

Instituto Tecnológico y de Estudios
Superiores de Monterrey

ESCUELA DE INGENIERIA

DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION
DE UNA COLUMNA DE ABSORCION
DE PLATOS CON PLACAS PERFORADAS

TESIS PROFESIONAL
QUE PRESENTA
VICTOR ENRIQUE SERRATO COLOMER
EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO ADMINISTRADOR

MONTERREY, N. L.

JUNIO DE 1960

TL

TP754

.S4

c.1

20570



1080094231

ING. DUNHE :

RECIBA ESTA COMO UNA MUESTRA DE
AGRADECIMIENTO Y AFECTO. SIEMPRE
RECORDARE SU BONDDO COMO HOMBRE
Y SU EXCELENCIA COMO HOMBRE,
PROFESIONISTA Y MAESTRO.

Victor E. Senato

Este libro debe ser devuelto, a más tardar, en la última fecha sellada. Su retención más allá de la fecha de vencimiento causa multa a razón de \$1.00 diario.

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

ESCUELA DE INGENIERÍA

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UNA COLUMNA DE ABSORCIÓN
DE PLATOS CON PLACAS PERFORADAS.**

**TESIS PROFESIONAL
EN OPCIÓN AL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO ADMINISTRADOR**

**VICTOR ENRIQUE SERRATO COLOMER
JUNIO DE 1960.**

El trabajo experimental se lle-
vó a cabo en el Laboratorio de
Ingeniería Química del Institu-
to Tecnológico y de Estudios Su-
periores de Monterrey, bajo la
dirección del Ing. Químico Héctor
López Ramos.



INDICE

Página

I.-	NOMENCLATURA.	1
II.-	RESUMEN.	3
III.-	INTRODUCCION.	5
	1) Enunciado del Problema	5
	2) Objeto e importancia del trabajo	6
	3) Limitaciones.	6
	4) Antecedentes.	6
IV.-	DESCRIPCION DEL EQUIPO EXPERIMENTAL Y MATERIALES UTILIZADOS.	8
	1) Esquema General	8
	2) Esquema de Detalles	9
	3) Descripción de Equipo	10
V.-	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	14
VI.-	DATOS EXPERIMENTALES Y RESULTADOS.	16
	1) Tabla de Datos de Operación	16
	2) Tabla de Datos de Equilibrio.	19
	3) Curva de Equilibrio y Línea de Operación.	20
	4) Tabla de Resultados.	21
	5) Curva de Calibración para el Rotámetro de Amoníaco.	22
VII.-	DISCUSION Y CONCLUSIONES	23
VIII.-	APENDICE.	24
IX.-	BIBLIOGRAFIA	27



1.- NOMENCLATURA.

- $e = 2.7183$
- $E =$ Eficiencia total de Platos, Fraccional, sin dimensiones.
- $E_G =$ Eficiencia de Plato de Murphree.
- $G =$ Gasto total de gas, Moles Kg./ (Hr.) (Mt.²)
- $G' =$ Gasto total de gas, g./ (Hr.) (Mt.²)
- $G_s =$ Gasto de gas solvente, Moles g./ (Hr.) (Mt.²)
- $L =$ Gasto total de liquido, Moles g./ (Hr.) (Mt.²)
- $L' =$ Gasto total de liquido, g./ (Hr.) (Mt.²)
- $L_s =$ Gasto de liquido solvente, Moles g./ (Hr.) (Mt.²)
- $m =$ Pendiente de la curva de solubilidad de equilibrio, fracción Molen el gas/fracción Molen el liquido = dy^*/dx . Si es constante, $m = y^*/x = y/x^*$.
- $m' =$ Constante de la ley de Henry, Atmosferas/Fracción Mol.
- $M =$ Peso Molecular, Kgs./Mol Kg.
- $N_p =$ Número de pascs teóricos o platos, sin dimensiones.
- $p =$ Presión parcial de un gas en una mezcla, ATM.
- $P =$ Presión de vapor de un liquido puro, ATM.
- $P_t =$ Presión total, ATM.
- $x =$ Concentración de soluto en el liquido, fracción Mol.
- $x =$ Concentración de soluto en el liquido en equilibrio con el gas, fracción Mol.
- $X =$ Concentración de soluto en el liquido, Moles Kg. de soluto/Mol Kg. de solvente.
- $X =$ Concentración de soluto en el liquido en equilibrio con el gas, Moles soluto/Mol de solvente.
- $y =$ Concentración de soluto en el gas, fracción Mol.
- $y =$ Concentración de soluto en el gas en equilibrio con el liquido, fracción Mol.

Y = Concentración de soluto en el gas, Moles Kg. de soluto/Mol Kg. de gas solvente.

Y = Concentración de soluto en el gas, en equilibrio con el líquido, Moles Kg. de soluto/Mol Kg. de gas solvente.

μ = Viscosidad, Kg./ (Mt.) (Hr.)

μ = Viscosidad, centipoises.

Subíndices.

P = Promedio

A = Sustancia A, el soluto

G = Gas

L = Líquido

1 = Fondo de la torre

2 = Tope de la torre

II.- RESUMEN.

El objeto de este trabajo fué hacer un estudio de las -- eficiencias totales de una columna de platos con placas perforadas. El equipo experimental con el cual se efectuó este trabajo consiste de:

- 1.- Una columna de tubo de acero de 15.405 cm. de diámetro, con placas perforadas de aluminio y provista con válvulas para tomar muestras líquidas, y con termómetros para registrar -- las temperatura de operación.
- 2.- Un sello líquido hecho de tubos concéntricos, en la descarga de la columna de absorción para evitar pérdidas de gases.
- 3.- Un indicador de nivel del líquido en el tubo de descarga de la columna.
- 4.- Un tanque de agua a nivel constante, para asegurar un sumi-- nistro constante de agua.
- 5.- Los flujos, tanto de agua como de los gases, se midieron utilizando rotámetros calibrados.

Se hicieron en total diez corridas experimentales, siendo las cuatro últimas las más satisfactorias. Los resultados de -- eficiencia obtenidos, fueron bajos en comparación con los reportados en la Bibliografía (14) y varían entre 13-22%.

El gasto de líquido usado fué bastante bajo, del orden de 45 Kg. Mol/(Hr.)(Mt.²) y el de gas, de 9.1 g. mol/(Hr.)(Mt.²).

La razón por la cual el gasto líquido fué pequeño, fué la de obtener una pendiente aceptable de la línea de operación.

III.- INTRODUCCION.

1.- ENUNCIADO DEL PROBLEMA.

En los últimos años, la industria Química se ha tenido que enfrentar con innumerables problemas de purificación y refinación de gases. Entre los métodos de purificación, el de absorción es uno de los más utilizados. Durante muchos años, ingredientes de olor desagradable tales como Amoníaco, Piridina, Dióxido de Azufre y Acido Sulphúrico, han sido eliminados de los gases de destilación del Coke. Esta es una industria donde la purificación de los gases y la recuperación de trazas de impurezas siempre han constituido una parte integral de la operación por razones económicas.

Aunados a los factores económicos mencionados en el párrafo anterior, están los factores legales que empiezan a adquirir una importancia considerable. Estos factores legales son las regulaciones o reglamentaciones gubernamentales, que limitan o prohíben la expulsión de ciertos gases a la Atmósfera en zonas urbanas o suburbanas, con el objeto de proteger la salud de los seres que habitan esas zonas.

Con el fin de resolver los problemas mencionados, la Industria ha tenido que efectuar grandes gastos e inversiones. Las columnas, y en general, el equipo requerido en estos procesos, va aumentando agigantadamente sus dimensiones, y por consiguiente, su costo; y es por esto, que la investigación se está enfocando actualmente (4), (6), (9), (14) sobre el objetivo de obtener equipos más económicos, eficientes y compactos, cuyo manteni

miento sea fácil y barato.

2.- OBJETO O META E IMPORTANCIA DEL TRABAJO.

El objeto perseguido con el presente trabajo, es conocer la eficiencia total de una columna de placas con platos perforados, trabajando en varias condiciones, para obtener las curvas características de operación y de eficiencia del sistema.

La importancia del trabajo, es que con la información obtenida se van a robustecer y ampliar las investigaciones hechas sobre este tipo de equipo (4), (6), (9), (14).

3.- LIMITACIONES.

Las limitaciones encontradas en este trabajo son únicamente dadas por la capacidad del compresor de aire con que se cuenta en el Laboratorio, pues el gasto máximo de líquido se modifica sólo variando la altura a que se tiene el tanque de líquido. Es probable que se obtengan mayores eficiencias si se aumenta el valor (L_g/G_g) de la pendiente de la línea de operación, pero por no contarse con un compresor de mayor capacidad, en este caso, no pudo llegar a comprobarse esto.

4.- ANTECEDENTES.

La investigación sobre columnas de placas con platos perforados empezó a cobrar importancia hasta aproximadamente el año de 1940 (17), y se hizo mayor énfasis en su aplicación para destilación, pues las columnas usadas para absorción, eran principalmente empacadas (5), o de platos y cachuchas. Sin embargo, -

ya para los años posteriores a la Segunda gran Guerra Mundial, se intensificó el volumen y la profundidad de los estudios sobre estos aparatos (6), (9), (14), y se hicieron comparaciones entre gastos de inversión y costos de operación, llegándose a encontrar (14), que para muchas aplicaciones, las columnas de platos perforados son más eficientes y baratas que las de platos y cauchuchas. Por supuesto, esto no es una regla, sino depende del caso particular de que se trate.

De la Bibliografía (5) se vé que el estudio de estas columnas es bastante completo, pues se han medido influencias de factores como: Caída de presión de la fase vapor a través de los platos; Arrastre de líquido de plato a plato; y de factores geométricos. La caída de presión de la fase gaseosa a través de los platos perforados secos siguió las relaciones funcionales predichas de la información conocida para perforaciones sencillas. La presencia de líquido sobre un plato aumenta la caída total de presión por la altura equivalente de líquido más un pequeño residuo el cual es casi constante para un líquido determinado.

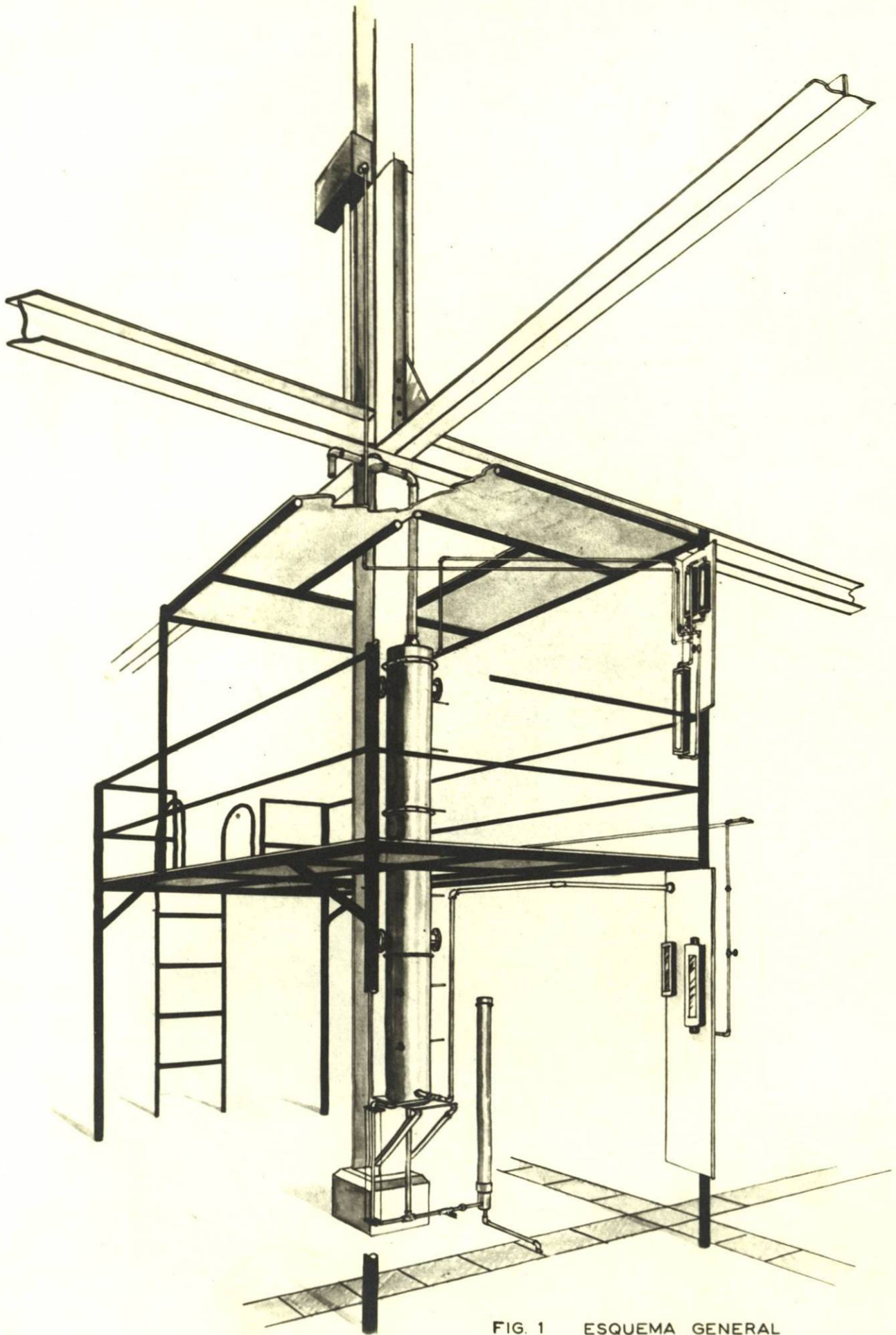


FIG. 1 ESQUEMA GENERAL

SELLLO LIQUIDO
Escala 1:2

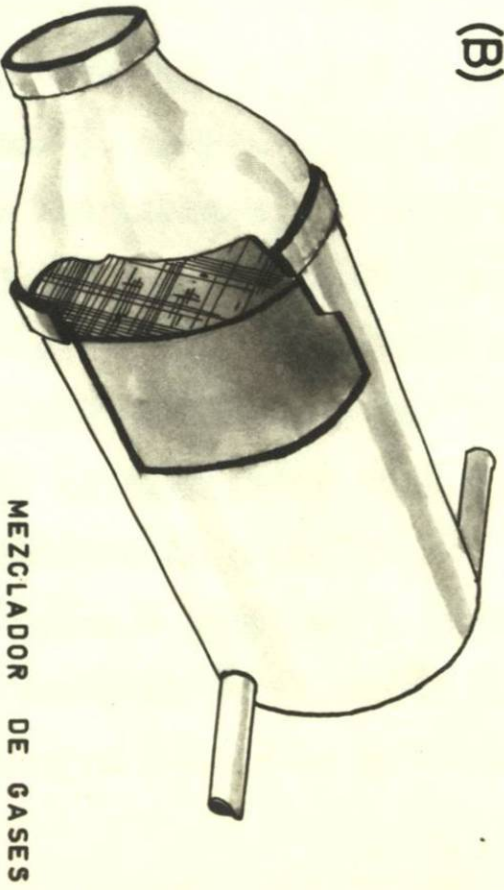
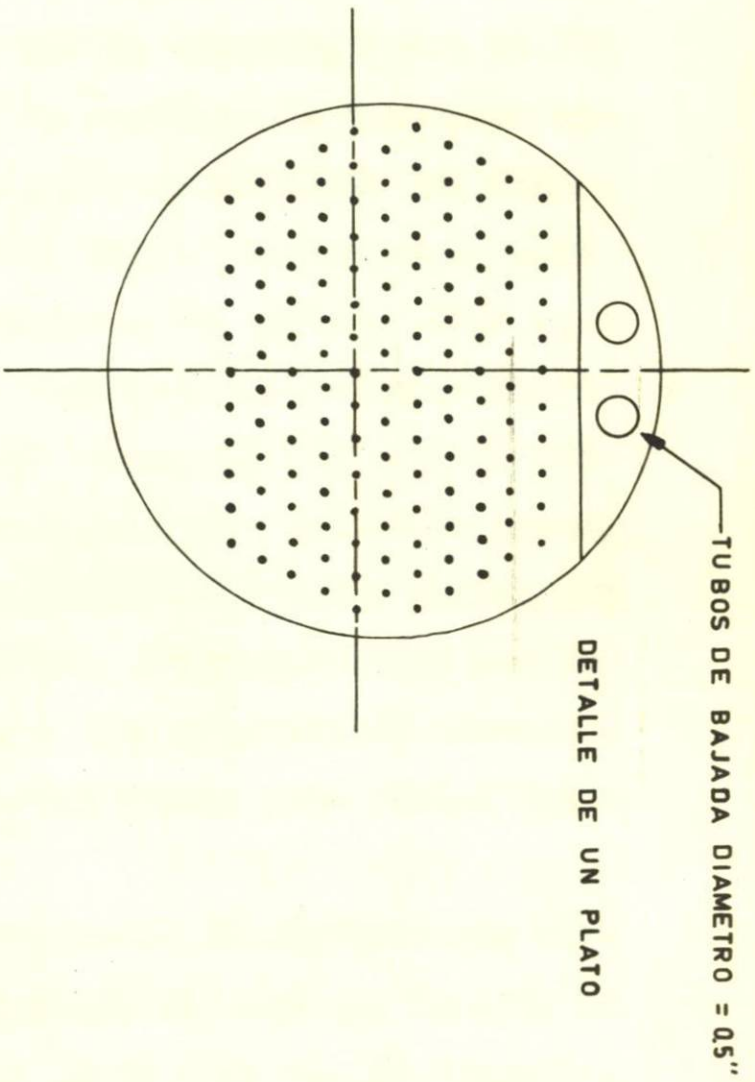
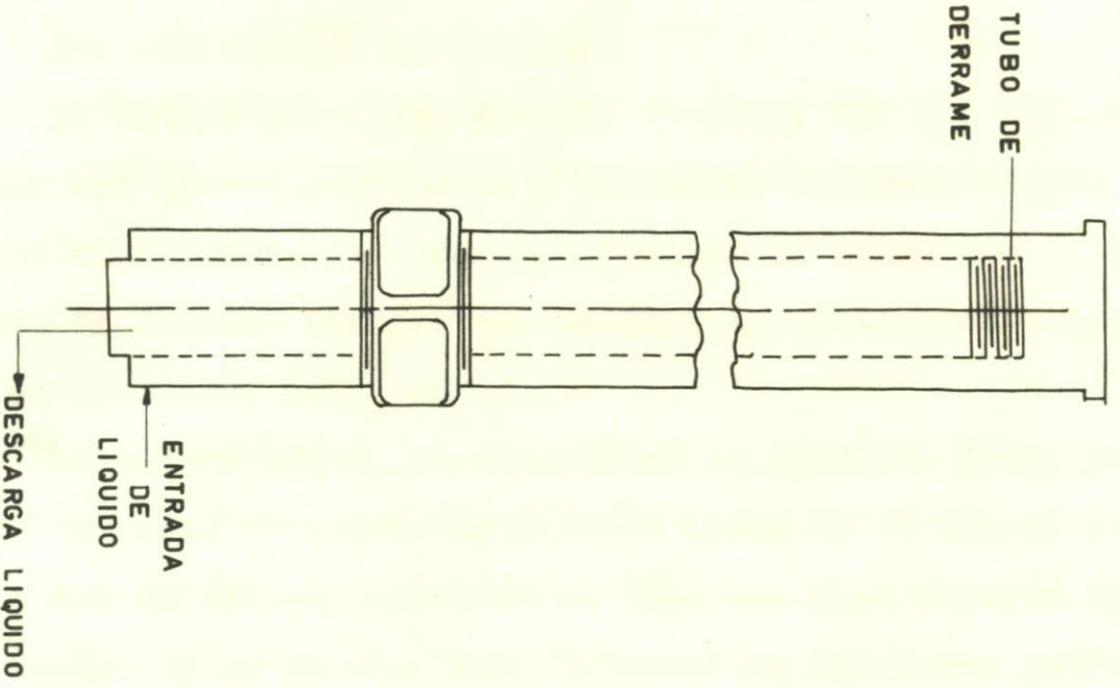


FIGURA N.º 2

3.- Descripción de Equipo.

El equipo utilizado en este trabajo, fué una columna de platos con placas perforadas y una serie de instrumentos y accesorios auxiliares, que hicieron posible la operación de la columna. El esquema general que muestra la distribución del equipo, se encuentra en la página

En primer lugar, se describirá la columna: ésta, se construyó con tres secciones de tubo de acero de 76 cm. de longitud c/u., con un diámetro interno de 15.4 cm. y un espesor de 0.71 cm. Dentro de la columna van distribuidos 15 platos perforados, hechos de placa de aluminio de 31 $\frac{1}{2}$ cm. de espesor, y con un diámetro igual al diámetro interno de la columna. La distancia entre platos es igual en todos los casos y es de 15.2 $\frac{1}{2}$ cm. Cada plato contiene un número promedio de 140 perforaciones de .09 $\frac{1}{2}$ cm. distribuidos en triángulos equiláteros o, como se dice comúnmente, "tres en bolillo" y está provisto con un derramadero de 2.7 $\frac{1}{2}$ cm. de altura y dos tubos de bajada de .953 cm. de diámetro que llegan hasta el plato inferior a una distancia aproximada de 0.635 cm. del plato. Los tubos de bajada del último plato, en la parte inferior de la columna, están provistos con un sello líquido para evitar que el gas suba a través de ellos, -- restándole eficiencia al plato; además sirven para evitar una posible inundación en el mismo.

La columna contiene además dos pares de mirillas con vidrio que permiten ver hacia el interior. El tubo que conecta la mirilla con el cuerpo de la columna es de 5.08 cm. de diámetro.

La columna tiene en su parte superior un remate de 7.62 cm. de altura, del mismo diámetro que ésta. En el centro del remate, se encuentra la descarga de aire empobrecido, que es un tubo de 3.21 cm. de diámetro y tiene una válvula "Check" en su extremo, para evitar que al suspender la operación el NH_3 remanente en la columna, haga vacío y succione la solución de HCl, en la cual se burbujea el aire empobrecido, como una medida de seguridad que evite el escape accidental de NH_3 a la atmósfera. En la pared del remate, está un tubo de 0.635 cm. de diámetro por el cual entra el agua al primer plato de la columna.

En la parte inferior de la columna, se encuentran la entrada de mezcla gaseosa y la descarga de líquido. La mezcla gaseosa entra por una tubería de 1.905 cm. de diámetro de la cual sale una toma que está conectada a la parte superior de un tubo de vidrio, cuyo extremo inferior está conectado al tubo de descarga de líquido; la función de este tubo de vidrio es indicar el nivel real de líquido en el tubo de descarga líquida, para vigilar que siempre exista una columna líquida que evite la pérdida o escape de la mezcla gaseosa. El tubo de descarga líquida de la columna está conectado a un sello líquido que consiste de dos tubos concéntricos: El externo de 5.08 cm. de diámetro, y el interno de 3.168 cm.; cuyos extremos están sellados. El líquido descargado por la columna, entra al espacio anular por la parte inferior y sube hasta derramar por el tubo inferior, el cual está directamente conectado con el drenaje.

Además de los accesorios mencionados, la columna cuenta -

con 8 válvulas distribuidas a lo largo de ella que nos permiten tomar muestras líquidas, siete de estas válvulas, están en los platos señalados con número par en la columna, y la octava está en la entrada del sello líquido, cerca de la descarga de líquido de la columna. También existen, 7 termómetros colocados en los mismos platos que las válvulas, los cuales indicarán la temperatura de la fase gaseosa en cada plato. Las tres secciones y el remate están unidos entre sí por medio de bridas atornilladas, usando empaque de hule para obtener un buen sello y evitar fugas de líquido o de gas.

El agua con que opera la columna, es provista por un tanque de nivel constante situado 2.65 Mts. sobre la entrada de la columna. La medición del gasto de agua se efectúa por medio de tres rotámetros, conectados en paralelo dos de los cuales tienen una capacidad máxima de 216 c.c./Min., y el otro, de 5.3 - Litros/Min. El objeto de conectar estos tres rotámetros en paralelo es el de poder medir con más sensibilidad los gastos pequeños.

La mezcla gaseosa con que se trabajó fué de aire amoníaco. El aire se obtuvo de un compresor reciprocante, y fué medido por un rotámetro Fisher y Porter de capacidad máxima de 0.227 Mt.³ Estd./Minuto. El Amoníaco se tuvo en forma líquida en un tanque, del cual se pasó a un rotámetro Fisher y Porter, el cual fué calibrado directamente y cuya lectura máxima era de 7.488 gramos/min. Los dos gases para formar una mezcla homogénea, se juntaron en un tanque mezclador de 15.24 cm. de longitud y 5.08 cm.

de diámetro. Para lograr la turbulencia adecuada y homogenizar la mezcla en forma adecuada, las entradas al mezclador se pusieron tangenciales y opuestas, diametralmente, para producir un giro circular, y en la parte interior se puso una malla de alambre que produjese un mayor grado de turbulencia.

Ver detalle figura 2c.

V.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

Los pasos que deben seguirse para operar correctamente la columna son como sigue:

- 1.- Se deja entrar un gasto de agua relativamente grande, accionando las válvulas de los rotámetros para agua, para lograr rápidamente un retenido de líquido en los platos.
- 2.- Se abre lentamente la válvula de la línea de aire, hasta que se observa buen burbujeo en la columna a través de la mirilla.
- 3.- Se gradúan con precisión los rotámetros para agua, hasta que miden el gasto deseado.
- 4.- Se gradúa el gasto de aire al valor deseado accionando la válvula del rotámetro para aire.
- 5.- Se introduce el Amoniaco, accionando la válvula, del rotámetro para graduar el gasto requerido.
- 6.- Se deja funcionar el sistema durante 5 minutos, vigilando que no varíen las lecturas de los rotámetros.
- 7.- Se empiezan a tomar muestras con intervalos de 5 minutos de la descarga de líquido de la columna, y se titulan.
- 8.- Cuando las últimas dos muestras del líquido descargado de la columna tienen idéntica concentración, esto nos indica que el sistema está en régimen constante. Entonces se procede a tomar las muestras líquidas de cada plato, empezando por el inferior, para evitar que se vacíe algún plato; y a anotar las temperaturas observadas en la fase gaseosa de cada plato.

9.- Se titula cada muestra con HCl de normalidad conocida, -- usando un indicador apropiado (Naranja de Metilo, Etc.) y se anotan los resultados.

Para suspender la operación de la columna, se hace lo siguiente:

- 1.- Se cierra completamente la válvula de amoniaco.
- 2.- Se esperan unos minutos a que todo el Amoniaco haya sido desalojado de la columna por el agua.
- 3.- Se cierra el agua por completo.
- 4.- Se cierra el aire por completo.
- 5.- Se deja abierta la válvula del tubo de descarga de agua - de la columna para que escurra el agua remanente en la columna y en el sello liquido.

1.- TABLA DE DATOS DE OPERACION.

CORRIDA No. 1.

GASTO DE NH₃ = 2.53 g./Min.

GASTO DE H₂O = 62.5 g.Mol/Min.

GASTO DE AIRE = 0.136 M³.Est/Min.

Platos	Alicuota ml.	Volumen de HCl (ml)	Temp. °C
1	25	29.00	28.4
2	50	3.44	28.4
4	50	2.4	28.4
6	25	2.4	28.4
8	25	1.2	28.7
10	25	1.2	28.9
12	25	1.2	28.6
14	25	1.2	--

CORRIDA No. 2.

GASTO DE NH₃ = 3.45 g./Min.

GASTO DE H₂O = 84.51 g.Mol/Min.

GASTO DE AIRE = 0.113 M³ Est/Min.

Platos	Alicuota ml.	Volumen de HCl (ml)	Temp. °C
1	25	32.1	
2	50	5.8	29.3
4	50	2.5	29.3
6	50	2.4	29.3
8	50	2.4	29.8
10	50	2.4	29.8
12	50	2.4	29.8
14	50	2.4	29.0

CORRIDA No. 3.

GASTO DE NH₃ = 7.488 g/Min.

GASTO DE H₂O = 42.19 g.Mol/Min.

GASTO DE AIRE = 0.157 M³.Est/Min.

Platos	Alicuota ml.	Volumen de HCl (ml)	Temp. °C
1	25	104	--
2	25	21.6	29
4	25	2.4	28
6	25	1.2	27.8
8	25	1.2	27.9
10	25	1.2	28
12	25	1.2	28
14	25	1.2	27

CORRIDA No. 4.

GASTO DE NH₃ = 5.375 g/Min.

GASTO DE H₂O = 42.19 Mol/Min.

GASTO DE AIRE = 0.157 M³.Est/Min.

Platos	Alicuota ml.	Volumen de HCl (ml)	Temp. °C
1	25	96.6	--
2	25	21.0	29.1
4	25	1.6	28.1
6	25	1.2	27.9
8	25	1.2	28.0
10	25	1.2	28.0
12	25	1.2	28.0
14	25	1.2	27.0

CORRIDA No. 5.

GASTO DE NH₃ = 7.13 g/Min.

GASTO DE H₂O = 19.2 g.Mol/Min.

GASTO DE AIRE = 0.204 Mt³ Est/Min.

Plato ^o	Alicuota ml.	Volumen de HCl(ml)	Temp. °C
1	25	209.5	---
2	25	118.3	34.5
4	25	56.8	34.5
6	25	36.4	33.9
8	25	13.4	33.1
10	25	4.6	33.0
12	25	1.7	33.0
14	25	1.2	31.5

CORRIDA No. 6.

GASTO DE NH₃ = 3.63 g/Min.

GASTO DE H₂O = 42.1 g.Mol/Min.

GASTO DE AIRE = 0.204 Mt³ Est/Min.

Plato ^o	Alicuota ml.	Volumen de HCl(ml)	Temp. °C
1	25	74.4	---
2	25	13.65	27.9
4	25	1.3	27.5
6	25	1.2	27.1
8	25	1.2	27.1
10	25	1.2	27.2
12	25	1.2	27.2
14	25	1.2	27.1

CORRIDA No. 7.

GASTO DE NH₃ = 7.488 g./Min.

GASTO DE H₂O = 12.375 g.Mol/Min.

GASTO DE AIRE = 0.204 Mt³ Est/Min.

Plato ^o	Alicuota ml.	Volumen de HCl(ml)	Temp. °C
1	25	364.7	---
2	25	228.2	29.0
4	10	161.3	32.1
6	25	132.8	33.9
8	25	42.2	34.9
10	25	83.7	34.8
12	25	57	35.0
14	10	12.85	33.3

CORRIDA No. 8.

GASTO DE NH₃ = 7.488 g/Min.

GASTO DE H₂O = 13.376 g.Mol/Min.

GASTO DE AIRE = 0.204 Mt³ Est/Min.

Plato ^o	Alicuota ml.	Volumen de HCl(ml)	Temp. °C
1	5	62.0	---
2	5	40.3	28.8
4	5	26.55	31.1
6	5	19.55	31.6
8	5	13.15	31.8
10	10	16.7	31.7
12	10	9.55	31.0
14	10	4.10	29.0

CORRIDA No. 9.

GASTO DE NH₃ = 7.488 g./Min.
 GASTO DE H₂O = 15.088 g.Mol/Min.
 GASTO DE AIRE = 0.204 Mt³.Est/Min.

Plato#	Alicuota ml.	Volumen de HCl(ml)	Temp. °C
1	5	62.0	--
2	5	36.0	30.0
4	5	23.0	32.2
6	5	17.7	33.0
8	5	11.7	33.0
10	10	14.6	32.2
12	10	7.8	32.8
14	10	3.2	30.0

CORRIDA No. 10.

GASTO DE NH₃ = 7.13 g./Min.
 GASTO DE H₂O = 16.455 g.Mol/Min.
 GASTO DE AIRE = 0.204 Mt³.Est/Min.

Plato#	Alicuota ml.	Volumen de HCl(ml)	Temp. °C
1	5	52.2	--
2	5	32.65	29.9
4	5	20.0	32.2
6	5	14.1	32.9
8	5	9.55	33.0
10	10	11.0	32.0
12	10	6.0	32.0
14	10	2.5	30.0

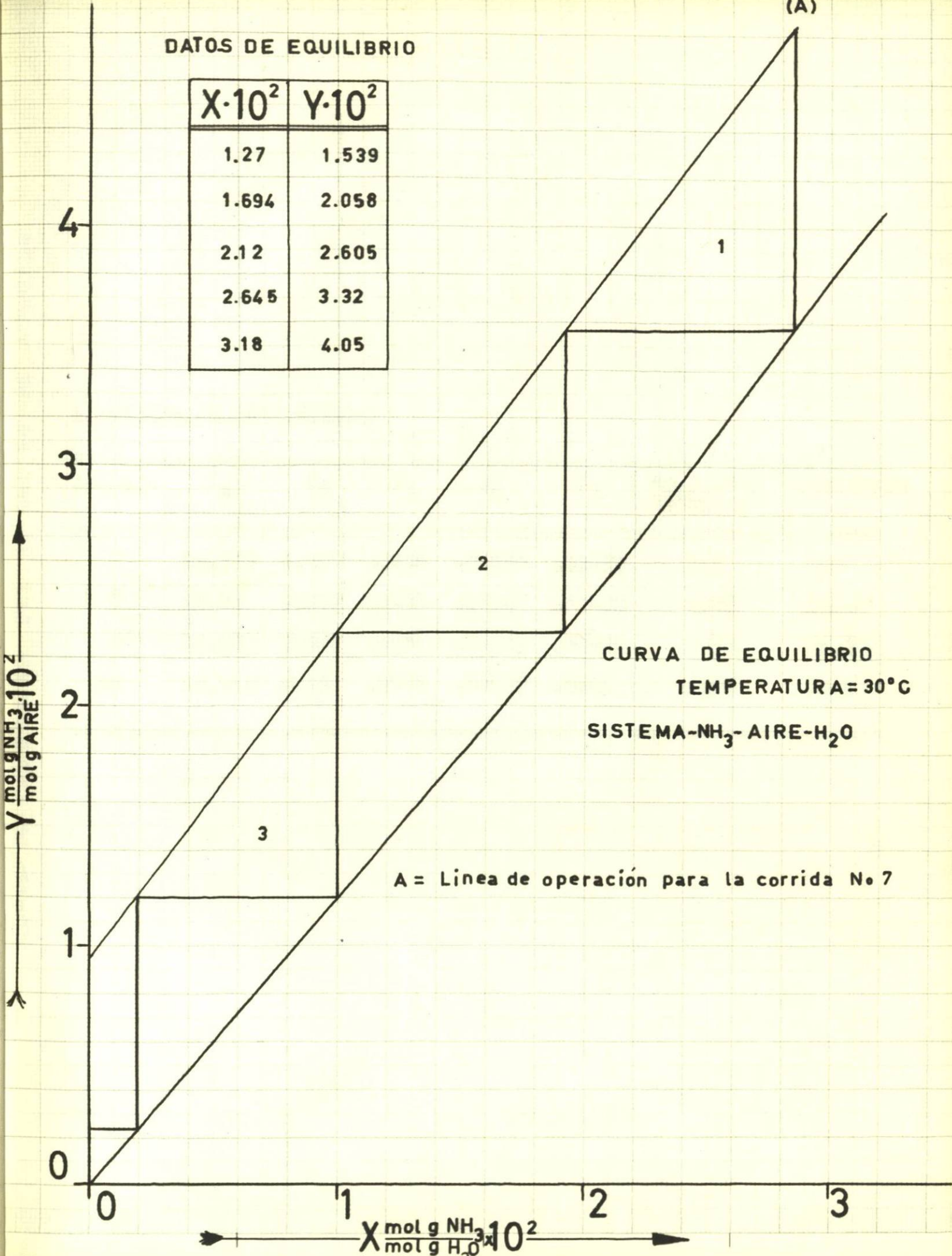
DATOS DE EQUILIBRIO $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{Aire}$ (16).

Peso de NH_3 por 100 Unidades de H_2O	PRESION PARCIAL DE NH_3 , m.m. Hg.							
	0°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	50°C	60°C
100	947							
90	785							
80	636	987						
70	520	780						
60	380	600	945					
50	275	439	686					
40	190	301	470	--	719			
30	119	190	298	--	454	692		
25	89.5	144	227	--	352	534	825	
20	64	103.5	166	--	260	395	596	834
15	42.7	70.1	114	--	179	273	405	583
1.0	25.1	41.8	69.6	--	110	167	247	361
7.5	17.7	29.9	50.0	--	79.7	120	179	261
5	11.2	19.1	31.7	--	51.0	76.5	115	165
4	--	16.1	24.9	--	40.1	60.8	91.1	129.2
3	--	11.3	18.2	23.5	29.6	45	67.1	94.3
2.5	--	--	15.0	19.4	24.4	(37.6)	(55.7)	77.0
2	--	--	12.0	15.3	19.3	(30.0)	(44.5)	61.0
1.6	--	--	--	12.0	15.3	(24.1)	(35.5)	48.7
1.2	--	--	--	9.1	11.5	(18.3)	(26.7)	36.3
1.0	--	--	--	7.4	--	(15.4)	(22.2)	30.2
0.5	--	--	--	3.4				

Valores Extrapolados.

DATOS DE EQUILIBRIO

$X \cdot 10^2$	$Y \cdot 10^2$
1.27	1.539
1.694	2.058
2.12	2.605
2.645	3.32
3.18	4.05



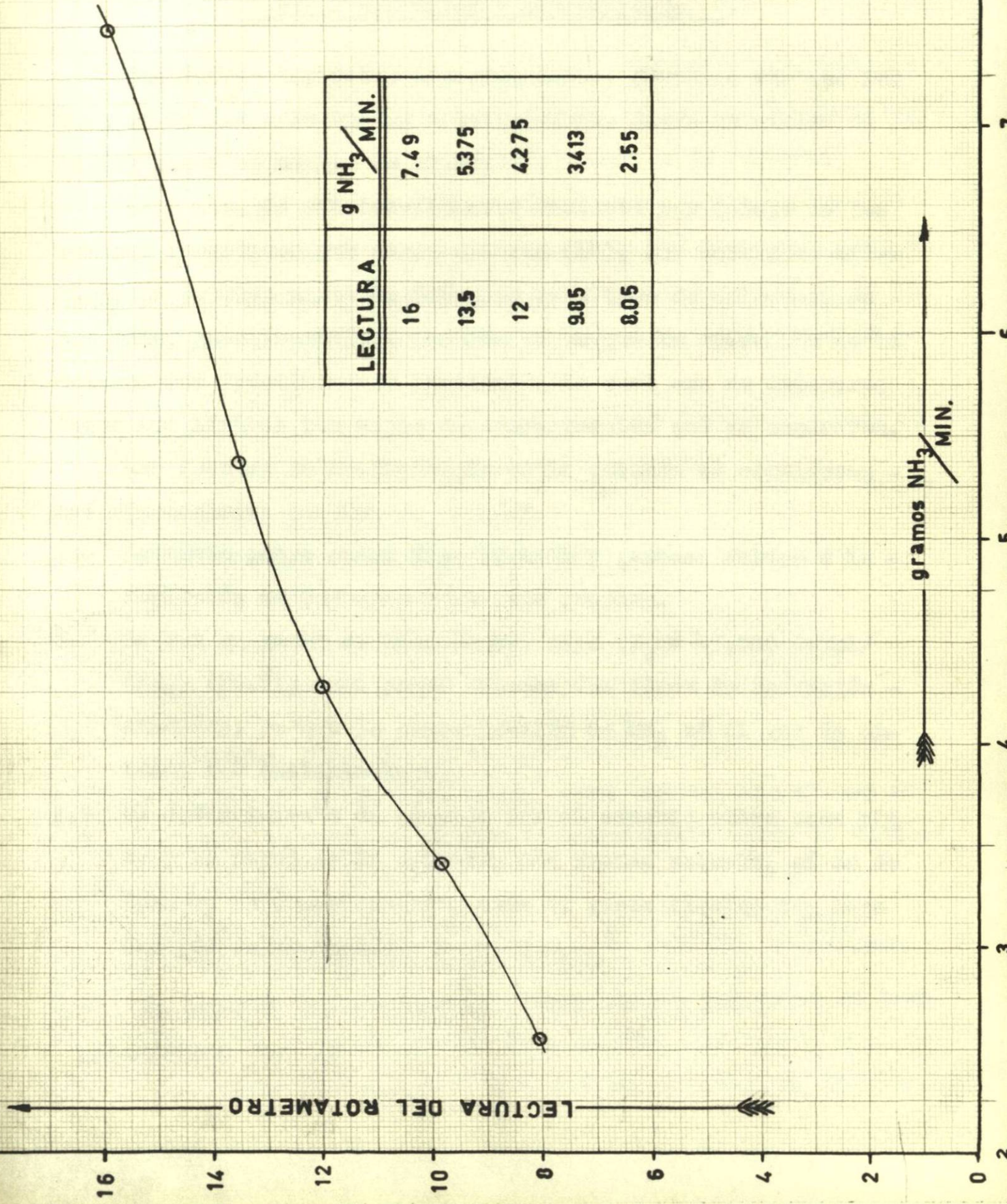
CURVA DE EQUILIBRIO
 TEMPERATURA = 30°C
 SISTEMA-NH₃-AIRE-H₂O

A = Línea de operación para la corrida No. 7

4.- TABLA DE RESULTADOS.

Corrida	L_s	G_s	Y_1	Y_2	X_1	No. Platos Teóricos	Eficiencia
7	12.375	9.097	.0484	.00956	.02855	3.3	22%
8	13.76	9.097	.0484	.0136	.02428	2.05	13.67
9	15.088	9.097	.0484	.00813	.02428	2.75	18.33
10	16.445	9.097	.0474	.00907	.0201	2.05	13.67

CURVA DE CALIBRACION DEL ROTAMETRO DE AMONIACO



LECTURA	9 NH ₃ / MIN.
16	7.49
13.5	5.375
12	4.275
9.85	3.413
8.05	2.55

VII.- DISCUSION Y CONCLUSIONES.

Analizando los datos experimentales, se puede ver que los valores de las eficiencias totales varían desde un mínimo de 13.67% hasta un máximo de 22.0%.

Esta gama de eficiencias está bastante por debajo de los valores reportados por otros autores (14), que consignan eficiencias totales hasta de 90% para este tipo de columnas. De los datos experimentales, también se ve que la operación de la columna fué prácticamente isotérmica lo cual era de esperarse dados los límites tan bajos de concentración que se emplearon.

Las fuentes de ineficiencia en la columna se consideran las siguientes:

- 1.- Contacto pobre entre fase líquida y gaseosa debido a la formación de burbujas demasiado grandes.
- 2.- Se usó un gasto de líquido muy bajo ($L_g = 45,000 \text{ G-Mol/ (Hr.) (Mt.}^2)$), para poder obtener una línea de operación adecuada, ya que la concentración de NH_3 en el gas de entrada fué bastante baja.
- 3.- El escurrimiento de líquido por el espacio entre cada plato y la pared de la columna, aún cuando pequeño, sí es de tomarse en consideración, dado el gasto líquido tan bajo con que se trabajó.

VIII.- APENDICE.

Se dará un ejemplo de los cálculos efectuados para obtener la composición del gas descargado por la columna en su parte superior y para calcular la eficiencia total de la columna.

De los datos de operación de la columna y para la corrida No. 7, se puede observar que el volumen de HCl necesario para titular una alícuota de 25 ml. del líquido descargado de la columna, o por el primer plato; fué de 364.7 ml. Aplicando la fórmula:

Volumen x Normalidad x N. equivalente = Gramos se puede conocer la concentración de NH_3 en G/m/de solución.

$$\text{Normalidad del HCl} = 0.1039.$$

$$\text{Miliequivalente del } \text{NH}_3 = 0.017$$

$$\text{Alícuota tomada} = 25 \text{ ml.}$$

$$\text{Volumen de HCl} = 364.7 \text{ ml.}$$

$$\frac{(364.7)}{25} (.1039) (.017) = .02577 \text{ G/m/de solución.}$$

La densidad absoluta de esta solución con esa concentración y a 30°C es = 0.98125 g/ml. Para conocer los gramos de NH_3 por gramo de agua, se divide la composición entre la densidad, como sigue:

$$\frac{.02577}{0.98125} \frac{\text{G } \text{NH}_3/\text{ml. solución}}{\text{G solución/ml. solución}} = 0.02626 \frac{\text{G } \text{NH}_3}{\text{G solución.}}$$

En seguida se calculan los gramos de NH_3 por gramo de Agua como sigue:

$$\frac{.02626}{1.02626} = \frac{.02626}{.97374} = .02696 \frac{\text{G. NH}_3}{\text{G. H}_2\text{O}}$$

Dividiendo los gramos de NH_3 y los de H_2O entre su respectivo peso molecular se llega a la composición en las unidades deseadas,

$$\frac{\text{Moles G. de NH}_3}{\text{Moles G. de H}_2\text{O}}$$

$$X_1 = .02696 \times \frac{18}{17} = .02855 \frac{\text{Moles G. de NH}_3}{\text{Moles G. de H}_2\text{O}}$$

Para calcular el valor de Y_1 , se divide el gasto de NH_3 en g. Moles/Min., entre el gasto de aire en las mismas unidades.

Lectura del Rotámetro de $\text{NH}_3 = 16$

El gasto de NH_3 en g./Min., se saca de la curva de calibración del Rotámetro y es igual a 7.488.

El gasto de aire es de 0.204 M^3 Est/Min., el cual se mide con un Rotámetro Fischer y Porter.

$$G_s = \frac{.204}{.0224} = 9.097 \frac{\text{g. Mol Aire}}{\text{Minuto}}$$

$$Y_1 = \frac{7.488/17}{9.097} = \frac{0.4405}{9.097} = .0484 \frac{\text{g. Mol NH}_3}{\text{g. Mol Aire}}$$

Haciendo un balance de materia en toda la columna se obtiene,

$$L_s (X_1 - X_2) = G_s (Y_1 - Y_2)$$

Como $X_2 = 0$,

$$L_s X_1 = G_s (Y_1 - Y_2)$$

Despejando Y_2 , se tiene,

$$Y_2 = Y_1 - \frac{L_s}{G_s} X_1 = .0484 - .03884 = .00956$$

Teniendo estos valores, se traza la línea de operación a través de los Puntos ($X = 0.02855$, $Y = 0.0484$) y ($X = 0.0$, $Y = 0.00956$).

El conteo de Platos se hace en la forma usual, y la eficiencia total de la columna se encuentra dividiendo el No. de platos ideales entre el No. de platos reales. Ver figura

La eficiencia para este caso es,

$$\text{Efic.} = 3.3/15.0 \times 100 = 22.0 \%$$

X.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Brodovich, A. I. y R. V. Krasnovskaya
Coke and Chem. (U. R. S. S.), 1941, No. 1, 21-30;
Khim. Referat. Zhur, 1, No. 9, 19, (1941)
- 2.- Chamber, F. S., y T. K. Sherwood
Ind. Eng. Chem., 29, 1415-22, (1937).
- 3.- Chih Chu, J. (Polytechnic Inst. of Brooklyn, Brooklyn, N.Y.)
Petroleum Processing, 6, 39-45, 48 (1951).
- 4.- Crico, A., Chimie, E. Industrie, 70, 1086-92, (1953).
- 5.- Dwyer, O. E. y Barnett F. Dodge.
Ind. Eng. Chem., 33, 485-9, (1941)
- 6.- D'Ancona, H. Ch., D. N. Hanson, y C. R. Wilke.
(Univ. of California, Berkeley).
A. I. Ch. E. Journal, 1, 441-51, (1955).
- 7.- Dixon, B. E. y P. R. Kiff, (Gov. Lab., London).
J. Appl. Chem. (London); 5, 390-402, (1955).
C. A., 50, 5338^o.
- 8.- Fallah, R., J. Soc. Chem. Ind., 53, 262-67, (1934).
- 9.- Freshwater, D. C. (Univ. Birmingham, Inglaterra)
Ind. Chemist, 22, 451-61, (1953).

- 10.- Goodgame, T. H. y T. K. Sherwood.
(Massachusetts, Inst. of Technol., Cambridge).
Chem. Eng. Sci., 3, 37-42, (1954).
- 11.- Hanks, W. V. y W. H. Mc Adams.
Ind. Eng. Chem., 21, 1034-9, (1929)
- 12.- Hamer, A. W. (Imperial Chem. Inds. of Australia & New Zealand,
Melbourne)
Roy, Australian Chem. Inst., J. E. Proc., 17, 68-86, (1950)
- 13.- Kohl, L. A. y F. C. Riesenfeld.
Chem. Eng., 66, No. 22, 127-177, (1959).
- 14.- Lee, D. C. Jr. (Celanese Corp., Bishop, Texas).
Chem. Eng., 61, No. 5, 179-82, (1954).
- 15.- Posin, H. E., Zhur. Priklad. Khim. (J. Applied Chem), 21, -
58-81, (1948).
c. f. C. A. 43 239.
- 16.- Perry, J. H., Ed., "Chemical Engineer's Handbook", 3a. Ed.,
págs. 668 - 711, McGraw Hill Book Co., Inc., New York (1950).
- 17.- Shabalin, K. N., S. F. Krylov y V. I. Oberin.
J. Chem. Ind., (U. R. S. S.), 16, No. 1, 10-14, (1939).
- 18.- Shabalin, K. N.
J. Applied Chem. (U.R.S.S.), 13, 412-20, (1941).

19.- Treybal, R. E., "Mass Transfer Operations", 1a. Ed.,
Mc Graw-Hill Book Co. Inc., New York, (1955).

20.- Van Dalen, E. (Freien Univ. Amsterdam).
Anal. Chim. Acta, 5, 563-5, (1951).

