

300618

14
20,



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

ELABORACION DE LA INGENIERIA BASICA PARA
UN SISTEMA DE PURIFICACION DE BUTADIENO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
I N G E N I E R O Q U I M I C O
P R E S E N T A :
L U I S F E R N A N D O M E N D O Z A B O R J A

DIRECTOR DE TESIS:
M.C. ARMANDO QUINTANILLA PEREZ-LETE



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

I DESCRIPCION GENERAL

1.1	Introducción al tema	2
1.2	Objetivos generales	4
1.3	Desarrollo del trabajo	5

II INGENIERIA BASICA DEL PROCESO

2.1	Bases de diseño	7
2.2	Análisis de alternativas	29
2.3	Selección de alternativas	31
2.4	Diagrama de flujo de proceso	32
2.5	Descripción del proceso	34
2.6	Criterios del proceso	36
2.7	Filosofía operacional	37
2.8	Lista de equipo y lista de motores	39
2.9	Requerimientos de servicios auxiliares	46
2.10	Planos de localización general	48

III DISEÑO Y ESPECIFICACION DE EQUIPO E INSTRUMENTOS

3.1	Recipientes	51
3.2	Torres	56
3.3	Especificación de empaques e internos	60
3.4	Intercambiadores de calor	62
3.5	Cálculo de tuberías de proceso	69
3.6	Especificación de bombas	73
3.7	Especificación de instrumentos	81
3.8	Elaboración de diagrama de tuberías e instrumentos de proceso	88
3.9	Selección de materiales de tuberías	102
3.10	Selección de materiales de equipos	105
3.11	Memorias de cálculo mecánicas	106
3.12	Memorias de cálculo de proceso	111

IV. EVALUACION ECONOMICA DEL PROCESO

4.1	Estimación del costo fijo del capital	141
4.2	Estimación del costo de producción anual	142
4.3	Estimación de rentabilidad del proceso	143

V. CONCLUSION

5.1	Conclusión	146
-----	------------------	-----

BIBLIOGRAFIA.....		147
-------------------	--	-----

I. DESCRIPCION GENERAL

1.1 INTRODUCCION

INGENIERIA BASICA

La creación de plantas industriales involucra una secuencia de actividades para la realización del proyecto, las cuales son enumeradas a continuación: Investigación y Tecnología, Planeación Industrial, Ingeniería de Proceso, Ingeniería de Detalle, Adquisición de Equipo y Materiales, Construcción y Arranque.

El diseño de una planta química tiene como meta desarrollar todo aquello que permita la construcción de la misma, para lo que utiliza la Ingeniería de Proceso, encargada del desarrollo, evaluación y diseño de procesos químicos, la Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalle, que especifican el equipo y la instrumentación requeridos para el buen funcionamiento de la planta.

1,3-BUTADIENO

El 1,3-Butadieno es un hidrocarburo empleado como materia prima en la elaboración de hules sintéticos, resinas y plásticos, sus principales aplicaciones son:

hules butadieno-estireno	59.3 %
hule polibutadieno	32.2 %
Látex	6.1 %
Hule nitrilo	1.3 %
Plásticos ABS	1.1 %

La producción de hule sintético del país es insuficiente para cubrir la demanda nacional, por lo que es necesario realizar importaciones tanto de hule natural como sintético. La producción de hules mexicanos a partir de materia prima nacional suministrada por Petróleos Mexicanos permitiría el ahorro de una gran cantidad de divisas destinada a la importación de estos productos.

En 1975 Petróleos Mexicanos inició la operación en Ciudad Madero, Tamaulipas, de su primera planta productora de butadieno, que tiene una capacidad instalada de 55,000 toneladas por año, con lo que se pretendía suspender en su totalidad las importaciones de este producto y garantizar el abastecimiento adecuado del principal componente de hule sintético a los consumidores nacionales; sin embargo, la planta no logra producir ni el 30 % de su capacidad instalada, lo que origino que en el año de 1985 se tuvieran erogaciones aproximadas por 62 millones de dólares por concepto de importación de materia prima y de producto.

Debido a esta situación Petróleos Mexicanos planea poner en operación otra planta productora de butadieno en el complejo petroquímico Morelos en el estado de Veracruz para el año de 1990 con una capacidad instalada de 100,000 toneladas por año.

Aunado a estas acciones, en la presente administración se ha realizado una reclasificación de la industria petroquímica nacional, que propone impulsar esta rama de la producción a partir del año 1989 y hasta el año 1995 con una inversión aproximada de 5,900 millones de dólares; esta acción pretende incorporar al proceso productivo del país tecnologías que permitan obtener productos de mejor calidad y de mayor competitividad en el mercado internacional.

1.2 OBJETIVOS

El presente trabajo tiene por objeto elaborar el paquete de Ingeniería Básica para un proceso de purificación de 1,3-butadieno.

Los puntos a cubrir son:

El diseño de un proceso de purificación de 1,3-butadieno, así como de los equipos principales y auxiliares del mismo.

El proceso debe eliminar las impurezas con las que Petróleos Mexicanos proporciona a la industria del plástico, de manera tal que se alcancen las especificaciones requeridas para su uso en reacciones de polimerización. Las impurezas a eliminar son: agua, 4-vinil-ciclo hexeno y 4-terbutil-catecol.

Realizar la evaluación técnico-económica del proceso seleccionado para efectuar la purificación de este monómero empleado en la producción de resinas y hules sintéticos.

1.3 DESARROLLO DEL TRABAJO

El presente trabajo comenzó en sus inicios con una investigación en el Instituto Mexicano del Plástico Industrial acerca de los petroquímicos, sus necesidades, sus satisfactores existentes y posibilidades de desarrollo en el país.

Una vez detectado nuestro objetivo de estudio, el siguiente paso a realizar fué el investigar los métodos empleados para el procesamiento y producción de polímeros derivados del butadieno, así como las fuentes de producción del monómero por parte de Petróleos Mexicanos.

Posteriormente se determinó el proceso a realizar y se procedió a consultar en el Instituto Nacional de Estadística e Informática, el Observatorio Meteorológico Nacional, e Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México los diversos factores involucrados en la designación del lugar de establecimiento de la planta, siendo el sitio elegido la ciudad de Altamira, Tamaulipas.

El sistema de proceso empleado en la purificación del butadieno, incluyendo sus bases de diseño, criterios del proceso y filosofía operacional, se desarrollaron a partir de información recabada en Petróleos Mexicanos y compañías privadas que utilizan el butadieno como materia prima en sus procesos de producción, tal es el caso de Hules Mexicanos.

Aún cuando los objetivos iniciales permanecieron sin cambios, el desarrollo del paquete sufrió modificaciones conforme se avanzaba en su ejecución.

La bibliografía utilizada para el desarrollo del proyecto fué consultada en las bibliotecas de la Universidad La Salle, la Universidad Nacional Autónoma de México en la facultad de Química y las instalaciones de Postgrado de la misma, el Instituto Politécnico Nacional, Bufete Industrial e Industrias Resistol.

La investigación contó también con el asesoramiento técnico de compañías proveedoras de equipo, como fué el caso de Norton Chemical Products, Swecomex y Hartmann and Braun.

II. INGENIERIA BASICA
DEL PROCESO

2.1 BASES DE DISEÑO

CUESTIONARIO PARA BASES DE DISEÑO

PLANTA

LOCALIZACION ALTAMIRA, TAMAULIPAS

HOJA 1 DE 21

1. GENERALIDADES

1.1 FUNCION DE LA PLANTA

(DESBIBIR EN DETALLE LAS FUNCIONES DEBIDAS DE LA INSTALACION A DISEÑARSE)

PURIFICACION DE 1,3 - BUTADIENO POR MEDIO DE UN PROCESO

CONTINUO.

1.2 TIPO DE PROCESO

DESTILACION EN TORRE EMPACADA, CON SISTEMA DE
RECIRCULACION DE PRODUCTO CONDENSADO Y EVAPORACION
DE FONDOS. LOS EQUIPOS REQUERIDOS SON:

CONDENSADOR TOTAL

TANQUE ACUMULADOR

BOMBA DE REFLUJO

TANQUE DE PRODUCTO

BOMBA DE PRODUCTO

REHERVIDOR

BOMBA DE FONDOS

2.4 FLEXIBILIDAD DE OPERACION BAJO CONDICIONES ANORMALES
 LA PLANTA DEBERA SEGUIR OPERANDO BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

FALLA DE:	SI	NO	OBSERVACIONES
VAPOR		X	
AIRE	X		
AGUA DE ENFRIAMIENTO		X	
ELECTRICIDAD	X		SE CONTEMPLA SISTEMA DE RESPALDO

2.5 FLEXIBILIDAD EN CUANTO A OPERACION CON DIFERENTES CARGAS Y/O MODALIDADES OPERATIVAS.

EL SISTEMA ESTA DISEÑADO PARA OPERAR BAJO LAS CONDICIONES DE PUREZA Y COMPOSICION EN LA ALIMENTACION, Y NO PREVEE CAMBIO ALGUNO EN SUS CONDICIONES DE OPERACION.

2.6 PREVISION PARA AMPLIACIONES FUTURAS.

ESPECIFICAR PLANES DE EXPANSION A CONSIDERAR EN EL DISEÑO, TANTO EN LA CAPACIDAD DE LA PLANTA, COMO EN LO REFERENTE A UN CAMBIO EN SUS FUNCIONES.

NINGUNA

4. ALIMENTACIONES A LA PLANTA

4.1 CONDICIONES EN LIMITES DE BATERIA

ALIMENTACION				
TEMPERATURA °C	MAXIMA	30		
	NORMAL	27		
	MINIMA	24		
PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	MAXIMA	2.23		
	NORMAL	2.03		
	MINIMA	1.54		
ESTADO FISICO		LIGIDO		
FORMA DE RECIBO (1)		CARRO TANQUE		
PROCEDENCIA (2)		NINGUNA		
FLUJO		ROTAMETRO		

(1) TUBERIA, CILINDROS, CARROS TANQUE, SACOS, TRANSPORTADOR DE BANDA, ETC.

(2) SI EXISTE MAS DE UNA PROCEDENCIA DE ALGUNA ALIMENTACION, INDICAR SUS CONDICIONES EN LIMITES DE BATERIA.

4.2 DEFINIR LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD EXISTENTES QUE PROTEGEN A LAS LINEAS.

ROCIADORES

6. CONDICIONES DE LOS PRODUCTOS

6.1 CONDICIONES EN LIMITES DE BATERIA

PRODUCTO		1,3 BUTADIENO		
TEMPERATURA °C	MAXIMA			
	NORMAL	25		
	MINIMA			
PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	MAXIMA			
	NORMAL	1.75		
	MINIMA			
ESTADO FISICO		LIQUIDO		
FORMA DE ENVIO (1)		TUBERIA		
DESTINO (2)		REACTORES		
FLUJO UNIDADES Kg / BATCH		15 661		

(1) TUBERIA, CILINDROS, CARROS TANQUE, SACOS, TRANSPORTADORES DE BARRA, ETC.

(2) SI EXISTEN PRODUCTOS CON DIFERENTES DESTINOS, INDIAR SUS CONDICIONES EN LIMITES DE BATERIA.

6.2 DEFINIR LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD EXISTENTES QUE PROTEGEN LAS LINEAS DE PRODUCTOS

ROCIADORES

7. EFLUENTES**7.1 EFLUENTES LIQUIDOS**

7.2 EMISIONES AL AIRE

GASES Y VAPORES SON ENVIADOS A QUEMADORES

7.3 EFLUENTES SOLIDOS

NINGUNO

7.4 DESFOGUE

SISTEMA DE DESFOGUE A QUEMADORES

ULSA

ESCUELA DE QUIMICA

LFMB

HOJA 10 DE 21

8. INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO**8.1 ALIMENTACIONES**

ALIMENTACION	CAPACIDAD	UNIDADES	Nº. DE TANQUES

8.2 PRODUCTOS

PRODUCTOS	CAPACIDAD	UNIDADES	Nº. DE TANQUES
1,3 BUTADIENO	15 661	Kg	1

9. SERVICIOS AUXILIARES

9.1 VAPOR EN LIMITE DE BATERIA

EXISTE VAPOR DISPONIBLE EN L.B.	SI	X	NO
---------------------------------	----	---	----

NIVEL DE PRESION	ALTA	MEDIA	BAJA
PROPIEDAD			
PRESION Kg/cm^2			2.72
TEMPERATURA $^{\circ}C$			138.3
CALIDAD			
DISPONIBILIDAD			AMPLIA

INDICAR CONSIDERACIONES ADICIONALES PARA ESPECIFICACION DE MATERIALES O DE TURBINAS.

9.2 RETORNO DE CONDENSADO

NIVEL DE PRESION	ALTA	MEDIA	BAJA
CONDICIONES			
PRESION MINIMA Kg/cm^2			2.11
TEMPERATURA MAXIMA $^{\circ}C$			121.3

9.3 AGUA DE ENFRIAMIENTO

TIPO	REFRIGERADA
FUENTE DE SUMINISTRO	UNIDAD DE REFRIGERACION
PRESION DE SUMINISTRO EN L.B. Kg/cm^2	2.95
TEMPERATURA DE SUMINISTRO EN L.B. $^{\circ}C$	10
DISPONIBILIDAD	AMPLIA
PRESION DE RETORNO EN L.B. Kg/cm^2	2.25
TEMPERATURA DE RETORNO EN L.B. $^{\circ}C$	25
FACTOR DE INCRUSTACION PARA INTERCAMBIADORES DE CALOR	0.0002049 $hm^2^{\circ}C / Kcal$

9.4 AGUA CONTRA INCENDIO

REQUERIDA

9.5 AIRE DE INSTRUMENTOS

SUMINISTRADO	FUERA L.B.
GENERADO	COMPRESOR DE AIRE
SE INTEGRA A ALGUN SISTEMA GENERAL FUERA DEL L.B.	NO
CAPACIDAD EXTRA REQUERIDA	NINGUNA
PRESION DEL SISTEMA Kg/cm^2	7.0
PUNTO DE ROCIO $^{\circ}C$	4.44
IMPUREZAS	NINGUNA

9.6 INERTES

COMPOSICION	NITROGENO
FORMA DE ENTREGA EN L.B.	GAS
PRESION EN L.B. (Kg/cm^2)	7.0
TEMPERATURA EN L.B. ($^{\circ}\text{C}$)	25
DISPONIBILIDAD	AMPLIA

9.7 ALIMENTACION DE ENERGIA ELECTRICA

FUENTES DE SUMINISTRO	L. B.
TENSION	220 - 440 V
NUMERO DE FASES	3
FRECUENCIA	60 Hz

10. SISTEMAS DE SEGURIDAD**10.1 SISTEMA DE SEGURIDAD****VALVULAS DE ALIVIO****10.2 SISTEMA CONTRA INCENDIO****ROCIADORES**

II. CONDICIONES CLIMATOLOGICAS**II.1 TEMPERATURA**

MAXIMA EXTREMA	41 °C
MINIMA EXTREMA	0 °C
MAXIMA PROMEDIO	35 °C
MINIMA PROMEDIO	5 °C
PROMEDIO	24,6 °C
PROMEDIO DEL MES MAS CALIENTE	37,8 °C
PROMEDIO DEL MES MAS FRIO	18,3 °C
DE BULBO HUMEDO PROMEDIO	

II.2 ESTADISTICA PLUVIAL

PRECIPITACION PLUVIAL	400 - 1450 mm
HORARIA MAXIMA	5,4 mm
MAXIMA EN 12 O 24 HORAS	129,6 mm
ANUAL MEDIA	2,7 mm

ULSA

ESCUELA DE QUIMICA

LFMB

HOJA 16 DE 21

11.3 VIENTO

DIRECCION DE LOS VIENTOS DOMINANTES DE

DIRECCION DE LOS VIENTOS REINANTES DE

VELOCIDAD MEDIA 25 Km/h

VELOCIDAD MAXIMA 240 Km/h a 10m de altura

11.4 HUMEDAD

MAXIMA PROMEDIO 90 % A 20 °C

MINIMA PROMEDIO 80 % A 20 °C

11.5 ATMOSFERA

PRESION ATMOSFERICA 1.0333 Kg/cm²

ATMOSFERA CORROSIVA SI x NO

CONTAMINANTES NINGUNO

12. BASES DE DISEÑO PARA TUBERIAS

12.1 SOPORTES DE TUBERIA Y TRINCHERAS

TIPO DE SOPORTES		RACK
REQUERIMIENTOS ESPECIALES DE ALTURA DE SOPORTES EN		
L. B.	NINGUNO	
SE PERMITE EL USO DE TRINCHERAS	SI	NO

12.2 DRENAJES

DRENAJE	PLUVIAL	SANITARIO	QUIMICO	ACEITOSO
RECEPTOR	X		X	X

12.3 DIBUJOS

DIBUJOS	SI	NO	
PLANTAS Y ELEVACIONES	X		
ISOMETRICOS DE TUBERIAS	DE ACERO AL CARBON	X	
	DE ACERO INOXIDABLE		X
DESPIECES DE TUBERIAS	DE ACERO AL CARBON		X
	DE ACERO INOXIDABLE		X

13 BASES DE DISEÑO CIVIL

13.1 SOLICITACIONES POR SISMO

COEFICIENTE SISMICO

A según normas para Diseño Estructural I, Ingeniería UNAM

13.2 NIVEL DE PISO TERMINADO

100

13.3 NIVEL FREATICO

13.4 INFORMACION GENERAL SOBRE EL TIPO DE SUELO

14 BASES DE DISEÑO PARA INSTRUMENTOS

14.1 TABLERO DE CONTROL

14.1 NO GRAFICO _____ SEMIGRAFICO _____ GRAFICO 14.2 CONSOLA _____ GABINETE OTRO _____

14.2 TIPO DE INSTRUMENTACION

ELECTRONICA NEUMATICA

ANALOGICA _____ TUBO BENCILLO _____

DIGITAL _____ MULTITUBO _____

14.3 REQUERIMIENTO DE TOTALIZACION CONTINUA DE
FLUJO DE LAS CORRIENTES DE ENTRADA Y SALIDA
DE LA PLANTA. SI NO _____

14.4 REQUERIMIENTO DE MEDICION Y REGISTRO DE FLUJOS
TOTALES DE SERVICIOS. SI NO _____
CON TOTALIZACION CONTINUA. SI NO _____

15 BASES PARA DISEÑO DE EQUIPO

15.1 CAMBIADORES DE CALOR

INFORMACION DISPONIBLE SOBRE FACTORES DE INCRUSTACION DETERMINADOS EN OPERACION.

SERVICIO	R _f (FACTORES DE INCRUSTACION)
REBOILER	
$h m^2 C / Kcal$	CORAZA 0.0001024
	TUBOS 0.001024
CONDENSADOR	
$h m^2 C / kcal$	CORAZA 0.000249
	TUBOS 0.000249

15.2 BOMBAS

TIPO DE ACCIONADORES MOTOR ELECTRICO _____

SOBREDISEÑO DESEADO _____

2.2 ANALISIS DE ALTERNATIVAS

El objeto de este estudio es establecer los aspectos del diseño que quedan fijos y los que quedan sujetos a un análisis de alternativas para obtener un diseño confiable, funcional y económico de una planta.

El butadieno proporcionado a la industria por Petróleos Mexicanos contiene una serie de compuestos extraños en su composición, estas impurezas son agua, 4-vinil-ciclo-hexeno y 4-terbutil-catecol. Por tanto la función de la planta será la obtención de 1,3-butadieno con un grado de pureza tal, que pueda emplearse en reacciones de polimerización.

Los criterios de evaluación que se tomaran en cuenta en la realización del análisis de alternativas serán en orden de importancia los siguientes:

- Selección del tipo de proceso a utilizar.
- Selección de la carga a la planta.
- Establecimiento del esquema de procesamiento.
- Establecimiento de las condiciones de operación.

Factores a considerar en los criterios establecidos serán: costo, seguridad, flexibilidad, operabilidad y posible generación de problemas secundarios.

Los métodos más viables para la remoción de las impurezas contenidas en el monómero, son los basados en la transferencia de masa, siendo específicamente la extracción líquido-líquido y la destilación.

La técnica de extracción líquido-líquido se lleva a cabo al poner en contacto una solución insoluble con la mezcla de monómero, la solución a emplear en este caso específico es el hidróxido de sodio, conocido comúnmente como sosa caústica, y tiene por objeto el producir una diferencia en la distribución de sustancias entre las fases líquidas, la operación se realiza en columnas empacadas.

La destilación en cambio, logra la separación entre el monómero y sus impurezas por diferencia de volatilidades relativas al aplicar energía al sistema y producir condensaciones y evaporaciones sucesivas. Esta operación se realiza tanto en columnas empacadas como en columnas de platos.

2.3 SELECCION DE ALTERNATIVAS

Una vez realizado el análisis de alternativas de solución para el problema específico, se procede a seleccionar la alternativa más adecuada de acuerdo a los criterios de selección previamente establecidos.

En general, el criterio de selección utilizado es el económico, sin embargo es necesario distinguir a aquellos que son limitantes en la selección de alternativas, imponiendo restricciones que definen la viabilidad de los mismos, entre los que podemos citar las condiciones de proceso, el programa de proyecto, seguridad y espacio.

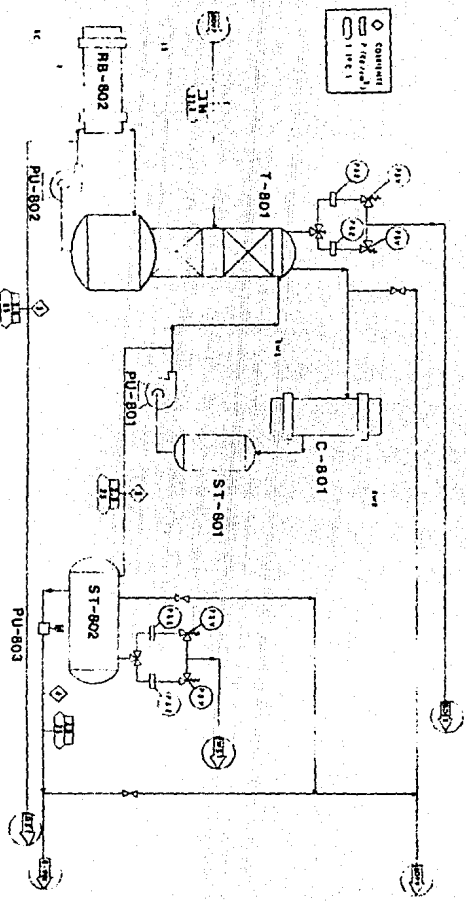
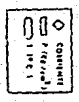
Una vez considerados los factores limitantes, la selección se realiza entre las alternativas restantes en base a criterios económicos, si la diferencia es apreciable, se selecciona la alternativa de menor costo, si la diferencia en costo entre dos o más alternativas no es importante, la elección depende de factores secundarios como flexibilidad, mantenimiento y facilidad de operación entre otros.

De nuestras alternativas existentes el empleo de una extracción líquido-líquido, tiene un problema secundario, que consiste en la adición de otro componente en la mezcla, el cual podría ser arrastrado en concentraciones bajas en el producto pero que afectaría a las posteriores operaciones de polimerización.

Debido a esta razón se ha elegido como proceso de trabajo la destilación como método de purificación del 1,3-butadieno, quedando sólo por determinar el equipo principal utilizado en la sección de purificación, columna de platos o columna empacada.

2.4 D I A G R A M A D E F L U J O D E P R O C E S O

13-101 13-102 13-103 13-104 13-105 13-106 13-107 13-108 13-109 13-110 13-111 13-112 13-113 13-114 13-115 13-116 13-117 13-118 13-119 13-120 13-121 13-122 13-123 13-124 13-125 13-126 13-127 13-128 13-129 13-130 13-131 13-132 13-133 13-134 13-135 13-136 13-137 13-138 13-139 13-140 13-141 13-142 13-143 13-144 13-145 13-146 13-147 13-148 13-149 13-150 13-151 13-152 13-153 13-154 13-155 13-156 13-157 13-158 13-159 13-160 13-161 13-162 13-163 13-164 13-165 13-166 13-167 13-168 13-169 13-170 13-171 13-172 13-173 13-174 13-175 13-176 13-177 13-178 13-179 13-180 13-181 13-182 13-183 13-184 13-185 13-186 13-187 13-188 13-189 13-190 13-191 13-192 13-193 13-194 13-195 13-196 13-197 13-198 13-199 13-200 13-201 13-202 13-203 13-204 13-205 13-206 13-207 13-208 13-209 13-210 13-211 13-212 13-213 13-214 13-215 13-216 13-217 13-218 13-219 13-220 13-221 13-222 13-223 13-224 13-225 13-226 13-227 13-228 13-229 13-230 13-231 13-232 13-233 13-234 13-235 13-236 13-237 13-238 13-239 13-240 13-241 13-242 13-243 13-244 13-245 13-246 13-247 13-248 13-249 13-250 13-251 13-252 13-253 13-254 13-255 13-256 13-257 13-258 13-259 13-260 13-261 13-262 13-263 13-264 13-265 13-266 13-267 13-268 13-269 13-270 13-271 13-272 13-273 13-274 13-275 13-276 13-277 13-278 13-279 13-280 13-281 13-282 13-283 13-284 13-285 13-286 13-287 13-288 13-289 13-290 13-291 13-292 13-293 13-294 13-295 13-296 13-297 13-298 13-299 13-300 13-301 13-302 13-303 13-304 13-305 13-306 13-307 13-308 13-309 13-310 13-311 13-312 13-313 13-314 13-315 13-316 13-317 13-318 13-319 13-320 13-321 13-322 13-323 13-324 13-325 13-326 13-327 13-328 13-329 13-330 13-331 13-332 13-333 13-334 13-335 13-336 13-337 13-338 13-339 13-340 13-341 13-342 13-343 13-344 13-345 13-346 13-347 13-348 13-349 13-350 13-351 13-352 13-353 13-354 13-355 13-356 13-357 13-358 13-359 13-360 13-361 13-362 13-363 13-364 13-365 13-366 13-367 13-368 13-369 13-370 13-371 13-372 13-373 13-374 13-375 13-376 13-377 13-378 13-379 13-380 13-381 13-382 13-383 13-384 13-385 13-386 13-387 13-388 13-389 13-390 13-391 13-392 13-393 13-394 13-395 13-396 13-397 13-398 13-399 13-400 13-401 13-402 13-403 13-404 13-405 13-406 13-407 13-408 13-409 13-410 13-411 13-412 13-413 13-414 13-415 13-416 13-417 13-418 13-419 13-420 13-421 13-422 13-423 13-424 13-425 13-426 13-427 13-428 13-429 13-430 13-431 13-432 13-433 13-434 13-435 13-436 13-437 13-438 13-439 13-440 13-441 13-442 13-443 13-444 13-445 13-446 13-447 13-448 13-449 13-450 13-451 13-452 13-453 13-454 13-455 13-456 13-457 13-458 13-459 13-460 13-461 13-462 13-463 13-464 13-465 13-466 13-467 13-468 13-469 13-470 13-471 13-472 13-473 13-474 13-475 13-476 13-477 13-478 13-479 13-480 13-481 13-482 13-483 13-484 13-485 13-486 13-487 13-488 13-489 13-490 13-491 13-492 13-493 13-494 13-495 13-496 13-497 13-498 13-499 13-500



Estado de Componente		Caudal de Componente		Caudal de Componente		Caudal de Componente		Caudal de Componente		Caudal de Componente	
Componente	Estado	Caudal	Unidad	Componente	Estado	Caudal	Unidad	Componente	Estado	Caudal	Unidad
RB-802	Operando	100	kg/h	ST-801	Operando	100	kg/h	ST-802	Operando	100	kg/h
PU-801	Operando	100	kg/h	C-801	Operando	100	kg/h	PU-802	Operando	100	kg/h
PU-802	Operando	100	kg/h	PU-803	Operando	100	kg/h				

ULSSA
 ZADIANA DE TIPO DE PRODUCCION
 SISTEMA DE FABRICACION SM
 17218 PRODUCCION 1
 LUIS RIVERA MONTA 101A

2.5 DESCRIPCIÓN DE PROCESO

SISTEMA DE PURIFICACION DE 1,3-BUTADIENO

El sistema de purificación de butadieno consiste en una destilación continua del monómero, conteniendo impurezas, para obtener un producto purificado en condiciones de ser utilizado, posteriormente, en la reacción de polimerización.

El sistema está diseñado para producir una carga de 15,649 kg de butadieno purificado hacia el reactor cada 20 horas.

Proveniente del límite de baterías, el butadieno es bombeado continuamente hacia la torre purificadora T-801 a temperatura ambiente (25 C) conteniendo agua, TBC y 4VCH como impurezas.

La columna operará a 2.8 kg/cm² de presión absoluta, la temperatura de ebullición de la torre es mantenida a 85 C mediante la utilización del sistema de circulación forzada del rehervidor RB-802.

El destilado se condensará en el intercambiador C-801 que emplea agua refrigerada como líquido de enfriamiento, el condensado se recibirá en el tanque de destilado ST-801 a 25 C y 2.8 kg/cm² de presión absoluta, con una composición del 99.79 % de BD, 0.20% de 4VCH y aproximadamente 7 ppm de TBC.

El control de presión es mantenido mediante la inundación parcial del área de enfriamiento del condensador C-801, la cual controla la velocidad de condensación, que a su vez determina la presión de la torre T-801.

El transporte de condensado del tanque ST-801 hacia la torre T-801 y hacia el tanque de carga de butadieno ST-802 se realiza por medio de la bomba centrífuga PU-801 con una relación de 0.25 de reflujo a destilado de exportación.

El destilado a exportación es regulado mediante el control de presión de la torre, y colectado en el tanque de carga de BD ST-802, para posteriormente ser utilizado en el proceso de polimerización. Por demanda del reactor, 15,649 Kg de BD son bombeados hacia el reactor R-901 fuera del límite de baterías, desde el tanque ST-802 por medio de la bomba FU-803 a razón de 39.75 m³/min.

Los fondos de la torre con una composición de 11.6% de BD, 0.9% de TBC, 80.6% de 4VCH y 4.8% de agua, son bombeados intermitentemente con la bomba centrífuga FU-802 hacia el rehervidor RB-802 y hacia el tanque de almacenamiento de dímero ubicado fuera del límite de baterías.

La torre y el tanque de carga de butadieno están individualmente protegidos por medio de un sistema doble de seguridad de presión, el cual ventea a través de .

2.6 CRITERIOS DEL PROCESO

La capacidad de carga hacia la sección de purificación es de 709 kg/h de mezcla conteniendo monómero e impurezas, se fijó una capacidad de diseño de 787.71 kg/h para absorber variaciones en la composición de entrada.

La sección de purificación tiene por función la obtención de 1,3-butadieno purificado de composición 99.79 % en mol. El proceso empleado para obtener dicha concentración es la destilación del monómero en columna empacada o columna de platos, y no es contemplado su uso en otras funciones.

La alimentación proveniente de la sección de almacenamiento se realiza por medio de bombas. El producto obtenido es enviado hacia la sección de polimerización como carga de el reactor cada 20 horas.

Para el funcionamiento de la sección purificadora son necesarios como servicios auxiliares agua de enfriamiento, vapor de calentamiento aire de instrumentos y energía eléctrica.

2.7 FILOSOFIA OPERACIONAL

La mezcla conteniendo 1,3-butadieno e impurezas es suministrada a la sección de purificación por medio de bombas a una presión de 3.06 kg/cm^2 y temperatura de 27.3 C , el flujo que es introducido en la torre de purificación es de 781.71 kg/h , y es controlado mediante válvulas de flujo, una de ellas interconectada al interruptor de las bombas de alimentación y la otra a un medidor de flujo, éstas son de acción neumática. En la línea de alimentación es medida la temperatura, presión y cuenta con válvula de alivio.

De la torre se obtienen vapores ricos en butadieno a temperatura de 28.33 C , que son condensados en el condensador a razón de 783 kg/h .

La temperatura constante de 2.8 kg/cm^2 en la torre es mantenida por medio del sistema de condensación, en el que se inunda el área de enfriamiento del condensador, controlando así la velocidad de condensación, que determina la presión en la torre; esto se logra midiendo y controlando la presión en la línea de alimentación de vapores al condensador y la en la línea de salida del agua de enfriamiento.

La relación de reflujo de 0.25 del tanque de condensados hacia la torre por medio de la bomba de reflujo es controlado por medio de la presión medida en la línea del domo de la torre y el nivel de líquido en el tanque de condensados, accionando la válvula de control de flujo hacia el tanque de almacenamiento de producto, así como de otra válvula en la línea de retorno a la torre, accionada por un elemento de flujo, la cantidad de líquido reflujo es de 196 kg/h .

El tanque de almacenamiento de producto con capacidad para 15,661 kg de butadieno purificado, se encuentra aislado para evitar vaporización del producto y el control de nivel se lleva a cabo por medio de un sistema de alarmas por accionamiento capilar, así como de otros indicadores de nivel, en éste también son medidas la presión y temperatura, cuando se tiene alto nivel en el tanque se accionan válvulas de solenoide que envían el producto líquido a recirculación en primera instancia, si el problema es mayor, se manda a drenaje, de la misma manera, si el problema es por vaporización, se cuenta con sistemas de alivio a tanques de sello de agua, además de contar con un sistema doble de seguridad de presión, semejante a la existente en la torre. Como un sistema auxiliar de seguridad como prevención a fugas, se cuenta con detectores de gas que accionan alarmas en campo y en tablero.

Del tanque de almacenamiento de producto son transportados por medio de una bomba enlatada cada 20 horas 15,661 kg de monómero purificado hacia el reactor, al ser accionado el arrancador de la bomba debido a una señal proveniente de la sección de polimerización. En la línea se cuenta con recirculaciones de producto en caso de vaporización hacia el tanque y hacia la torre, válvulas de alivio y medidores de presión.

La temperatura de ebullición en la olla de la torre es mantenida a 85 C mediante la utilización del sistema de circulación forzada del rehervidor, que actúa controlando nivel y temperatura en la olla. Al detectar un aumento de temperatura acciona la válvula de flujo del vapor de calentamiento, cerrándola, si también detecta un nivel alto en la olla, se abre la válvula de flujo de la línea de descarga de fondos que contienen principalmente agua, 4-vinil-ciclo-hexeno y 4-terbutil-catecol. De manera contraria si detecta temperatura baja, permite mayor paso de vapor a través de la válvula y si existe también bajo nivel, cierra la válvula de fondos. La olla de la torre cuenta además con dispositivos de medición de temperatura, presión, alarmas de bajo bajo nivel y alarmas por alto alto nivel.

ESTA TERCERA COPIA
SALVA LA LA DISEÑACION

8.2 LISTA DE EQUIPO Y
LISTA DE MOTORES

LISTA DE EQUIPO

BOMBAS

IDENTIFICACION	DESCRIPCION
PU-801	BOMBA CENTRIFUGA PARA TRANSPORTE DE DESTILADO.
MPU-801	ELEMENTO MOTRIZ DE LA BOMBA PU-801.
PU-802	BOMBA CENTRIFUGA PARA TRANSPORTE DE FONDOS.
MPU-802	ELEMENTO MOTRIZ DE LA BOMBA CENTRIFUGA PU-802.
PU-803	BOMBA PARA TRANSPORTE DE PRODUCTO.
MPU-803	ELEMENTO MOTRIZ DE LA BOMBA PU-803.

L I S T A D E E Q U I P O

I N T E R C A M B I A D O R E S D E C A L O R

I D E N T I F I C A C I O N

D E S C R I P C I O N

C-801

C O N D E N S A D O R D E D E S T I L A D O .

R B - 8 0 2

R E H E R V I D O R D E F O N D O S .

LISTA DE EQUIPO

INTERNOS

DESCRIPCION

SISTEMA INTALOX IMTP No. 50 (TAMANO 2")

L I S T A D E E Q U I P O

RECIPIENTES A PRESION

IDENTIFICACION

DESCRIPCION

ST-801

TANQUE ACUMULADOR DE DESTILADO.

ST-802

TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE
PRODUCTO.

LISTA DE EQUIPO

TORRES

IDENTIFICACION

DESCRIPCION

T-801.

TORRE EMPACADA PARA PURIFICACION
DE BUTADIENO.

LISTA DE MOTORES

IDENTIFICACION

DESCRIPCION

MPU-801

ELEMENTO MOTRIZ DE LA BOMBA DE
REFLUJO PARA DESTILADO PU-801.
POTENCIA CALCULADA: 0.64 HP
POTENCIA COMERCIAL: 1.50 HP

MPU-802

ELEMENTO MOTRIZ DE LA BOMBA DE
REFLUJO PARA FONDOS PU-802.
POTENCIA CALCULADA: 2.14 HP
POTENCIA COMERCIAL: 3.00 HP

MPU-803

ELEMENTO MOTRIZ DE LA BOMBA PARA
TRANSPORTE DE PRODUCTO PU-803.
POTENCIA CALCULADA: 17.12 HP
POTENCIA COMERCIAL: 25.00 HP

2.9 REQUERIMIENTO DE SERVICIOS AUXILIARES

AGUA DE ENFRIAMIENTO (TIPO REFRIGERADA)

EQUIPO	FLUJO (kg/h)		TEMPERATURA
	NORMAL	MAXIMO	C
CONDENSADOR (C-801)	8,678	9,546	10

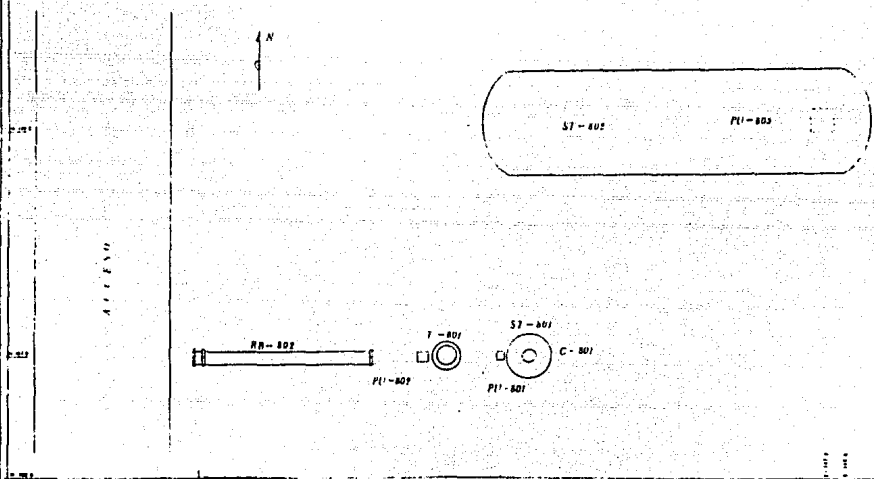
VAPOR DE CALENTAMIENTO

EQUIPO	FLUJO (kg/h)		PRESION	TEMPERATURA
	NORMAL	MAXIMO	kg/cm ²	C
REHERVIDOR (RB-802)	272	299	2.72	138.3

AIRE DE INSTRUMENTOS

INSTRUMENTO	FLUJO (m ³ /h)	CONDICIONES
VALVULAS DE CONTROL Y TRANSMISORES	17.33	ESTANDAR

**2.10 PLANOS DE LOCALIZACION
GENERAL**



U	CLASSIFICATION
L	SYSTEM OR PARTS/COMPONENTS
S	FUNCTION
A	THIS DRAWING CONTAINS SECRETS

SCALE 1:1000

III. DISEÑO Y ESPECIFICACION
DE EQUIPO

3.1 RECIPIENTES

ULSA ESCUELA DE QUIMICA LFMB

HOJA DE DATOS PARA RECIPIENTES A PRESION

IDENTIFICACION ST-801 HOJA 1 DE 2

POR LFMB REVISO AOP1 APROBO FECHA

SERVICIO RECEPCION DE CONDENSADOS

TIPO VERTICAL No. UNIDADES 1

DATOS DE OPERACION Y DISEÑO MECANICO

FLUIDO BUTADIENO 99.93 - AGUA 0.07 DENSIDAD 610.36 Kg/m³

PRESION OP. 1.75 Kg/cm² normal TEMPERATURA OP. 25 °C

PRESION DIS. 8.8 Kg/cm² -1 TEMPERATURA DIS. 100 °C

CODIGO ASME PLACA NO

PRODUCTO LETAL NO CORROSION INT. PERMITIDA POR CODIGO

RELEVO DE ESFUERZOS NO RADIOGRAFIA POR CODIGO

EF. JUNTA: CUERPO POR CODIGO TAPAS POR CODIGO

DIMENSIONES

ALTURA 1.22 m LONGITUD

DIAMETRO INT. 1.07 m VOLUMEN 1.10 m³

ESPESOR: CUERPO POR CODIGO TAPAS POR CODIGO

MATERIALES DE CONSTRUCCION

CUERPO ACERO CARBON TAPAS A.C. SOPORTES A.C.

RECRUBIMIENTO: METAL LABRILLO

CEMENTO MULE O PLASTICO

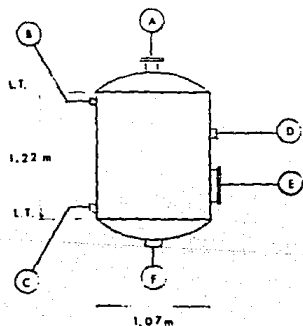
AISLAMIENTO SI x NO TIPO ASBESTO

OBSERVACIONES

Blank area for observations.

BOQUILLAS

SERVICIO	IDENT.	Nº.	TAMAÑO	CLAS. ASA	C A R A
ALIMENTACION	A	1	1"	150 *	REALZADA
MEDIDOR DE NIVEL	B	1	3/4"	3000 * copia	
MEDIDOR DE NIVEL	C	1	3/4"	3000 * copia	
INTERRUPTOR DE NIVEL	D	1	1"	150 *	REALZADA
ENTRADA DE MANO	E	1	12"	150 *	REALZADA
SALIDA	F	1	1 1/2"	150 *	REALZADA



ULSA

ESCUELA DE QUIMICA

LFMB

HOJA DE DATOS PARA RECIPIENTES A PRESION

IDENTIFICACION ST-802 HOJA 1 DE 2POR LFMB REVISO AQPL APROBO FECHA

SERVICIO ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO

TIPO HORIZONTAL No. UNIDADES 1

DATOS DE OPERACION Y DISEÑO MECANICO

FLUIDO BUTADIENO 99.93 - AGUA 0.07 DENSIDAD 610.36 Kg/m³PRESION OR. normal 1.75 Kg/cm² TEMPERATURA OP. 75 °CPRESION DIS. 8.8 Kg/cm² v1 TEMPERATURA DIS. 100 °CCODIGO ASME PLACA NOPRODUCTO LETAL NO CORROSION INT. PERMITIDA POR CODIGORELEVO DE ESFUERZOS NO RADIOGRAFIA POR CODIGOEF. JUNTA: CUERPO POR CODIGO TAPAS POR CODIGO

DIMENSIONES

ALTURA LONGITUD 7.32 mDIAMETRO INT. 2.30 m VOLUMEN 30.41 m³ESPESOR: CUERPO POR CODIGO TAPAS POR CODIGO

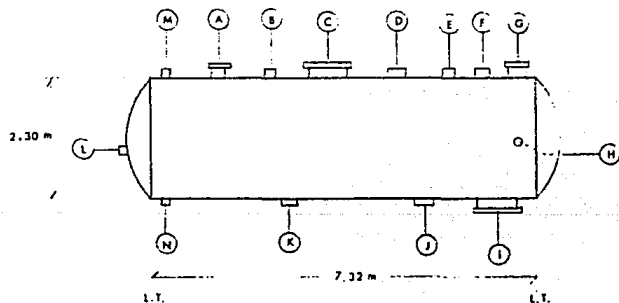
MATERIALES DE CONSTRUCCION

CUERPO A.C. TAPAS A.C. SOPORTES A.C.RECUBRIMIENTO: METAL LABRILLO CEMENTO NULO O PLASTICO AISLAMIENTO SI X NO TIPO ASBESTO

OBSERVACIONES

BOQUILLAS

SERVICIO	IDENT.	Nº.	TAMAÑO	CLAS. ASA	C A R A
ALIMENTACION	A	1	1"	150 #	REALZADA
MEDIDOR PRESION	B	1			
ENTRADA HOMBRE	C	1	2 1/2"	150 #	REALZADA
DESFOGUE	D	1	4"	150 #	REALZADA
DESFOGUE	E	1	3/4"	3000 # copla	
DESFOGUE	F	1	1 1/2"	150 #	REALZADA
RETORNO	G	1	2"	150 #	REALZADA
INDICADOR NIVEL	H	1			
ENTRADA HOMBRE	I	1	2 1/2"	150 #	REALZADA
SALIDA	J	1	4"	150 #	REALZADA
DRENADO	K	1	2"	150 #	REALZADA
INDICADOR TEMPERATURA	L	1			
TRANSMISOR NIVEL	M, N	2			



3.2 TORRES

ULSA

ESCUELA DE QUIMICA

LFMB

HOJA DE DATOS PARA TORRES EMPACADAS

IDENTIFICACION T. 801

HOJA 1 DE 3

POR LFMB

REVISO AQPL

APROBO

FECHA

SERVICIO PURIFICACION DE BUTADIENO

TAMAÑO 15" c.d., 40 X 7,85 m

No. UNIDADES 1

EMPAGUE: ALTURA 6.62 m

TIPO INTALOX

DATOS DE OPERACION Y DISEÑO MECANICO

PRESION OP. normal 1.75 Kg/cm²

TEMPERATURA OP. 25 ° C

PRESION DIS. 8.8 Kg/cm² vt

TEMPERATURA DIS. 100. ° C

FLUIDO 8D-99.4, 4VCH-0.48, AGUA-0.1, TBG-0.02

LETAL NO

DENSIDAD 610.36 Kg/cm³

SOPORTE 51

CODIGO ASME

PLACA NO

CORROSION INT. PERMITIDA POR CODIGO

MATERIALES DE CONSTRUCCION

CORAZA A.C.

CABEZAS A.C.

FALDON A.C.

RECUBRIMIENTO:

METAL

LADRILLO

CEMENTO

HULE O PLASTICO

AISLAMIENTO

SI X NO

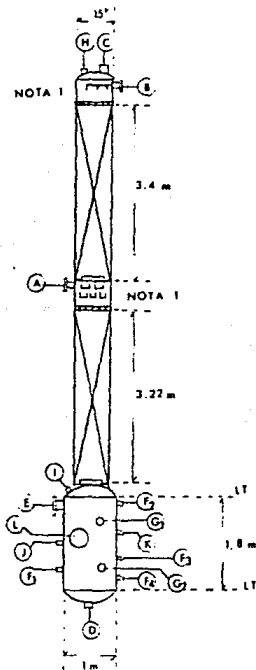
TIPO ASBESTO

BOQUILLAS

SERVICIO	IDENT.	No	TAMAÑO	CLAS. ASA	C A R A
ALIMENTACION	A	1	1"	150 #	REALZADA
REFLUJO DESTILADO	B	1	1 1/2"	150 #	REALZADA
VAPOR DESTILADO	C	1	3"	150 #	REALZADA
LIQUIDO FONDOS	D	1	3"	150 #	REALZADA
REFLUJO FONDOS	E	1	4"	150 #	REALZADA
INTERRUPTOR NIVEL	F 1,2,3,4	4	1"	150 #	REALZADA
MEDIDOR NIVEL	G 1,2	2	3/4"	3000 # copia	
VALV. SEGURIDAD	H	1	2"	150 #	REALZADA
ELEMENTO TEMPERATURA	I	1			
INDICADOR TEMPERATURA	J	1			
INDICADOR PRESION	K	1			
ENTRADA HOMBRE	L	1	2 1/2"	150 #	REALZADA

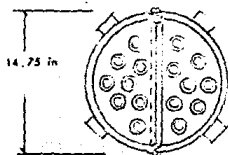
PUNTO DE ALIMENTACION LOCALIZADO EN

REDISTRIBUIDOR

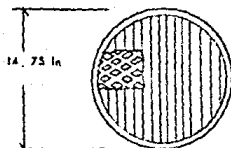
**OBSERVACIONES**

NOTA 1 La seccion empacada sera bridada para remocion de internos

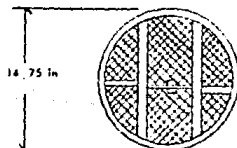
INTERNOS Y DIMENSIONES A
CONFIRMAR



PLATO
DISTRIBUIDOR



PLATO
SOPORTE
EMPAQUE



PLATO
LIMITADOR
CAMA

3.3 ESPECIFICACION DE EMPAQUES E INTERNOS

ULSA

ESCUELA DE QUIMICA

LFMB

HOJA DE DATOS PARA INTERNOS

IDENTIFICACION

HOJA 1 DE 1

POR LFMB

REVISO AQP.L

APROBO

FECHA

FLUIDO 80-99.4 VCH-.48, AGUA-.1, TSC-.02

DENSIDAD 610.36 Kg/m³

EMPAQUE:

DENSIDAD

TAMAÑO, TIPO Y ESPESOR INTALOX IMP 50 2"

ALTURA DE SECCION

No.1 3.4 m

No.2 3.2 m

No.3

METODO DE EMPACADO

ARREOLO DE EMPAQUE

ALEATORIO

TIPO DE PLATO DISTRIBUIDOR

RENOCION BRIDA

T. DE PLATO REDISTRIBUIDOR

RENOCION BRIDA

T. DE SOPORTES DE EMPAQUE

RENOCION BRIDA

REGISTROS

SEPARADOR DE ENTRADA

MATERIALES DE CONSTRUCCION

EMPAQUE A. INOX.

P. DISTRIBUIDOR A. INOX.

SOPORTES A. INOX.

R. REDISTRIBUIDOR A. INOX.

OBSERVACIONES

factor empaque 18

3.4 INTERCAMBIADORES DE CALOR

ULSA ESCUELA DE QUIMICA LFMB

HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR

IDENTIFICACION C-801 HOJA 1 DE 3

POR LFMB REVISO AQPL APROBO FECHA

SERVICIO CONDENSADOR TAMAÑO 305m D x 4.88 m L

SUPERFICIE 31.8 m² No. UNIDADES 1

TIPO TUBO Y CORAZA CONECTADO EN

MONTAJE VERTICAL CABEZAL FIJO

CONDICIONES DE OPERACION

	CORAZA		TUBOS	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
FLUIDO	99.93 B2 - 07 AGUA		AGUA REFRIGERADA	
FLUJO kg/h	783.03	783.03	8819.2	8819.2
DENSIDAD kg/m ³	610.3	574.1	999.7	997.9
VISCOSIDAD cp	.2	.19	1.2	1
CALOR ESPECIFICO Kcal/Kg°C	.38	.55	.97	1
CALOR LATENTE Kcal/Kg	96.58			
TEMPERATURA °C	28.3	25	10	21.1
PESO MOLECULAR	54	54	18	18
P. DE INCrustACION m ² h°C/Kcal	00025		00025	
PRESION kg/cm ²	2.8		2.25	
CAIDA DE PRESION Kg/cm ²		despreciable		.001
VELOCIDAD m/s				.1
No. DE PASOS	1		1	

CARGA TERMICA 96425 Kcal/h LMTD 8.38 °C
 COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA SERVICIO 386.4 Kcal/m²h°C LIMPIO 459 Kcal/m²h°C

DATOS DE DISEÑO MECANICO

	CORAZA		TUBOS	
PRESION DIS. kg/cm ²	8.8	+1	8.8	+1
TEMPERATURA DIS. °C	121		121	
CORROSION PERMISIBLE	POR CODIGO		POR CODIGO	

CODIGO ASME, TEMA PLACA NO
 RELEVO DE ESFUERZOS NO RADIOGRAFIA POR CODIGO

ULSA

ESCUELA DE QUIMICA

LFMB

IDENTIFICACION C - 801

HOJA 1 DE 3

TUBOS: No. 109 LONGITUD 4.88 m
DIAM. EXT. 3/4" BWS 16 ARREGLO 15/16"
CORAZA: DIAM. 305 m ESPESOR _____
CABEZAL: ESPESOR _____
TAPA DE CABEZAL: ESPESOR _____
ESPEJOS: TIPO _____ ESPESOR _____
MAMPARAS: COLOCACION _____ ESPESOR _____
 ARREGLO _____ % CORTE _____
JUNTA DE TUBOS A ESPEJO _____ EMPAQUE _____

MATERIALES DE CONSTRUCCION

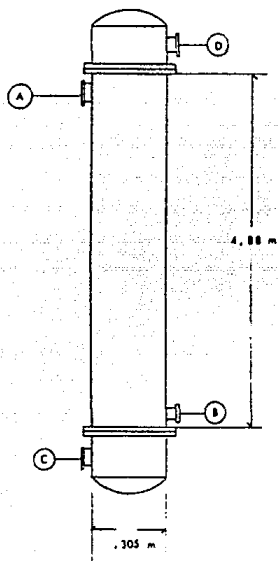
TUBOS _____ A. C. _____ **CORAZA** _____ A. C. _____
CABEZAL _____ A. C. _____ **TAPA DE CABEZAL** _____ A. C. _____
ESPEJOS _____ A. C. _____ **MAMPARAS** _____
JUNTA(S) _____ **EMPAQUE** _____
AISLAMIENTO SI NO _____ **TIPO** _____ ASBESTO _____

BOQUILLAS

SERVICIO	IDENT.	No.	TAMAÑO	CLAS. ASA	C A R A
ENTRADA FLUIDO PROC.	A	1	3"	150 #	REALZADA
SALIDA FLUIDO PROC.	B	1	1"	150 #	REALZADA
ENTRADA AGUA REFRIG.	C	1	2"	150 #	REALZADA
SALIDA AGUA REFRIG.	D	1	2"	150 #	REALZADA

OBSERVACIONES:

El Intercombiador esta sobrediseñado 8%.



ULSA ESCUELA DE QUIMICA LFMB

HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR

IDENTIFICACION 88-802

HOJA 1 DE 3

POR LFMB

REVISO AQPL

APROBO

FECHA

SERVICIO REHERVIDOR

TAMAÑO 254 m D X 3,66 m L

SUPERFICIE 9,33 m²

NO. UNIDADES 1

TIPO CORAZA Y TUBOS

CONECTADO EN

MONTAJE HORIZONTAL

CABEZAL REMOVIBLE

CONDICIONES DE OPERACION

	CORAZA		TUBOS	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
FLUIDO	VAPOR DE BAJA		BD/AGUA/4VCH/18C	
FLUJO Kg/h	272,16	272,16	8812,2	8812,2
DENSIDAD Kg/m ³	1,6	930,67	799,3	96,1
VISCOSIDAD cP	.014	.2	10	.45
CALOR ESPECIFICO Kcal/Kg°C		1,0	.6	.59
CALOR LATENTE Kcal/Kg	513,34			
TEMPERATURA °C	137,7	137,7	82,2	100
PESO MOLECULAR	18	18	58	58
F. DE INCrustACION m ² h°C/Kcal	.0001		.001	
PRESION Kg/cm ²	2,46		2,8	
CAIDA DE PRESION Kg/cm ²		despreciable		0,09
VELOCIDAD m/s				0,95
NO. DE PASOS	1		2	

CARGA TERMICA 139711,88 Kcal/h **LMTD** 46,03 °C

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA **SERVICIO** 359,05 Kcal/m²h°C **LIMPIO** 811,87 Kcal/m²h°C

DATOS DE DISEÑO MECANICO

	CORAZA	TUBOS
PRESION DIS. Kg/cm ²	7,03 v1	6,8 v1
TEMPERATURA DIS. °C	148,8	148,8
CORROSION PERMISIBLE	POR CODIGO	POR CODIGO

CODIGO ASME, TEMA

PLACA NO

RELEVO DE ESFUERZOS NO

RADIOGRAFIA POR CODIGO

ULSA

ESCUELA DE QUIMICA

LFMB

IDENTIFICACION 88-802

HOJA 1 DE 3

TUBOS: No. 32 LONGITUD 3.66 m
DIAM. EXT. 1" **BWS** 14 **ARREGLO** triangular 11/4"
CORAZA: **DIAM.** .254 m **ESPESOR** _____
CABEZAL: **ESPESOR** _____
TAPA DE CABEZAL: **ESPESOR** _____
ESPEJOS: **TIPO** _____ **ESPESOR** _____
MANPARAS: **COLOCACION** _____ **ESPESOR** _____
ARREGLO 1.21 m **% CORTE** 45 D
JUNTA DE TUBOS A ESPEJO _____ **ENPAQUE** _____

MATERIALES DE CONSTRUCCION

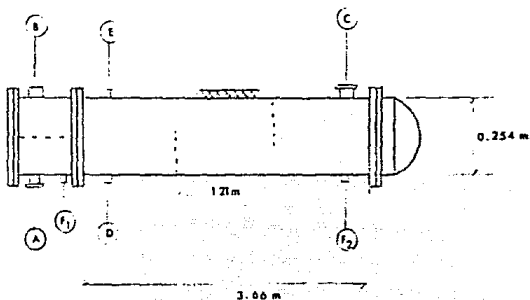
TUBOS A.C. _____ **CORAZA** A.C. _____
CABEZAL A.C. _____ **TAPA DE CABEZAL** A.C. _____
ESPEJOS A.C. _____ **MANPARAS** A.C. _____
JUNTA(S) _____ **ENPAQUE** _____
AISLAMIENTO SI NO **TIPO** ASBESTO

BOQUILLAS

SERVICIO	IDENT.	No.	TAMAÑO	CLAS. ASA	C A R A
ENTRADA FLUIDO PROC	A	1	2"	150 #	REALZADA
SALIDA FLUIDO PROC.	B	1	4"	150 #	REALZADA
ENTRADA VAPOR BAJA	C	1	H/2"	150 #	REALZADA
SALIDA CONDENSADO BAJA	D	1	3/4"	3000 # cople	
VENTEO	E	1	3/4"	3000 # cople	
DRENAJE	F 1,2		3/4"	3000 # cople	

OBSERVACIONES:

El intercambiador esta sobrediseñado 12 %



3.5 CALCULO DE TUBERIAS DE PROCESO

CALCULO DE TUBERIAS DE PROCESO
FLUIDOS NO COMPRESIBLES

IDENTIFICACION	CAUDAL (gpm)	DIAMETRO (in)	VELOCIDAD (ft/s)	CAIDA DE PRESION (psia/100 ft)
BDM-B01	7	0.75	4.206334	2.857587
BDM-B01	7	1.00	2.595417	.7912321 *
BDM-B01	7	1.50	1.101809	9.290774E-02
RWS-B07	38	1.50	5.981251	4.484177
RWS-B07	38	2.00	3.628799	1.285612 *
RWS-B07	38	3.00	1.64715	.185596
RWR-B08	38	1.50	5.981251	4.30481
RWR-B08	38	2.00	3.628799	1.254187 *
RWR-B08	38	3.00	1.64715	.1784277
BDC-B09	7.1	0.75	4.266425	2.885172
BDC-B09	7.1	1.00	2.632495	.8362801 *
BDC-B09	7.1	1.50	1.117549	9.558119E-02
BDC-B10	16	1.00	5.932383	3.968432
BDC-B10	16	1.50	2.518421	.4465639 *
BDC-B10	16	2.00	1.527915	.1280297
BDC-B11	16	1.00	5.932383	3.968432 *
BDC-B11	16	1.50	2.518421	.4465639
BDC-B11	16	2.00	1.527915	.1280297
BDR-B12	16	1.00	5.932383	3.968432
BDR-B12	16	1.50	2.518421	.4465639 *
BDR-B12	16	2.00	1.527915	.1280297

CALCULO DE TUBERIAS DE PROCESO
FLUIDOS NO COMPRESIBLES

IDENTIFICACION	CAUDAL (gpm)	DIAMETRO (in)	VELOCIDAD (ft/s)	CAIDA DE PRESION (psia/100 ft)
BDC-B13	16	1.00	5.932583	3.968432 *
BDC-B13	16	1.50	2.518421	.4465639
BDC-B13	16	2.00	1.527915	.1280297
BDP-B18	175	3.00	7.585558	1.663861
BDP-B18	175	4.00	4.405049	.4157102 *
BDP-B18	175	6.00	1.94105	5.204947E-02
BDP-B19	175	3.00	7.585558	1.663861 *
BDP-B19	175	4.00	4.405049	.4157102
BDP-B19	175	6.00	1.94105	5.204947E-02
B-823	58	2.00	5.538693	2.203447
B-823	58	3.00	2.51407	.3058637 *
B-823	58	4.00	1.459959	.0820199
B-824	58	2.00	5.538693	2.203447 *
B-824	58	3.00	2.51571	.3063627
B-824	58	4.00	1.459959	.0820199
B-826	9.5	0.75	5.708596	7.531024
B-826	9.5	1.00	3.522552	2.214056 *
B-826	9.5	1.50	1.495310	.2689428

CALCULO DE TUBERIAS DE PROCESO
FLUIDOS COMPRESIBLES

IDENTIFICACION	FLUJO (lb/s)	DIAMETRO (in)	DENSIDAD (lb/ft ³)	CAIDA DE PRESION (psia/100 ft)
BDV-804	.6	2	.215	3.854275
BDV-804	.6	3	.215	.4857886 *
BDV-804	.6	4	.215	.1207008
BV-825	5.4	3	6	1.751934
BV-825	5.4	4	6	.4422035 *
BV-825	5.4	6	6	5.672837E-02

NOTA: * Es el diámetro de tubería seleccionado.

3.6 ESPECIFICACION DE BOMBAS

ULSA ESCUELA DE QUIMICA L.F.M.B

HOJA DE DATOS PARA BOMBA CENTRIFUGA

IDENTIFICACION PU- 801 HOJA 1 DE 3

POR L.F.M.B REVISO A.Q.P.L APROBADO FECHA

SERVICIO BOMBA REFLUJO DESTILADO FABRICANTE

UNIDAD MOTRIZ MOTOR ELECTRICO TAMAÑO Y TIPO

ESTANDAR API 610

CONDICIONES DE OPERACION

LIQUIDO 99.93% BUTADIENO / .07% AGUA

CAUDAL A.T.B. NORMAL 53 lpm DISEÑO 61 lpm

PRES. DESCARGA 3.27 Kg/cm² man NPSH DISPONIBLE 8 m

PRES. SUCCION MAXIMA 1.98 Kg/cm² man DISEÑO 1.98 Kg/cm² man

PRES. DIFERENCIAL 1.40 Kg/cm² man COLUMNA DIF. 24 m

TEMP BOMBEO 25 °C DENSIDAD REL. A.T.B. 61

PRES. VAPOR A.T.B. 2.49 Kg/cm² a VISCOSIDAD A.T.B. 2 cp

CORROSION / EROSION POR

FUNCIONAMIENTO

CURVA PROPUESTA No. x NPSH REQUERIDO (agua) x

No. PASOS 1 RPM x

EFICIENCIA DISEÑO x POTENCIA estimada 1.5 HP

POT. MAX. DIS. IMP. x COLUM. MAX. DIS. IMP. x

CAUDAL MIN. CONTINUO x ROTACION VISTA DESDE COUPLE

AGUA ENFRIAMIENTO NO REQUERIDA AGUA TOTAL REQ. x

BALEROS x ESTOPERO x

PEDESTAL x PRENSA ESTOPAS x

ENFRIAMIENTO EMPAQUE NO REQUERIDO LUBRICACION REQUERIDA

PLANO LUBRICACION No. x

CONSTRUCCION

MONTAJE

CARCAZA. L. CENTROS x PIE x

SOPORTE x VERTICAL x

DIVISION. AXIAL x RADIAL x

CONEXION VENTEO x DRENAJE x

MANOMETRO x

BOQUILLAS	DIAMETRO	CLASIF. ASA	CARA	POSICION
SUCCION		150 a	REALIZADA	
DESCARGA		150 a	REALIZADA	

ULSA ESCUELA DE QUIMICA

LFMB

IDENTIFICACION PU - 801

HOJA 2 DE 3

DIAM. IMPULSOR. DISEÑO _____ * _____ MAXIMO _____ * _____ TIPO _____ * _____
 No. FABRICACION BALEROS. _____ * _____ RADIAL _____ * _____ AXIAL _____ * _____
 COPLÉ Y GUARDA. FAB. _____ * _____ MITAD COPLÉ MOTOR MONTADO POR _____ * _____
 EMPAQUE. FAB Y TIPO _____ * _____ TAMAÑO _____ * _____ No. ANILLOS _____ * _____
 SELLO MECANICO _____ * _____ FAB. Y TIPO _____ * _____ CODIGO _____ * _____
 BOMBAS VERT. EMPUJE DE FLECHA HACIA _____ * _____
 BASE _____ * _____

MATERIALES

CLAVE	CARCAZA	S				
I HIERRO FUNDIDO	INTERIORES	I	B	S	C	I
B BRONCE	IMPULSOR	I	B	S	C	I
S ACERO	PARTES INT. CPO.	I	I	S	C	S
C 8-13% CROMO	MANGA EMPAQUE	CH	CH	AF	AF	CH
A ALEACION	MANGA SELLO	C	C	C	C	C
H ENDURECIDO	PART. DESGASTE	I	B	CH	CH	I
F RECUBIERTO	FLECHA	S	S	S	S	S
X						

MOTOR

CLAVE _____ MONTADO POR _____ HP _____ RPM _____
 ARMAZON _____ FAB. _____ TIPO _____ AISL. _____
 ENCAPSULADO _____ AUM. TEMP. _____ VOLTS/FASES/CICLOS _____
 BALEROS _____ LUB. _____ AMPS. PLENA CARGA _____

TUBERIA AUXILIAR POR FABRICANTE

AGUA ENFRIAMIENTO TUBING _____ TUBERIA _____
 LAVADO DEL SELLO TUBING _____ TUBERIA _____

PRUEBAS DE TALLER	REQUERIDA	ATESTIGUADA
COMP. TRAB.		
NPSH		
INSPECCION		

HIDROSTATICA _____
 MAX. PRES. TRAB. PERMISIBLE _____ TEMP. _____
 PESOS. BOMBA _____ BASE _____
 MOTOR _____

IDENTIFICACION PU-801

HOJA 3 DE 3

DATOS FINALES DEL FABRICANTE *

DIAM. ACTUAL IIP. _____ CURVA DE PRUEBA No. _____
 DIB. DIMENSIONAL No. _____ DIB. SECC. BOMBA No. _____
 DIB. SECC. SELLO No. _____ No. SERIE BOMBA _____
 TOLERANCIA ENTRE BRILLOS _____
 EMBARCAR SELLOS MEC. _____ EMPAQUE _____
 INSTALADOS _____ SEPARADOS _____

OBSERVACIONES

* POR FABRICANTE

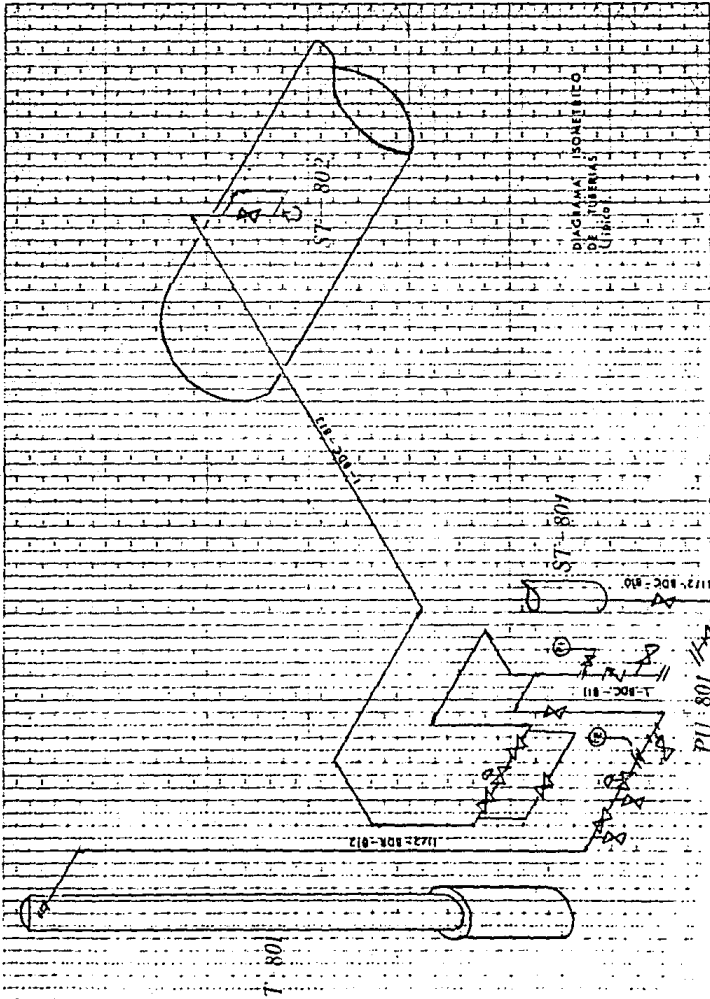


DIAGRAMA ISOMETRICO
DE TUBERIAS
(Unico)

T-801

1127-80R-012

ST-807

112-801

ST-802

112-801-810

L-801-811

PU 801

HOJA DE DATOS PARA BOMBA CENTRIFUGA

IDENTIFICACION PU-802 HOJA 1 DE 3

POR LFMB REVISO AQPL APROBADO FECHA

SERVICIO BOMBA REHEVEDOR FABRICANTE

UNIDAD MOTRIZ MOTOR ELECTRICO TAMAÑO Y TIPO

ESTANDAR API 610

CONDICIONES DE OPERACION

LIQUIDO 80.5% 4-VCH / 11.7% 1,3-BD / 3.9% AGUA / 3.9% TBC

CAUDAL A.T.B. NORMAL 190 lpm DISEÑO 220 lpm

PRES. DESCARGA 3,31 Kg/cm² man DISEÑO NPSH DISPONIBLE 1.46 m

PRES. SUCCION MAXIMA 1.97 Kg/cm² man DISEÑO 1.97 Kg/cm² man

PRES. DIFERENCIAL 1.33 Kg/cm² man COLUMNA DIF. 16.7 m

TEMP. BOMBEO 82 °C DENSIDAD REL. A.T.B. 0.8

PRES. VAPOR A.T.B. 2.78 Kg/cm² a VISCOSIDAD A.T.B. 1.0 cp

CORROSION/EROSION POR

FUNCIONAMIENTO

CURVA PROPUESTA No. x NPSH REQUERIDO (agua) x

No. PASOS 1 RPM x

EFICIENCIA DISEÑO x POTENCIA estimado 3 HP

POT. MAX. DIS. IMP. x COLUM. MAX. DIS. IMP. x

CAUDAL MIN. CONTINUO x ROTACION VISTA DESDE COPLÉ

AGUA ENFRIAMIENTO NO REQUERIDA AGUA TOTAL REQ.

BALEROS x ESTOPERO x

PEDESTAL x PRENSA ESTOPAS x

ENFRIAMIENTO EMPAQUE NO REQUERIDO LUBRICACION REQUERIDA

PLANO LUBRICACION No. x

CONSTRUCCION

MONTAJE x

CARCAZA. L. CENTROS SOPORTE PIE

SOPORTE VERTICAL

DIVISION. AXIAL RADIAL

CONEXION VENTEO DRENAJE

MANOMETRO

BOQUILLAS	DIAMETRO	CLASIF. ASA	CARA	POSICION
SUCCION		150 #	REALZADA	
DESCARGA		150 #	REALZADA	

ULSA ESCUELA DE QUIMICA

LFMB

IDENTIFICACION PU-802

HOJA 2 DE 3

DIAM. IMPULSOR. DISEÑO _____ * _____ MAXIMO _____ * _____ TIPO _____ * _____
 No. FABRICACION BALEROS. _____ * _____ RADIAL _____ * _____ AXIAL _____ * _____
 COPLÉ Y GUARDA. FAB. _____ * _____ MITAD COPLÉ MOTOR MONTADO POR _____ * _____
 EMPAQUE. FAB Y TIPO _____ * _____ TAMAÑO _____ * _____ No. ANILLOS _____ * _____
 SELLO MECANICO _____ * _____ FAB Y TIPO _____ * _____ CODIGO _____ * _____
 BOMBAS VERT. EMPUJE DE FLECHA HACIA _____ * _____
 BASE _____ * _____

MATERIALES

CLAVE	CARCAZA	S				
I HIERRO FUNDIDO	INTERIORES	I	B	S	C	S
B BRONCE	IMPULSOR	I	B	S	C	I
S ACERO	PARTES INT. CPO.	I	I	S	C	S
C #13% CROMO	MANGA EMPAQUE	CH	CH	AF	AF	X
A ALEACION	MANGA SELLO	C	C	C	C	
H ENDURECIDO	PART. DESGASTE	I	B	CH	CH	I
F RECUBIERTO	FLECHA	S	S	S	S	S
X 420 AC. INOX.						

MOTOR *

CLAVE _____ MONTADO POR _____ HP _____ RPM _____
 ARMAZON _____ FAB. _____ TIPO _____ AISL. _____
 ENCAPSULADO _____ ALM. TEMP. _____ VOLTS/FASES/CICLOS _____
 BALEROS _____ LUB. _____ AMPS. PLENA CARGA _____

TUBERIA AUXILIAR POR FABRICANTE *

AGUA ENFRIAMIENTO TUBING _____ TUBERIA _____
 LAVADO DEL SELLO TUBING _____ TUBERIA _____

PRUEBAS DE TALLER	REQUERIDA	ATESTIGUADA
COMP. TRAB.		
NPSH		
INSPECCION		

HIDROSTATICA _____
 MAX. PRES. TRAB. PERMISIBLE _____ TEMP. _____
 PESOS. BOMBA _____ BASE _____
 MOTOR _____

ULSA ESCUELA DE QUIMICA

LFMB

IDENTIFICACION PU - 802

HOJA 3 DE 3

DATOS FINALES DEL FABRICANTE *

DIAM. ACTUAL IMP. _____ CURVA DE PRUEBA No. _____

DIB. DIMENSIONAL No. _____ DIB. SECC. BOMBA No. _____

DIB. SECC. SELLO No. _____ No. SERIE BOMBA _____

TOLERANCIA ENTRE ABILLOS _____

EMBARCAR SELLOS MEC. _____ EMPAQUE _____

INSTALADOS _____ SEPARADOS _____

OBSERVACIONES

* POR FABRICANTE

3.7 ESPECIFICACION DE INSTRUMENTOS

ULSA

ESCUELA DE QUIMICA

LFMB

HOJA DE DATOS PARA VALVULAS DE CONTROL

IDENTIFICACION

HOJA 1 DE 2

POR LFMB REVISO AOPFL

APROBO

FECHA

GENERAL

IDENTIFICACION No.	FCV - 801	TCV - 801	PCV - 801	PCV - 105
SERVICIO	FLUJO	TEMPERATURA	PRESION	PRESION
LINEA No. / RECIPIENTE No.	8DM - 801	LS - 877	RWR - 808	BDC - 813
TAM. DE LINEA Y CED. No.	1" 40	1 1/2" 40	2" 40	1" 40

CONDICIONES DE SERVICIO

UNIDADES DE FLUJO	m ³ / min		m ³ / min		lpm		lpm	
FLUIDO	1,38D/4VCH/4TR/4C		VAPOR BAJA		AGUA		1,38D/AGUA	
FLUJO MAX.								
FLUJO OP.	2,5		2,5		200		6	
ΔP Kg/cm ²	.21 - 1,05		.21 - 1,05		0 - 4,2		.21 - 1,05	
PRES. ENT. MAX. Kg/cm ²	2,5		2,5					
MAX. AP AL CIERRE								
TEMP. OP. °C	27		138,3		21,1		25	
BEN. REL. OPER.	PESO MOL							
VISC. OPER.	% VAPORIZACION							
PRES. CRITICA								

FACTOR DE COMP. Z

CP / CV

CUERPO

MATERIAL DEL CUERPO

MATERIAL DE INTERIORES

ACTUADOR

TIPO DE ACTUADOR

NEUMATICO

NEUMATICO

NEUMATICO

CIERRA A ABRE A

POSICION A FALLA

TRANSDUCTOR

SEÑAL DE ENTRADA

4 - 20 mA

4 - 20 mA

4 - 20 mA

NOTAS

ULSA

ESCUELA DE QUIMICA

LFMB

HOJA DE DATOS PARA VALVULAS DE CONTROL

IDENTIFICACION

HOJA 1 DE 2

POR LFMB

REVISO AOPL

APROBO

FECHA

GENERAL

IDENTIFICACION No.

FCV-802

SERVICIO

FLUJO

LINEA No. / RECIPIENTE No.

8DR-812

TAM. DE LINEA Y CED. No.

1 1/2" 40

CONDICIONES DE SERVICIO

UNIDADES DE FLUJO

lpm

FLUJO

1,380 / AGUA

FLUJO MAX.

FLUJO OP.

21

Δ P

Kg/cm²

.21 - 1.05

PRES. ENT. MAX.

MAX. ΔP AL CIERRE

TEMP. OP.

°C

25

DEN. REL. OPER.

PESO MOL

.61

54

VISC. OPER.

% VAPORIZACION

.2

PRES. CRITICA

FACTOR DE COMP. Z

CP / CV

CUERPO

MATERIAL DEL CUERPO

MATERIAL DE INTERIORES

ACTUADOR

TIPO DE ACTUADOR

NEUMATICO

CIERRA A

ABRE A

POSICION A FALLA

TRANSDUCTOR

SEÑAL DE ENTRADA

4 - 20 mA

NOTAS

ULSA ESCUELA DE QUIMICA LFMB

HOJA DE DATOS PARA INSTRUMENTOS DE FLUJO

IDENTIFICACION HOJA DE
 POR LFMB REVISO AOPL APROBADO FECHA

IDENTIFICACION No. FE-802 SERVICIO MEDICION Y CONTROL DE REFLUJO A T-801

GENERAL

FUNCION REGISTRO INDICACION CONTROL CIEBRO TRANS.
 OTRO _____
 MONTAJE ENBUTIDO _____ SUPERFICIE _____ YUGO _____ OTRO _____

ELEMENTO

SERVICIO FLUJO
 TIPO ELEMENTO MECANICO _____ DIF. PRESION _____ AREA _____
 OTRO TURBINA _____
 MATERIAL 316SS COBRE _____ OTRO _____
 RANGO FIJO AJUST. _____ AJUSTE A _____
 PROTECCION DE SOBRE RANGO A _____
 DATOS DE PROCESO FLUJO: NORMAL 21 lpm MAX. _____ RANGO ELEM. _____
 CONEX. PROC. 1/4" NPT _____ 1/2" NPT _____ OTRO _____
 LOCALIZACION: ABAJO _____ ATRAS _____ OTRO _____

TRANSMISOR

SEÑAL DE SALIDA 4-20 mA 10-50 mA _____ 21-103 KPa (0.2-1 Kg/cm²) _____
 DEL TRANSMISOR OTRO _____

CONTROLADOR

MODOS DE CONTROL P-PROP: I-INTESNAL (REAJ-AUTO): D-DERIVADA: s-LENTO
 f-RAPIDO. P _____ PI _____ PD _____ PID _____ IF _____ DI _____ IS _____ DS _____
 OTRO _____
 ACCION EN AUM. DE MED. LA SALIDA: AUMENTA _____ DISMINUYE _____
 INTERR. AUTO MAN. NO _____ STD. FAB. _____ OTRO _____
 PUNTO DE AJUSTE MANUAL _____ EXTERNO _____ REMOTO _____ OTRO _____
 RES. MANUAL NO _____ STD. FAB. _____ OTRO _____
 SEÑAL SALIDA 4-20 mA 10-50 mA _____ 21-103 KPa (0.2-1 Kg/cm²) _____
 OTRO _____

INTERR. ALARMA CANTIDAD _____ FORMA _____ RANGO _____
 FUNCION FLUJO DESVIACION _____ CONTACTOS _____
 AUM. FLUJO _____ DISM. FLUJO

NOTAS hoja tipica

ULSA ESCUELA DE QUIMICA LFMB

HOJA DE DATOS PARA INSTRUMENTOS DE NIVEL

IDENTIFICACION HOJA 1 DE 1

POR LFMB **REVISO** AOFL **APROBO** **FECHA**

IDENTIFICACION No. LI-306 **SERVICIO** MEDICION NIVEL DE ST-602

GENERAL

FUNCION **REGISTRO** _____ **INDICACION** **CONTROL** _____ **CIEGO** _____ **TRANS.** _____
OTRO _____

MONTAJE **EMPUJIDO** _____ **SUPERFICIE** _____ **TUBO** _____ **OTRO** _____

ELEMENTO

SERVICIO **NIVEL** **ALTO NIV.** **BAJO NIV.** **OTRO** _____

TIPO ELEMENTO **DIFERENCIAL** **FLOTADOR** _____ **VISUAL** _____

OTRO _____

MATERIAL **316SS** **COBRE** _____ **OTRO** _____

RANGO **FIJO** _____ **AJUST.** _____ **AJUSTE A** _____

PROTECCION DE SOBRE RANGO A _____

DATOS DE PROCESO **NIVEL:** **NORMAL** _____ **MAX.** _____ **RANGO ELEM.** _____

CONEX. PROC. **1/4" NPT** _____ **1/2" NPT** _____ **OTRO** _____

LOCALIZACION: **ABAJO** _____ **ATRAS** _____ **OTRO** _____

TRANSMISOR

SEÑAL DE SALIDA **4-20 mA** **10-50 mA** _____ **21-103 KPa (0.2-1 Kg/cm²)** _____

DEL TRANSMISOR **OTRO** _____

CONTROLADOR

MODOS DE CONTROL **P-PROP:** **1-INTEGRAL (REAJ-AUTO):** **2-DERIVADA:** **3-LENTO**

1-RAPIDO. **P** _____ **PI** _____ **PD** _____ **PIB** _____ **IF** _____ **DF** _____ **IS** _____ **DS** _____

OTRO _____

ACCION **EN AUM. DE MED. LA SALIDA:** **AUMENTA** _____ **DISMINUYE** _____

INTERR. AUTO MAN. **NO** _____ **STD. FAB.** _____ **OTRO** _____

PUNTO DE AJUSTE **MANUAL** _____ **EXTERNO** _____ **REMOTO** _____ **OTRO** _____

REG. MANUAL **NO** _____ **STD. FAB.** _____ **OTRO** _____

SEÑAL SALIDA **4-20 mA** _____ **10-50 mA** _____ **21-103 KPa (0.2-1 Kg/cm²)** _____

OTRO _____

INTERR. ALARMA **CANTIDAD** _____ **FORMA** _____ **RANGO** _____

FUNCION **NIVEL** **DESVIACION** _____ **CONTACTOS** _____

AUM. NIVEL **DISM. NIVEL**

NOTAS hoja típica

ULSA ESCUELA DE QUIMICA LFMB

HOJA DE DATOS PARA INSTRUMENTOS DE PRESION / MANOMETROS

IDENTIFICACION _____ NOJA DE _____

POR LFMB REVISO ACP/A APROBO _____ FECHA _____

IDENTIFICACION No. 71-305 SERVICIO MEDICION Y CONTROL DE PRESION DE 1-801

GENERAL

FUNCION REGISTRO _____ INDICACION CONTROL CIEGO _____ TRANS. _____

OTRO _____

MONTAJE EMBUTIDO _____ SUPERFICIE _____ YUGO _____ OTRO _____

ELEMENTO

SERVICIO PRES. MAR. VACIO _____ ABSOLUTA _____ COMPUJSTA _____

TIPO ELEMENTO DIAFRAGMA _____ HELICOIDAL _____ BOURDON FUELLES _____

OTRO _____

MATERIAL 316SS COBRE _____ OTRO _____

RANGO FIJO AJUST. _____ AJUSTE A _____

PROTECCION DE SOBRE RANGO a _____

DATOS DE PROCESO PRESION: NORMAL _____ MAX. _____ RANGO ELEM. _____

CONEX. PROC. 1/4" NPT _____ 1/2" NPT _____ OTRO _____

LOCALIZACION: ABAJO _____ ATRAS _____ OTRO _____

TRANSMISOR

SEÑAL DE SALIDA 4-20 mA 10-50 mA _____ 21-105 KPa (0.2-1 Kg/cm²) _____

DEL TRANSMISOR OTRO _____

CONTROLADOR

MODOS DE CONTROL P-PROP: 1-INTEGRAL (REAJ-AUTO); D-DERIVADA; s-LENTO

f-RAPIDO. P _____ PI _____ PD _____ PID _____ II _____ DI _____ IS _____ DS _____

OTRO _____

ACCION EN AUM. DE MED. LA SALIDA: AUMENTA _____ DISMINUYE _____

INTERR. AUTO MAN. NO _____ STD. FAB. _____ OTRO _____

PUNTO DE AJUSTE MANUAL _____ EXTERNO _____ REMOTO _____ OTRO _____

REG. MANUAL NO _____ STD. FAB. _____ OTRO _____

SEÑAL SALIDA 4-20 mA 10-50 mA _____ 21-105 KPa (0.2-1 Kg/cm²) _____

OTRO _____

INTERR. ALARMA CANTIDAD _____ FORMA _____ RANGO _____

FUNCION PRESION DESVIACION _____ CONTACTOS _____

AUM. PRESION _____

NOTAS hoja tipica

ULSA ESCUELA DE QUIMICA LFMB

HOJA DE DATOS PARA INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA

IDENTIFICACION _____ **HOJA** 1 **DE** 1

POR LFMB **REVISO** _____ **APROBO** _____ **FECHA** _____

IDENTIFICACION No. TE-501 **SERVICIO** MEDICION Y CONTROL TEMPERATURA EN OLLA DE T-801

GENERAL

FUNCION **REGISTRO** _____ **INDICACION** **CONTROL** **CIEGO** _____ **TRANS.** _____
OTRO _____

MONTAJE **EMBUITO** **SUPERFICIE** _____ **YUGO** _____ **OTRO** _____

ELEMENTO

SERVICIO **TEMPERATURA**

TIPO ELEMENTO **EXP. SOLIDA** _____ **EXP. FLUIDA** _____ **TERMoeLECTRICO**
OTRO _____

MATERIAL **SI659** **COBRE** _____ **OTRO** _____

RANGO **FIJO** **AJUST.** _____ **AJUSTE A** _____
PROTECCION DE SOBRE RANGO A _____

DATOS DE PROCESO **TEMP.** **NORMAL** **MAX.** _____ **RANGO ELEM.** 0 - 200 C

CONEX. PROC. **1/4" NPT** _____ **1/2" NPT** _____ **OTRO** _____

LOCALIZACION: **ABAJO** _____ **ATRAS** _____ **OTRO** _____

TRANSMISOR

SEÑAL DE SALIDA **4-20 mA** **10-50 mA** _____ **21-103 KPa (0.2-1 Kg/cm²)** _____

DEL TRANSMISOR **OTRO** _____

CONTROLADOR

MODOS DE CONTROL **P-PROP:** **1-INTEGRAL (REAJ-AUTO):** **D-DESRIVADA:** **s-LENTO**
f-RAPIDO. **P** _____ **PI** _____ **PD** _____ **PID** _____ **II** _____ **DI** _____ **IS** _____ **DS** _____
OTRO _____

ACCION **EN AUM. DE MED. LA SALIDA:** **AUMENTA** _____ **DISMINUYE** _____

INTERR. AUTO MAN. **NO** _____ **STD. FAB.** _____ **OTRO** _____

PUNTO DE AJUSTE **MANUAL** _____ **EXTERNO** _____ **REMOTO** _____ **OTRO** _____

REG. MANUAL **NO** _____ **STD. FAB.** _____ **OTRO** _____

SEÑAL SALIDA **4-20 mA** **10-50 mA** _____ **21-103 KPa (0.2-1 Kg/cm²)** _____

OTRO _____

INTERR. ALARMA **CANTIDAD** _____ **FORMA** _____ **RANGO** _____

FUNCION **TEMP.** **DESVIACION** _____ **CONTACTOS** _____

AUM. TEMP. **DISM. TEMP.** _____

NOTAS hoja tipica

3.8 DIAGRAMA DE TUBERIAS E
INSTRUMENTOS DE PROCESO

BB-802
 Description:
 1. 100%
 2. 100%
 3. 100%
 4. 100%
 5. 100%

PV-802
 Description:
 1. 100%
 2. 100%
 3. 100%
 4. 100%
 5. 100%

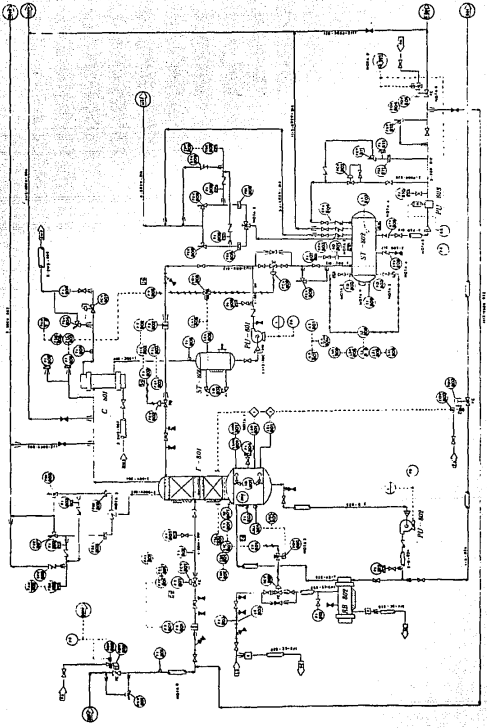
I-802
 Description:
 1. 100%
 2. 100%
 3. 100%
 4. 100%
 5. 100%

C-802
 Description:
 1. 100%
 2. 100%
 3. 100%
 4. 100%
 5. 100%

ST-802
 Description:
 1. 100%
 2. 100%
 3. 100%
 4. 100%
 5. 100%

PK-802
 Description:
 1. 100%
 2. 100%
 3. 100%
 4. 100%
 5. 100%

VJ-802
 Description:
 1. 100%
 2. 100%
 3. 100%
 4. 100%
 5. 100%



1	DESCRIPTION	
2	DATE	
3	BY	
4	REVISION	
5	APPROVED	

NOTAS

1. EDV ABRIRA SI EL NIVEL ALCANZADO POR EL FLUIDO EN LA OLLA ES ELEVADO Y SE ENCUENTRA A UNA TEMPERATURA DE 80 C, O BIEN CERRARA, SI EL NIVEL DISMINUYE AL SER DETECTADA UNA LECTURA BAJA O LA TEMPERATURA DISMINUYA DE LOS 80 C, EDV ABRIRA CUANDO LA TEMPERATURA SE REESTABLEZCA A LOS 80 C.
2. DIAMETRO DEL ORIFICIO DE RESTRICCIÓN 1.4 mm
3. BAJO-BAJO NIVEL EN T-801 DETENDRA EL SUMINISTRO DE VAPOR DE CALENTAMIENTO HACIA EL SISTEMA.
4. LAS VALVULAS DE FLUJO EMPLEARAN BRIDAS PARA SU INSERCIÓN EN LA LINEA.
5. VALVULA DE TRES VIAS DE ACERO AL CARBON DEL TIPO QUE NUNCA TENDRAN AMBOS PUERTOS CERRADOS.
6. EL AIRE SUMINISTRADO A POV DEBERA FLUIR A TRAVES DE TUBERIA DE PLASTICO.
LA INSTALACION DEL DUCTO SE REALIZA ALREDEDOR DEL REACTOR R-901, DEBIDO A QUE EL DUCTO DEBE FUNDIR Y LA VALVULA CERRARSE EN CASO DE INCENDIO.
7. EL INTERRUPTOR DE CARGA HACIA EL REACTOR REQUIERE FLUJO CONTINUO DE BUTADIENO PARA SU APERTURA.
8. LAS LINEAS QUE TRANSPORTAN BUTADIENO Y SE ENCUENTREN EXPUESTAS A LA LUZ SOLAR, DEBEN SER AISLADAS.
9. EL TANQUE DE PRODUCTO DEBE SER AISLADO EN SU TOTALIDAD.

DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTOS DE PROCESO

INDICE DE TUBERIAS

IDENTIFICACION	FLUIDO PRESION (DISEÑO Y OPERACION) TEMPERATURA (DISEÑO Y OPERACION)
1"-BDM-801	Mezcla de alimentación: 99.4% Butadieno, 0.48% Vinil ciclo hexeno, 0.1% Agua y 0.02% Terbutil catecol. Pd= 10.5 kg/cm ² : Pop= 2.03 Kg/cm ² Td= 120 C : Top= 27.3 C
2"-BDVE-802	Vapor de Butadieno (Escape) Pd= 11 Kg/cm ² : Pop= 8.8 Kg/cm ² Td= 120 C : Top= 25 C
3"-BDVE-803	Vapor de Butadieno (Escape) Pd= 11 Kg/cm ² : Pop= 8.8 Kg/cm ² Td= 120 C : Top= 25 C
3"-BDV-804	Vapor 99.93% Butadieno y 0.07% Agua, Pd= 10.5 Kg/cm ² : Pop= 1.75 Kg/cm ² Td= 120 C : Top= 25 C
1/2"-BDVE-805	Vapor de Butadieno (Escape) Pd= 11 Kg/cm ² : Pop= 8.8 Kg/cm ² Td= 120 C : Top= 25 C
1 1/2"-BDVE-806	Vapor de Butadieno (Escape) Pd= 11 Kg/cm ² : Pop= 8.8 Kg/cm ² Td= 120 C : Top= 25 C

2"-RWS-B07 Agua Refrigerada (Suministro).
Pd= 10.5 Kg/cm2 : Pop= 2.95 Kg/cm2
Td= 120 C : Top= 10 C

2"-RWR-B08 Agua Refrigerada (Retorno).
Pd= 10.5 Kg/cm2 : Pop= 2.25 Kg/cm2
Td= 120 C : Top= 21.1 C

1"-BDC-B09 Condensado 99.93% Butadieno y 0.07% Agua.
Pd= 10.5 Kg/cm2 : Pop= 1.75 Kg/cm2
Td= 120 C : Top= 25 C

1 1/2"-BDC-B10 Condensado 99.93% Butadieno y 0.07% Agua.
Pd= 10.5 Kg/cm2 : Pop= 1.75 Kg/cm2
Td= 120 C : Top= 25 C

1"-BDC-B11 Condensado 99.93% Butadieno y 0.07% Agua.
Pd= 10.5 Kg/cm2 : Pop= 2.6 Kg/cm2
Td= 120 C : Top= 25 C

1 1/2"-BDR-B12 Líquido 99.93% Butadieno y 0.07% Agua.
Pd= 10.5 Kg/cm2 : Pop= 2.6 Kg/cm2
Td= 120 C : Top= 25 C

1"-BDC-B13 Líquido 99.93% Butadieno y 0.07% Agua.
Pd= 10.5 Kg/cm2 : Pop= 2.6 Kg/cm2
Td= 120 C : Top= 25 C

4"-BDVE-B14 Vapor de Butadieno (Escape).
Pd= 11 Kg/cm2 : Pop= 8.8 Kg/cm2
Td= 120 C : Top= 25

3/4"-BDVE-B15 Vapor de Butadieno (Escape).
Pd= 11 Kg/cm2 : Pop= 8.8 Kg/cm2
Td= 120 C : Top= 25 C

1 1/2"-BDVE-B16 Vapor de Butadieno (Escape).
Pd= 11 Kg/cm2 : Pop= 8.8 Kg/cm2
Td= 120 C : Top= 25 C

2"-BDD-B17 Líquido Butadieno (Drenaje).
Pd= 10.5 Kg/cm2 : Pop= 1.75 Kg/cm2
Td= 120 C : Top= 25 C

4"-BDP-B18 Líquido 99.93% Butadieno y 0.07% Agua.
Pd= 10.5 Kg/cm² : Pop= 1.75 Kg/cm²
Td= 120 C : Top= 25 C

3"-BDP-B19 Líquido 99.93% Butadieno y 0.07% Agua.
Pd= 10.5 Kg/cm² : Pop= 1.75 Kg/cm²
Td= 120 C : Top= 25 C

2"-PBDR-B20 Líquido 99.93% Butadieno y 0.07% Agua.
Pd= 10.5 Kg/cm² : Pop= 1.75 Kg/cm²
Td= 120 C : Top= 25 C

1 1/2"-PBDE-B21 Vapor de Butadieno (Desfogue)
Pd= 11 kg/cm² : Pop= 8.8 Kg/cm²
Td= 120 C : Top= 25 C

1 1/2"-BDR-B22 Líquido 99.93% Butadieno y 0.07% Agua.
Pd= 10.5 Kg/cm² : Pop= 1.75 Kg/cm²
Td= 120 C : Top= 25 C

3"-B-B23 Líquido 80.5% Vinil ciclo hexeno, 11.7%
Butadieno, 3.9% Agua y 3.9% Terbutil
catecol.
Pd= 10.5 Kg/cm² : Pop= 1.75 Kg/cm²
Td= 120 C : Top= 82 C

2"-B-B24 Líquido 80.5% Vinil ciclo hexeno, 11.7%
Butadieno, 3.9% Agua y 3.9% Terbutil
catecol.
Pd= 10.5 Kg/cm² : Pop= 1.75 Kg/cm²
Td= 120 C : Top= 82 C

4"-BV-B25 Vapor 80.5% Vinil ciclo hexeno, 11.7%
Butadieno, 3.9% Agua y 3.9% Terbutil
catecol.
Pd= 10.5 Kg/cm² : Pop= 1.75 Kg/cm²
Td= 125 C : Top= 100 C

1"-B-B26 Líquido 80.5% Vinil ciclo hexeno, 11.7%
Butadieno, 3.9% Agua y 3.9% Terbutil
catecol.
Pd= 10.5 Kg/cm² : Pop= 1.75 Kg/cm²
Td= 120 C : Top= 82 C

1 1/2"-LS-827

Vapor de agua baja presión (Suministro)

Pd= 10.5 Kg/cm² : Pop= 2.72 Kg/cm²

Td= 175 C : Top= 138.3 C

3/4"-SC-828

Condensado de baja presión (Retorno)

Pd= 10.5 Kg/cm² : Pop= 2.11 Kg/cm²

Td= 175 C : Top= 121.3 C

1/2"-SC-829

Condensado de baja presión.

Pd= 10.5 Kg/cm² : Pop= 2.11 Kg/cm²

Td= 175 C : Top= 121.3 C

DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTOS DE PROCESO

INDICE DE INSTRUMENTOS

IDENTIFICACION	DESCRIPCION
EOV-801	Válvula solenoide de 3 vías.
EOV-802	Válvula solenoide de 3 vías.
EOV-803	Válvula solenoide de 3 vías.
FAL-801	Alarma para bajo flujo
FCV-801	Válvula de control de diafragma. Rango de 3 a 15 psi. Flujo normal 2.5 m ³ /min (std). Ajuste 2.5 Kg/cm ² man.
FE-801	Medidor de flujo de turbina. Flujo normal 21 lpm. Internos de acero inoxidable, empaques de teflon.
FIC-801	Indicador controlador de flujo electrónico. Rango 4 - 20 mA.
FSL-801	Interruptor de flujo por bajo nivel.
FT-801	Transmisor electrónico de flujo para FE-801.
FY-801	Transductor eléctrico neumático de 4-20 mA a 3-15 psi.

LG-801	Medidor de nivel. Válvulas de acero al carbón, internos de acero inoxidable.
LAHH-801	Alarma por alto alto nivel.
LALL-801	Alarma por bajo bajo nivel.
LSH-801	Interruptor de alto nivel.
LSHH-801	Interruptor de alto alto nivel.
LSL-801	Interruptor de bajo nivel.
LSLL-801	Interruptor de bajo bajo nivel.
PI-801	Manómetro de acero inoxidable. Rango 0-4.2 Kg/cm ² man. Con sello químico.
PI-804	Manómetro de acero inoxidable. Rango 0-4.2 Kg/cm ² man. Con sello químico.
POV-802	Válvula de bola de acero al carbón.
POV-803	Válvula de bola de acero al carbón.
PSV-801	Válvula de alivio de acero al carbón. Punto de ajuste 8.8 Kg/cm ² man.
TAH-801	Alarma por alta temperatura.
TCV-801	Válvula de control de temperatura de diafragma. Rango 3-15 psi. Flujo normal 2.5 m ³ /min (std). Ajuste 2.5 Kg/cm ² man.
TE-801	Termopozo de acero inoxidable.
TI-801	Termómetro. Rango 0-100 C.
TI-802	Termómetro. Rango 0-100 C.
TI-803	Termómetro. Rango 0-100 C.

TIC-801	Indicador controlador electrónico de temperatura. Rango 4-20 mA.
TSH-801	Interruptor de alta temperatura.
TSL-801	Interruptor de baja temperatura.
TT-801	Transmisor electrónico de temperatura. Rango 0-200 C. Salida 4-20 mA.
TY-801	Transductor electrónico neumático. Rango 4-20 mA a 3-15 psi.
PAH-801	Alarma por alta presión.
PI-802	Manómetro de acero inoxidable. Rango 0-4.2 Kg/cm ² man. Con sello químico.
PI-803	Manómetro de acero inoxidable. Rango 0-4.2 Kg/cm ² man. Con sello químico.
PSE-802	Disco de ruptura. Ajuste 8.8 Kg/cm ² man.
PSE-803	Disco de ruptura. Ajuste 8.8 Kg/cm ² man.
PSH-801	Interruptor por alta presión.
PSV-802	Válvula de alivio acero al carbón. Ajuste 8.8 Kg/cm ² man.
PSV-803	Válvula de alivio acero al carbón. Ajuste 8.8 Kg/cm ² man.
XFV-802	Válvula de sobreflujo.
EOV-805	Válvula solenoide de 3 vías.
FI-804	Rotámetro. Flujo normal 200 lpm

LAL-805	Alarma por bajo nivel.
LB-802	Medidor de nivel. Válvulas de acero al carbón e internos de acero inoxidable.
LSL-805	Interruptor por bajo nivel.
PAH-805	Alarma por alta presión.
PCV-801	Válvula reguladora de presión de acero al carbón. Rango 0-4.2 Kg/cm ² man. Ajuste 200 lpm.
PCV-805	Válvula de control de diafragma de acero al carbón. Rango 3-15 psi. Flujo normal 6 lpm.
PI-805	Manómetro. Rango 0-4.2 Kg/cm ² man. Con sello químico.
PIC-805	Controlador indicador electrónico de presión. Salida 4-20 mA.
PSH-805	Interruptor por presión alta.
PSV-804	Válvula de alivio de acero al carbón. Ajuste 5 Kg/cm ² man.
PT-805	Transmisor de presión. Presión normal 1.75 Kg/cm ² man. Salida 4-20 mA. Capilares de acero inoxidable, con sello químico.
PY-805	Transductor de presión electrónico neumático. De 4-20 mA a 3-15 psi.
TI-804	Termómetro. Rango 0-100 C.
TI-805	Termómetro. Rango 0-100 C.
TI-806	Termómetro. Rango 0-100 C.

PI-806	Manómetro. Rango 0-4.2 Kg/cm2. con sello químico.
FAL-802	Alarma por bajo flujo.
FCV-802	Válvula de control de acero al carbón con diafragma. Rango de 3 a 15 psi. Flujo normal : 21 lpm
FE-802	Medidor de flujo de turbina. Flujo normal: 6 lpm. Internos de acero inoxidable, empaques de teflón.
FIC-802	Indicador controlador de flujo electrónico. Rango 4 - 20 mA.
FSL-802	Interruptor por bajo flujo.
FT-802	Transmisor electrónico de flujo. Flujo normal 6 lpm.
FY-802	Transductor eléctrico neumático de 4-20 mA a 3-15 psi.
PSV-805	Válvula de alivio de acero al carbón. Ajuste 8.8 Kg/cm2 man.
AA-801	Alarma para detección de fugas de BD.
AA-801A	Alarma para detección de fugas de BD.
AE-801	Elemento para detección de fugas de BD.
LAH-806	Alarma por alto nivel.
LAL-806	Alarma por bajo nivel.
LI-806	Indicador electrónico de nivel.
LI-807	Indicador de nivel por flotación.
LSH-806	Interruptor de alto nivel.

LSL-806	Interruptor de bajo nivel.
LT-806	Transmisor de nivel electrónico. Rango 4-20 mA. Capilares de acero inoxidable y 2 sellos químicos.
PAH-809	Alarma por alta presión.
PI-807	Manómetro. Rango 0-4.2 Kg/cm2. Sello químico.
PI-808	Manómetro. Rango 0-4.2 Kg/cm2. Sello químico.
PI-809	Manómetro. Rango 0-4.2 Kg/cm2. Sello químico.
PSE-808	Disco de ruptura de acero al carbón. Ajuste 8.8 Kg/cm2 man.
PSE-809	Disco de ruptura de acero al carbón. Ajuste 8.8 Kg/cm2 man.
PSH-809	Interruptor de alarma por alta presión.
PSV-808	Válvula de alivio de acero al carbón. Ajuste 8.8 Kg/cm2 man.
PSV-809	Válvula de alivio de acero al carbón. Ajuste 8.8 Kg/cm2 man.
RO-801	Orificio de restricción. ≤ 1.40 mm. Internos de acero inoxidable.
RO-802	Orificio de restricción. ≤ 1.40 mm. Internos de acero inoxidable.
RO-803	Orificio de restricción. ≤ 1.40 mm. Internos de acero inoxidable.
TI-806	Termómetro. Rango 0-100 C.
XFV-803	Válvula de sobreflujo de acero inoxidable.

XFV-804	Válvula de sobreflujo de acero inoxidable.
XFV-805	Válvula de sobreflujo con brida de inserción de acero inoxidable.
XFV-806	Válvula de sobreflujo con brida de inserción de acero inoxidable.
XFV-809	Válvula de sobreflujo de acero inoxidable.
EDV-804	Válvula solenoide de 3 vías.
PCV-802	Válvula de retopresión. Ajuste 3 Kg/cm ² man.
PI-810	Manómetro. Rango 0-17.5 Kg/cm ² . Sello químico.
PI-811	Manómetro. Rango 0-17.5 Kg/cm ² .
POV-804	Válvula de bola de acero al carbón.
PSE-811	Disco de ruptura de acero al carbón. Ajuste 10.5 Kg/cm ² man.
PSV-811	Válvula de alivio de acero al carbón. Ajuste 10.5 Kg/cm ² man.
PSV-812	Válvula de alivio de acero al carbón. Ajuste 8.8 Kg/cm ² .
FE-803	Plato de orificio. Flujo normal 2.5 m ³ /min estándar.
FI-803	Indicador de flujo integral.
PI-812	Manómetro. Rango 0-4.2 Kg/cm ² . Sello químico.
PI-813	Manómetro. Rango 0-4.2 Kg/cm ² .

3.9 SELECCION DE MATERIALES DE TUBERIA

<u>BUTADIENO</u>	
<u>MATERIAL</u>	<u>CLAVE</u>
HIERRO FUNDIDO	A
ACERO AL CARBON	A
ACERO INOXIDABLE 304	A
ACERO INOXIDABLE 316	A
ALEACION 20	A
HASTELLOY B	A
HASTELLOY C	A
HASTELLOY D	A
440 FM	A
CLORURO DE POLIVINILO	A
METIL METACRILATO	A
HYPALON	B
VITON	B

CODIGO DE CLAVES.

- A Puede usarse sin ningún problema.
- B Su uso procede con precaución. Usado bajo condiciones límite donde cierta corrosión es permisible; instalación temporal; donde costos de materiales mejores es elevado.

El aislante recomendado para transporte de butadieno es el Asbesto azul.

<u>AGUA</u>	
MATERIAL	CLAVE
BRONCE	A
ACERO AL CARBON	B
HIERRO DUCTIL	C
ACERO INOXIDABLE 304	B
TEFLON	A
NEOPRENO	A

CODIGO DE CLAVES: A EXCELENTE FUNCIONAMIENTO
B BUEN FUNCIONAMIENTO C MAL FUNCIONAMIENTO

POR LO QUE HEMOS REALIZADO LA SELECCION DE TUBERIAS DE ACERO AL CARBON TANTO PARA LAS LINEAS QUE TRANSPORTAN BUTADIENO COMO PARA AQUELLAS QUE TRANSPORTAN AGUA.

EL MATERIAL AISLANTE ELEGIDO PARA CUALQUIER TUBERIA SERA EL ASBESTO AZUL.

3.10 SELECCION DE MATERIALES DE EQUIPO

La seleccion de materiales de equipo se realizo en base al comportamiento que presentan con los fluidos a contener:

ACERO AL CARBON

BUEN FUNCIONAMIENTO

ACERO INOXIDABLE 304

BUEN FUNCIONAMIENTO

EL MATERIAL ELEGIDO PARA LA CONSTRUCCION DE LOS EQUIPOS ES EL ACERO AL CARBON YA QUE PRESENTA UN BUEN FUNCIONAMIENTO COMO MATERIAL DE ALMACENAMIENTO PARA LOS FLUIDOS UTILIZADOS EN LA PLANTA, ASI COMO RESULTA SER ECONOMICO.

EL MATERIAL AISLANTE EMPLEADO EN LOS EQUIPOS SERA EL ASBESTO AZUL.

**3.11 MEMORIAS DE CALCULO
MECANICAS**

RECIPIENTES

* VOLUMEN DE RECIPIENTE REQUERIDO:

$$V = \text{Flujo} \cdot \text{Tiempo de residencia} / \text{Densidad}$$

$$\text{Flujo} = \text{Kg/h} ; \quad t_r = h$$

$$\text{Densidad} = \text{Kg/m}^3$$

$$C = \text{Capacidad de Diseño}$$

$$V_d = V/C$$

* CALCULO DE DIAMETRO DE RECIPIENTE:

$$V = \text{PI} \cdot D^3 \cdot x / 4$$

$$X = \text{Relación L/D}$$

$$D = ((4 \cdot V) / \text{PI} \cdot X)^{(1/3)}$$

$$L = X \cdot D$$

```

10 REM ***** CALCULO DE RECIPIENTES A PRESION *****
15 REM *** CONDICIONES DE OPERACION ***
20 INPUT "FLUJO (kg/h)= ";F
25 INPUT "DENSIDAD (kg/m3)= ";R
30 INPUT "TIEMPO DE RESIDENCIA (h)= ";T
35 INPUT "CAPACIDAD DE DISEÑO: ";C
40 INPUT "IDENTIFICACION: ";I$
45 REM *** OBTENCION DE DIMENSIONES ***
50 V=F*T/R; VD=V/C
55 INPUT "L/D= ";X
60 D=(4*VD/(3.1416*X))^(1/3)
65 L=X*D
70 REM *** IMPRESION ***
75 PRINT ;PRINT "
"


---


80 PRINT ;PRINT TAB(27);"CALCULO DE RECIPIENTES A PRESION"
85 PRINT "
"


---


90 PRINT ;PRINT TAB(26);"IDENTIFICACION ";TAB(51);I$
95 PRINT TAB(28)"LONGITUD (m)";TAB(50);L
100 PRINT TAB(28)"DIAMETRO (m)";TAB(50);D
105 PRINT TAB(28)"VOLUMEN (m3)";TAB(50);VD
110 END

```

CALCULO DE RECIPIENTES A PRESION

IDENTIFICACION	ST-801
LONGITUD (m)	1.216486
DIAMETRO (m)	1.057814
VOLUMEN (m3)	1.049092

CALCULO DE RECIPIENTES A PRESION

IDENTIFICACION	ST-802
LONGITUD (m)	2.502992
DIAMETRO (m)	.7821848
VOLUMEN (m ³)	1.202733

**3.12 MEMORIAS DE CALCULO DE
PROCESO**

T O R R E S

TORRE EMPACADA T-801

* DATOS:

ENTRADA: $Z=0.99461$: $F=14.57862$ Kg/mol/h

DESTILADO: $X_d=0.99774$: $D=14.52259$ Kg/mol/h

FONDOS: $X_b=0.18187$: $B=0.05603$ Kg/mol/h

CONDICIONES: $P=2.8$ Kg/cm² : $T=25$ C

REFLUJO: $R=0.25$

* BALANCE DE MATERIA

$$F = D + B$$

$$F \cdot Z = D \cdot X_d + B \cdot X_b$$

$$R = L / D$$

$$V = L + D$$

* CALCULOS:

$$L = 0.25 \cdot 14.52259 = 3.63 \text{ Kg/mol/h}$$

$$V = 3.63 + 14.523 = 18.153 \text{ Kg/mol/h}$$

CALCULO DEL DIAMETRO DE COLUMNA

A partir de la gráfica de Eckert obtenemos parámetros X y Y.
(1)

$$X = L/G * (DENG/DENL - DENG)^{(1/2)}$$

$$X = 2108/2159 * (0.215/38.1 - 0.215)^{(1/2)}$$

$$X = 0.75$$

$$Y = 0.04 : Y(70\% \text{ INUNDACION}) = 0.028$$

$$Y = G'^2 * Cf * VISC6^{0.1} * J / (DENG * (DENL - DENG) * gc)$$

$$G'^2 = 0.028 * 215 * (38.1 - 0.215) * 4.18E+8 / (18 * 0.2^{0.1} * 1.502)$$

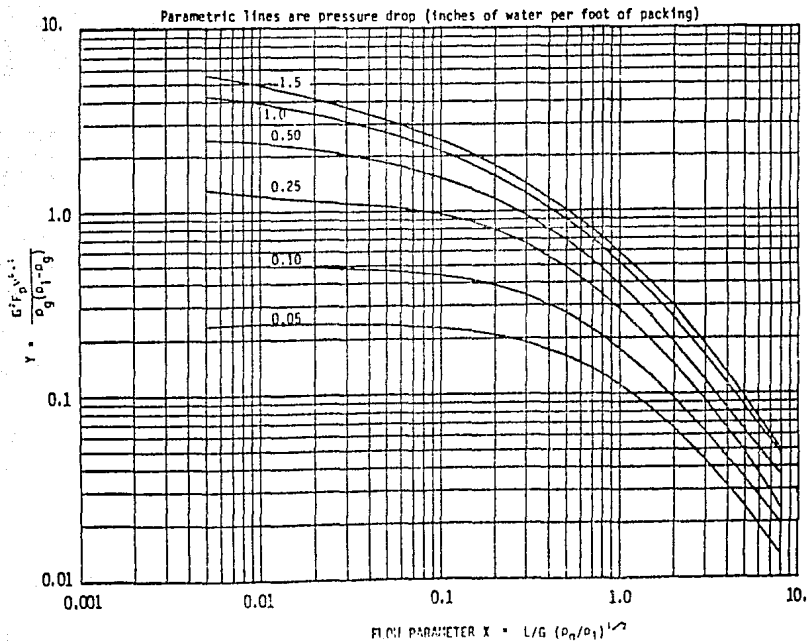
$$G' = 2035 \text{ lb/h-ft}^2$$

$$A = 2159 \text{ lb/h} / 2035 \text{ lb/h-ft}^2 = 1.06 \text{ ft}^2$$

$$D = (4 * A / F1)^{1/2} = 14"$$

TUBERIA DE ACERO AL CARBON DE 16" CEDULA 40 POSEE UN DIAMETRO INTERNO DE 15.00".

GENERALIZED PRESSURE DROP CORRELATION



* CALCULO DE COEFICIENTES DE MASA:

$$KG = (1.195 * G) / (Pbm * Scg^{(2/3)} * ((ds * G') / (viscg * (1 - eLo)))^{-0.36}$$

$$eLo = e - thLt \quad (2)$$

$$Scg = viscg / (deng * Dg)$$

$$Dg = (10^{-4} * (1.084 - 0.249 * A) * T^{(3/2)} * A) / (Pt * rAB^2 * f(Kt/EAB))$$

$$A = (1/MA + 1/MB)^{-1} \quad (1/2)$$

$$thLt = thLo + thLs$$

CALCULO DE LA RETENCION DE LIQUIDO (2)

$$thLs = (4.23 * 10^{-3} * viscl^{0.04} * tensup^{0.55}) / (ds^{1.56} * P1^{0.37})$$

$$ds = 0.0472 \text{ m}$$

$$RET = 1.508 * ds^{0.376}$$

$$thLsw = (5.014 * 10^{-5}) / ds^{1.56}$$

$$thLtw = (2.32 * 10^{-6} * (737.5 * L)^{RET}) / ds^2$$

$$thLow = thLtw - thLsw$$

$$H = (1404 * L^{0.57} * viscl^{0.13}) / (den1^{0.84} * (3.24 * L^{0.413} - 1)) * U$$

$$U = (tensup / 0.073)^{(0.2817 - 0.262 * \log(L'))}$$

$$thLo = H * thLow$$

CALCULO DEL AREA INTERFACIAL:

$$aAW = m \cdot (908 \cdot G' / d_{eng}^{0.5})^{0.5} \cdot L'^{0.5} \quad (2)$$

$$m = 62.4 : n = 0.0240 \cdot L' - 0.0996 : p = -0.1355$$

$$\Delta A = aAW \cdot (thLp / thLoW)$$

CALCULO DE ALTURA DE UNIDAD DE TRANSFERENCIA.

$$HtG = G / ky' \cdot aA$$

$$ky' = kG \cdot Pt \cdot dy$$

RESULTADOS

$$\text{viscg} = 8.5 \cdot 10^{-6} \text{ kgm/s} : Dg = 3.96 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$G = .0389 \text{ kgmol/m}^2\text{-s} : Pt \cdot dy = 0.6072 \text{ kPa}$$

$$kG = 3.5 \text{ kgmol/h-m}^2\text{-kPa}$$

$$aA = 16.91 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

$$HtG = 3.48 \text{ m}$$

CALCULO DE UNIDADES DE TRANSFERENCIA:

El calculo se realizo partiendo con base en un comportamiento binario de la mezcla. (3)

$$\alpha = k(BD)/k(A) = y(BD)*x(A) / x(BD)*y(A)$$

$$x(A) = 1 - x(BD) ; y(A) = 1 - y(BD)$$

$$y(BD) = \alpha * x(BD) / (1 + x(BD) * (\alpha - 1))$$

$$k_i = P_{vi} / P_t$$

$$NoG = \int_{y_1}^{y_2} dy / (y^* - y)$$

RESULTADOS

$$K(BD) = 1.057999 ; K(A) = 0.01161703$$

$$\alpha = 91.073$$

$$NoG \text{ (zona rectificacion)} = 0.9762$$

$$y_1 = 0.805 ; y_2 = 0.9999$$

$$NoG \text{ (zona agotamiento)} = 0.9266$$

$$y_1 = 0.18 ; y_2 = 0.805$$

CALCULO DE ALTURA DE LA TORRE.

$$z = H_{OG} + N_{OG}$$

$$z \text{ (agotamiento)} = 3.22 \text{ m}$$

$$z \text{ (rectificacion)} = 3.4 \text{ m}$$

CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION

A Partir de la Grafica de Eckert. (1)

$$X = L/G \cdot (D_{ENG} / D_{ENL} - D_{ENG})^{(1/2)}$$

$$X = 0.075$$

$$DP/z = 600 \text{ Pa/m}$$

$$DP/z = 0.0115 \text{ Kg/cm}^2/\text{m}$$

(1) Eckert J.S.: Chem. Eng. Progr., 66(3), 39 (1970)

(2) Shulman, H.L. et al.: AIChE J., 1, 247, 253, 257 (1955)

(3) Adler S.B., Lin T.C.T.: Hydroc. Process., 99-103 Apr. (1985)

ESPECIFICACION DE EMPAQUES E INTERNOS

Se he decidido utilizar empaques metálicos debido a las ventajas a continuación mencionadas:

- * Poseen una mayor fortaleza mecánica.
- * Nos proporcionan una menor caída de presión.
- * Presentan una mayor capacidad para sistemas espumantes.
- * Producen una mayor eficiencia con una misma redistribución (L/G elevado).
- * Operación con poco arrastre de líquido.

De entre los empaques metálicos se eligió el SISTEMA INTALOX IMTP.

- * Nos provee una gran capacidad y mayor eficiencia que el uso de platos u otro tipo de empaque.
- * La caída de presión es aproximadamente 40% menor que la producida por los anillos Pall de tamaño equivalente.
- * El bajo acumulamiento de líquido en el empaque disminuye el tiempo de residencia en el sistema.
- * El tiempo requerido para su instalación es corto.
- * Su resistencia estructural permite instalación de altura de empaque mayores a 15 m.
- * El tamaño de empaque del No. 50 parecería excesivamente grande para las dimensiones del sistema, pero ello es requerido para evitar el bloqueo del empaque producido por la polimerización de la materia prima.

INTERCAMBIADORES DE CALOR

CONDENSADOR C-801

CURVA DE CONDENSACION.

T(K)	V/F(mol)	SUMHLx	SUMHvy	Qi(MMcal/h)	DQi(MMcal/h)
301	1.000	-----	123.952	97.054	-----
300	0.995	0.790	123.907	96.536	0.518
299	0.983	0.983	123.859	95.344	1.192
298	0.000	0.804	-----	0.629	94.715

CARGA TERMICA INTERCAMBIADA: 96425 kcal/h = 362,639 BTU/h

* Ver gráfica anexa.

CALCULOS TUBOS

Líquido de trabajo agua.

$$a(f/t) = \#tubos * a_{ft} / \#pasos$$

$$G_{mt} = W / a(f/t)$$

$$u = G_{mt} / \text{den} * 3600$$

$$Re = D * G_m / \text{visc}$$

$$Fr = C_p * \text{visc} / K$$

$$hi = .023 * (k/D) * Re^{0.8} * Fr^{0.4} \quad (1)$$

$$dP_t = (dP' / L) * RT * R_t * R_s * L \quad (1)$$

CALCULOS CORAZA

Vapor a condensar 1,3-Butadieno/agua

$$h_s = 1.50 \cdot (4 \cdot G / \text{visc})^{-1/3} \cdot [\text{visc}^2 / (K^3 \cdot \text{den}^2 \cdot g)]^{1/3} \cdot (-1/3)$$

$$h_s = 540 \cdot f_i / G'^{1/3} \quad (2)$$

$$G' = G / (L + Nt^{2/3})$$

$$f_i = K \cdot \text{sg}^{2/3} / \text{visc}^{1/3}$$

$$dP_s = (1/2) \cdot f \cdot G_s^2 \cdot D_s \cdot (N+1) / 5.22 \cdot 10^6 \cdot D_e \cdot \text{sg}$$

$$G_e = W / a_s : a_s = D_s \cdot C' \cdot B / 144 \cdot P_t$$

CALCULO DEL COEFICIENTE TOTAL

$$U = (1/h_o + R_c + R_t + 1/h_s)^{-1}$$

CALCULO DEL AREA REQUERIDA

$$\text{LMTD} = \text{SUM } DQ_i / \text{SUM } (DQ_i / DT_i)$$

$$DT_i = [T(1-i) + T_i] / 2 - t_i + t(1-i) / 2$$

$$t_i = t_o - DQ_i / (C_p \cdot m)$$

$$Q = U \cdot A \cdot \text{LMTD}$$

$$A_{req} = Q / A \cdot \text{LMTD}$$

$$A_{disp} = \# \text{tub} \cdot a(1t) \cdot L$$

```

10 REM ***** CALCULO DE CONDENSADORES *****
15 REM *** FLUIDO DE ENFRIAMIENTO AGUA ***
20 REM *** CALCULO DE TUBOS ***
25 INPUT "No. DE TUBOS: ";NT; INPUT "LONGITUD (ft): ";LT
30 INPUT "Area de flujo por tubos (in2): ";AF; INPUT "No. pasos: ";NPT
35 INPUT "Flujo (lb/h): ";WT; INPUT "Densidad (lb/ft3): ";RT
40 INPUT "Cp (BTU/lb-F): ";CPT; INPUT "visc (cp): ";MT
45 INPUT "k (BTU/h-ft2-F/ft): ";KT; INPUT "Di (in): ";DT
50 AF= NT*AF/(NPT+144);
55 GMT= WT/4FT; GET= GMT/2600
60 U= GMT/(RT+2600)
65 RET=DT*GMT/(2.42*MT+12)
70 PRT=CPT+2.42*MT/RT
75 HI=.023*(F*PRT).8+PRT.4+12/DT
80 PRINT "G": ;GST; INPUT "dP/L: ";DPLT
85 INPUT "F temperatura: ";CT; INPUT "F tuberia ";CTT; INPUT "F seguridad: ";RTS
90 DPT=DPLT*CT*CTT*RTS*LT
95 REM *** CALCULO DE CORAZA ***
100 INPUT "Ds (in): ";DS; INPUT "No. Desviadores: ";NB
105 INPUT "h (BTU/h-ft2-F/ft): ";KS; INPUT "Densidad (lb/ft3): ";RS
110 INPUT "Cp (BTU/lb-F): ";CPS; INPUT "visc (cp): ";MS
115 INPUT "Flujo (lb/h): ";WS; INPUT "D equivalente (in): ";DE
120 INPUT "L entre tubos (in): ";LC; INPUT "L entre desviadores (in): ";LB
125 INPUT "Arregio tubos (in): ";PT; INPUT "No. pasos coraza: ";NPS
130 F1=KS*(RS/62.4).2*(2/D).8*(1/3)
135 GSW=LS/(LT+NT*(2/D).8+2600)
140 HS=540*F1/GS(1/3)
145 AS=DS+C*B*(144*PT); GSS=WS/AS
150 RES=GSS*DE/(2.42+12*MS)
155 PRINT "Res: ";RES; INPUT "f (coraza): ";fF
160 DPS=F*GSS*(DS*(NB+1)/(2*5.22E+10*DE*(RS/62.4)))
165 REM *** CALCULO COEFICIENTE TOTAL ***
170 INPUT "F Ensuciamiento tubos: ";FT; INPUT "F ensuciamiento coraza: ";FS
175 UL= (1/HI+1/HS)-1
180 US= (1/HI+1/HS+FT+FS)-1
185 REM *** CALCULO AREA REQUERIDA ***
190 INPUT "LMTD (F): ";LM; INPUT "Area transf. tubo (ft2/ft)= ";ATT
195 INPUT "Carga Termica (BTU/h): ";Q
200 AR=Q/(US*LM); AD=NT*LT*ATT
205 SD=(AD/AR-1)*100
210 PRINT :PRINT " "


---


215 PRINT :PRINT TAB(30);"CALCULO DE CONDENSADORES"
220 PRINT :PRINT " "

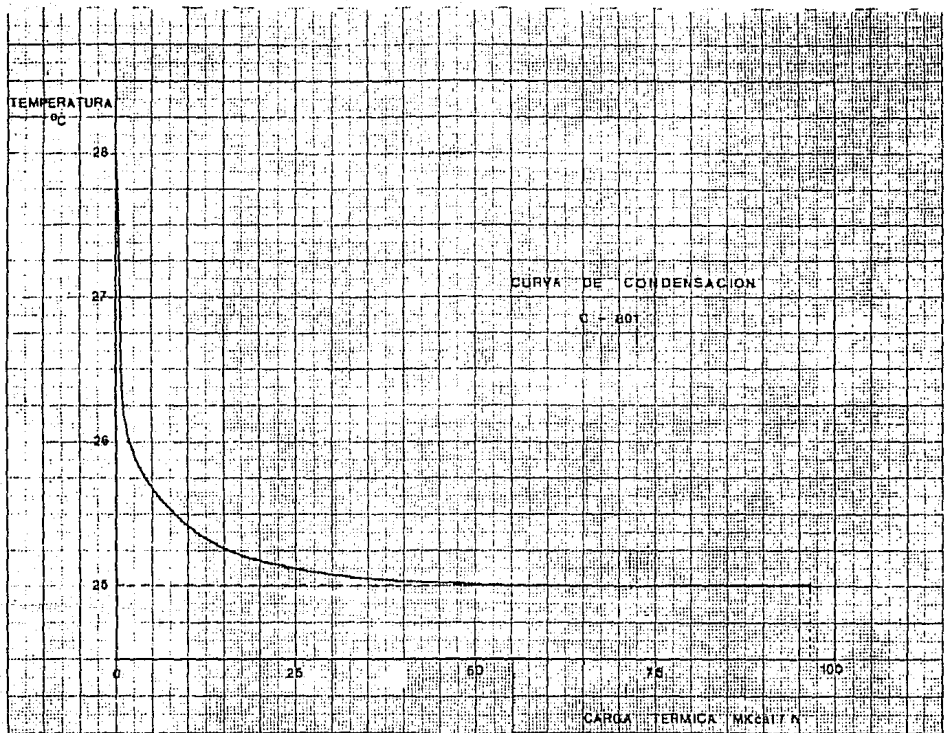

---


225 PRINT :PRINT TAB(15);"AREA REQUERIDA (ft2)";TAB(45);AR
230 PRINT TAB(15);"AREA DISPONIBLE (ft2)";TAB(45);AD
235 PRINT TAB(15);"% SOBREDISEÑO"; TAB(45);SD
240 PRINT TAB(15);"CARGA TERMICA (BTU/h)";TAB(45);Q
245 PRINT TAB(15);"LMTD (F)";TAB(45);LM
250 PRINT TAB(15);"U limpio (BTU/h-ft2-F)";TAB(45);UL
255 PRINT TAB(15);"U servicio (BTU/h-ft2-F)";TAB(45);US
260 PRINT :PRINT TAB(15);"# tubos";TAB(45);NT
265 PRINT TAB(15);"Longitud tubos (ft)";TAB(45);LT
270 PRINT TAB(15);"pasos tubos";TAB(45);NPT
275 PRINT :PRINT TAB(15);"Diametro coraza (in)";TAB(45);DS
280 PRINT :PRINT TAB(15);"pasos coraza";TAB(45);NPS

```

CALCULO DE CONDENSADORES

AREA REQUERIDA (ft ²)	317.0648
AREA DISPONIBLE (ft ²)	342.3472
% SOBREDISEÑO	7.973698
CARGA TERMICA (BTU/h)	382659
LMTD (F)	15.08
U limpio (BTU/h-ft ² -F)	95.27724
U servicio (BTU/h-ft ² -F)	80.02762
# tubos	109
Longitud tubos (ft)	16
pasos tubos	1
dPtubos (lb/in ²)	.0144
Diametro coraza (in)	12
pasos coraza	1
dFcoraza (lb/in ²)	9.090311E-07



- 1 Chen N.H., New Aids to find Tubeside Heat transfer Coefficient and Pressure Drop for Water, Chem. Eng., p. 155-156, Nov. 1958.
- 2 Chen N.H., Graphs Speed Evaluation of Condensing and Boiling Coefficients of Heat Transfer, Chem. Eng., March 1959.

REHERVIDOR RB-802

CURVA DE VAPORIZACION.

T (C)	V/F (mol)	Qi (MMcal/h)	DQi (MMcal/h)
82.2	0.0	4.307	-----
85	0.15	21.977	21.972
90	0.43	61.222	39.244
95	0.72	100.467	39.245
100	1.0	139.711	39.245

CARGA TERMICA INTERCAMBIADA: 139711.8 Kcal/h=554412.2 BTU/h

* Observar Gráfica Anexa.

*CALCULO DE LOS TUBOS

LIQUIDO DE TRABAJO: H2O, TBC, 4-VCH, 1,3-BD.

$$aft = Nt \cdot af/t / \text{No. pasos} \cdot 144$$

$$Gmt = W/aft$$

$$u = Gmt / 3600 \cdot \text{den}$$

$$Re = D \cdot Gm / \text{visc} \cdot 2.42$$

$$Fr = Cp \cdot \text{visc} \cdot k$$

$$hL = 0.023 * k / D * Re^{0.8} * Pr^{0.4} \quad (1), (2), (3)$$

$$h_{tp} = 3.5 * hL * (1 / X_{tt})^{0.5} \quad (1)$$

$$X_{tt} = (wL / wG)^{0.9} * (\text{denL} / \text{denG})^{0.5} * (\text{viscL} / \text{viscG})^{0.1}$$

$$wL / wG = 1 - x / x$$

$$dP_t = f * G_m^2 * L * n / 5.22E+10 * D * s * f_i^{0.14}$$

$$dP_{ret} = 4 * n * u^2 / s^2 * g * (62.5 / 144)$$

$$dP(\text{total}) = dP_t + dP_{ret}$$

* CALCULOS CORAZA

$$h_s = 0.925 * k / L * (L^3 * \text{den}^2 * g / \text{visc} * \text{vau})^{1/3}$$

$$\text{vau} = W / \text{No. tubos} * \text{PI} * D$$

$$dP_s = f * G^2 * D_s * (N+1) / 5.22E+10 * D_e * s * f_i^{0.14}$$

$$G = W / at$$

$$\text{Res} = D * G / \text{visc}$$

* CALCULO DEL COEFICIENTE TOTAL

$$U = (1 / h_{tp} + R_t + R_s + 1 / h_s)^{-1}$$

* CALCULO DEL AREA REQUERIDA

$$Q = A_{req} * U * \text{LMTD}$$

$$\text{LMTD} = \text{SUM } DQ_i / \text{SUM } (DQ_i / DT_i)$$

$$A_{req} = Q / U * \text{LMTD}$$

$$A_{disp} = L * at * \text{No. tubos}$$

```

10 REM ***** CALCULO DE REHERVIDORES *****
15 REM *** FLUIDO DE CALENTAMIENTO VAPOR DE AGUA ***
20 REM *** CALCULO DE TUBOS ***
25 INPUT "No. DE TUBOS: ";NT: INPUT "LONGITUD (ft): ";LT
30 INPUT "Area de flujo por tubos (in2): ";AF:INPUT "No. pasos: ";NPT
35 INPUT "Flujo (lb/h): ";WT: INPUT "Densidad (lb/ft3): ";RT
40 INPUT "Cp (BTU/lb-F): ";CPT: INPUT "visc (cp): ";MT
45 INPUT "k (BTU/h-ft2-F/ft): ";KT: INPUT "Di (in): ";DT
50 AFT= NT*AF/(NPT*144):
55 GMT= WT/AFT: GET= GMT/3600
60 U= GMT/(RT*3600)
65 RET=DT*GMT/(2.42*MT*12):PRINT "Re: ";RET:INPUT "f: ";F
70 FRT=CPT*2.42*MT/KT
75 HI=.023*KT*RET*.8*FRT*.4*12/DT
80 INPUT "wlg: ";WLG:INPUT "rlg: ";RLG:INPUT "mlg: ";MLB
85 YTT=WLG*.9*RLG*.5*MLG*.1:HTP=2.5*HI*(1/YTT)^.5
90 DPT=F*GMT*2*LT*NPT*12*62.4/(5.22E+10*DT*RT)+4*NPT*U*2*62.5*2/(RT*64.4*144)
95 REM *** CALCULO DE CORAZA ***
100 INPUT "Ds (in): ";DS:INPUT "No. Desviadores: ";NB
105 INPUT "K (BTU/h-ft2-F/ft): ";KS:INPUT "Densidad (lb/ft3): ";RS
110 INPUT "Cp (BTU/lb-F): ";CFS:INPUT "visc (cp): ";MS
115 INPUT "Flujo (lb/h): ";WS: INPUT "D equivalente (in): ";DE
120 INPUT "L entre desviadores (in): ";LS:INPUT "No. pasos coraza: ";NFS
125 INPUT "L entre tubos (in): ";CL:INPUT "arregio tubos (in): ";PT
130 VAU= WS*12/(3.1416*NT*DT)
135 HS=.925*KS*(LT*3*RS*2*4.18E+08/(2.42*VAU*MS))^(1/3)/LT
140 AS=DS*CL/(144*FT):GSS=WS/AS
145 RES=GSS*DE/(2.42*12*MS)
150 PRINT "Res: ";RES:INPUT "f(coraza): ";FS
155 DPS=FS*GSS*2*DS*(NB+1)/(2*5.22E+10*DE*(RS/62.4))
160 REM *** CALCULO COEFICIENTE TOTAL ***
165 INPUT "F Ensuciamiento tubos: ";FT: INPUT "F ensuciamiento coraza: ";FC
170 UL= (1/HTP+1/HS)^-1
175 US= (1/HTP+1/HS*FT+FC)^-1
180 REM *** CALCULO AREA REQUERIDA ***
185 INPUT "LMTD (F): ";LM: INPUT "Area transf. tubo (ft2/ft)= ";ATT
190 INPUT "Carga Termica (BTU/h): ";Q
195 AR=Q/(US*LM): AD=NT*LT*ATT
200 SD=(AR/AR-1)*100
205 PRINT :PRINT "
-----
210 PRINT :PRINT TAB(25);"CALCULO DE REHERVIDORES"
215 PRINT :PRINT "
-----
220 PRINT :PRINT TAB(15);"AREA REQUERIDA (ft2)";TAB(45);AR
225 PRINT TAB(15);"AREA DISPONIBLE (ft2)";TAB(45);AD
230 PRINT TAB(15);"# SOBREDISEÑO"; TAB(45);SD
235 PRINT TAB(15);"CARGA TERMICA (BTU/h)";TAB(45);Q
240 PRINT TAB(15);"LMTD (F)";TAB(45);LM
245 PRINT TAB(15);"U limpio (BTU/h-ft2-F)";TAB(45);UL
250 PRINT TAB(15);"U servicio (BTU/h-ft2-F)";TAB(45);US
255 PRINT :PRINT TAB(15);"# tubos";TAB(45);NT
260 PRINT TAB(15);"Longitud tubos (ft)";TAB(45);LT
265 PRINT TAB(15);"pasos tubos";TAB(45);NPT
270 PRINT TAB(15);"dptubos (lb/in2)";TAB(45);DPT*1.2
275 PRINT:PRINT TAB(15);"Diametro coraza (in)";TAB(45);DS
280 PRINT TAB(15);"pasos coraza";TAB(45);NPS
285 PRINT :PRINT TAB(15);"F ensuciamiento tubos";TAB(45);FT

```

CALCULO DE REHERVIDORES

AREA REQUERIDA (ft ²)	89.26829
AREA DISPONIBLE (ft ²)	100.5312
% SOBREDISEÑO	12.61691
CARGA TERMICA (BTU/h)	545000
LMTD (F)	81.76
U limpio (BTU/h-ft ² -F)	126.7125
U servicio (BTU/h-ft ² -F)	74.6721
# tubos	32
Longitud tubos (ft)	12
pasos tubos	2
dPtubos (lb/in ²)	1.609077
Diametro coraza (in)	10
pasos coraza	1
dpcoraza (lb/in ²)	1.518983E-06

CURVA DE VAPORIZACION

RE - 502

TEMPERATURA

°C

100

96

90

84

80

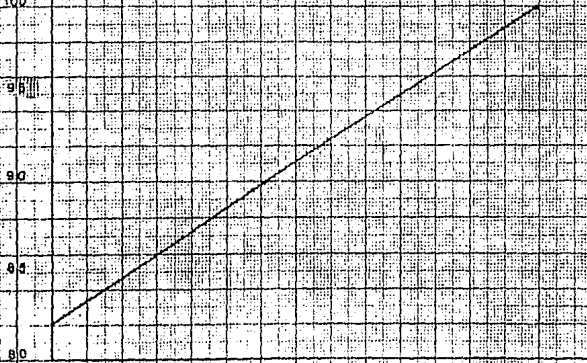
0

50

100

150

CARGA TERMICA MKcal/h



- 1 Fair J.R. & Klip A., Thermal Design of Horizontal Reboilers, AIChE, p. 86-96, Cep March 1983.
- 2 Fair J.R., Vaporizer and Reboiler Design, Chem. Eng., p. 119-124, July 1963.
- 3 Anaya D.A. y Polo V.O., Cálculo de Evaporadores de Multiple Efecto, Series Técnicas IMIQ, p. 5-27, 1986.

TUBERIAS DE PROCESO

METODOLOGIA FLUIDOS NO COMPRESIBLES

Determinación del diámetro de tubería.

$$u = 0.408 \cdot Q(\text{gpm}) / d^2(\text{in}^2)$$

$$Re = D \cdot u \cdot \text{den} / \text{visc}$$

Obtención del factor de fricción a partir de la gráfica de Darcy.

$$\text{delta}P(100) = 0.0001078 \cdot K \cdot \text{den} \cdot u^2$$

$$K = f \cdot 1200 / d(\text{in})$$

METODOLOGIA FLUIDOS COMPRESIBLES

Conociendo el flujo por la tubería y la presión inicial, la incógnita será el determinar la presión final.

$$w^2 = (144 \cdot g \cdot D \cdot A^2 \cdot \text{den} / f \cdot L) (P_1^2 - P_2^2 / P_1)$$

$$P_2 = (P_1^2 - w^2 \cdot P_1 / \text{den} \cdot f \cdot L / 144 \cdot g \cdot D \cdot A^2)^{1/2}$$

$$f = f(Re): \quad Re = 22716 \cdot w / d \cdot \text{visc}$$


```

10 REM ***** CALCULO DE TUBERIAS DE PROCESO*****
15 REM ***** FLUIDOS NO COMPRESIBLES *****
20 INPUT "NUMERO DE LINEAS A EVALUAR: ";N
21 DIM Q(15), R(15), M(15), A*(15), E(15,15), D(15,15), U(15,15), DP(15,15)
25 FOR X=1 TO N
30 REM ***CONDICIONES DE OPERACION***
35 INPUT "Q(gpm)= ";Q(X);INPUT "DENSIDAD(lb/ft3)= ";R(X)
40 INPUT "VISCOSIDAD(cp)= ";M(X);INPUT "IDENTIFICACION: ";A*(X)
45 REM ***ROUTINA DE CALCULO***
50 FOR Y=1 TO 3
55 INPUT "DIAMETRO(in)= ";E(X,Y);INPUT "DIAM. INT(in): ";D(X,Y)
60 U(X,Y)=.408*Q(X)/D(X,Y) 2
65 RE=D(X,Y)*U(X,Y)*R(X)/(12*M(X)+.000672)
70 PRINT "RE= ";RE
75 INPUT "f= ";F
80 f=F*1200/D(X,Y);DP(X,Y)=.000107B*K*R(X)*U(X,Y)*2
85 NEXT Y:NEXT X
90 REM ***ROUTINA DE IMPRESION***
95 PRINT
100 PRINT "-----"
105 PRINT "
110 PRINT "
115 PRINT :PRINT "-----"
117 PRINT "-----"
120 PRINT :PRINT TAB(5)"IDENTIFICACION";TAB(25)"CAUDAL";TAB(34)"DIAMETRO";TAB(44)
)"VELOCIDAD";TAB(57)"CAIDA DE PRESION"
123 PRINT TAB(25)"(gpm)";TAB(36)"(in)";TAB(47)"(ft/s)";TAB(59)"(psi x 100 ft)"
125 PRINT "-----"
130 FOR X=1 TO N:FOR Y=1 TO 3
135 PRINT TAB(9)A*(X);TAB(26)Q(X);TAB(39)E(X,Y);TAB(46)U(X,Y);TAB(62)DP(X,Y)
140 NEXT Y:PRINT :NEXT X

```

```

10 REM ***** CALCULO DE TUBERIAS DE PROCESO*****
15 REM ***** FLUIDOS COMPRESIBLES *****
20 INPUT "NUMERO DE LINEAS A EVALUAR: ";N
21 DIM W(15), R(15), M(15), A*(15), E(15,15), D(15,15), AF(15,15), DP(15,15)
25 FOR X=1 TO N
30 REM ***CONDICIONES DE OPERACION***
35 INPUT "W(lb/s)= ";W(X);INPUT "DENSIDAD(lb/ft3)= ";R(X)
40 INPUT "VISCOSIDAD(cp)= ";M(X);INPUT "PRESION INICIAL (psia): ";P1(X)
45 INPUT "IDENTIFICACION: ";A*(X)
47 REM ***ROUTINA DE CALCULO***
50 REM ***ROUTINA DE CALCULO***
55 FOR Y=1 TO 3
60 INPUT "DIAMETRO(in)= ";E(X,Y);INPUT "DIAM. INT(in): ";D(X,Y)
65 INPUT "AREA DE FLUJO (ft2): ";AF(X,Y)
70 RE= 22716*W(X)/(D(X,Y)*M(X))
75 PRINT "RE= ";RE
80 INPUT "f= ";f
95 SP=P1(X)^2-(W(X)^2*P1(X)*F/(R(X)*3.864*D(X,Y)*AF(X,Y)^2)
99 P2(X,Y)=SQR(SP);DP(X,Y)=P1(X)-P2(X,Y)
95 NEXT Y;NEXT X
100 REM ***ROUTINA DE IMPRESION***
105 PRINT
110 PRINT "
";PRINT
115 PRINT "
";PRINT
120 PRINT "
";PRINT
125 PRINT "
";PRINT
130 PRINT "
";PRINT
135 PRINT "
";PRINT
140 PRINT "
";PRINT
145 PRINT "
";PRINT
150 FOR X=1 TO N;FOR Y=1 TO 3
155 PRINT TAB(9)A*(X);TAB(26)W(X);TAB(39)E(X,Y);TAB(46)R(X);TAB(62)DP(X,Y)
160 NEXT Y;PRINT ;NEXT X

```

ESPECIFICACION DE BOMBAS

Una vez conocidos el diámetro de tuberías, el galonaje y la distribución de las líneas se procede a especificar las bombas.

CALCULOS DE SUCCION

$$dP_{\text{succión}} = P_{\text{o min}} + \text{col. hid.} - dP_{\text{línea}} - dP_{\text{equipo}}$$

$$dP_{\text{línea}} = .0001078 * f * 1200 * \text{den} * u^2 * L / d * 100$$

CALCULOS NPSH REQUERIDO

$$P_{\text{disponible}} = P_{\text{recipiente}} - P_v + h_{\text{min. op}} - h_{\text{boquilla suc}}$$

$$\text{NPSH} = P_{\text{disp.}} - (dP_{\text{línea}} + dP_{\text{equipo}}) * 1.1^2$$

CALCULOS DESCARGA

$$dP_{\text{tot fija}} = P_f + \text{c.h.} + dP_{\text{orificio}}$$

$$dP_{\text{tot var.}} = dP_{\text{equipo}} + dP_{\text{línea}}$$

$$dP_{\text{tot dis.}} = dP_{\text{tot fija}} + dP_{\text{tot var.}} * 1.1^2$$

$$dP_{\text{diferencial}} = dP_{\text{tot dis.}} + dP_{\text{v.c.}} - dP_{\text{succión}} * 1.1^2$$

POTENCIA AL FRENO

$$\text{BHP} = Q * dP_{\text{diferencial}} * \text{sg} / 3960 * \text{ef.}$$

```

10 REM **** ESPECIFICACION DE BOMBAS****
15 REM ***CONDICIONES DE OPERACION***
20 INPUT "Q(gpm)=";Q:INPUT "DENSIDAD(lb/ft3)=";R
25 INPUT "VISCOSIDAD(cp)=";M:INPUT "IDENTIFICACION:";I#
27 INPUT "EFICIENCIA BOMBA:";EF
30 REM *** CALCULOS SUCCION ***
35 INPUT "PRESION RECIPIENTE INICIAL (psig)=";PRS
40 INPUT "ALTURA LIQUIDO EN EL RECIPIENTE (ft)=";L1
50 INPUT "ALTURA BOQUILLA DE SUCCION (ft)=";L2
55 SG=R/62.4; CH=(L1-L2)*SG/2.307; PD=PRS+CH
60 GOSUB 500
65 DFLD=DP; DFLD=DPLS*1.1^2
70 INPUT "DP EQUIPO (psig)=";DPES; DPED=DPES*1.1^2
75 PS=PD-DFLD-DPES; PSD=PD-DFLD-DFED
80 REM *** CALCULOS NPSH ***
85 PRA=PRS-14.7;PRAF=PRA+144/R
90 INPUT "P Vapor (psia)=";PV;PVF=PV+144/R
95 INPUT "ALTURA BOQUILLA RECIPIENTE SUCCION (ft)=";L3
100 RNF=PRAF-PVF+LR-L2
105 DPLF=DFSD+144/R; DPEF=DPED+144/R
110 NPSH=PWP-DPLF-DFEF
115 REM *** CALCULOS DESCARGA ***
120 INPUT "PRESION RECIPIENTE DESCARGA (psig)=";PRD
125 INPUT "ALTURA BOQUILLA DE DESCARGA (ft)=";L3
130 INPUT "ALTURA LIQUIDO EN EL RECIPIENTE (ft)=";L4
135 CHD=(L4-L3)*SG/2.307
140 INPUT "DP ORIFICIO (psig)=";DPO
145 RFD=PRD-CHD-DPO
150 INPUT "DP EQUIPOS (psig)=";DPE
155 GOSUB 500
160 DFED=DF; FV=DFE+DFLD; DPVD=PTV*1.1^2
165 RFD=RF+RFD; DFD=RF+DFVD
170 INPUT "DP VALVULA DE CONTROL (psig)=";DPVC
175 PD=DPD+DPVC-PSD;DPF=PD+144/R
180 REM *** POTENCIA AL FRENO ***
185 BHP=Q*DPF*SG/(3960*EF)
190 PRINT :PRINT "
195 PRINT :PRINT TAB(30);"ESPECIFICACION DE BOMBAS"
200 PRINT :PRINT "
205 PRINT :PRINT TAB(15);"IDENTIFICACION";TAB(51);I#
210 PRINT TAB(15);"CAUDAL (gpm)";TAB(50);Q
211 PRINT TAB(15);"VISCOSIDAD (cp)";TAB(50);M
212 PRINT TAB(15);"PRESION DE VAPOR (lb/in2 A)";TAB(50);PV:PRINT
213 PRINT TAB(15);"PRESION DE SUCCION (lb/in2 G)";TAB(50);PSD
215 PRINT TAB(15);"PRESION DIFERENCIAL (lb/in2 G)";TAB(50);PD
217 PRINT TAB(15);"COLUMNA DIFERENCIAL (ft)";TAB(50);D+144/R
220 PRINT TAB(15);"NPSH DISPONIBLE (ft)";TAB(50);NPSH
225 PRINT TAB(15);"POTENCIA AL FRENO (BHP)";TAB(50);BHP
230 END
495 REM *** SUBROUTINA PERDIDAS POR FRICCION EN LA LINEA ***
500 INPUT "DIAMETRO INTERNO (in)=";D:INPUT "LONGITUD DE LA LINEA (ft)=";LL
505 U=.408*Q/D^2
510 RE=D*U/R*(12*M*.000672);PRINT "Re=";RE
515 INPUT "FACTOR DE FRICCION:";F
520 F=F*1200/D; F=.0001078*k*R*U^2; DP=P*LL/100
530 RETURN

```

ESPECIFICACION DE BOMBAS

IDENTIFICACION	FU-801
CAUDAL (gpm)	16
VISCOSIDAD (cp)	.2
PRESION DE VAPOR (lb/in ² A)	35.42
PRESION DE SUCCION (lb/in ² G)	28.15725
PRESION DIFERENCIAL (lb/in ² G)	20.63326
COLUMNA DIFERENCIAL (ft)	77.98396
NPSH DISPONIBLE (ft)	24.81004
POTENCIA AL FRENO (BHP)	.6412821

ESPECIFICACION DE BOMBAS

IDENTIFICACION	PU-302
CAUDAL (gpm)	58
VISCOSIDAD (cp)	1
PRESION DE VAPOR (lb/in ² A)	39.55
PRESION DE SUCCION (lb/in ² G)	28.05604
PRESION DIFERENCIAL (lb/in ² G)	15.96294
COLUMNA DIFERENCIAL (ft)	54.73427
NPSH DISPONIBLE (ft)	4.758299
POTENCIA AL FRENO (BHP)	2.136913

ESPECIFICACION DE BOMBAS

IDENTIFICACION	FU-803
CAUDAL (gpm)	175
VISCOSIDAD (cp)	.2
PRESION DE VAPOR (lb/in ² A)	35.42
PRESION DE SUCCION (lb/in ² G)	27.36556
PRESION DIFERENCIAL (lb/in ² G)	83.91706
COLUMNA DIFERENCIAL (ft)	317.1669
NPSH DISPONIBLE (ft)	18.51024
POTENCIA AL FRENO (BHP)	17.11595

IV. EVALUACION ECONOMICA DEL
PROCESO

4.1 ESTIMACION DEL COSTO FIJO DEL CAPITAL

CODIGO	COSTOS DIRECTOS Y COSTOS INDIRECTOS	FACTORES EN %	COSTO US DLLS
0	Torre de Proceso	5.1	7,806.00
1	Condensador	3.5	5,424.00
2	Tanque vertical	0.3	387.00
3	Bomba Centrífuga	0.8	1,250.00
4	Bomba Centrífuga	1.2	1,875.00
5	Rehervidor	2.8	4,375.00
6	Tanque horizontal	3.2	4,963.00
7	Bomba de proceso	2.4	3,750.00
350	Terreno	4.7	7,250.00
355	Desarrollo del terreno	2.4	3,625.00
400	Edificio de proceso	1.1	1,812.00
500	Tuberías y soportes	14.2	21,750.00
505	Aislamiento	2.3	3,625.00
510	Instrumentación	19.3	29,475.00
515	Instalaciones eléctricas	3.6	5,437.00
600	Servicios Auxiliares	9.5	14,500.00
700	Estructuras	7.4	11,420.00
750	Pintura	1.1	1,686.00
760	Servicio de Edificios	1.6	2,417.00
900	Gastos de Construcción	13.2	20,226.00
TOTAL			153,053.00

4.2 ESTIMACION DEL COSTO DE PRODUCCION ANUAL

CONCEPTO	VALOR	CANTIDAD	TOTAL US DLLS
MATERIA PRIMA 1,3 BUTADIENO	\$/TON 544.64	TON/AÑO 6805.80	3,706,711.00
MANDO DE OBRA OPERADORES	\$/MES 139.28	EMPLEADOS 5	8,357.00
MANTENIMIENTO SUPERVISION	428.57 1,071.42	2 1	10,286.00 12,857.00
PRESTACIONES			10,237.00
MANTENIMIENTO			1,500.00
VAPOR	\$/1000 lb 2.00	MMlb 5.184	10,359.00
AGUA	\$/1000 Gal 0.08	MMGal 1.790	143.00
SUBTOTAL GASTOS GENERALES DE PLANTA			3,760,450.00
SEGUROS E IMPUESTOS			1,695.00
DEPRECIACION			3,625.00
GASTOS ADMINISTRATIVOS			9,450.00
TOTAL			3,775,228.00

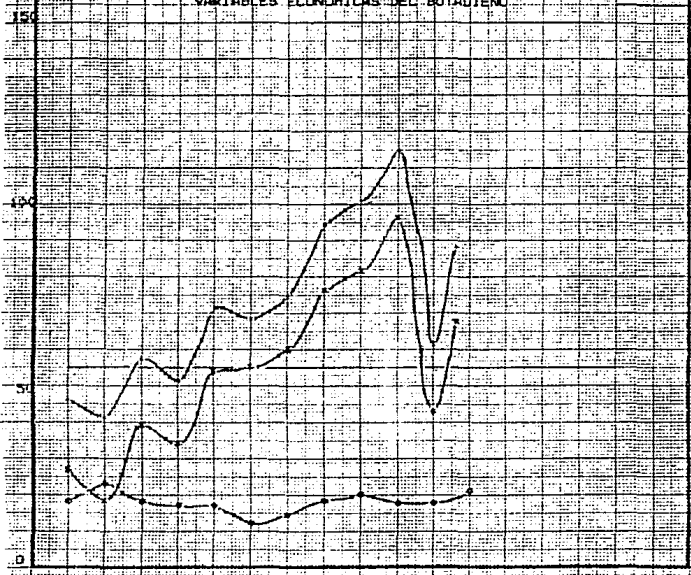
4.3 ESTIMACION DE RENTABILIDAD DEL PROCESO

Desde el año de 1976 Petróleos Mexicanos al instalar una planta productora de butadieno en ciudad Madero, Tamaulipas intento hacer frente a la demanda nacional de este petroquímico con una capacidad instalada de 55,000 ton/año, pero desgraciadamente la planta nunca alcanzó la capacidad de producción para la que fué diseñada, y desde entonces, se ha tenido que importar el butadieno como materia prima y como productos de consumo derivados de éste, a tal grado que en el año de 1985 el costo de las importaciones rebasó los 62 millones de dólares, ante tal perspectiva Petróleos Mexicanos decidió construir una nueva planta productora de butadieno en el complejo petroquímico Morelos en el estado de Veracruz con una capacidad instalada de 100,000 ton/año, buscando de esta forma la autosuficiencia en el consumo de este producto.

La rentabilidad en la inversión del sistema de purificación de butadieno consiste en la generación de divisas para el país al producir materia prima en condiciones óptimas para su uso en procesos de polimerización y disminuir así las importaciones de hules butadieno-estireno y polibutadieno, resinas estireno-butadieno y plásticos ABS, y una vez que sean cubiertas las necesidades de este petroquímico y sus derivados del país, tener capacidad de exportación y generar una mayor cantidad de divisas para nuestra nación.

KTÓN/ANO

VARIABLES ECONOMICAS DEL BUTADIENO



1975 1980 1985 1990 AÑO

- CAPACIDAD INSTALADA
- - - - PRODUCCIÓN
- x - x - x IMPORTACIÓN
- + - + - + CONSUMO NACIONAL

• Datos obtenidos del Instituto Mexicano del Plástico Industrial.

V. CONCLUSION

5.1 CONCLUSION

A manera de conclusión de las tareas realizadas en este proyecto podemos decir que:

Una buena parte del éxito obtenido en cualquier trabajo de Ingeniería Básica radica en la obtención de las correctas propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas de los materiales sólidos y fluidos involucrados en el proceso, y que son el fundamento del cálculo para el diseño de líneas, equipo e instrumentos de control.

La rentabilidad económica del proceso de purificación de butadieno aquí presentado tiene un panorama alentador para su desarrollo industrial, debido a que la demanda de productos plásticos, hules y resinas continúa en aumento en el mercado nacional e internacional. Es por ello que las mejoras realizadas en cualquier paso de la producción de estos productos de consumo, en este caso de la calidad de la materia prima produciría beneficios económicos tanto a la empresa productora como al país, ya que al mejorar procesos de producción, la demanda nacional podría ser cubierta y se tendría la capacidad de exportar productos de alta calidad. Desafortunadamente una rentabilidad numérica no fue obtenida debido a la carencia de datos económicos empresariales como son capitales de inversión, ingresos, utilidades, y siendo sólo desarrollado el cálculo correspondiente al costo de producción.

En estudios interdisciplinarios como el aquí presentado se debería lograr el apoyo de empresas privadas y gubernamentales para realizar mejoras y desarrollos de procesos, fomentando así una mayor relación Universidad-Industria, y mejorando también la calidad de alumnos egresados de la carrera de Ingeniería Química en el campo del diseño y evaluación de plantas y procesos químicos.

BIBLIOGRAFIA

1. Adler S.B., Lin T.C.T. Apr. 1985. K-constants: water in hydrocarbons Hydroc. Process. p. 99-103.
2. Anaya D.A. y Velázquez F.O. 1986. Cálculo de Evaporadores de múltiple efecto. Series Técnicas IMIQ.
3. American Petroleum Institute. September 1984. Centrifugal Pumps for General Refinery Services. American National Standard ANSI/API STD 610-1981.
4. Bufete Industrial (Departamento de Instrumentación). Guía Práctica de Selección de Instrumentos (I). Series Técnicas IMIQ.
5. Chen N. H. Nov. 1958. New Aids to find Tubeside Heat Transfer Coefficient and Pressure Drop for Water, Chem. Eng., p. 155-156.
6. Chen N. H. March 1959. Graphs Speed Evaluation of Condensing and Boiling Coefficients of Heat Transfer, Chem. Eng. p. 141-146.
7. Churchill S.W. Nov. 1944. Friction factors for pipe flow. Transaction of ASME.
8. Crane. 1982. Flow of fluids. Ed. McGraw-Hill.
9. Eckert J.S. 1970. Chem. Eng. Progr., p. 39.
10. Fair J. R. Feb. 1960. What you need to design termosiphon reboiler? Petroleum Refiner. p. 105-123.
11. Fair J. R. July 1963. Vaporizer and Reboiler Design. Chem.-Eng. p. 119-124.
12. Fair J. R. and Klip A. March 1983. Thermal Design of horizontal reboilers. AIChE. p. 86-96.

13. Foust A., Wenzel L., Clump C., Maus L. y Andersen L. 1987. Principios de Operaciones Unitarias. CECSA.
14. Fredenslund A., Jones R.L. and Frausnitz J.M. Nov. 1975. Group contribution estimation of activity coefficients in nonideal liquid mixtures. AIChE J. (vol. 21, No. 4).
15. Giraldo G. J. y colaboradores. Guía de selección de materiales para bombas centrifugas. Series Técnicas IMIQ.
16. Giraldo G. J. y colaboradores. Guía práctica de selección de Instrumentos (II). Series Técnicas IMIQ.
17. Guam F. L. (Editor). Dec. 1978. Worldwide pressure vessel codes. Hydroc. Process.
18. Hill R.G. Drawing Effective Flowsheet Symbol. p. 148-156.
19. Holland C. 1981. Fundamentos y modelos de Separación. Ed. Prentice-Hall Int.
20. Instituto Mexicano del Plástico Industrial. 1988. Anuario estadístico del Plástico.
21. Kern D. Q. 1984. Procesos de Transferencia de Calor. CECSA.
22. McCabe W. y Smith J. 1981. Operaciones Básicas de Ingeniería Química. Ed. Reverté S.A.
23. Perry R.H. y Chilton C.H. 1986. Manual del Ingeniero Químico. Ed. McGraw-Hill.
24. Rase H.F. y Barrow M.H. 1984. Ingeniería de Proyectos para plantas de proceso. CECSA.
25. Reid R.C., Poling B.E. and Prausnitz J.M. 1987. The Properties of Gases and Liquids. McGraw-Hill Book Company.
26. Shulman H.L. et al. 1955. AIChE J. Vol. 1. p. 247, 253 y 259.

27. Streeter V.L. y Wylie E.B. 1987. Mecánica de los fluidos. Ed. McGraw-Hill.
28. Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc. (TEMA). 1988. Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association.
29. Treybal R. 1984. Operaciones de Transferencia de masa. Ed. McGraw-Hill.
30. Ulrich G. D. 1988. Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química. Nueva Ed. Interamericana S.A. de C.V.