

90:1-8
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS



FLUJO DE FLUIDOS
EN UN INGENIO AZUCARERO



TESIS

PRESENTADA POR

ROBERTO MOTA MONTIEL

EN SU EXAMEN PROFESIONAL DE INGENIERO QUIMICO

MEXICO, D. F.

MCMVL





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.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF CHEMISTRY

REPORT OF THE

THE UNIVERSITY OF CHICAGO



FLUJO DE FLUIDOS
EN UN INGENIO AZUCARERO

FLUJO DE FLUIDOS
EN UN INGENIO AZUCARERO

DEDICATORIA :

En un voto dedico este trabajo a todas las personas que han afectado mi vida; deseando sea un emisario de estimación para ellas.

A mis Padres como símbolo de mi cariño y respeto; para mis Hermanos como un recuerdo de mis grandes ambiciones.

A mis maestros como manifestación de la huella que en mi quedó de su sabiduría; a los Ingenieros Salvador Soto Morales y Alberto Urbina quienes con sus amplios conceptos mejoraron este trabajo y al Dr. Fernando Orozco que sabiamente me orientó en el sendero de la Química.

Finalmente a mis condiscípulos deseando colaborar para seguir adelante en nuestra ruta.

DECLARACION

Yo, el suscritor, declaro que he leído y he entendido el contenido de este documento y que he aceptado sus términos y condiciones.

A esta declaración se le otorga validez y fuerza legal en virtud de la ley de firmas electrónicas.

A las personas que se mencionan en este documento se les otorga el derecho de acceder a los servicios que se describen en el presente documento y de utilizarlos de acuerdo con las condiciones de uso que se establecen en el presente documento.

Quedo a disposición para cualquier consulta o aclaración que se requiera.

CONTENIDO:

- CAPITULO I.—Objeto e importancia del estudio de Flujo de Fluídos en el Ingenio Azucarero.
- CAPITULO II.—Flujo de Guarapos, Meladuras, Mieles y Masas Cocidas.
- CAPITULO III.—Flujo de Agua.
- CAPITULO IV.—Flujo de Vapor.
- CAPITULO V.—Conclusiones.

CONTENIDO:

- CAPITULO I -- Origen y desarrollo del estado de Luis
de Florida en el tiempo Americano.
- CAPITULO II -- Plan de Gobierno, Gobierno y
Leyes de Florida.
- CAPITULO III -- Flora de Florida.
- CAPITULO IV -- Flora de Virginia.
- CAPITULO V -- Conclusiones.

Capítulo I.

Habiendo estado en dos diferentes Ingenios Azucareros en donde no tuve la oportunidad de conocer los planos del equipo y funcionamiento de la fábrica y suponiendo que lo mismo habrán experimentado algunos de mis compañeros, es por lo que decidí desarrollar este trabajo con el objeto de describir detalladamente la circulación de los diferentes fluidos. Como este proceso tiene una gran intervención en la fabricación del Azúcar de Caña, es así como puede conocerse el equipo y a la vez darse perfecta cuenta del funcionamiento de la fábrica.

Es importante este estudio porque además de sentar bases para trabajos posteriores; como pueden ser reformas a la instalación, cambio de uno o varios aparatos, o bien modificar el sistema de trabajo; permite estar en condiciones de controlar la fábrica y dominar de esta manera el proceso azucarero; contando con el previo conocimiento del Control Químico, Manejo del Personal y las importantísimas operaciones de: Molienda, Filtración, Calor y Secado, que no se tratarán aquí porque resultaría una labor demasiado extensa.

Tratando únicamente el flujo de fluidos en la forma descrita más adelante, se verá, que es un estudio parcial; ya

que, bien sabido es por todos, que dicha operación unitaria es muy extensa y aplicada a Un Ingenio Azucarero, donde el equipo numeroso de tuberías, bombas, motores y aparatos, requiere muchas condiciones técnicas, como son diámetros económicos, eficiencias y rendimientos máximos, etc.; no sería posible en el tiempo razonable, desarrollar el estudio completo y únicamente me concretaré a tratar la parte que corresponde al propósito mencionado al principio.

Durante mi estancia en la fábrica observé que las cantidades de vapor y combustible gastadas son grandes y pienso que se podrían reducir bastante, requiriéndose para esto, un profundo y detallado estudio de calor. Como este problema, tiene infinidad el Ingenio y para resolverlos es necesario empezar por lo más elemental como es la acumulación de la gran cantidad de datos que son indispensables para hacer los cálculos. Por los datos mencionados faltantes no me fué posible mejorar este trabajo y la razón es que para obtenerlos es forzoso permanecer mucho tiempo en la fábrica haciendo observaciones y también esperando oportunidades, como son, interrupciones o la parada total de la fábrica para alcanzar el mismo fin.

Como se podrá observar más adelante, otro de los objetivos perseguidos en este trabajo, es la obtención de algunos de los muchos datos indispensables para estudios posteriores.

A la tubería de hierro de dos pulgadas estandar, le corresponde un diámetro exterior de 2.375 pulgadas y diámetro interior de 2.067 pulgadas. Para codos de 90 grados y 2 pulgadas estandar, corresponden 5.18 ft, de longitud equivalente por codo.

Encontrando con estos datos que la tubería tendrá un largo total de $11 + 3.16 = 14.16$ metros.

Como los datos encontrados en los libros para hacer los respectivos cálculos, están dados en unidades del Sistema Absoluto Inglés nos conviene seguir el curso de ellos basándonos en el mencionado sistema, siendo esta la razón, por la cual en todo el desarrollo de este trabajo, encontramos una serie de conversiones entre el sistema Cegesimal y el Absoluto Inglés.

Para saber la potencia que podrá consumir la bomba requerida, es necesario, calcular la diferencia de presiones y el gasto volumétrico, para lo que se utiliza el teorema de Bernoulli; que en este caso concreto queda:

$$DP = X_2 - X_1 + V_2^2 / 2g + Ef.$$

(Vease la nomenclatura al final de este trabajo).

Para calcular las pérdidas por fricción en la aplicación del Teorema de Bernoulli, precisa saber si el flujo es lineal o turbulento; pudiendo con esto incluir la ecuación correspondiente que puede ser la de Fanning o la Poiseuille, $q = 5 \text{ kg.} \times 0.03531 \text{ ft}^3 / 1.069 \text{ p. e.} = 0.1653 \text{ ft}^3 / \text{seg.}$; conocido el gasto volumétrico, seguiremos el cálculo del número de Reynolds, que será el que determine si el flujo es lineal o turbulento; su fórmula es: $Re = D V r / \mu$.

La fórmula que nos da la velocidad es: $V = q / S$; la de la sección: $S = \text{Pi} \times D^2 / 4 = 3.1416 \times 0.0298^2 / 4 = 0.02338 \text{ ft}^2$
 $V = 0.1653 / 0.02338 = 7.075 \text{ ft.} / \text{seg.}$

$$m = 1.9 \text{ centipoises} \times 0.000672 = 0.001275 \text{ lb./seg. ft.}$$

~~$$Re = 2.067 \times 7.075 \times 66.7358 / 12 \times 0.001275 = 63\ 750$$~~

~~$$f = 0.0058 \quad \tau = 1.069 \times 62.3 = 66.7358 \text{ lb/ft}^2$$~~

$$Re = 2.067 \times 7.075 \times 66.7358 / 12 \times 0.001275 = 63\ 750$$

$$f = 0.0058.$$

Con el valor del Número de Reynolds encontrado se deduce que el flujo es turbulento y la fórmula para calcular la diferencia de presiones quedará:

$$DP = X_2 \text{ más } V_2^2 / 2g \text{ más } 4fNV^2 / 2gD.$$

$$DP = 14.16 \text{ m.} \times 3.28 \text{ ft.} + 7.075^2 / 2 \times 32.2 + 4 \times 0.0058 \\ \times 46.4 \times 7.075^2 \times 12 / 2 \times 32.2 \times 2.067.$$

$$DP = 46.4 + 0.7775 + 4.81 = 51.99 \text{ ft.}$$

$$\text{Potencia} = 0.1653 \times 51.99 \times 66.736 / 550 = 1.043 \text{ H. P.}$$

Suponiéndoles a las bombas en uso una eficiencia de 60 por ciento entonces se encuentra que la potencia necesaria para la bomba pedida será: $1.043 / 60 = 1.745 \text{ H.P.}$

Como estas bombas durante las 24 horas del día trabajan constantemente, es común en casos como este disponer de dos bombas para el mismo fin, con el objeto de poder emplear una en el caso que se descomponga la otra; o bien, si se da el caso de un imprevisto aumento en la molienda.

En cuanto el guarapo diluido llega a la torre sulfitada; cae por gravedad pasando por sus diferentes pisos y llegando al fondo que tiene un tubo de fierro estandar de 4 pulgadas por donde descarga a 3 diferentes tinas alcalizadoras, cuyos fondos descansan en un piso a 6 metros sobre el nivel del suelo.

La capacidad de cada tina alcalizadora es de 2940 litros y 26.1 por centímetro de altura.

Como son 382 500 kilos de guarapo los que descargan en las tinas durante 24 horas, resulta que cada tina recibe

$382\ 500/3 = 127\ 500$ kilos de guarapo por día; encontrando con este dato que:

$127\ 500/2\ 940 \times 1.069 \text{ p. e} = 40.6$ son las veces que una tina alcalizadora es llenada durante las 24 horas del día; esto quiere decir que para seguir el guarapo su curso normal, una deberá tardar como máximo en alcalizarse: $24 \times 60/40 = 36$ minutos.

Alcalizando el guarapo se descarga, de las tinas por tubo de cuatro pulgadas, estandar, a un tanque mezclador por gravedad; teniendo este recipiente una capacidad total de 4 920 litros y 18.35 por centímetro de altura.

Del tanque mezclador, se bombea el guarapo por tubo de dos pulgadas estandar, a los tanques clarificadores que son en número de 13 con una capacidad total por tanque de 6.800 litros y 28.35 por centímetro de altura.

El guarapo alcalizado antes de llegar a los clarificadores pasa por un cambiador de calor con 108 tubos de 2.9 centímetros de diámetro interior, por donde el guarapo recorre una longitud de 4.58 metros de largo.

La altura de descarga del tanque mezclador, a las tinas defecadoras es de 6.60 metros; quedando el cambiador de calor con sus 108 tubos horizontales intercalado a una altura de 5 metros sobre el nivel del fondo del tanque mezclador.

Para facilitar el cálculo de la potencia que se deberá suministrar a la bomba encargada de subir el guarapo a los tanques clarificadores, se hará en tres partes; primero encontrando la diferencia de presiones entre el tanque alimentador y la entrada al cambiador de calor; en seguida la pérdida entre la entrada y la salida del cambiador; por último la que hay entre la salida del cambiador y la descarga a las tinas defecadoras.

Para el cálculo de la pérdida de presión entre el tanque y la entrada al cambiador, se aprovecharán algunos datos de los empleados en el cálculo para pasar de los molinos a la torre de sulfitación:

$$\text{Longitud de tubería sin codos} = 22.96 \text{ ft.}$$

$$\text{Longitud total} = 22.96 + 5.18 \times 2 = 33.32 \text{ ft.}$$

La fórmula por aplicar es la misma que en el caso anterior encontrando que en este caso varía la densidad del guarapo que ya va alcalizado y es de 19 grados Brix o sea de 67.2 lb. / ft³

$$q = 0.1653 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$V = 7.075 \text{ ft. / seg.}$$

$$m = 0.001275 \text{ lb. / seg. ft.}$$

$$Re = 2.067 \times 7.075 \times 67.2 / 12 \times 0.001275 = 64\,350$$

$$f = 0.00575$$

Encontrando que el flujo es turbulento la fórmula aplicada será:

$$DP = X_2 + V_2^2 g + 4fNV^2 / 2gD.$$

$$DP = 5 \text{ m.} \times 3.28 \text{ ft.} + 50 / 64.4 + 4 \times 0.00575 \times 33.32 \times 50 / 64.4 \times 0.1742.$$

$$DP = 16.40 + 0.7775 + 3.417 = 20.59 \text{ ft.}$$

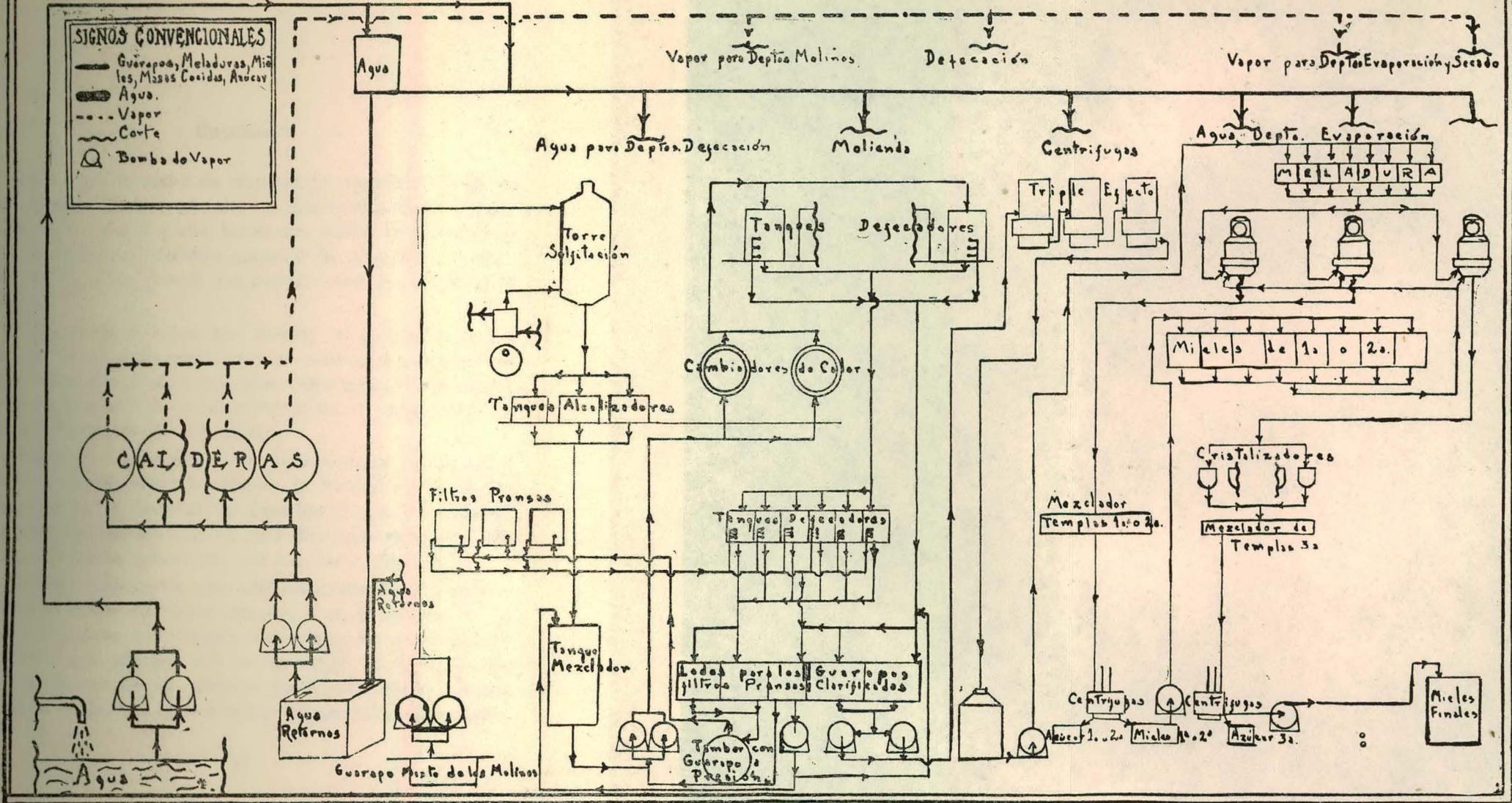
Para determinar las diferencias de presiones entre la entrada y la salida al cambiador de calor, se usará la ecuación general:

$$DP = Fe + \text{número de tubos} \times (Fc + Ef + Fe) + Fc$$

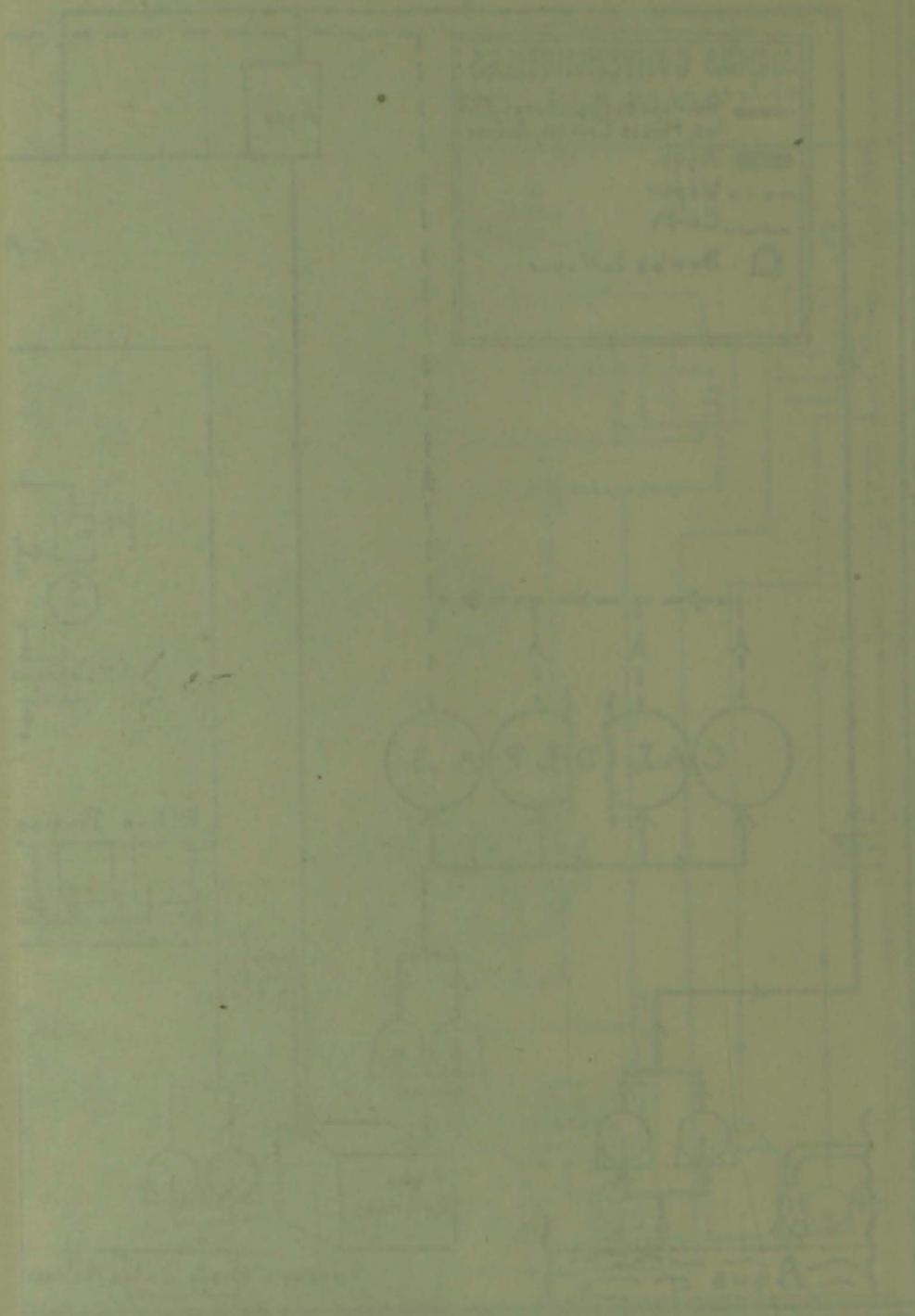
Sustituyendo las fórmulas particulares, la ecuación quedará:

$$DP = (V_{0.17} - V_3)^2 / 2g \text{ más } 108 [K_{0.09} V_{0.09}^2 / 2g \text{ más } V_{0.09}^2 - V_3^2 / 2g \text{ más la ecuación de Fanning o Poiseuille según sea el flujo lineal o turbulento} + (V_{0.09} - V_3)^2 / 2g + V_3^2 - V_{0.09}^2 / 2g] + K_{0.17} V_{17}^2 / 2g.$$

DIAGRAMA GENERAL DE PROCEDIMIENTOS USADOS EN UN INGENIO AZUCARERO



SCHEMATA CENTRAL DE P&G



Capítulo II

Para apreciar mejor de conjunto la capacidad de la fábrica y como circulan por ella los diferentes productos, desde que salen del trapiche, hasta que entran al granulador; aquí se incluye un informe mensual de laboratorio y también un diagrama general que permite conocer el sistema de trabajo.

Como otras personas han tratado ya extensamente los métodos de llevar la contabilidad azucarera no expondré nada referente a ella concentrándome únicamente a presentar los datos producto de mi experiencia en el laboratorio; como se acostumbra en los ingenios.

Referente a los métodos de análisis, todos los seguidos son los vistos en el curso práctico de Azúcares y Alcoholes impartido en la Facultad de Ciencias Químicas, teniendo por norma el extenso Manual de Fabricantes de Azúcar de Caña y Químicos Azucareros, por Guilford L. Spencer.

Los datos expuestos más adelante referentes a las pruebas en el laboratorio están calculados en el término de un mes y se supone que durante este tiempo no ocurrieron en la fábrica más paradas que las de rutina; la razón de ello es que algunos de los cálculos posteriores, están basados en estos datos y si se incluyeran las paradas imprevistas,

esta falta de tiempo, afectaría los trabajos globales de molienda y de producción, obteniendo en cálculos de capacidades y en general, datos falsos.

Capítulo II

Para obtener los datos de capacidad de la planta y como muestra por uno de los diferentes productos de que se compone, basta con el conocimiento de que se requiere un número determinado de laboratorios y con un diagrama general que permita conocer el número de laboratorios.

Como cada persona que trabaja en el laboratorio de la planta, la cantidad de trabajo que se le asigna y el tiempo que se le dedica a cada uno de los productos de la planta, es el resultado de una distribución en los laboratorios.

Referente a los métodos de análisis, todos los métodos que se emplean en el curso práctico de Análisis y Microanálisis, se encuentran en la Facultad de Ciencias Químicas, teniendo por norma el sistema de la Facultad de Análisis de la Universidad de Chile, por el doctor Antonio J. Sotomayor.

Los datos expresados en este capítulo corresponden a los que se obtienen en el laboratorio de análisis, en el término de un mes y se supone que durante este tiempo no ocurren en la planta cambios que los de nature la razón de ello es que algunos de los métodos que se emplean en el laboratorio de análisis, están basados en estos datos y si se introdujeran los cambios correspondientes.

REPORTE MENSUAL DE LABORATORIO

ANÁLISIS:	Brix	Sacarosa	Humedad	Fibra	Glucosa	Coef. Gluc.	Pureza
Guarapo normal.	18.51	15.67			1.22	7.8	84.7
Guarapo diluido.	16.85	14.25			1.12	7.8	84.7
Guarapo defecado.	18.90	16.15			1.30	8.08	85.5
Meladura.	58.94	51.71			4.04	7.83	87.7
Masa Cocida A.	91.52	89.70					97.8
Miel A.	85.20	53.10					62.4
Masa cocida B.	81.30	81.00					92.3
Miel B.	84.20	42.20					50.1
Masa Cocida C.	83.00	56.30					68.0
Miel Final.	76.64	36.80					48.2
Bagazo.		3.85	50.40	49.60			
Torta cachaza.		8.34					
Azúcar.		98.13	0.001		0.005		
Caña.		13.40		14.30			

Paro	Duración	Análisis del tiempo.	
		Causas	
Fábrica	96 horas	Reparaciones y limpieza aparatos.	
Suma	96 " "		
Trabajo	624 " "		
Total	720 " "		

Datos de molienda Hasta la fecha Peso de producción Hasta la fecha
en kilos.

Número de días de zafra	30	Caña molida	13 000 000
Horas de molida	624	Sacarosa en caña	1 495 000
Horas paradas	96	Guarapo diluido	9 950 000
Extracción Gpo. Normal	70	Guarapo normal	9 100 000
" " " Diluido	76.5	Agua dilución	850 000
" " " Sacarosa	640	Agua maceración	1 329 000
Sacarosa ext. % caña	10.96	Sólidos en guarapo	1 684 000
Caña % sacarosa	914	Sacarosa en guarapo	1 423 428
Agua maceración	10.22	Bagazo	1 859 000
Agua dilución	6.54	Sacarosa en bagazo	71 572
Miel litros hechos	354800	Cachaza	228 500
Rendimiento	7.4	Sacarosa en cachaza	19 070
		Azúcar	962 617
		Sacarosa Azúcar	962 558
		Miel final	494 000
		Sólidos miel final	378 700
		Sacarosa miel final	181 800

Fecha: 1º. al 30 de noviembre de 1944.

Siguiendo el propósito de ir conociendo más al detalle el equipo, continuaremos con los cálculos, que se basarán en el informe mensual de laboratorio expuesto.

Como el guarapo producto de la molienda, debe pasar a la parte superior del Departamento Defecador, es necesario hacer su transporte por medio de una tubería y una bomba de vapor.

El guarapo producto de los molinos, va a dar a un tanque concentrador, de donde parte la tubería que servirá para transportar el guarapo a la parte superior del departamento Defecador; la capacidad total del tanque es de 3621 litros y 30.8 litros por centímetro de altura.

Moliendo la fábrica 500 toneladas de caña por día, se obtienen 4,43 kilos de guarapo por segundo con un peso específico de 1.069 gramos por centímetro cúbico. De estos datos se encuentra que el tiempo necesario para llenar el tanque concentrador con guarapo diluido será de $3621 \text{ lt.} \times 1.07 \text{ p. e.} / 4.43 \text{ ks.} \times 60 \text{ seg.} = 14.58 \text{ minutos}$. Del dato encontrado se deduce, que la bomba dispuesta para subir el guarapo diluido no podrá estar parada más de 14 minutos; porque pasando este límite de tiempo se corre el peligro, de llenar el tanque sufriendo por consecuencia pérdidas.

La bomba deberá tener una capacidad para subir 5 kilos de guarapo por segundo, asegurando así que el tanque no se derrame.

La altura del fondo del tanque a la parte superior de la torre de sulfitación es de 11 metros; siendo a dicha altura donde la bomba deberá descargar los 5 kilos por segundo de guarapo, a través de una tubería de fierro de dos pulgadas estandar, teniendo en su instalación esta tubería, dos codos de 90 grados.

Datos para sustituir en las fórmulas particulares:

$$V_{0.17} = 7.075 \text{ ft./seg.}$$

$$q = 0.1653 \text{ ft.}^3/\text{seg.}$$

$$S_3 = 7.07 \text{ ft}^2$$

$$V_8 = q / S = 0.1653 / 7.07 = 0.02338 \text{ ft. / seg.}$$

$$2g = 64.4$$

$$K_{0.09} = f (V_3 / V_{0.09}) = f (S_{0.09} / S_3)$$

$$S_{0.09} = 0.0072 \text{ ft}^2$$

$$S_{0.09} / S_3 = 0.0072 / 7.07 = 0.001004$$

$$K_{0.09} = 0.5$$

$$q_{0.09} = q_{0.16} / 108 \text{ tubos} = 0.1653 / 108 = 0.00153 \text{ ft}^2/\text{seg.}$$

$$V_{0.09} = q_{0.09} / S_{0.09} = 0.00153 / 0.0072 = 0.2125 \text{ ft./seg.}$$

Determinación de como es el flujo en el interior de los tubos del cambiador, para aplicar la ecuación conveniente en la determinación de la pérdida por fricción:

$$D = 0.0951 \text{ ft.}$$

$$V = 0.2125 \text{ ft./seg.}$$

$$r = 67.2 \text{ lb./ft}^3$$

$$m = 0.001275 \text{ lb./seg. ft.}$$

$Re_{0.09} = 0.0951 \times 0.2125 \times 67.2 / 0.001275 = 1065$; de este valor encontrado se deduce que el flujo es lineal y por consecuencia usaremos la ecuación de Poiseuille.

La ecuación final quedará:

$$(V_{0.17} - V_3)^2 / 2g + 108 [K_{0.09} V_{0.09}^2 / 2g + 32 m_{0.09} V_{0.09} N/g + K_{0.17} V_{0.17}^2 / 2g] = DP$$

$$K_{0.17} = f (S_{0.17} / S_3)$$

$$S_{0.17} / S_3 = 0.02338 / 7.07 = 0.003308$$

$$K_{0.17} = 0.5$$

Sustituyendo los valores numéricos:

$$DP = (7.075 - 0.02338)^2 / 64.4 + 108 [0.5 \times 0.2125^2 / 64.4 + 32 \times 0.001275 \times 0.2125 \times 15 / 32.2 \times 67.2 \times 0.0951^2 + (0.2125 -$$

$$0.02338)^2/64.4] + 0.5 \times 7.075^2/64.4$$

$$DP = 0.772 + 108 \times 0.001573 + 0.388 = 1.33 \text{ ft.}$$

Para calcular la diferencia de presiones entre la salida del cambiador y la descarga de la tubería a las tinas defecadoras, nos encontramos con que el guarapo sale a una temperatura de 80 grados centígrados por lo que la viscosidad y la densidad del guarapo con cal variarán.

La fórmula aplicada será:

$$DP = X_2 - X_1 + V_2^2/2g + Ef$$

Datos:

$$X_2 - X_1 = 2.60 \text{ m.} \times 3.28 \text{ ft.} = 8.54 \text{ ft.}$$

$$V = 7.075 \text{ ft./seg.}$$

Cálculo del Reynolds:

$$D = 2.067/12 = 0.17275 \text{ ft.}$$

$$r = 66 \text{ lb./ft}^3$$

$$m = 0.6 \text{ centipoises} \times 0.000672 = 0.000403 \text{ lb. / seg. ft.}$$

$$Re = 0.17275 \times 7.075 \times 66 / 0.000403 = 201\ 400;$$

$$f = 0.0046.$$

Encontrado que el flujo es turbulento se procede a calcular la caída de presión con el uso de la Ecuación de Fanning; quedando la ecuación general.

$$DP = X_2 - X_1 + V_2^2 / 2g + 4 fNV^2/2 gD.$$

$$N = 91.8 \text{ ft.} + 5 \text{ codos} \times 5.18 \text{ ft.} = 117.7 \text{ ft.}$$

$$DP = 8.54 + 7.075^2 / 64.4 + 4 \times 0.0046 \times 117.7 \times 7.75^2 / 64.4 \times 0.17275$$

$$DP = 8.54 + 0.777 + 9.725 = 19.042.$$

La diferencia de presiones total entre el tanque mezclador de guarapos y las tinas clarificadoras es:

$$DP = 20.59 + 1.33 + 19.042 = 40.962 \text{ ft.}$$

$$\text{Potencia} = q \times \text{DP} \times r / 550 = 0.1653 \times 41 \times 66.8 / 550 = 0.824 \text{ H.P.}$$

Si se le supone a la bomba una eficiencia de 60%, se encuentra que la potencia para mover la bomba será de 1.373 caballos de fuerza; también como ya se dijo antes conviene prevenir una interrupción poniendo 2 bombas.

Llenas las tinas clarificadoras y calentado el guarapo con serpentín de vapor; conviene saber el tiempo máximo de reposo para una tina.

Si una tina tiene 6 000 litros como capacidad de trabajo y sabemos que en 24 horas se obtienen 382 500 kilos de guarapo diluido o sean $382\,500 / 1.069 = 358\,200$ litros.
 $q = 0.1653 \text{ ft.}^3/\text{seg.}$

$$\text{Capacidad de trabajo de una tina} = 6000 \times 0.03531 \text{ ft} = 212 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tiempo que tarda en llenarse una tina} = 212 / 0.1653 = 1282.5 \text{ seg.}$$

$$\text{Tiempo que tardan en llenarse 12 tinas} = 1282.5 \times 12 = 15380 \text{ seg.}$$

Es decir que el tiempo máximo que se puede dejar reposar un tanque clarificador, para decantar el guarapo es de 4 horas 15 minutos; asegurando con este límite de tiempo, el no parar la molienda por lleno en el departamento defecador; caso muy frecuente, en ingenios donde no se controla este tiempo.

En las tinas clarificadoras se forman tres productos diferentes que son; el guarapo defecado claro que por gravedad pasa a tres tanques situados en el piso más bajo de la fábrica, teniendo cada uno de estos tanques capacidad para 3 000 litros es de donde se bombea el guarapo para seguirlo concentrando en el triple efecto; los otros dos productos

son guarapo no clarificado y cachaza, que se descargan por gravedad a seis tanques colocados en un piso intermedio; teniendo cada tanque una capacidad de 4000 litros es en ellos donde se continúa la clarificación del guarapo calentando y agregando más cal si es necesario; separado por decantación de estas tinajas, el guarapo defecado claro que se pasa a las tres tinajas de claros que están en la parte inferior; el sobrante se pasa a dos tanques que están en el piso inferior y cada uno tiene una capacidad de 3000 litros siendo de estos tanques de donde se alimentan los filtros prensas para separar la cachaza del guarapo defecado claro que se pasa a los tanques de claros, de donde como ya se dijo antes más tarde se bombea al triple efecto.

La composición de los lodos que entran a las prensas es de 24.5% de sólidos y 75.5% de líquido y la torta resultante de cachaza tiene una humedad de 61% y peso específicos de 1.375 gramos por centímetro cúbico. Estos datos los vamos a utilizar en calcular la cantidad de lodos que se filtran por día, también el tiempo máximo de reposo que se les puede dar a los seis tanques de segunda clarificación.

Los filtros prensas disponibles son 3 constando cada uno con 32 marcos de las siguientes dimensiones:

$$0.75\text{m.} \times 1.375 \times 0.0275 \text{ m.} = 0.01545\text{m}^3$$

15 450 c. c. \times 1.375 = 21 250 gramos; peso de una torta.

En 24 horas los tres filtros prensas se cargan y descargan 8 veces trabajándose a una presión máxima de 40 libras por plugada cuadrada; siendo esta presión la más conveniente, para el equipo y también para lograr la mayor rapidez en la filtración; si se intenta trabajar a mayor presión se obstruye el medio filtrante. $8 \times 21.25 \text{ K} \times 32 \text{ tortas} = 5440$ kilos de torta de cachaza producidos en 24 horas. Considere-

rando que la humedad de la cachaza es 61% encontramos que contiene:

$5\ 440 - (5440 \times 0.61) = 2\ 122$ kilos sólidos de que están contenidos en:

$2\ 122 \times 100 / 24.5 = 8\ 670$ kilos de lodos que se filtran en 24 horas.

$8\ 670 / 1.10321 = 7\ 870$ litros de lodos.

Teniendo el guarapo de segunda clarificación una concentración de 20.3% de sólidos o sea un peso específico de 1.084; es decir que en 24 horas se acumulan: $2\ 122 \times 100 / 20.3 \times 1.084 = 9\ 640$ litros de guarapo de segunda clarificación.

Admitiendo para las tinajas de segunda clarificación una capacidad de trabajo de 3 500 litros; 5 tinajas tardarán en llenarse: $3\ 500 \times 5 \times 24 / 9\ 640 = 43.6$ horas. Esto quiere decir, que cada tanque de segunda clarificación puede estar reposando, para ser decantado después, 43 horas como máximo.

Clarificado el guarapo se bombea al triple efecto que está a una altura de 9 metros sobre el nivel del suelo, por tubo de fierro de 2 pulgadas estandar.

La tubería tiene un largo de 14 metros con 5 codos de 90 grados y 2 tes intercaladas en su extensión.

Para calcular la potencia mínima con que se podrá trabajar la bomba se tiene que hacer el cálculo semejante a los anteriores y para evitar la repetición del método seguido, únicamente se pondrán los datos encontrados que servirán para continuar este trabajo.

La cantidad de guarapo defecado que se bombea en 24 horas es: $1\ 684\ 000$ sólidos por mes / 26 días = $64\ 800$ kilos de sólidos obtenidos en molienda de 24 horas.

Como en el proceso defecador se eliminan 2 122 kilos de

sólidos por diferencia se encuentra que 62 678 kilos de sólidos son los que pasan con el guarapo defecado al Departamento de Evaporación.

El guarapo defecado tiene 18.9% de sólidos:
 $62\ 678 / 0.189 \times 1.078 \text{ p. e.} = 307\ 800$ litros de guarapo que se bombean en 24 horas; por lo que la bomba deberá alimentar cuando menos:

$$q = 307\ 800 \times 0.03531 \text{ ft}^3 / 24 \times 60 \times 60 = 12\ 575 \text{ ft}^3 / \text{seg.}$$

$Re = 167\ 300$; $f = 0.0047$ Deducido de este dato que el régimen turbulento, la ecuación aplicada fué:

$$DP = X_2 - X_1 + V_2^2 / 2g + 4fNV^2 / 2gD$$

$$DP = 34.54; \text{Potencia} = 0.53 \text{ H.P.}$$

Suponiéndole a la bomba una eficiencia de 60% se encuentra que la potencia mínima que podrá consumir será de 0.9 H.P.

Repetimos lo dicho en los casos anteriores de poner otra bomba más como reserva.

Inyectando el guarapo al triple efecto, nos encontramos con un problema de evaporación que no se tratará; conviniéndonos en este caso saber la cantidad de agua total eliminada en 24 horas para seguir el curso de la meladura.

Alimentando al triple en 24 horas 307 800 litros de guarapo con un peso específico de 1.078 y saliendo concentrados con 58.94% de sólidos con un peso específico de 1.28 gramos por centímetro cúbico, se puede calcular con estos datos los litros de meladura obtenidos en 24 horas:

307 800 litros de guarapo defecado contienen 64 800 kilos de sólidos que corresponden a:

$$64.800 / 0.5894 \times 1.28 = 85\ 950 \text{ litros de meladura.}$$

$$307\ 800 - 85\ 950 = 221\ 850 \text{ litros de agua evaporada en}$$

24 horas que es el mínimo que deberá evaporarse en el triple efecto.

La meladura baja del triple a un tambor que está en el suelo y hace las funciones de una trampa encargada de asegurar que por la bomba no pase aire, al bombearse la meladura a los tanques que están en la parte superior.

La altura a la que sube la meladura es de 8 metros por un tubo estandar de 2 pulgadas.

Repitiendo nuestro sistema de cálculo encontramos:

$$q = 0.0351 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$Re = 547; f = 0.029$$

Visto que el régimen es laminar en el teorema de Bernoulli se aplicó la ecuación de Poiseuille:

$$DP = X_2 - X_1 + V^2 / 2g + 32mVN / gD^2$$

$$DP = 28.308 \text{ ft.}$$

Suponiendo a la bomba una eficiencia de 60% se encuentra que la potencia mínima que podrá consumir la bomba será de 0.24 H.P. y como en los casos anteriores se pone otra más como medio preventivo.

De los tanques la meladura se pasa a los tachos donde es convertida en masa cocida y es en estos aparatos donde se combinan las mieles de primera o segunda; dependiendo esto de la clase de azúcar por obtener.

Lo que nos interesa en este caso es saber si los 3 tachos existentes son suficientes para el trabajo diario de la fábrica, basando el cálculo únicamente en que cada tacho tiene una capacidad de 362 ft³ y superficie de calentamiento de 532 ft²

Cada tacho, en su trabajo de botar una templa pasa 4

horas como promedio; obteniendo 3 175 kilos de azúcar envasable.

La fábrica produce por día $962\ 617/26 = 37\ 000$ kilos de azúcar.

Los tachos tienen una capacidad de producción de: $3 \times 3175 \times 6 = 57\ 100$ kilos; o sea que toda la molienda de un día es posible obtenerla convertida en azúcar por medio de los tachos.

De los tachos se descargan las diferentes masas cocidas al mezclador o a los cristalizadores por gravedad y de estos continua la masa cocida descargándose parcialmente a las centrífugas, donde es separada el azúcar de la miel. Para esta operación se cuenta con 12 centrífugas; 6 grandes con canastas de 40 pulgadas de diámetro por 36 de altura y 6 chicas con canastas de 30 pulgadas de diámetro por 36 de altura.

Las centrífugas grandes están destinadas para masas cocidas de primera y segunda y las 6 chicas para las masas de tercera.

Sacando un promedio del tiempo completo en una centrífuga grande, se obtuvieron 7.16 minutos por ciclo, usando 10.32 galones de agua para el lavado, o sean 10.32×3.785 litros = 39.1 litros.

Una centrífuga chica en su ciclo de trabajo tarda 30 minutos, sin emplear en su operatoria agua de lavado.

Teniendo una templa 4 895 kilos de masa cocida y botándose 18 al día, tenemos $4\ 895 \times 18 = 88\ 000$ kilos de masa cocida; que son los que se producen en 24 horas.

De los 88 000 kilos de masa cocida se obtienen 37 000 kilos de azúcar, y la diferencia 51 000 kilos, son de miel, que en parte se obtienen junto con agua de lavado y en parte

sin nada; dependiendo esto de la clase de masa cocida que se trate; porque como se expresó antes, tratándose de las de tercera, no se utiliza agua en su centrifugación.

Las bombas que se destinan a subir las mieles a los tanques de trabajo, que están a 9 metros sobre el nivel del piso, son 3 y se usan indiferentemente para subir mieles de mayor o menor viscosidad.

Basando el cálculo en la miel más viscosa se encontró:
Peso específico de la miel = 1.44931 g./c.c.

$$\alpha = 0.0144 \text{ ft}^3 / \text{seg.}$$

$$\text{Re} = 244.5$$

Encontrando que el régimen es laminar en el teorema de Bernoulli se aplicó la ecuación de Poiseuille obteniéndose para la diferencia de presiones el valor 30.36 ft. = DP

Admitiendo a la bomba una eficiencia de 60% se encuentra que probablemente trabaje con la potencia mínima de 0.1182 H.P.

Para sacar la miel final de la fábrica se emplea otra bomba y tanques de almacenamiento que están a 100 metros de distancia y a una altura de 9 metros. La instalación tiene 2 codos de 90 grados y la miel producida por segundo es:

$$q = 494 \text{ CCO} \times 1.44/26 \times 24 \times 3 \text{ 600} = 0.3172 \text{ litros/seg.}$$

$$\text{Re} = 193$$

Determinado que el régimen es laminar, se encontró como valor para la diferencia de presiones: 31.829 ft. y admitiéndole la bomba una eficiencia de 60%, resulta que la potencia mínima necesaria que podrá suministrarse a la bomba para sacar la miel al exterior de la fábrica será de: 0.01 H. P.

Como se habrá podido notar en el curso de este capítulo se insistió en que en todos los casos de bombeo se dis-

pusiera para un mismo fin cuando menos de dos bombas; esto se debe a que en un trabajo continuo y largo como es el de los Ingenios Azucareros el equipo con mucha frecuencia necesita de que se le hagan reparaciones y para evitar paradas por estas causas se ha llegado a esta determinación.

Trabajando la fábrica, tubo que parar varias veces el Departamento de Molinos por lleno en Defecación; esto en parte se debió a lo lento del método seguido para separar la cachaza de los jugos y también a la falta del control en el tiempo que deben dejarse reposar las tinajas clarificadoras.

Capítulo I I I

Al hablar del flujo de fluidos en un ingenio Azucarero, no se puede dejar de pensar en agua; que tiene un papel importantísimo en la fabricación de azúcar, porque sin este líquido sería imposible la marcha de la fábrica, ya que tiene misiones básicas por cumplir; como: alimentar a las calderas que generarán el vapor para dar movimiento a toda la maquinaria azucarera; vapor, también que sin él no podría existir el departamento evaporador.

En los departamentos de molienda, defecación y centrifugas; se emplea tanta agua que se hace imprescindible; ya que en el primero se utiliza para lograr una extracción máxima del jugo que contiene la caña; en defecación para mantener constatemente el equipo limpio y por último es forzoso para obtener un azúcar puro, lavarlo con agua al ser centrifugado.

Considerando lo expuesto se justifica la cantidad de agua que constantemente almacena la fábrica y esta es:

$$\text{En la represa: } 200 \times 100 \times 1 = 20\ 000 \text{ m}^3$$

$$\text{En la prensa: } 100 \times 100 \times 2 = 20\ 000 \text{ m}^3$$

En el tanque recibidor de agua proveniente de los retornos:

$$6 \times 4.5 \times 1.5 = 40\ 500 \text{ m}^3$$

En el tanque de alimentación general, que esta a 15 m. de altura sobre el nivel del suelo, con diámetro de 1.5 y altura de 1.5 m.:

$$3.1416 \times 1.5^2 \times 1.5/4 = 2\ 650 \text{ litros.}$$

En total:

20 000 000

20 000 000

40 500

2 650

.....
40 043 150 litros.

Con esta cantidad de agua es con la que comienza a trabajar la fábrica, suponiéndose lógicamente que a medida pasa el tiempo, disminuye gradualmente; las razones son:

Una parte es empleada en el proceso; sufriendo pérdidas por evaporación, ya que una gran superficie está expuesta a la atmósfera.

Otra parte pasa con las mieles finales como componente.

Por filtración en los fondos de la presa y represa que son permeables se pierde una gran cantidad.

Finalmente la que llamaremos agua sucia, perdida después de emplearla en lavados del equipo y mantenimiento de la fábrica en condiciones higiénicas.

Toda la agua con que se inicia la zafra, es acumulada en gran parte en la época de lluvias y la otra, es agua transportada desde una distancia de 8 kilómetros y de una profundidad de 100 metros; lugar más cercano por donde pasa un río con agua durante todo el año y del que se puede transportar a la fábrica la cantidad deseada.

Como lo interesante en este caso es demostrar si el equipo disponible cumple con las necesidades de la fábrica y si

esta agua alcanza para el trabajo de una zafra, que dura como máximo 6 meses; procederemos a calcular las cantidades de agua gastadas y a hacer el estudio del equipo.

La represa recibe de agua como promedio 8 litros/seg. de una tubería que tiene 4 pulgadas de diámetro estandar de una distancia total de 26 240 ft.

$$Re = 99400; f = 0.0055$$

Por ser el régimen turbulento se utilizó la ecuación de Fanning en el teorema de Bernoulli, encontrándose para $DP = 881.821$ ft.

Admitiendo una eficiencia de 60% se encuentra que la potencia mínima para obtener el gasto calculado será de 47.1 H.P.

Antes se explicó que la agua es tomada de un rio, por lo que conviene aprovechar su enegía para su transporte; utilizándose una turbina hidráulica con una potencia de 50 H.P., a la que se le puede disminuir su potencia máxima de trabajo, suministrándole menos energía.

Recibiendo la represa 8 litros / seg. al mes podrá acumular:

$$8 \times 60 \times 60 \times 24 \times 30 = 20\ 750\ 000 \text{ litros.}$$

Esta cantidad más la que tenía la fábrica al comenzar a trabajar da en total:

40 043 150

20 750 000

.....

60 793 150 litros de agua.

Después de un mes de trabajo la represa bajó 0.30 m. de nivel y la presa 0.50 m. o sean:

$$200 \times 100 \times 0.30 = 6\ 000\ 000 \text{ litros}$$

100 X 100 X 0 50 = 5 000.000 Litros

.....
11 000 000 litros de agua en total.

Como puede apreciarse entre la cantidad de agua almacenada y la gastada, hay un gran margen de seguridad que garantiza el periodo de 6 meses que trabaje la fábrica, tomando en cuenta también que antes de este término, comienzan las lluvias en el lugar donde está situada la fábrica y lo que se pudiera llamar déficit, equivale a 6 millones de litros de agua, cantidad fácilmente almacenable de la proveniente por las lluvias. En caso de que se presentara una sequía total, basta con aumentar la energía suministrada a la turbina para con eso cubrir el faltante.

Como consecuencia de este estudio conviene hacer otro más avanzado comprobando las diferentes cantidades de agua gastadas y concluir si es útil económicamente la impermeabilización tanto de la presa como represa, ya que por higiene es beneficioso en todos sentidos.

Para subir agua a los condensadores de los tachos y triple efecto se usan tres bombas de vapor; también parte de esta agua se distribuye a los diferentes departamentos. Como estas bombas tienen interrupciones ocasionales, las cantidades de agua que suben a la parte más alta de la fábrica, pueden indistintamente pasar a uno u otro departamento; esto se logra por válvulas que tiene la tubería adaptadas para el objeto.

Llegada la agua a la parte superior de la fábrica, se distribuye por gravedad a todos los departamentos según sus necesidades.

La tubería por donde sube la agua con un gasto de 30

litros/seg. es de 8 pulgadas estandar y tiene una longitud total de 131.2 ft. $q = 1.06 \text{ ft}^3/\text{seg.}$

$$Re = 189\ 500; f = 0.00475$$

Siendo el régimen turbulento se encontró como valor para $DP = 66.9 \text{ ft.}$

Si las bombas trabajan con la eficiencia considerada en los casos anteriores resulta que la potencia probable para obtener el gasto observado será de 13.4 H.P.

Subiéndose así en total de agua por día:

$$3 \times 30 \times 60 \times 60 \times 24 = 7\ 780 \text{ m}^3$$

La mayor parte de esta agua se emplea para recircularla en los condensadores.

Otro empleo de bombas se hace cuando se trata de alimentar a las calderas con agua del tanque de retornos por tubo de fierro de una pulgada estandar y necesitando para su trabajo que como mínimo se les suministre 1 H.P. de energía por medio de vapor.

Como el sistema de distribuir agua, en general, es muy común; una vez tratada la parte fundamental de las bombas empleadas y como trabajan; lógico es suponer que la circulación se hace por tuberías convenientes y aprovechando la acción de la gravedad; también la instalación esta hecha de tal manera; que la agua que no se utiliza como materia prima en la fabricación del azúcar, vuelve a la presa para continuar su ciclo.

Finalmente insisto en que para aprovechar los datos encontrados en este capítulo, conviene asociarlos a la parte económica; para lo que se requiere comprobar las cantidades de agua gastadas; siendo así indispensable abordar problemas de calor que no serán tratados en este trabajo.

Capítulo IV

Siguiendo el objetivo de este trabajo, toca por último tratar el vapor, factor básico en un ingenio del tipo que se está estudiando porque es por medio de él que trabaja el motor de la grúa; que alza y transporta la caña a la entrada de los molinos.

Por vapor trabajan los motores de los trapiches; de las centrífugas; las numerosas bombas.

El triple efecto y los tachos verifican las concentraciones de los jugos por calentamiento con vapor, por este también trabajan los motores de los granuladores y la calefacción del secado también se hace con vapor.

Pensando en el laborioso procedimiento de obtener azúcar, desde que entra a los molinos, hasta que sale del granulador, se deduce que la cantidad de vapor utilizada por la fábrica nunca puede ser constante; ya sea por la materia prima que nunca es de composición constante; o bien por anomalías en cualquiera de los departamentos, que nunca faltan.

Considerando esto se ha hecho un cálculo promedio de la potencia en caballos de vapor que necesita la fábrica para su trabajo total y este es de 700; empleándose únicamen-

te para la transmisión de la energía mecánica 400 y el resto en calentamientos, concentraciones y secado.

Juzgada la descripción del flujo de vapor, se concluye, que en su mayoría comprende problemas de calor y no siendo este nuestro fin únicamente se hará una descripción del equipo, basando el estudio en datos generales obtenidos por la experiencia azucarera.

La fábrica cuenta para la generación del vapor necesario durante las 24 horas, con 6 calderas de tubos de agua; de las cuales trabajan normalmente 5; quedando la 6ª de reserva para cuando se necesita reparar alguna de las otras, ó imprevistamente se pasa la miel en la agua de retornos, por deterioro de alguno de los tubos de las calandrias; siendo en este caso indispensable, cambiarle la agua a la caldera afectada.

El combustible empleado para generar el calor en las calderas es bagazo y petróleo crudo; usándose a veces leña, sucediendo generalmente esto, cuando inicia su trabajo la fábrica o despues de parada la molienda.

Las calderas durante su trabajo normal mantienen a la fábrica con vapor de 80 a 100 libras/pulg²

Las calderas inician su trabajo con agua a 102 grados centígrados y para empezar a trabajar deberá tener de agua cada una:

El domo tiene de largo 6.4 m. y 1.35 m. de diámetro. Los tubos son en número de 140 con una longitud de 5.4 m. y diámetro interior de 0.0828 m. cada uno.

Volúmen domo

$$\text{Pi} \times D^2 \times h/4 = 3.1416 \times 1.35^2 \times 6.40/4 = 9.15 \text{ m}^3$$

Volúmen 140 tubos:

$$\text{Pi} \times D^2 \times L \times 140/4 = 3.14 \times 0.0064 \times 5.4 \times 140/4 = 3.75 \text{ m}^3$$

Como el domo generalmente, contiene dos tercios de su volúmen con agua, tendremos:

Agua en domo: 6 100 litros.

Agua en tubos: 3 750 litros.

Agua en caldera: 9 850 litros.

El peso específico del agua a esa temperatura es de 0.95693 por lo que cada caldera necesita $9\ 850 \times 0.95\ 693 = 9\ 430$ kilos de agua.

Las 6 calderas tienen una chimenea común para la salida de los gases de combustión de 22.5 m. de altura y 1.5 m. de diámetro.

El vapor directo de las calderas se emplea a través de 30 m. de tubo de 16 cm. de diámetro, para de él tomar por medio de la conexión conveniente, el vapor que moverá a los motores de los molinos, la grúa, granuladores, centrífugas y también para evaporar los jugos en los triples y tachos;

Salido el vapor de estos motores por tubería común, llega a dos tambores que hacen las veces de condensadores con volúmenes de:

$$\pi D^2 h/4 = 3.1416 \times 1.54^2 \times 2.95/4 = 5.495 \text{ m}^3$$

$$\pi D^2 h/4 = 3.14 \times 0.702 \times 1.75/4 = 0.67 \text{ m}^3$$

El agua producto de la condensación va a dar al tanque de retornos y el vapor se emplea para hervir el jugo en el primer evaporador; lo mismo en defecación para el calentamiento de los guarapos.

El vacío mayor del triple efecto es de 22 libras/pulg.² en el tercer efecto, 16 en el segundo y 10 en el primero; esto es logrado por 4 bombas de vacío que son con las que se trabajan los tachos y el triple. Además cada tacho y el triple tienen su correspondiente condensador.

El vapor procedente de los motores, como se dijo va a dar al departamento de evaporación y al defecador, mientras lo agua de condensación que no lleva sacarosa en su composición y va caliente es conducida al tanque de agua de retornos para aprovecharse en las calderas.

En el 2º. y 3er. vaso (del triple efecto, hierven los guarapos con las evaporaciones del jugo que pasan, del 1º. al 2º. y del 2º. al 3º.; debido a la diferencia de presiones.

Los 3 tachos trabajan independientemente, con el vapor procedente de los escapes de los motores, entrando a la calandria.

El vacío de los tachos oscila entre 22 y 24 lbs. / pulg²., dependiendo esto de la eficiencia de las bombas de vacío.

Como se ha dicho los vapores salientes de estos aparatos, son conducidos por una tubería común de 4 pulgadas, al departamento defecador y aprovechados para el calentamiento de los jugos.

Las tinas alcalizadoras tienen tubos circulares en el fondo, de una pulgada de diámetro con perforaciones alternadas de 3 mm. de diámetro por donde sale el vapor a presión para calentar el jugo; lo mismo sucede con los depósitos que reciben los guarapos no clarificados, de las tinas clarificadoras; teniendo estas en su fondo tubos de cobre distribuidos circularmente y de forma cónica, con diámetros de 4 a 2 pulgadas, con el objeto de mantener el vapor de calentamiento a presión. Al calentar los guarapos el objeto perseguido es obtener una mejor defecación.

Como puede notarse a cada paso del curso de este capítulo se encuentran interesantes problemas de calor, que resueltos dejan muchas ventajas económicas, requiriéndose

para ello muchos datos indispensables tanto del equipo como de la experiencia al estar la fábrica trabajando.

Al estarse haciendo las observaciones en la fábrica, se notaron deficiencias como falta de recubrimiento de material refractario en las tuberías conductoras de vapor, así como escapes de tuberías deterioradas, que inducen a quien observa a calcular las pérdidas que pueden ser de importancia. Como este no ha sido el propósito en este trabajo, sino el fijado al principio con lo expuesto se da por terminado; dejando algunos datos como base, para seguir adelante el estudio más tarde.

Capítulo V.

Terminado este estudio, se puede observar que ha medida de su adelanto se van acumulando datos muy útiles para cálculos posteriores, como serían de calor o combustión, porque en fábricas como en esta, en las que se consumen grandes cantidades de vapor y combustible, conviene comprobarlas teóricamente y buscar medios de alcanzar economías.

Después de considerar el tiempo que se necesita en el Departamento Defecador para decantar los jugos clarificados y también para hacer la filtración de los jugos con cachaza; teniendo en cuenta que el Departamento de Molinos paró varias veces por lleno en Defecación; conviene en primer lugar, llevar un control exacto de los tiempos de reposo y filtración con el objeto de evitar si es posible las interrupciones; por otra parte, en otras fábricas para separar los jugos clarificados de la cachaza, utilizan clarificadores Dorr, aconsejándose hacer un estudio comparativo económico entre los dos diferentes sistemas con el fin de asegurar la marcha normal de la fábrica.

En el sistema de bombeo por diferentes tuberías, se notó un exceso de tramos cortos de tubo unidos por coples, lo mismo que tubería de más, es decir, que para transportar un

fluido de un lugar a otro se hace siguiendo caminos que pueden reducirse en distancia, por lo que se hace indispensable con datos concretos deducir las economías posibles mejorando la instalación.

Considerando el problema, del agua se encuentra que mensualmente hay un consumo de 11 millones de litros y habiéndose comprobado un consumo de 2.3 millones, se encuentra como faltante la cantidad de 8.7 millones entre la que se encuentra la consumida en múltiples evaporaciones, en filtraciones de los suelos tanto de la presa como de la represa y también la consumida en el mantenimiento de la fábrica en condiciones higiénicas, después de lo expuesto, como se ve, conviene comprobar el faltante y a la vez asegurar en todo lo posible la conveniencia de la impermeabilización de los suelos con dos fines fundamentales; el de contar con la agua suficiente para toda la zaíra y también mantener el almacenamiento del líquido en condiciones de higiene más ventajosas.

En el Departamento de evaporación se notó; que constantemente los tanques de meladura, estaban llenos casi en su totalidad, por lo que conviene revisar la eficiencia de los tachos, para saber, si el trabajo que desempeñan es demasiado lento, o lo que se necesita es aumentar la producción con uno o más tachos, con el objeto de que la fábrica pueda trabajar en condiciones normales desahogadamente.

En la tubería por donde se conduce el vapor para los diferentes departamentos, se notó la falta de recubrimiento en su exterior con material refractario y también escapes diferentes por la tubería deteriorada induciendo a quién esto observa a llevar a cabo un estudio más detallado de las mejoras a la fábrica.

Finalmente cabe decir que este trabajo sirve para hacer dos proposiciones a la factoría en cuestión; una que sería la de mejorar la instalación actual en todos sentidos para lo que se hace indispensable seguir adelante este trabajo en lo referente a la resolución de los problemas expuestos con anterioridad y la otra proposición, que sería, la de hacer una instalación completamente diferente, aprovechando el equipo disponible en sus condiciones óptimas de trabajo; economía y cambiando las partes del equipo que encuentren en el mercado sustitutos con más ventajas, para el mismo fin. Para cualquiera que sea la resolución; como puede juzgarse, concluyendo finalmente; este trabajo deja sentadas las bases de lo que más tarde se ha de convertir en mejoras en todos sentidos para un Ingenio Azucarero.

NOMENCLATURA GENERAL:

- p. e. = Peso específico en gr. / c. c.
DP = Diferencia de presiones en pies de altura.
 $X_2 - X_1$ = Diferencia de altura en pies.
V = Velocidad en pies / seg.
g = Aceleración de la gravedad en pies / seg²
Ef = Pérdidas de energía por fricción en pies.
q = Gasto volumétrico en pies cúbicos / seg.
Re = Número de Reynolds.
D = Diámetro en pies.
r = Densidad en libras / pie³
m = Viscosidad en libras / seg. pie.
S = Sección en pies cuadrados.
f = Coeficiente de fricción, adimensional.
N = Longitud en pies.
Fe = Pérdidas por ensanchamiento en pies.
Fc = Pérdidas por contracción en pies.
H.P. = Potencia en pies. libras. /seg.
h = Altura en metros.



BIBLIOGRAFIA:

- Principles of Chemical Engineering by William H. Walker.
Elementos of Chemical Engineering by Badger and Mc Cabe.
Chemical Engineers Handbook by Perry.
Manual de Fábricas de Azúcar de Caña y Químicos Azucareros por Guilford L. Spencer.