña molida.  
Para una molienda de 3,000 T. C. D. equivale a  $3,000 \times 550 = 1,650$  Ton. vapor/día.

1.6

UTILIZACION DE AGUA FRIA (6)

- 1.- Agua de enfriamiento de condensadores.
- 2.- Agua de enfriamiento para turbina, sellos en las bombas de vacío, enfriamiento de cojinetes en molinos y bombas, etc.
- 3.- Imbibición.
- 4.- Lavado de gases.
- 5.- Enfriamiento en cristalizadores.
- 6.- Agua de respueto a calderas.
- 7.- Uso potable en fábrica y zona urbana.

1.7

AGUA PARA CONDENSADORES

1.7.1 CONSUMO DIRECTO.- Cuando la fábrica se localiza cerca de grandes mantos, ríos o mar, en esta circunstancia, - el agua de condensación se desecha.

1.7.2 RECIRCULACION.- Donde escasea el agua, es necesario tener enfriadero para volverla a usar en el condensador.

Los requerimientos de agua para condensadores son - variables y están regidos por dos factores principales:

a.- La cantidad de vapor para ser condensada por tonelada de caña.

b.- El tipo de condensador.

El potencial del bagazo como combustible es una función de tres variables:

- 1).- Contenido de fibra de caña.
- 2).- Contenido de humedad.
- 3).- La sacarosa remanente.

Donde la sacarosa tiene alta proporción de oxígeno, - resulta en cualquier caso un combustible muy costoso.

El combustóleo es el principal combustible que se utiliza para los generadores de vapor. Su costo depende de - qué tan lejos se encuentra la fábrica de la fuente de abastecimiento.

Uno de los objetivos de nuestro estudio es justamente el ahorro de combustible que depende de los requerimientos de vapor en la fábrica de azúcar de caña.

La evaluación se hace generalmente como un porcentaje de la caña procesada. Considerando una relación entre vapor/caña del 55% se pueden subdividir los requisitos de vapor de la siguiente manera:



Potencia	3.5%	en caña
Calentadores	4.2	"
Evaporadores	25.2	"
Tachos	14.3	"
Miscelaneos	7.7	"
	<hr/>	
	55.0%	

Esto es, suponiendo que se trate de una fábrica con - evaporación en cuádruple efecto, extracción de vapores del primer cuerpo a calentadores y una imbibición de aproximadamente 250% en fibra.

2.0

## JUGO MEZCLADO

### 2.1 DEFINICION

Líquido extraído de la caña bagazo después de la primera expresión, siendo embibido este último subproducto generalmente con jugo residual (producto de la (s) última -- (s) expresión (es) ). El jugo mezclado se envía de los molinos a la fábrica para su cocción.

### 2.2 COMPOSICION

En cualquier proceso industrial que estemos analizando, la composición de la materia prima empleada en el mismo, tiene una gran importancia y en este caso se trata del jugo mezclado, que se considera como el producto inicial - que será sometido a una serie de transformaciones químicas y físicas, hasta llegar al producto final, el azúcar.

La composición del jugo se considera como una mezcla compleja de los componentes integrales de la planta de la caña de azúcar; pero no debemos olvidar que existen otros factores que influyen considerablemente en la composición del jugo, por ejemplo: el tratamiento mecánico que se da

a la caña durante el corte, el transporte y la limpieza. - También debemos considerar las diferencias de climas, tipos de terrenos y otros factores ambientales tales como -- las heladas en los climas subtropicales o de gran altitud.

De lo antes dicho, se refleja que al ser extraído el jugo en las operaciones de molienda, es posible que exista una amplia variación de los porcentajes de constituyentes individuales presentes en el jugo mezclado procedente de -- diferentes zonas de producción. Sin embargo, estas variaciones son más bien cuantitativas y todos los jugos contienen aproximadamente los mismos constituyentes fundamentales.

A continuación, anexamos una tabla (I) en la cual se indican los principales constituyentes individuales que se pueden encontrar en el jugo extraído de cañas comerciales.

TABLE # ( I )

COMPONENTES	PORCENTAJE
Agua - - - - -	73-76
Sólidos - - - - -	24-27
Fibra (seca) - - - - -	11-16
Sólidos solubles - - - - -	10-16 Porcentaje de sólidos <u>solubles.</u>

COMPONENTES DEL GUARAPD

Azúcares - - - - -	75-92
Sacarosa - - - - -	- - - - - 78-88
Glucosa -- - - - - -	- - - - - 2-4
Fructuosa- - - - -	- - - - - 2-4

SALES

De ácidos inorgánicos- - -	3.0-7.5
De ácidos orgánicos - - - - -	- - - - - 1.5-4.5
	1.0-3.0
Acidos orgánicos libe. - -	0.5-2.5 - - - - -
Acidos carboxílicos - - - - -	- - - - - 0.1-0.5

<u>COMPONENTES</u>	<u>PORCENTAJE DE SOLIDOS SOLUBLES</u>
--------------------	---------------------------------------

Aminoácidos - - - - -	- - - - 0.5-2.0
-----------------------	-----------------

OTROS NO AZUCARES ORGANICOS

Proteínas - - - - -	- - - - 0.5-0.6
Almidón - - - - -	- - - - 0.001-0.050
Gomas - - - - -	- - - - 0.30-0.60
Cera, Grasas, Fosfátidos- - -	- - - - 0.05-0.15
No azúcares no identificados-	- - - - 3.0-5.0

En este estudio, incluiremos algunas gráficas, las cuales nos darán una idea de como se comporta el jugo, tomando como parámetros de control: El brix, sacarosa, pureza y reductores, analizados durante el período comprendido entre las zafras de 1973 a 1977.

TABLA II  
DATOS JUGO MEZCLADO

No. TOTAL DE INGE- NIOS.	NOMBRE DEL ESTADO	TON/HR. CAPACIDAD DE MOLIENDA	BRIX	SACAROSA	PUREZA
1	CAMPECHE	115.45	14.51	12.18	83.94
1	COLIMA	180.37	16.00	12.47	77.94
10	JALISCO	112.45	15.81	12.79	80.86
6	MICHOACAN	91.51	16.15	13.42	83.57
3	MORELOS	148.55	15.49	13.00	79.65
2	NAVARRIT	164.32	14.74	11.96	81.11
4	OAXACA	142.89	15.13	12.04	79.80
2	PUEBLA	141.86	16.61	13.58	81.76
1	QUINTANA ROO	154.74	16.96	12.64	74.53
3	S. L. POTOSI	218.75	15.03	11.94	81.24
4	SINALOA	270.73	15.10	11.76	78.02
5	TABASCO	108.29	14.45	11.41	78.80
2	TAMAULIPAS	234.91	16.83	13.88	81.91
23	VERACRUZ	200.99	14.48	11.88	79.57

FUENTE: Manual Azucarero Mexicano 1980.

JUGO MEZCLADO

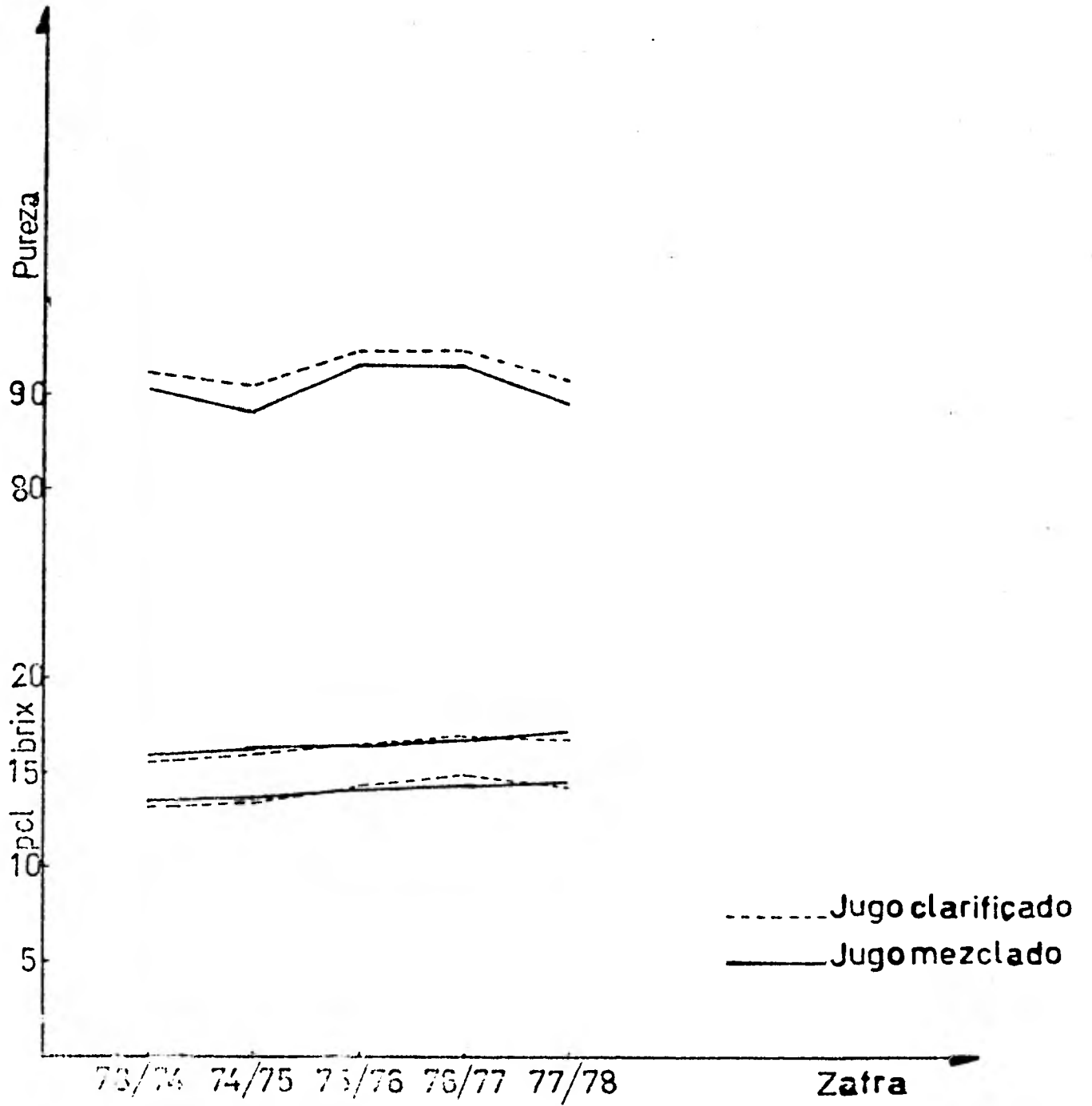
Datos obtenidos del Ingenio "CENTRAL PROGRESO" S.A.  
Paso del Macho, Veracruz, México.

<u>ZAFRA</u>	<u>BRIX</u>	<u>POL</u>	<u>PZA.</u>	<u>% AZ. REDUCT.</u>
73/74	15.19	13.46	85.23	1.023
74/75	16.18	13.51	84.15	1.158
75/76	16.34	14.15	86.59	0.685
76/77	16.59	14.34	86.44	0.900
77/78	17.22	14.57	84.61	1.072

JUGO CLARIFICADO

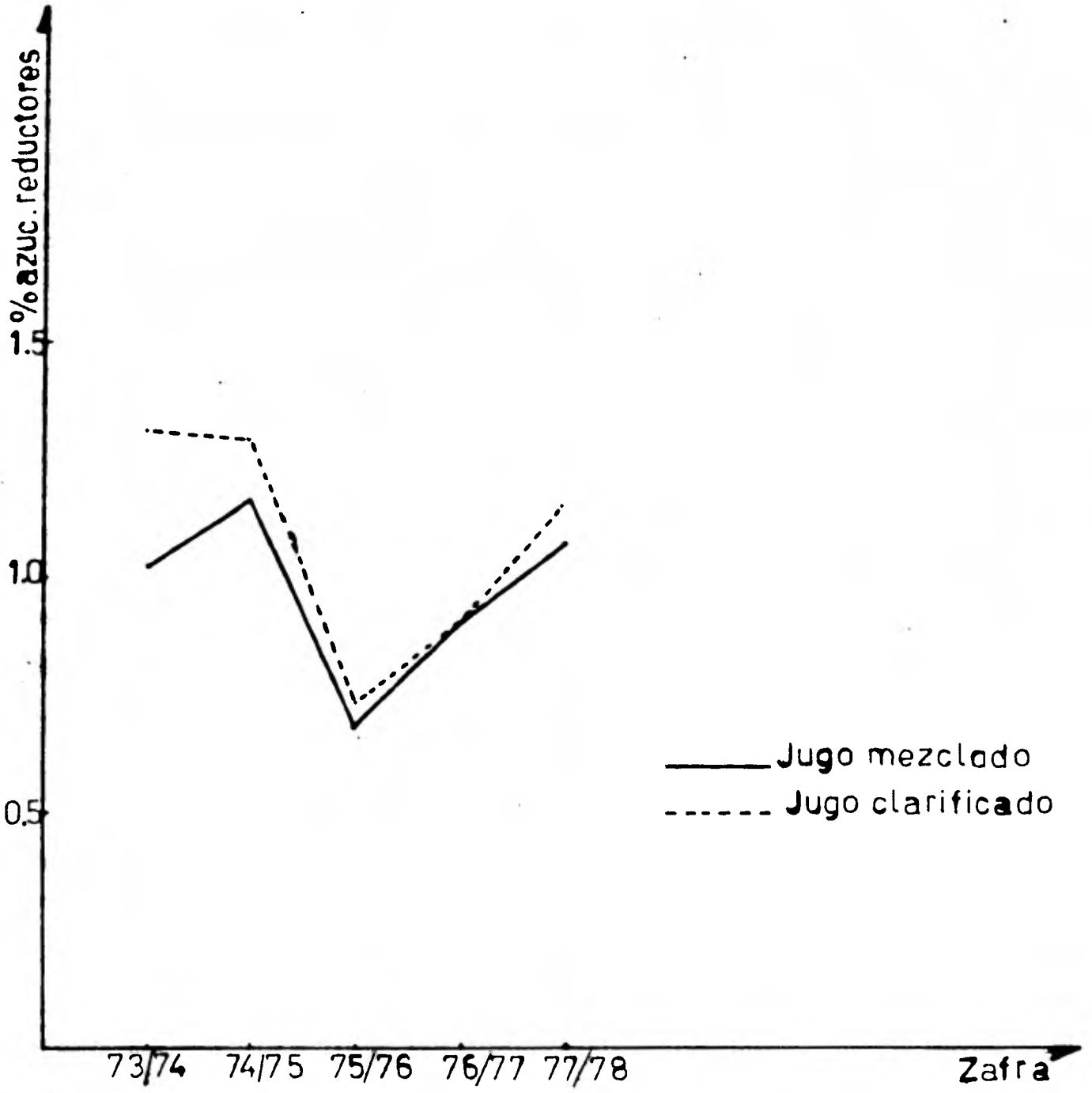
73/74	15.57	13.41	86.11	1.317
74/75	15.86	13.55	85.43	1.292
75/76	16.36	14.29	87.36	0.733
76/77	16.98	14.81	87.21	0.908
77/78	16.81	14.44	85.91	1.153

FUENTE: Informes finales de corrida.



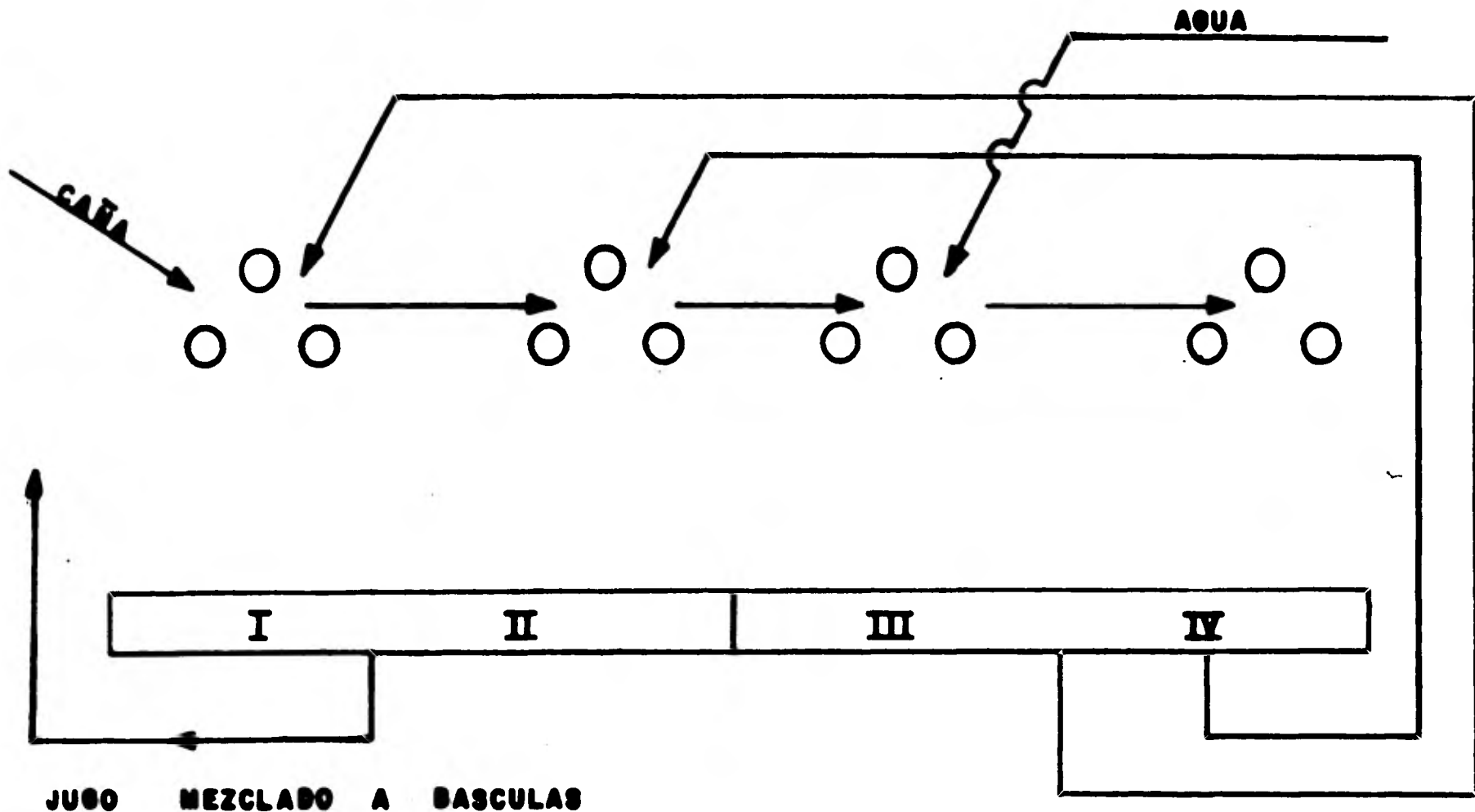


52



### 2.3. EXTRACCION

Después de que la caña ha sido preparada previamente en batey, preparación que consiste fundamentalmente en las siguientes operaciones, limpieza, picado y desfibrado, la extracción del jugo es el primer paso dentro de la fábrica. Se realiza mediante la compresión de la caña entre cilindros ranurados, llamados mazas. Estos, a su vez de mayor a menor paso, a medida que la caña exprimida o bagazo pasa entre ellas. Se somete a un baño de jugo de baja pureza - (proveniente de los últimos molinos y agua al final del -- tandem), para lavar y recuperar el máximo de sacarosa del bagazo antes de que salga hacia las calderas o a la fábrica de sub-productos, como puede apreciarse en el siguiente dibujo.



JUGO MEZCLADO A BASCULAS

Para lograr el máximo volumen de jugo extraído de la caña con bajas pérdidas de pol (sacarosa) en el bagazo remanente, deberán cuidarse sobremanera, aunados a la preparación de la caña, los siguientes factores:

- 1.- Alimentación estable del colchón de caña.
- 2.- Correctos niveles de imbibición o maceración, según sea el caso que se utilice.
- 3.- Ajuste entre las tres mazas y la cuchilla central.
- 4.- Presiones inducidas elevadas en los pistones hidráulicos.

La eficiencia de la molienda, o sea la extracción, se mide por el contenido de sacarosa en jugo, en función del porcentaje de la sacarosa en caña (7)-

(7) Spencer-meade, Manual del azúcar de caña, 1974, Pag. 70.

#### 2.4.- MICROBIOLOGIA

A pesar de ser conocido por todos, el efecto que causa en la recuperación final, el no mantener condiciones de limpieza eficientes en los molinos, bien poca importancia se presta a esto en nuestros ingenios. En el mejor de los casos se sigue la rutina de lavar con agua caliente las charglas y equipos periféricos, en forma tan irregular, que se provoca un complemento importante de agua por evaporar en las fases sucesivas del proceso de calentamiento.

En casos más afortunados, se utilizan microbiocidas, - pero sin determinar la relación glucosa/sacarosa existente. Esta dosificación, por su repetido empleo en ocasiones inmuniza las bacterias como el "Leuconostoc mesenteroides", que es el principal agente que propicia la inversión de la sacarosa.

Es pues necesario prestar mayor atención a este aspecto, tomando medidas conjuntas tanto el laboratorio químico como los estudios coordinados con el personal de molienda, también se deben probar los diversos productos en el mercado, bajo condiciones controladas.

Aunque el problema principal de inversión de la sacarosa comienza desde el campo (lo cual es fácilmente demostrable si se analizan los resultados de muestreos de madurez previos a la zafra), existe un diferencial de más de un punto contra los reportes de molienda en fábrica. .

Por medio de estudios y pruebas de laboratorio, se ha comprobado que la caña enferma, helada, almacenada en patio por varios días, es la que contiene alta concentración de bacterias. De ahí que, la molienda de este tipo de caña añada cantidades excesivas de bacterias y hongos al jugo entrante. Consecuentemente, existen pérdidas de sacarosa y pureza en el jugo, así como también se presenta un efecto deteriorador de gran importancia.

Los límites de temperatura que resisten tres de los -- grupos más importantes de las bacterias que se encuentran en el guarapo son: (8)

TABLA # ( 2 )

<u>GRUPO</u>	<u>TEMP. OPTIMA PARA SU DESARROLLO °C</u>
Leuconostoc mesenteroides	20-25
Aerobacter aerógenes	30
Bacillus mesentericus	37

(8) Spencer Meade, Manual del azúcar de caña 1974, Pag. 354.

De la tabla anterior, se deduce que se debe evitar -- que el jugo permanezca a estos rangos de temperatura (aproximadamente en un lapso de 5 a 6 horas de exposición, empieza a manifestarse la acción de los microorganismos).

Cuando los microorganismos logran desarrollarse, --- traen como consecuencia la formación de la gomosa dextrana, que afecta grandemente en la operación a los equipos, así como la alta viscosidad de jarabes y melazas.

En la siguiente tabla se muestra la influencia que --  
 tienen el PH y la temperatura sobre los azúcares reducto--  
 res y la sacarosa.

Influencia de Sobre	PH		Temperatura
	menor de 7 ácido	Mayor de 7 alcalino	
Azúcares reductores	No hay destruc- ción.	Si la temperatura es me- nor de 55°C. existe des- trucción moderada. Los productos de descomposi- ción son incoloros.	Generalmen- te la eleva- ción de la temperatura acelera la- velocidad - de las reac- ciones.
		Si la temp. es mayor -- que 55°C. existe des--- trucción considerable y trae como consecuencia- la formacuón de ácidos- orgánicos y compuestos- coloreados.	
Sacerosa	Destruc- ción por inver--- sión.	No hay destrucción.	



Algunas sugerencias dadas para evitar el desarrollo -  
de microorganismos son:

- 1.- Evitar que la caña permanezca mucho tiempo en el patio ya que, esto hace que la caña se deteriore antes de ser molida.
- 2.- Evitar que la caña contenga mucha basura. La basura es un conocido medio para favorecer la creación de microorganismos.
- 3.- Utilizar microbiocidas. Esto debe hacerse fundamentándose con los análisis de laboratorio.
- 4.- Saneamiento de molinos. Consistente en dar a las máquinas un lavado general y periódico.
- 5.- Control adecuado del PH y temperatura.

## 2.5.- PRESERVACION

El objeto de la preservación consiste en evitar el desarrollo microbiano y la reducción de inversión de sacaro-  
sa en el jugo de los molinos.

Al extraer el jugo de los molinos y recircularlo en cada una de las etapas de molienda, su contacto con las superficies del molino y su retención en los tanques y tuberías, hace que en todas las superficies del molino y en el mismo jugo, se desarrollen microorganismos que posteriormente, (como se mencionó en la parte de microbiología) afectan a los equipos, tales como: bombas, incrustación en tuberías, error en la polarización dificultad en la clarificación, etc.

Por todos estos problemas, originados por los microorganismos, se vio la necesidad de utilizar bactericidas para moler caña helada, para la caña que ha permanecido bastante tiempo en el patio y para las paradas imprevista del ingenio.

No se recomienda hacer uso del bactericida durante toda la zafra. Los microorganismos tienen la cualidad de adaptarse fácilmente al medio que los rodea. Por tal motivo, su aplicación debe estar basada, como se dijo antes, - cuando la caña esté enferma o en el caso de que un análisis de azúcares reductores en el jugo al salir del tendem de molinos así lo indique.

La dosificación que se aplique dependerá obviamente - de la capacidad de molienda del ingenio.

## 2.6.- MUESTREO

2.6.1. DEFINICION: El muestreo es la acción de recolectar una porción del material, seleccionado de tal forma, que representa las características esenciales del volumen total de mismo.

2.6.2 GENERALIDADES: El muestreo es el inicio para llevar a cabo el control de calidad de un cierto material que esté en proceso. Se define como la acción por medio de la cual se vigila la calidad de un cierto producto y que ayuda a establecer si el producto alcanza o no la norma deseada.

Para que una muestra se considere representativa, debe caracterizarse dentro de los rangos establecidos.

A continuación mencionamos ciertos casos y formas de procedimientos de toma. Todos están enfocados hacia la obtención representativa del material.

## CASOS

## PROCEDIMIENTO

Tanques

Tomar un poco de la muestra del centro y el resto en la periferia del tanque.

Caída de algún producto.

Se toma un poco al comienzo de descarga, otro a la mitad y otro al final.

Caída del líquido en cascada.

Se recomienda tomar la muestra en ambos extremos y en el centro.

En la mayoría de los ingenios, se tienen durante un día de trabajo, 24 horas divididas en 3 turnos de 8 horas cada uno. En cada turno de 8 horas se realizarán los análisis del material de fábrica. Como cada recuento se efectúa cada 4 horas entonces, a cada turno le corresponde analizar 2 recuentos. Para el caso de jugo mezclado se analizan los siguientes elementos:

- 1.- Brix-- Es el porcentaje de materia sólida por peso que contiene una solución.

- 2.- Sacarosa-- Nombre científico que se le da al azúcar -  
de caña  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .
- 3.- Pureza- Azúcar que contiene el material analizado en-  
porcentaje sobre la materia sólida.
- 4.- Pol- La sacarosa medida por métodos polarimétricos.
- 5.- PH- Representa el grado de acidéz o de alcalinidad --  
de una solución.

### 2.6.3 SISTEMAS DE MUESTREOS

La recolección de las muestras pueden hacerse básicamente por dos tipos de procedimiento.

- a).- Manual
- b).- Automático.

En ambos casos se pretende lograr el mismo resultado. El jugo mezclado deberá ser muestreado cada hora y depositado en recipientes adecuados del laboratorio. Se debe -- procurar que, cada vez que se deposite una muestra, se obtengan partes iguales de dicha muestra. Esto se hace con el fin de obtener como resultado una muestra representativa de trabajo de 4 horas.

## 2.7.- ANALISIS:

Análisis del Brix, sacarosa, pureza y azúcares reductores. El análisis del jugo de caña o más específicamente para el jugo mezclado, consiste en obtener los sólidos contenidos en el jugo, la sacarosa, pol, pureza y azúcares reductores.

A continuación se da una breve explicación para llevar a cabo dichos análisis y una forma en la cual se anotan los datos que se obtienen, para integrarlos posteriormente a las corridas. El ejemplo y datos que se dan son reales. Se obtuvieron del análisis que se llevo a cabo en el Ingenio de San Nicolas Ver.

NOMBRE DEL INGENIO: SAN NICOLAS

HOJA DEL QUIMICO

QUIMICO SUAZO

LABORATORIO

FECHA DICIEMBRE 1979

<u>MATERIAL</u>	<u>BRIX</u>	<u>°C</u>	<u>POL</u>	<u>BRIX C.</u>	<u>SAC.</u>	<u>PZA.</u>	<u>PH</u>	<u>OBSERV.</u>
Desmen	18.5	19	67.0	18.44	16.26	88.17	5.4	
Mezclado	14.3	20	49.6	14.30	12.24	85.59	5.4	
Residual	6.1	23	17.8	6.26	4.52	72.20	6.0	
Clarif.	14.4	29	54.5	14.99	13.39	89.32	7.4	
Meladura	14.2	22	51.1	14.32				
				57.28	50.36	87.93	7.2	



### 2.7.1.- ANALISIS DEL BRIX

El Brix, se define como el porcentaje en peso de los sólidos contenidos en una solución de sacarosa pura (9).

Al hacer el análisis del Brix en el jugo mezclado, - estamos encontrando la concentración de sólidos disueltos en el jugo.

Existen varios métodos para realizar el análisis, -- aunque en esencia se pretende llegar a lo mismo. El uso del brixómetro se ha extendido más, debido a su fácil manejo. El brixómetro es un instrumento que mide la densidad aparente, que se da por la concentración de sólidos disueltos, azúcares y no-azúcares en el jugo. Cuenta con dos escalas: una donde se lee directamente el Brix y la otra es de la temperatura, estando calibrado a 20°C.

Los pasos que se siguen para llevar a cabo el análisis, no los vamos a mencionar en rigor, debido a que en la mayoría de los libros dedicados a la técnica del azúcar, se encuentran detalladamente explicados.

(9).- Normas oficiales. SIC .

Para efectuar el análisis, se comienza por colar bien el jugo. Posteriormente se le agrega sub-acetato de plomo con el fin de llevar a cabo la desecación. Enseguida la muestra de jugo se vacía en un cilindro ancho hasta casi desbordarse. Luego hacer descender el brixómetro, hasta que flote en el jugo, dejándolo pasar tiempo suficiente para que la temperatura del brixómetro sea la del jugo.

Finalmente se toman las lecturas de temperaturas y se usan para corregir el Brix observado (haciendo uso de tablas). Para la corrección, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

Si la temperatura es mayor que  $20^{\circ}\text{C}$  se suma.

Si la temperatura es menor que  $20^{\circ}\text{C}$  se resta.

## 2.7.2.- ANÁLISIS DE LA SACAROSA Y PUREZA

Para el análisis de la sacarosa y pureza, primero necesitamos determinar la Pol y se realiza de la siguiente manera:

Se toma una parte del jugo, aproximadamente 200 ml. y se coloca en un vaso de precipitados de 250 ml. En seguida se le agrega sub-acetato de plomo seco de horno, aproximadamente 1/4 de cuchara. Después se agita para homogeneizar y se filtra. Las primeras gotas del filtrado deberán retornarse a filtrar posteriormente al jugo clarificado. Se depositan en un tubo de polarización de 200 ml. y se llevan después al polarimetro para tomar la lectura de su polarización. La medida será "Pol".

Entonces con los datos del "BX corregido" se va a tablas y se obtiene un factor que:

$$\text{Pol} \times \text{Factor} = \text{Pureza}$$

Y como se sabe:

$$\frac{\% \text{ Sacarosa}}{\text{Brix corregido}} = \text{Pza.}$$

De donde:

$$\% \text{ Sacarosa} = \text{Pza.} \times \text{BX corregido.}$$

### 3.0 EQUIPOS INVOLUCRADOS Y AFECTACION DEL SISTEMA

En nuestro estudio vamos a considerar los equipos desde el tandem de molinos que es donde se lleva a cabo la extracción del jugo mezclado hasta el equipo de condensación. Se considerará única y exclusivamente aquellos equipos por los cuales pasa el jugo antes de entrar al proceso, previa alcalización y pesaje.

#### 3.1. MOLINOS

El área de molinos es considerada de mucha importancia por ser aquí donde se obtiene el elemento en estudio y por la relación que hay entre éste y el equipo. El jugo es extraído de la caña de azúcar por efecto de la presión ejercida por las mezas de los molinos al colchón de caña - previamente preparada en el batey.

Como necesitamos que el jugo mezclado, el cual pretendemos utilizar como medio de condensación de los vapores extraídos de los tachos, tenga la mejor calidad posible, habremos de tomar en cuenta ciertas condiciones que debe cumplir este equipo para que no nos afecte la calidad ni la cantidad del jugo mezclado. Cualquier deficiencia reduciría los resultados y la eficiencia del sistema en estudio.

El jugo de caña es sumamente delicado y se descompone fácilmente. Por este motivo, hay que cuidar la calidad para evitar que haya demasiadas pérdidas por inversión de azúcar y se provoque que el sistema que pretendemos utilizar sea incosteable. Por otra parte, si por causa de un funcionamiento de los molinos se ve afectada la cantidad de jugo, esto obviamente repercutirá también en el equipo de condensación.

### 3.1.1.- CONDICION Y CUIDADO

De la condición en que se encuentran los molinos durante la zafra y los cuidados que se les proporcionen, depende en parte la calidad del jugo y es por eso que ha de procurarse que el tendem esté en perfectas condiciones. El cuidado se dedicará especialmente a las mazas ya que, como se dijo antes son las encargadas de la extracción. Es muy común en los ingenios azucareros que éstas sufran desgastes y abolladuras en la superficie de contacto con la caña, causadas por materiales extraños que se pasan con ésta, ya sea porque estos materiales vengan del campo o porque sean recogidos en el batey.

Generalmente se trata de piedras o pedazos de fierro que no son detectados visualmente ó por el imán. El iman es poco usado en nuestro medio todavía y precisamente sirve para evitar daños en el equipo.

El desgaste de las mazas perjudican la extracción ya que éstas, no ejercen la presión necesaria. Sin embargo, no nos perjudican tanto como la abolladura.

Las abolladuras en las mazas son lugares propicios - para el desarrollo de microorganismos debido a que se van almacenando residuos e impurezas que después de cierto -- tiempo provocan la inversión de la sacarosa contenida en el jugo.

Aunque existen microbiocidas que pueden contrarrestar la acción de estos microorganismos, lo más deseable sería evitar que se formaran o desarrollaran. Esto sólo se logra manteniendo el area correspondiente en completo estado de limpieza.

El saneamiento del área de molinos puede hacerse con agua caliente y un baño con vapor a presión para sacar -- los residuos que pudieran quedar en la abolladura de las mazas donde el agua no penetre. Esto debe hacerse aprovechando las paradas rigurosas para limpieza o bien las imprevistas.

Por lo tanto, si tenemos en cuenta estas consideraciones y prevenimos el daño que puede causar el pasarlas por desapercibidas, podemos sacar ventajas, pues entre más sano sea el jugo que mandamos al condensador menos probabilidad de inversión de sacarosa hay y por lo tanto, habrá menor pérdida en la recuperación final de azúcar.

3.2.- CHAROLAS Y TANQUES COLECTORES.- Las charolas y los tanques colectores forman el equipo que recibe el jugo de caña al salir de los molinos. Cabe aclarar que solamente el jugo de los primeros molinos es el que se manda a proceso ya que, el de los últimos molinos, por ser muy pobre en sacarosa se usará como maceración en los primeros. Las charolas se localizan abajo de los molinos y sirven para conducir el jugo de los tanques, por eso las consideramos de importancia. Todo el jugo tiene contacto con ellas y de una u otra forma pueden afectar su calidad.

Los tanques colectores juegan un papel muy importante, pues aquí en ocasiones tiene que permanecer el jugo. Decimos que en ocasiones, refiriéndonos a las veces que se acumula por problemas en el proceso. En condiciones normales de trabajo, el jugo fluye continuamente sin que el tanque lo retenga por algún tiempo considerable.

En esta parte del equipo hay que tener en cuenta dos factores que pueden perjudicar la calidad y cantidad de jugo mezclado.

A.- El material del cual están fabricados.- Dado que el jugo de caña es bastante corrosivo debido a que su PH al salir de los molinos es bajo, ha de procurarse que el material para la fabricación de las charolas y tanques sea de acero inoxidable. Si no se selecciona el material adecuado, el equipo sufrirá los efectos de ésta, llegando a producirse oradaciones con la consiguiente fuga de jugo. Además aunque no se llegara a perforar, el sólo hecho de arrastrar el material corroído de la superficie del equipo, altera la calidad del jugo y los desperfectos de la superficie, pueden ser lugares propicios para el desarrollo de microorganismos perjudiciales como ya se indicó.



B.- Acabado de las charolas y tanques.- El acabado debe -- ser tal que no existan ni protuberancias ni hundimien-- tos en la superficie de estos elementos para que el -- guarapo tenga una fluidéz continua y no se dé lugar a que pequeñas cantidades de jugo permanezcan allí por -- mucho tiempo. De no ser así, se descompondrán y afec-- tarán el volumen total.

Las esquinas de los recipientes y de las costuras son otras partes que también deben ser cuidadosamente acabadas, las esquinas pueden ser redondeadas para que no se acumu-- len residuos, bagacillos ó arena. Las costuras deben ser tales que no tengan hendiduras ni poros en el cordón de -- soldadura, pues cualquiera de estos factores son propicios para la formación de los microorganismos.

Los coladores de jugo son telas perforadas de latón, cobre ó acero inoxidable cuya función es eliminar el bagacillo que lleva el jugo, recirculándolo para recuperar la sacarosa remanente. Generalmente para el jugo de los primeros molinos se usa tela con perforaciones más finas para que el jugo que va a procesarse sea lo más limpio posible. Formando parte de los coladores están las cadenas -- que sostienen las tablillas que errastran el bagacillo -- las cuales están sometidas a un desgaste considerable por efecto de fricción y corrosión ya que, se encuentran siempre dentro del jugo y en constante movimiento. Por este motivo deben revisarse anualmente, cambiarse y sobre todo se debe elegir un modelo adecuado.

### 3.3.1. CUIDADO DE LOS COLADORES:

Debido a la continua relación que hay entre este equipo y el jugo y porque se contamina fácilmente por la gama de materia que por él pasa, es necesario mantenerlo perfectamente limpio pasándole vapor cuando menos dos veces al día. Se debe revisar la tela y cambiarla en caso de ruptura para evitar atascamiento, en las bombas.

### 3.3.2 COLADORES O SEPARADORES ROTATORIOS: (10)

Para evitar las cadenas o como complemento de estos, en algunos ingenios, se utilizan los coladores rotatorios que giran lentamente mientras se va filtrando el jugo. - Pueden ser cilindricos o exagonales con paredes de tela - con perforaciones muy finas. Por un extremo admiten el - jugo mezclado, éste se filtra y por el otro extremo des--cargan el bagacillo que como ya se dijo, es recirculado a los molinos para su agotamiento. (extracción sacarosa remanente).

(10) Manual para Ingenieros Azucareros  
E HUGOT.

El jugo mezclado que sale de los molinos, además del bagacillo, lleva arena y tierra que entra junto con la caña. La cantidad de éstas depende de el tipo de terreno - donde se cultiva y de los métodos de cosecha. Como estos materiales no son eliminados en los coladores por ser más finos que la malla del colador, se hace indispensable el uso de los desarenadores para eliminar la arena y arcilla después del colado preliminar, para eliminar el bagacillo.

La aplicación de este equipo evita que el material - pesado entre a la fábrica donde causaría bajo rendimiento en el equipo, causando contaminación del jugo e incrustaciones en las bombas, recipientes y demás elementos que - intervienen en el proceso.

#### 3.4.1 ALGUNAS VENTAJAS DE LOS DESARENADORES

- a).- Reducción de la erosión en la línea de tubería, bombas, válvulas, recipientes.
- b).- Reducción de la carga de trabajo en los filtros y clarificadores.

- c).- Mínimas pérdidas de azúcar.
- d).- Reduce la incrustación en los calentadores.
- e).- Reduce el taponamiento en los filtros.

El uso de este equipo no está generalizado, pues la mayor parte de los ingenios no lo tienen. Sin embargo, para el caso en cuestión es recomendable ya que, se tendrá mejor resultado si el jugo entra limpio de materia extraña al equipo.

Las bombas para manejar el jugo mezclado son mayormente de tipo de las centrífugas y se encuentran instaladas a lo largo del tandem de molinos. Son más pequeñas las del jugo de imbibición. Sin embargo, han de tomarse las mismas precauciones para el diseño y la selección del material que las que se toman para las de jugo mezclado que se enviará a proceso.

### 3.5.1. CONDICIONES DE DISEÑO DE LAS BOMBAS

Como el jugo al salir de los molinos no ha recibido ningún tratamiento, su PH sigue siendo bajo y su poder de corrosión muy fuerte debido a su acidez. Una bomba de fabricación común sería destruida en poco tiempo, causando pérdidas de equipo y trastornos en el proceso.

Es por eso que la construcción de la bomba para jugo ha de hacerse bajo condiciones de diseño especial como son:

El impulsor, los anillos y casquillos para las flechas. Se fabrican de bronce, mientras que todo lo que no tiene contacto con el jugo se fabrica de hierro. La ideal sería el empleo de acero inoxidable pero su costo las hace prohibitivas.

Esta bomba será más eficiente y su vida útil mayor si el jugo está completamente limpio, razón por la cual, como ya se dijo, se cuela y desarena.

### 3.5.2

### BOMBAS INATASCABLES

Este es otro tipo de bombas centrífugas que pueden usarse en la industria azúcarera ya que, están diseñadas especialmente para pasar pedazos de bagazo de los que caen del molino a la tolva alimentadora. Estas bombas tienen la desventaja que no se puede regular el gasto por medio de válvulas porque se taponarían y por lo tanto, necesitan de un motor de velocidad variable. Otra desventaja es que la eficiencia es muy baja. Tanto que, es necesario un motor con una potencia de 50% mayor de la máxima teórica necesaria y un margen de seguridad de 25% mayor de la capacidad máxima de jugo que debe manejar.

Su uso es recomendable en fábricas que muelen más de 80 T.C.H. (11)

### 3.5.3

### CAPACIDAD DE LAS BOMBAS

La capacidad de las bombas de guarapo se calcula en función de la extracción de jugo y de la capacidad de molienda del ingenio, para nuestro estudio tenemos base de 3000 t.c./día, 112.5 ton/hrs.= 1800 lt/min. Para esta cantidad de guarapo se recomienda calcular sobre una eficiencia de 65% de la bomba y darle un margen de 15 a 20% para absorber cualquier variación.

Conociendo la altura a la cual se va a elevar el fluido, fácilmente se puede valorar la potencia del motor que se necesita.

$$P = \frac{Q H}{\eta}$$

#### 3.5.4 BOMBAS DE INYECCION DEL JUGO ALCALINIZADO

Del tanque donde se lleva a cabo el proceso de alcali-  
nización de jugo mezclado cae por gravedad en el tanque de  
jugo alcalinizado de aquí para el caso en estudio, necesi-  
tamos bombas centrífugas.

El jugo ya alcalinizado ha alcanzado un PH mayor 6 i-  
gual a 7, por lo que su poder de corrosión ha disminuido -  
notablemente y podrían usarse bombas de fabricación normal.  
Sin embargo, es recomendable el uso de bombas recubiertas-  
de bronce las que en su principio causan un desembolso con-  
siderable. Pero puede recuperarse la inversión por su lar-  
ga vida útil, en relación con las de fundición de hierro -  
que pueden ser corroídas en corto tiempo.



### 3.5.5 CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS DE INYECCION:

Debido a que esta parte de nuestro trabajo es de mucha importancia, pues está relacionada con la cantidad de jugo que necesitamos mover para la condensación del vapor en el condensador, incluiremos la recomendación que hacen algunos autores (12) para la selección de la bomba de inyección a condensadores de cascada y contra corriente para tachos.

--Capacidad 490 gpm/1000 pcsc. + 8% de la cantidad anterior para desgaste.

--Carga dinámica total 100 pies (30.48 m) para los condensadores altos y 60 pies (18.3 m) para condensadores bajos.

Esta recomendación es para trabajar bajo las siguientes condiciones:

Temperatura del agua/jugo de inyección 100<sup>o</sup>F (37.7<sup>o</sup>C)

Temperatura de rechazo 121<sup>o</sup> F (49.4<sup>o</sup>C)

Vacío 25 pulg. de Hg.

Evaporación; 5 lb/pie<sup>2</sup>/h en tachos.:

La temperatura es un poco alta porque se considerará agua del enfriadero que se recircula. Para agua fría de pozo o río se recomienda bomba con las características siguientes:

---Capacidad 385 gpm/1000 pcsc + 10% para pérdidas.

---Carga dinámica del agua de inyección 83<sup>o</sup>F(28.3<sup>o</sup>C); rechazo 111<sup>o</sup>F (43.9.C), vacío y evaporación las ya mencionadas.

## POTENCIA DEL EQUIPO MOTOR

33.3 Hp/1000 gpm = en condensadores altos.

20.0 Hp/1000 gpm = en condensadores bajos.

Esto es si el equipo es eléctrico.

Si el equipo es movido con vapor se necesitará:

40 HP/1000 gpm en condensadores altos

24 HP/1000 gpm en condensadores bajos.

Estas recomendaciones no son determinantes para todos los problemas sobre todo aqui en México, en donde las condiciones de trabajo en cada región son diferentes no solamente por la situación geográfica sino por las instalaciones de cada ingenio.

### 3.5.6 BOMBAS DE RECHAZO

La bomba de rechazo mandará el jugo salido del condensador hacia el proceso, comenzando en los calentadores. - La capacidad de esta bomba deberá ser mayor que la de inyección, debido a la adición del condensado.

Para una cabeza dinámica total de 50 pies (15.2 mts.) se recomienda un motor: de 15 HP/1000 gpm si es eléctrico. de 18 HP/1000 gpm si es de vapor.

(12) Índice de Capacidades para Ingenios de Azúcar crudo - Cuba.

Consideraciones generales.- Todos los pesos y medidas se deben expresar en un mismo sistema. El sistema que se adopte debe aplicarse con toda la exactitud de materiales de entrada y salida en el proceso. Para prevenir errores en cuestiones de cálculo, es indispensable la calibración periódica de los equipos de medir y pesar. En el caso particular de un ingenio, ésto es muy importante porque de la precisión con que se determine el peso del jugo mezclado dependerá todo el control del ingenio.

Cuando el error en el pesaje es de tipo acumulativo, al final de una zafra arroja resultados con grandes diferencias.

### 3.6.1 SISTEMAS UTILIZADOS EN LOS INGENIOS PARA MEDIR Y PESAR EL JUGO MEZCLADO:

Los sistemas más comunes en los ingenios son los siguientes:

1.- Básculas: las cuales funcionan por medio de un sistema de palancas y el peso se registra en una carátula. La instalación de la báscula debe hacerse de manera que quede - -

lo más cerca posible de los molinos para facilitar la supervisión de funcionamiento de las mismas.

### 3.6.2 CARACTERISTICAS DE LAS BASCULAS

- a).- Que su sistema sea de palancas.
- b).- Que sean precisas y confiables.
- c).- Que indique directamente el peso descargado y sus escalas estén en carátulas o pantalla pues esto facilita - que constantemente se vigile el peso que está entregando la báscula en cada pesada.
- d).- Que su funcionamiento sea automático.
- e).- Que cuente con registradores numéricos y gráficos para registrar la cantidad pesada.

### 3.6.3 DINANOMETROS

Su principio de funcionamiento es por medio de resortes. Este tipo de equipos no es muy confiable ya que, en algunos ingenios donde son usados dan pesos mayores o menores que el indicado en su carátula, lo cual puede deberse a la falta de mantenimiento o simplemente a que sus resortes han perdido elasticidad.

### 3.6.4 SISTEMA POR BURBUJEO

Este sistema de medición automático del jugo mezclado, no determina el peso del jugo, sino controla, mide y

registra la presión hidrostática que ejerce el jugo en los tanques de medición calibrados. Su principio está basado en una columna donde burbujea aire a una presión determinada. Como todos los sistemas tienen sus ventajas y desventajas, en el caso de este sistema, la desventaja es que -- cuando está moliendo caña normalmente, no se puede verificar el peso de jugo mezclado arrojado por descarga y se necesita ajustar ó calibrar en cada descarga. Esto obviamente resulta algo tedioso para los técnicos del Ingenio.

Como dijimos en el inciso de bombas para guarapo, el tiempo de pesaje debe ser el mínimo, pero también hay que cuidar que sea lo más exacto que se pueda, para que el proceso sea rápido y constante.

NOTA: Existe dentro de las reglamentaciones para la Industria azucarera mexicana, la obligación de utilizar -- solamente básculas del tipo de las de palancas, por ser éstas más confiables y precisas. (13)

(13) REGLAMENTO DE ZAFRA

Comisión Nal. de la Industria Azucarera. C.N.I.A.

1978

Los tanques que intervienen en el sistema además de los de jugo mezclado son:

Tanque para pesar jugo.

Tanque para jugo pesado.

Tanque para preparación de lechada de cal

Tanque para jugo alcalinización.

Y el proyectado para recibir el jugo con el condensado a la salida del condensador. Generalmente son construidos con placas de acero. El tanque de alcalinización debe ser de volumen mayor para mantener una retención por espacio de 15 minutos aproximadamente (tiempo suficiente para que se efectue la disolución de la lechada de cal en el jugo y se disminuya su grado de acidéz). El flujo a través de la tanquería debe mantenerse continuo, de manera que se puede tener el suficiente volumen para la alimentación al condensador.

En cuanto al acabado y cuidado de los tanques, se hacen las mismas recomendaciones que para los tanques colectores de guarapo con objeto de cuidar de la pureza y calidad del jugo.

### 3.7.1 CONEXIONES

En la línea de guarapo, todas las conexiones usadas -- son del tipo de las soldadas o bridadas.

Los codos y uniones usadas en la línea están unidas - por un cordón de soldadura o por bridas, en tramos de tubo o válvulas que por alguna razón es necesario desconectar - para cambio ó mantenimiento.

### 3.8 VALVULAS

Las válvulas usadas en las líneas de jugo mezclado -- son: Las de compuerta, check o retención, las de globo y - las de mariposa. Las válvulas de compuerta son usadas don - de se requiere un dispositivo que permita interrumpir el - paso del jugo. En operación normal debe permanecer total - mente abierta o cerrada, por ejemplo: en la alimentación a báscula y descarga del tanque pesado. Este tipo es el que se encuentra en mayor número en la línea. Pueden accionar se manual o automáticamente.

#### 3.8.1 VALVULAS DE GLOBO

Este tipo es usado primordialmente donde se necesita la regulación del paso de flujo. Pueden operarse manual o automáticamente y se recomienda su uso en condensadores --

para la alimentación del fluido de condensación.

### 3.8.2 VALVULAS DE RETENCION

El objeto de este tipo de válvulas es usualmente el de proteger bombas o equipos similares; permitiendo el paso de un fluido en un solo sentido, impidiendo así el regreso del fluido en cuando se presenten contra presiones.

Este tipo de válvulas están instaladas inmediatamente de una bomba en la línea de jugo. El material del cual es tán fabricadas es acero forjado con extremos bridados.

### 3.8.3 MARIPOSA

Sugeridas para controlar el flujo en el sistema Jumez cón, permiten regular el paso del líquido en forma proporcional a su abertura.



### 3.9 TUBERIA

La tubería como elemento auxiliar en los equipos, es analizada por su importancia en nuestro estudio, pues es el medio conductor del jugo mezclado en todo el trayecto que ha de recorrer.

Como se puede observar hasta aquí, el jugo pasa rápidamente por los equipos que hemos analizado y el contacto con los mismos es suave, excepto en las bombas que hay un poco de fricción al ser impulsado. En cambio, en la tubería el jugo tiene que pasar forzado y a una velocidad considerable dependiendo del gasto y el diámetro de la tubería, lo cual provoca una fricción en las paredes del tubo y se efectúa el proceso de corrosión y erosión que está en función de la resistencia del material que se seleccione.

Una tubería muy sensible a la corrosión y erosión tendrá vida útil corta, y además los productos arrastrados por el jugo contaminan y perjudican su calidad y pureza.

Debido a que el tiempo es nuestro enemigo principal por la rapidéz con que se descompone el jugo, debemos seleccionar el diámetro de la tubería que vamos a usar, pues un diámetro muy pequeño aumentaría el tiempo de recorrido que necesita hacer para entrar al proceso, provocando mayores pérdidas de azúcar.

La operación de los condensadores está basada en un sencillo balance de calor.

El calor agregado al sistema es equivalente a la cantidad de vapor que se condensa. Esto deberá ser igual al calor eliminado por el agua de condensación, multiplicado por la elevación de temperaturas entre la entrada y la salida.

Bajo condiciones normales de operación, el aire que entra en el líquido de inyección y los gases incondensables que vienen con la evaporación, ejercen una presión parcial.

La presión final en el condensador es la suma de la presión del vapor a la temperatura de la columna, más la presión parcial de los incondensables. La diferencia entre la temperatura del agua en la columna y la temperatura correspondiente al vapor de agua saturado a la presión del condensador se le conoce como "Diferencia Terminal", esto es una medida de la eficiencia de operación del condensador.

? = Agua requerida para condensar todos los vapores 100%

Total de agua usada

### ECUACION FUNDAMENTAL:

Calor ganado por el agua = Calor perdido por el vapor.

$$W (t_2 - t_1) = m(h_g - h_f)$$

Donde:

W = Flujo de agua (lb / hr)

$t_2$  = Temperatura de la columna ( $^{\circ}$ F).

$t_1$  = Temperatura entrada del agua ( $^{\circ}$ F).

m = Flujo de vapor (Lb/hr)

$h_g$  = Entalpía del vapor (Btu/lb)

$h_f$  = Entalía del agua en la columna (BTU/lb).

### 3.10.1 CONDENSADOR BAROMETRICO

Equipo empleado en **infinidad de industrias** como medio económico de eliminar aire, **evaporación** y gases en los sistemas de vacío. En la industria azucarera se ha utilizado por mucho tiempo en la evaporación a simple (Tachos al vacío) y múltiple efecto sin que a la fecha se encuentre sistema alterno más económico y eficiente. El éxito de estos equipos radica en que la mezcla (líquido/evaporación) se descarga a través de una columna por gravedad, sin necesidad de equipo mecánico de bombeo, además ocupan relativamente poco espacio y su costo es bajo.

Los hay de dos tipos principales, flujos concurrentes o paralelos, el vapor y el líquido entran por la parte superior del condensador y las de flujos a contracorrientes,

el vapor entra por el fondo y el líquido por la parte superior encontrándose y formando la mezcla, para ser descargada por la columna.

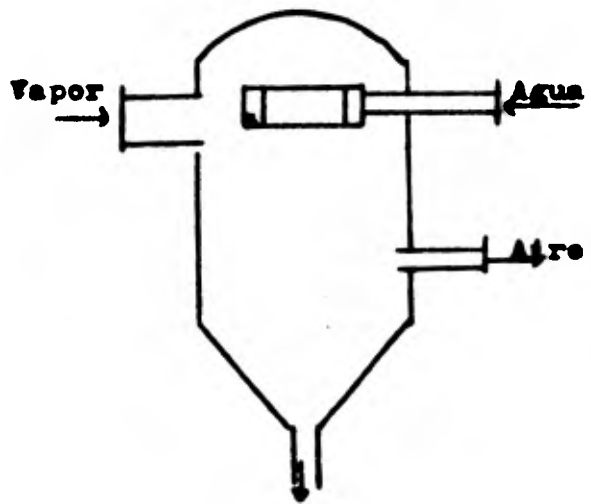
El líquido de inyección normalmente es agua. Es alimentado al condensador en forma de "jets", chorro, "sprays", cortina o bien una combinación, dependiendo del servicio -- requerido y los volúmenes disponibles. En el primer cuarto del presente siglo la firma Chute and Koerting, desarrolló el condensador tipo multijet, el cual operaba, sin necesidad de una bomba de vacío. Obviamente, por la gran cantidad de agua consumida, su ubicación se limita a aquellos lugares donde el recurso no sea problema obtenerlo en abundancia. Para los casos donde no se disponga de grandes volúmenes de líquido y se necesite eliminar excesivas cantidades de gases incondensables, se ha desarrollado la combinación de un condensador con eyector de aire, basado en el principio eyector-venturi. En operación el vapor se hace pasar a través de una tobera, expandiéndose y convirtiendo la energía de presión en energía de velocidad.

Se crea entonces un vacío y el jet de vapor de alta velocidad se junta con la corriente de aire o gas y la mezcla pasa al extremo convergente del venturi, pasa a través del difusor, donde su energía de velocidad es convertida en la presión suficiente para descargar contra una prede--terminada contrapresión.

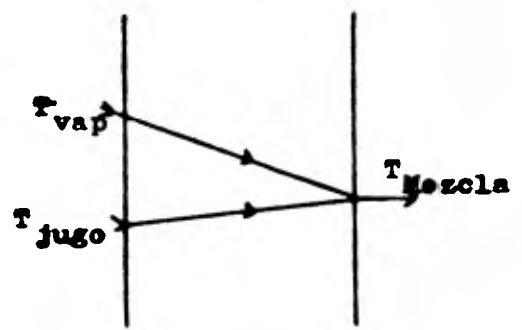
La cantidad de agua o jugo que se necesita para la -- condensación en éste tipo es mayor que en el condensador -- de contra corriente, debido a que al entrar los dos elemen-- tos al condensador tiene que producirse el efecto requeri-- do y el jugo saldrá con la temperatura que alcanza, al te-- ner contacto con la porción de vapor que condensa en el -- instante. Por lo tanto, la temperatura  $t_2$  es relativamen-- te baja y en base al balance el calor perdido por el vapor -- = calor ganado por el jugo, se tendrá que si  $(t_2 - t_1)$  es -- pequeño, la cantidad de jugo tiene que aumentar para la -- misma cantidad de vapor a condensar. Otro factor muy im-- portante que no permite el uso de este condensador en el -- sistema "JUMEZCON". Además del volumen de jugo requerido, -- se necesita una bomba de vacío de mayor capacidad que la -- utilizada en el de contra corriente, debido a que los gases -- no condensables salen a una temperatura muy cercana, a  $t_2$  -- y por lo tanto, el volumen es mayor que si saliera aproxi-- mado a  $t_1$ .

Aunque este último caso se puede superar variando el -- diámetro de la columna hasta llegar a alcanzar una veloci-- dad de más de 2m/seg. en la columna, de manera que una -- parte de los gases sea arrastrada con el jugo, no es de mu-- cho beneficio pues, más que otras cosas, nuestro factor --

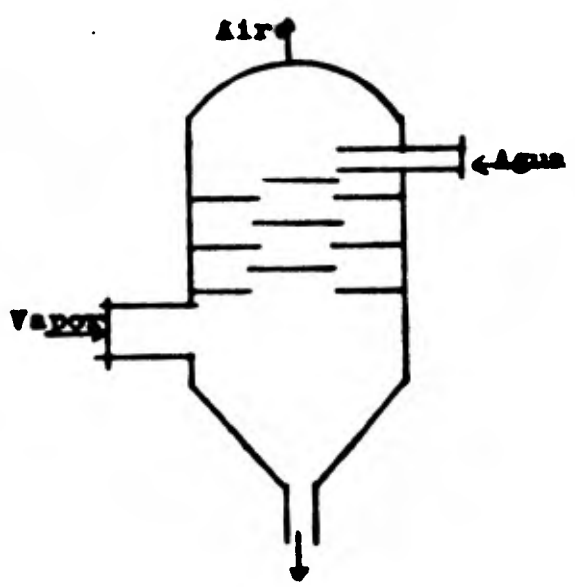
principal afectado, es el escaso volumen del jugo que tenemos como base. El fenómeno de calentamiento se efectuará como se muestra en la figura.



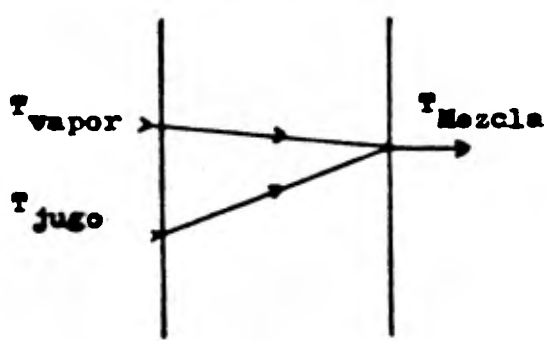
Condensador de corriente paralela



Fenómeno de calentamiento.



Condensador de contracorriente



Fenómeno de calentamiento

Otra ventaja que se tiene con este condensador es que el aire o gases no condensables tienen una temperatura que para cuestión de cálculo, se puede tomar igual a  $t_1$ , lo -- cual implica el uso de una bomba de vacío de capacidad menor que para cualquier otro condensador donde el aire evacuado es más caliente y por lo tanto de mayor volumen.

3.10.4 CONDENSADORES DE CHORRO.- Este tipo de condensadores aunque en efecto se puede suprimir la bomba de vacío -- que significa un considerable ahorro para la fábrica, tiene dos inconvenientes muy poderosos para ser eliminado como alternativa en nuestro proyecto:

1.- Se necesita gran cantidad de agua/jugo para poder arrastrar los gases incondensables.

2.- Las boquillas de inyección de agua o jugo son de diámetro pequeño, alrededor de una pulgada por lo que, fácilmente se taponarían con el bagacillo ó por incrustación de -- las impurezas que contiene el jugo.



Estas desventajas se presentan en toda la variedad de condensadores de chorro múltiple (chorro múltiple tipo -- spray ó multispray), pues el volumen de jugo del cual disponemos es limitado y se pretende aprovechar al máximo -- nuestro sistema condensando el vapor con la mínima cantidad de jugo para lograr que "La diferencia terminal" sea lo más pequeña posible.

3.10.5 EVAPORACION AL CONDENSADOR.- La cantidad de vapor a ser condensada en la estación de tachos, está influenciada principalmente por la calidad de azúcar que se producirá así, como el número de templeas. Este puede variar desde dos en una fábrica que produce mascabado, hasta cinco - con refinería.

En general, para ahorrar vapor en tachos y en consecuencia también agua de enfriamiento en los condensadores, deberán cuidarse sobremanera los siguientes puntos.

Como se puede observar las ventajas que obtenemos con este condensador con respecto a los anteriores son:

- 1.- Menor cantidad de jugo para la condensación.
- 2.- Mayor incremento de la temperatura de jugo.
- 3.- Menor costo en el equipo.

Estos factores favorecen el empleo del sistema "JUMEZ CON" ya que, ellos propician una serie de ahorros, como se verá en el análisis económico que más adelante presentamos.

- 1.- Evitar la recirculación de mieles incrementando la eficiencia de agotamientos en tachos y cristalizadores.
- 2.- Evitando excesiva dilución de las mieles y lavados controlando el brix de las mezclas fundidas.
- 3.- Racionalizando el uso de agua en las centrifugas.

A pesar de lo anterior, la cantidad de evaporación a condensar en tachos no es uniforme en la práctica, dado - que se trata de un proceso intermitente variando considerablemente el consumo de vapor en una templa. Esto explica la enorme diferencia entre el consumo de agua teórico y el real para condensadores.

### 3.10.6 DEMANDA DE AGUA EN CONDENSADORES.

En base a la experiencia, se ha llegado a la conclusión de que para un condensador de contracorriente de cascada, se necesitan aproximadamente 30 Kgrs/Kgrs. de vapor mientras que en uno de corriente paralela tipo jet se necesitan 60 Kgrs/kgs. de vapor (15). El primer caso justifica la aplicación de éste a nuestro sistema en estudio.

Generalmente, los vapores de jugo provenientes de -- los tachos son altamente corrosivos dado que contienen una cierta proporción de materia orgánica volátil.

(15) Catálogo de Condensadores.- Misco, S.A.

#### 4.0 EVALUACION TERMOENERGETICA

##### D A T O S

Se considera una molienda potencial de 3,000 tons/día con una extracción de jugo mezclado igual al 90%

$$\begin{aligned} \text{De donde} \quad 3,000 \times 0.90 &= 2,700 \text{ Tons/día} \\ 2,700/24 &= 112,500 \text{ Kg/Hr.} \\ 112,500 \times 2.2 &= 247,500 \text{ Lbs/hr.} \end{aligned}$$

#### 4.1 CANTIDAD DE AGUA A EVAPORAR EN TACHOS (16)

Brix promedio de las masas cocidas  $^{\circ}\text{Bx} = 92.15$

Brix de la meladura que entra a tachos  $^{\circ}\text{Bx} = 60.0$

Sólidos en meladura por día 416,533 Kgs

$$\begin{aligned} 416,533 (100/60 - 100/92.15) &= 242,205 \text{ Kgs/día} \\ &= 10,092 \text{ Kgs/hr.} \end{aligned}$$

Agua a evaporar de las mieles de alimentación.

$$\begin{aligned} 416,533 (0.5874) (100/60 - 100/92.15) &= 110,903 \text{ Kgs/día} \\ &= 4621 \text{ Kgs/hrs.} \end{aligned}$$

Agua a evaporar en azúcar final, en éste caso por la diferencia de Brix obviamente habrá una evaporación negativa.

$$\begin{aligned} 416,533 (0.16) (100/98 - 100/92.15) &= 4233 \text{ Kgs/día} \\ &= 180 \text{ Kgs/hr} \end{aligned}$$

(16) Balance hidrotérmico en una fábrica de azúcar crudo -  
Tesis. FAC. Ingeniería UNAM. México 1978

AGUA TOTAL A EVAPORAR.

$$10.092 + 4621 - 180 = 14,533 \text{ Lts/hr.}$$

Del total de agua a evaporar en los tachos (sistema - de tres temple) a las terceras les corresponde un 18% de los materiales en proceso.

Tomando estas temple como base tenemos:

Masa cocida de A.

Masa cocida de B.

Masa cocida de C.

$$14,533 \text{ Kgs/hr} = 31,973 \text{ Lbs/hr}$$

$$31,973 \times 0.18 = 5,755 \text{ Lbs/hr (Agua a evaporar en masa cocida "C")}$$

Se cuenta con tres tachos para procesar estas temple, con las siguientes capacidades:

Dos de 725 pies<sup>2</sup> de superficie de calentamiento y uno de 1190 pies<sup>2</sup>. Porcentualmente le corresponderá, el 27.5% a los dos primeros y el 45% al último, para realizar esta operación.

#### 4.2 JUGO NECESARIO PARA LA CONDENSACION

Temperatura del jugo de inyección -----  $86^{\circ}\text{F} = 30^{\circ}\text{C} \text{---} T_1$

Temperatura de la mezcla de rechazo ----  $113^{\circ}\text{F} = 45^{\circ}\text{C} \text{---} T_2$

$$T = 113 - 86 = 27^{\circ} \text{ F} = 15^{\circ}\text{C}.$$

EXPERIMENTAL: RANGO ( $41.5^{\circ}\text{C} - 48^{\circ}\text{C}$ )

De la ecuación fundamental del calor:

Q perdido por el vapor = Q ganado por el jugo.

$$W(T_2 - T_1) = M(h_g - h_f)$$

$$W(113^{\circ}\text{F} - 86^{\circ}\text{F}) = 1(1114 - 80.94)$$

$$W = 1,033.06/27$$

$$W = 38,26 \text{ Lbs jugo/lbs de vapor.}$$

W. --- Flujo de jugo (lbs/hr)

M. --- Flujo de vapor (lbs/hr)

Hg --- entalpía del vapor (Btu/lb)

h<sub>f</sub> --- entalpía de la mezcla (Btu/lb)

Para mantener un vacío estable se recomienda la siguiente proporción; 49 Lbs de agua/Lb de vapor. (17)

Establecemos un margen de holgura razonable de 45 Lbs/Lb de vapor, que se puede lograr gracias al avance tecnológico en este renglón en los últimos años.

La cantidad necesaria de jugo es:

$$5,755.14 \times 45 = 258,981 \text{ Lbs/hr.}$$

Como el jugo tiene normalmente  $17^{\circ}$  Brix, su densidad la consideramos 1.07, por lo que la cantidad ajustada sería:  $258,981 \times 1.07 = 277,109 \text{ Lbs/hr}$

Ahora bien, si se utiliza el condensador de cascada del tacho, de  $1190 \text{ pies}^2$  de s.c. tendremos:  $277,109 \times 0.45 = 124,699 \text{ Lbs/hr.}$

Utilizando el jugo después de alcalinizado:

Jugo de caña -----	247,500 Lbs/hr
Lechada de cal -----	<u>3,500 Lbs/hr</u>
Total jugo disponible -----	251,000 Lbs/hr
- Jugo al condensador -----	124,699 Lbs/hr
Excedente -----	126,300 Lbs/hr

Pudiéndose entonces implementar el uso de este sobrante en uno de los tachos de  $725 \text{ pies}^2$  y mantenerse un excedente para los picos presentes en todo el proceso.

Jugo necesario para el tacho de  $725 \text{ pies}^2 = 76,205 \text{ Lbs/hr}$   
Excedente para picos;  $50,095 \text{ Lbs/hr.}$

#### 4.3 OPERACION DE LA INSTRUMENTACION DEL TANQUE DE JUGO ALCALIZADO.

##### 4.3.1 INSTRUMENTOS UTILIZADOS.

- a).- Seis válvulas automáticas
- b).- Un transmisor de nivel
- c).- Dos relevadores de tiempo
- d).- Un control de nivel

4.3.2 Operación; Con señal de 30% de nivel del transmisor al control se manda señal a los relevadores electro-neumáticos para arrancar bombas ( $B_3$ ,  $B_4$ ) de agua de recirculación y agua al condensador.

Abra válvula automática  $V_4$  agua al condensador y válvula  $V_6$  del bache y válvula  $V_1$  jugo a calentadores.

Pare bomba ( $B_2$ ) de jugo bache a calentadores, cierre la válvula automática  $V_2$  de jugo al condensador, cierre  $V_3$  jugo al calentador y cierre válvula  $V_5$  de jugo al bache y energise relevador electro-neumático para accionar el control de presión absoluta.

Con señal de 50% de nivel del transmisor al control se manda señal a los relevadores electro-neumáticos para que pare

la bomba B<sub>4</sub> agua al condensador y pare bomba B<sub>3</sub> de agua de recirculación del bache, cierre la válvula automática V<sub>4</sub> - agua al condensador, cierre V<sub>6</sub> del bache y cierre V<sub>1</sub> de jugo a calentadores. Abra válvula automática V<sub>2</sub> jugo a condensador, abra válvula automática V<sub>3</sub> jugo al condensador, abra válvula V<sub>5</sub> jugo al bache arranque bomba B<sub>2</sub> de jugo bache a calentadores y desenergice electroválvulas para accionar el control de presión absoluta.

Es necesario mantener el nivel del tanque de jugo alcalizado al 50% por lo menos, para poder llevar un buen control del PH ya que éste es de mucha importancia en el proceso de elaboración.

Al terminar el proceso en el tacho (bajar la temple) por medio del control de presión absoluta operado en forma manual, se energizará el relevador y se volverá al ciclo de operación; esto quiere decir que para poder trabajar, los instrumentos deben estar con el selector en posición automática.

Por fallas en alguna de las válvulas automáticas de agua o de jugo a la entrada del condensador o en el pantallón de la columna barométrica se colocarán micros de abertura y cierre de la mariposa de las válvulas y por medio de una lámpara nos indicará la posición deseada.



#### 4.4 OPERACION DEL SISTEMA DE CONTROL PARA EL CONDENSADOR.

##### 4.4.1 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

- a).- Control de presión absoluta
- b).- Dos electro-válvulas
- c).- Cuatro Micros

4.4.2 Las válvulas automáticas  $V_1$ ,  $V_4$ ,  $V_6$  son normalmente abiertas y las válvulas automáticas  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_5$  son normalmente cerradas.

El control de presión absoluta funcionará de la siguiente forma:

El control de nivel del tanque de jugo alcalizado al recibir la señal del transmisor de nivel y que ésta sea de 50% de nivel accionará un relevador electro-neumático y cerrará las válvulas automáticas de agua al condensador y la del pantalón de la columna correspondiente al agua  $V_4$   $V_6$ . Abrirá las válvulas de jugo al condensador y la del pantalón correspondiente al jugo  $V_3$  y  $V_5$ .

Si el control de nivel del tanque de jugo alcalizado recibe señal del transmisor de nivel del 30% éste manda señal al relevador electro-neumático del control de presión absoluta para efectuar los siguientes pasos.

Cerrará válvula  $V_3$  jugo al condensador.

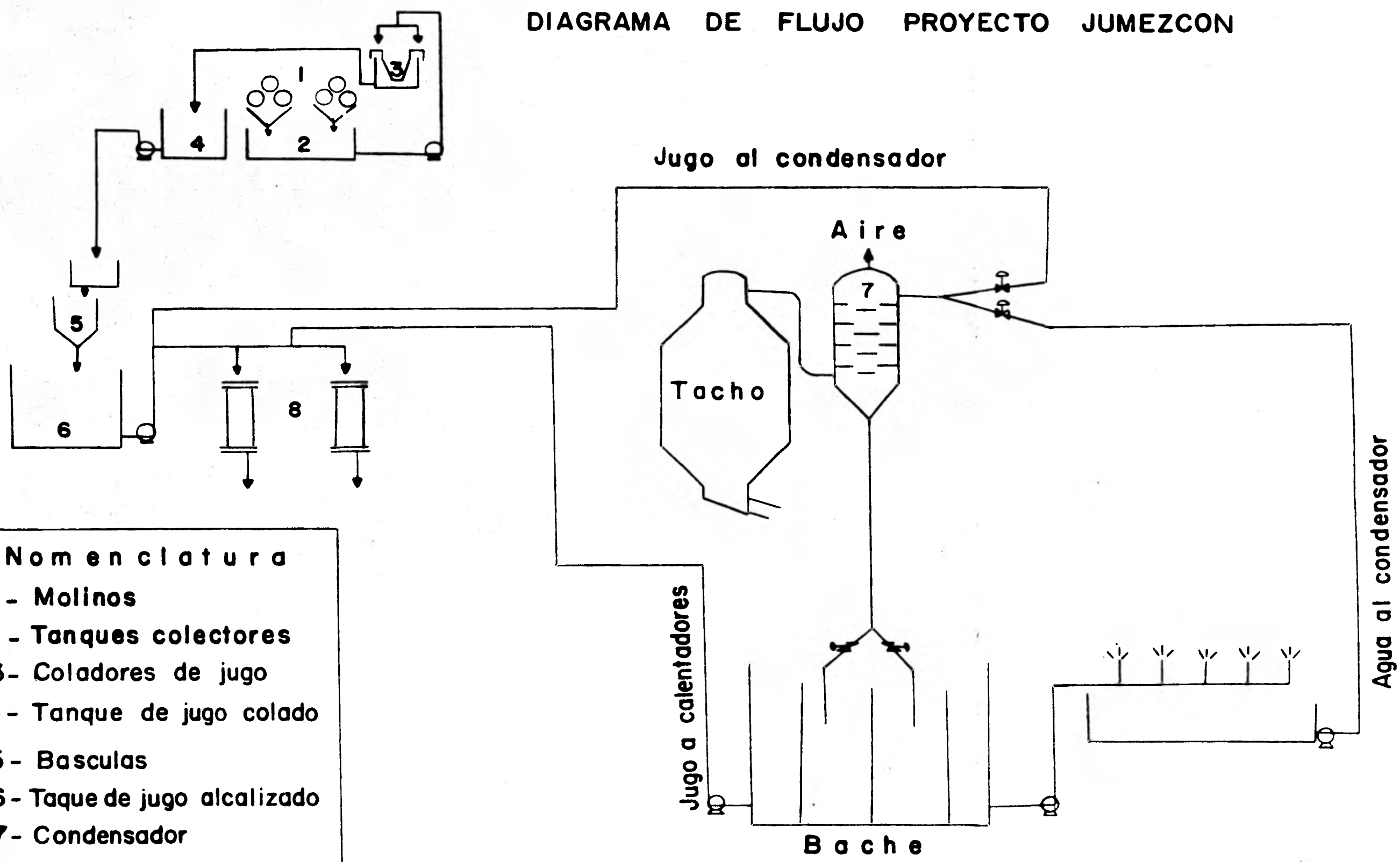
Cerrará válvula  $V_5$  jugo al bache

Abrirá válvula  $V_4$  agua al condensador

Abrirá válvula  $V_6$  agua de recirculación.



### DIAGRAMA DE FLUJO PROYECTO JUMEZCON



- Nomenclatura**
- 1 - Molinos
  - 2 - Tanques colectores
  - 3 - Coladores de jugo
  - 4 - Tanque de jugo colado
  - 5 - Basculas
  - 6 - Taque de jugo alcalizado
  - 7 - Condensador
  - 8 - Calentadores

Jugo al condensador

Aire

Tacho

Jugo a calentadores

Bache

Agua al condensador

Nº	EQUIPO	INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	ACCION CORRECTIVA
1	Tque de jugo alcalizado	Trasmisor de nivel	Bajo nivel	Abre valvula aut V1
2	1	1	1	Cierra ✓ ✓ V2
3	Condensador	Control de presion absoluta	Caida de presion	✓ ✓ ✓ V3
4	3	3	3	✓ ✓ ✓ V5
5	3	3	3	Abre ✓ ✓ V4
6	3	3	3	✓ ✓ ✓ V6
7	1	Electro-Valvula	1	Para Bba jugo condensador B1
8	1	7	1	Arranca bba jugo calentador B2
9	1	7	1	✓ ✓ Agua condensa B3
10	1	7	1	✓ ✓ ✓ Bache recir B5
11	1	7	1	Para ✓ Jugo ✓ calent B4
12	1	7	Nivel de operacion	Cierra valvula automatica V1
13	1	7	1	Abre ✓ ✓ V2
14	3	3	12	✓ ✓ ✓ V3
15	3	3	12	✓ ✓ ✓ V5
16	3	3	12	Cierra ✓ ✓ V4
17	3	3	12	✓ ✓ ✓ V6
18	7	7	12	Arranca bba jugo condens B1
19	7	7	12	Para ✓ ✓ calentad B2
20	7	7	12	✓ ✓ agua condens B3
21	7	7	12	✓ ✓ ✓ bache B5
22	7	7	12	Arranca ✓ jugo ✓ B4
23	T a c h o	3	Fin de proceso	1
24	23	3	23	2
25	23	3	23	3
26	23	3	23	4
27	23	3	23	16
28	23	3	23	17
29	23	3	23	7
30	23	3	23	8
31	23	3	23	20
32	23	3	23	21
33	23	3	23	11
SECUENCIA SIST. DE CONTROL PROPUESTO				

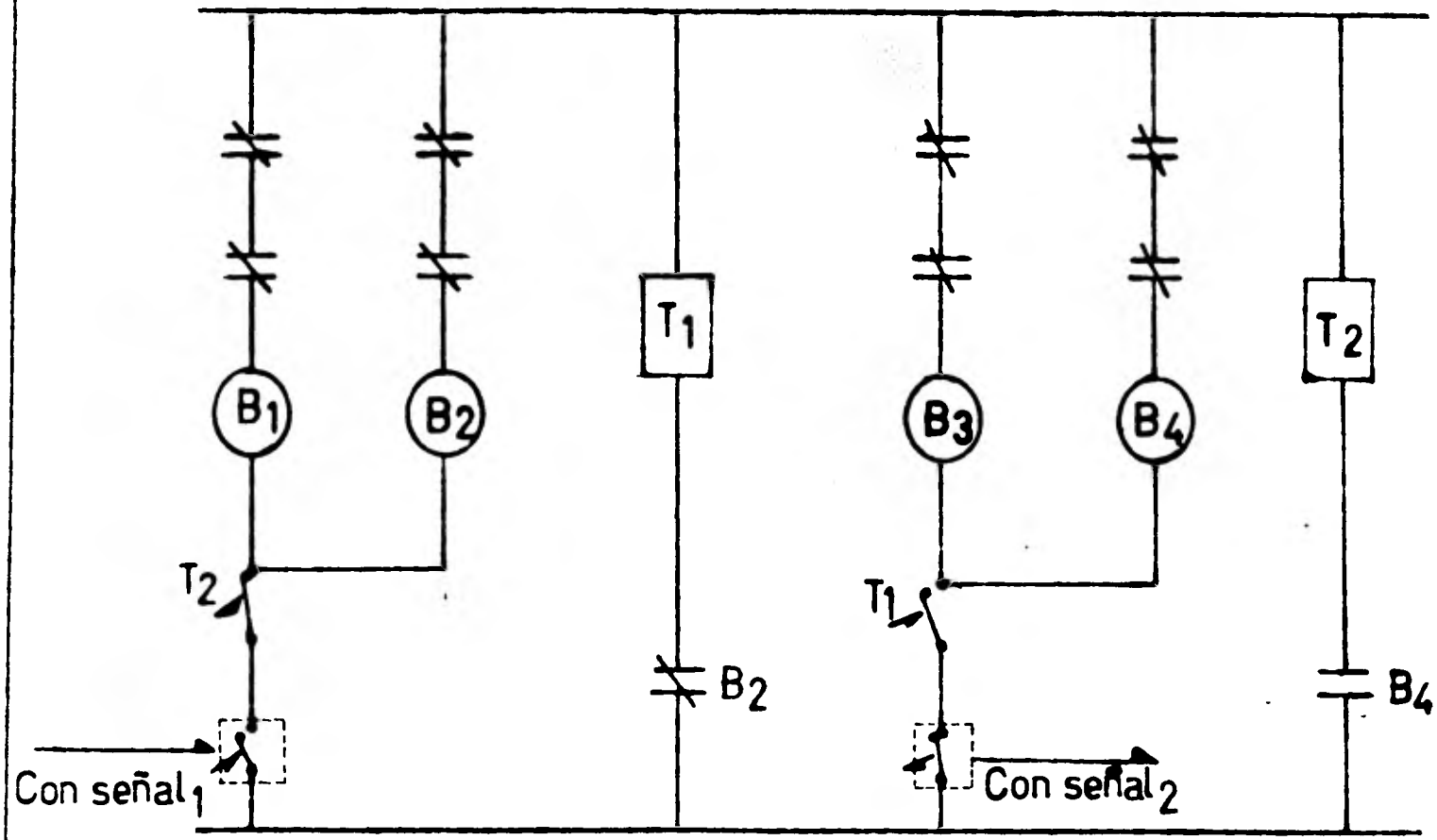


Diagrama electrico de control para la instrumentacion propuesta del condensador

## 5.0 REPERCUSION ECONOMICA DEL PROYECTO "JUMEZCON"

### 5.1 ECONOMIA DE VAPOR Y COMBUSTIBLE EN CALENTADORES.

Temperatura de entrada del jugo normal  $30^{\circ}\text{C} - 86^{\circ}\text{F}$ .

Temperatura de entrada del jugo (JUMEZCON)  $48^{\circ}\text{C} - 118.4$

Calor expecifico del jugo ---  $0.91 \text{ BTU/Lb } -^{\circ}\text{F}$ .

Para el caso de los dos tachos considerados.

Cantidad de jugo requerido  $200,904 \text{ Lbs/hr} = 90,498 \text{ Kgs/hr}$ .

$200,904 (216-118.4) (0.91) = 17,843,490 \text{ BTU/hr}$ .

$200,904 (216-86) (0.91) = 23,766,943 \text{ BTU/hr}$ .

Calor latente =  $955 \text{ BTU/Lb}$ .

Q ganado  $23,766,943 - 17,843,490 = 5,923,453 \text{ BTU/hr}$ .

Vapor requerido para producir el mismo calor al jugo.

$$\frac{5,932,453}{955} = 6,202 \text{ Lb/hr}$$

Este vapor se generaría quemando:

#### 5.1.1 BAGAZO (ECONOMIZADO)

2.1 Lbs vapor /Lb bagazo.

$$\frac{6202}{2.1} = 2,953.3 \text{ Lbs/hr} = 32,218 \text{ Kg/día}$$

Ahorro =  $32.218 \text{ Ton. Bagazo/día}$ .

### 5.1.2 PETROLEG (ECONOMIZADO)

13.7 Lbs vapor/Lb petr6leo

$$\frac{6,202}{13.7} = 452 \text{ Lbs/hr.}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro} &= \frac{452}{2.2 \times .95} = 216.26 \frac{\text{Lts}}{\text{Hr.}} \times 24 = 5,190.4 \text{ Lts/día} \\ &= 5,190 \text{ Lts/día.} \end{aligned}$$

### 5.2 ECONOMIA DE AGUA DE CONDENSACION.

200,904 Lbs/hr. jugo

$$\frac{200,904}{2.2} = 91,320 \text{ Lts/hr. (considerando } \delta = \delta \text{ del agua)}$$

$$91,320 \times 24 = 2,191,680 \text{ Lts/día.}$$

AHORRO 2,192 M3/día

### 5.3 EFECTO DE LA DILUCION

.8x del jugo al condensador 17<sup>0</sup> Bx.

200,904 Lb/hr Jugo al condensador

$$5,755.14 \times .725 = 4,172.5 \text{ Lbs/hr evaporación.}$$

.725 = Porcentaje que evaporan los 2 tachos.

$$200,904 \div 17^0 \text{ Bx} = (200,904 + 4172.5) \div X$$

$$X = 16.6^0 \text{ B.}$$

DISMINUCION  $\rho_{Bx} = 17 - 16.6 = .40 \rho_{Bx}$ .

5.3.1 VAPOR EXCEDENTE POR DILUCION

$$\frac{4,172}{955} (0.91) (216 - 118,4) = 388 \text{ Lb/hr.}$$

5.3.2 BAGAZO REQUERIDO

$$\frac{388}{2.1} = 184.8 \text{ Lb/hr.}$$

$$\frac{184.8}{2.2} \times 24 = 2,016 \text{ Kg/día.}$$

5.3.3 AHORRO NETO DE BAGAZO.

$$32,218 - 2,016 = \underline{30.202 \text{ Tons/día.}}$$

5.3.4 PETROLEO REQUERIDO

$$\frac{388}{13.7} = 28.3 \text{ Lbs/hr.}$$

$$\frac{28.3}{.95} (2.2) \times 24 = 325.2 \text{ Lts/día.}$$

5.3.5 AHORRO NETO DE PETROLEO.

$$5,190 - 325.2 = \underline{4,864,8 \text{ Lts/día.}}$$



5.4

BALANCE ECONOMICO

5.4.1 COSTO DEL COMBUSTIBLE (PETROLEO \$ 0.50/Lt)

$$4864.8 \times 0.50 = 2,432.4$$

Tons. caña a moler/zafra 350,000

Cap. Molienda nominal 3000 Tons/día

$$\frac{350,000}{3,000} = 117 \text{ días de zafra}$$

$$117 \times 2,432.4 = \$ 284,590.80$$

(Sin considerar tiempo perdido)

5.4.2 COSTO DEL BAGAZO

Digamos: \$ 120.00/ton.

$$30,202 \times 117 \times 120.00 = \$ 424,036.00$$

5.4.3 COSTO DEL AGUA

$$2,192 \text{ M}^3/\text{día}$$

$$2,192 \times 117 = 256,464 \text{ M}^3$$

Un pozo que da un máximo de 2.5 Lts/seg.

(9 000 Lts/hr) costó aproximadamente \$ 450,000.00 (1970)

Con una vida útil, para efectos económicos de 20 años, --  
sin considerar reposición ni mantenimiento.

$$9,000 \times 24 = 216 \text{ M}^3/\text{día}$$

$$216 \times 117 = 25,272 \text{ M}^3/\text{zafra.}$$

$$\frac{\$ 450,000.00}{20} = \$ 22,500.00/\text{año}$$

$$\frac{22,500}{25,272} = \$ 0.90/\text{M}^3$$

#### AHORRO

$$256,464 \times 0.90 = 230,817.60$$

NOTA: Se considera un costo de 1970, lo cual para --  
hoy día varía quizá en un 80% del valor.

#### 5.4.4 RESUMEN AHORRO

1a. OPCION:	PETROLEO	284,590.80
	AGUA	<u>230,817.60</u>
		\$515,408.40

2a. OPCION:	BAGAZO	424,036.00
	AGUA	<u>230,817.60</u>
		\$654,853.60



#### 5.4.5 OTROS

Es necesario señalar que no se han hecho intervenir - en éste ahorro, factores intangibles, pero seguramente importantes, tales como el abatimiento en las pérdidas por - inversión del jugo y otros que igualmente se afectan a favor del sistema.

Dentro de estos últimos se citan los arrastres de azúcar con la evaporación, debidos a un deficiente diseño o - estado de los separadores en los equipos de proceso (múltiple efecto y tachos).

Una firma fabricante de separadores presenta niveles de pérdidas de azúcar como sigue:

Ultimo cuerpo de un cuádruple  
1,113 M2. superficie calórica ---- Hasta 16.5 Tons/semana.

Si convertimos esto en pesos y centavos, es fácil comprender las ideas aquí vertidas.

