

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
Y MANUFACTURERA



"ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO PARA LA INSTALACION DE
UNA PLANTA INDUSTRIAL DE ALBUMINA DE SANGRE DE
GANADO VACUNO"

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUIMICO

MONTOYA ZEGARRA, JOSE ARTIDORO

ECHEGARAY MITAC, ALFONSO JESUS

LIMA-PERU

1994

INDICE

	PAGINA
INTRODUCCION	
I.- ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA	12
1.- SANGRE	12
2.- PROPIEDADES GENERALES DE LA SANGRE	12
2.1.- PESO ESPECIFICO	13
2.2.- VISCOSIDAD	13
2.3.- pH DE LA SANGRE	14
2.4.- CALOR ESPECIFICO	14
2.5.- PRESION OSMOTICA	15
2.6.- PUNTO CRIOSCOPICO	15
2.7.- COLOR	15
3.- COMPOSICION QUIMICA DE LA SANGRE	16
4.- FRACCION CORPUSCULAR	19
5.- HEMOLISIS	19
6.- PLASMA SANGUINEO	19
6.1.- COMPONENTES ORGANICOS DEL PLASMA	20
6.1.1.- PROTEINAS PLASMATICAS	20
7.- COAGULACION DE LA SANGRE	23
7.1.- TIEMPO DE COAGULACION	26
7.2.- FACTORES QUE FAVORECEN LA COAGULACION	26
7.3.- ANTICOAGULANTES	27
7.4.- RECOLECCION DE LA SANGRE Y ADICION DE ANTICOAGULANTE	27
7.5.- ADICION DE ANTICOAGULANTE	28

8.- CANTIDAD PROMEDIO DE SANGRE EN ALGUNAS ESPECIES	
ANIMALES	31
9.- APLICACION INDUSTRIAL DE LA ALBUMINA DE SANGRE	31
9.1.- ACABADO DE CUEROS	31
9.2.- SOLUCIONES PARA REVESTIMIENTOS	
LITOGRAFICOS	32
9.3.- ADHESIVOS	32
9.4.- ESTAMPADOS TEXTILES	33
9.5.- ESTABILIZADOR	33
9.6.- SUBPRODUCTOS DE LA ALBUMINA	33
II.- ESTUDIO DE MERCADO	34
1.- IMPORTACION DE ALBUMINA DE SANGRE DE GANADO	
VACUNO DE PARTE DE LA INDUSTRIA NACIONAL	
(DEMANDA INTERNA, CUADRO)	34
2.- IMPORTACION DE ALBUMINA DE SANGRE DE GANADO	
VACUNO DE PARTE DE LA INDUSTRIA NACIONAL	
(DEMANDA INTERNA, FIGURA)	35
3.- PRONOSTICO DE LA DEMANDA	36
4.- PRONOSTICO DE LA DEMANDA BASADOS EN DATOS	
ESTADISTICOS	37
5.- IMPORTACION DE ALBUMINA DE SANGRE DE GANADO	
VACUNO DE PARTE DE LOS PAISES DE LA JUNTA	
NACIONAL DEL ACUERDO DE CARTAGENA SIN	
CONSIDERAR AL PERU (DEMANDA EXTERNA, FIGURA).	39
6.- IMPORTACION DE ALBUMINA DE SANGRE DE GANADO	
VACUNO DE PARTE DE LOS PAISES DE LA JUNTA	
NACIONAL DEL ACUERDO DE CARTAGENA SIN	
CONSIDERAR AL PERU (DEMANDA EXTERNA, CUADRO).	40

7.- PRONOSTICO DE LA DEMANDA (SIN CONSIDERAR AL PERU)	40
8.- PRONOSTICO DE LA DEMANDA EXTERNA (SIN CONSIDERAR AL PERU)	41
9.- DEMANDA PROYECTADA PARA 10 AÑOS DE OPERACION	44
III.- MATERIALES Y METODOS PARA LA OBTENCION DE ALBUMINA	45
1.- METODOS PARA LA OBTENCION DE ALBUMINA	45
1.1.- DESFIBRINACION CON CLORURO DE CALCIO	46
1.2.- DESFIBRINACION POR CALENTAMIENTO	47
1.3.- ELECCION DEL METODO SELECCIONADO	48
2.- ESTUDIO TECNICO EXPERIMENTAL	49
2.1.- PROCESAMIENTO DE LA SANGRE A NIVEL DE LABORATORIO	49
2.2.- DIAGRAMAS DE OBTENCION DE ALBUMINA DE SANGRE EN EL LABORATORIO	50
2.3.- SECUENCIA DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A NIVEL DE LABORATORIO	51
2.4.- PRINCIPALES VARIABLES EXPERIMENTALES (LABORATORIO)	53
2.5.- RESULTADOS DE LAS PRUEBAS	54
2.6.- DETERMINACIONES EXPERIMENTALES	54
2.7.- PRUEBAS DE ANALISIS DE LA COMPOSICION QUIMICA DE LA ALBUMINA DE SANGRE	55
3.- SECUENCIA DE LA PRUEBAS DE PROCESAMIENTO DE SANGRE A NIVEL DE PLANTA PILOTO	56

3.1.- PRUEBAS DE PROCESAMIENTO DE SANGRE A NIVEL DE PLANTA PILOTO	58
4.- BALANCE DE MASA A NIVEL DE PLANTA PILOTO	
4.1.- BALANCE DE MASA EN LA CENTRIFUGA	60
4.2.- BALANCE DE MASA EN EL CALENTADOR	61
4.3.- BALANCE DE MASA EN EL FILTRO	62
4.4.- BALANCE DE MASA EN EL EVAPORADOR	63
4.5.- BALANCE DE MASA EN EL SECADOR POR ATOMIZACION	64
4.6.- CALCULO DEL RENDIMIENTO A NIVEL DE PLANTA PILOTO	64
4.7.- ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS A NIVEL DE PLANTA PILOTO	66
5.- CONSUMO DE ENERGIA A NIVEL DE PLANTA PILOTO	66
 IV.- TECNOLOGIA DE LAS OPERACIONES UNITARIAS Y RESULTADOS	 69
1.- DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA BASADO EN EL RENDIMIENTO Y EL NUMERO DE RESES SACRIFICADAS	69
1.1.- NUMERO DE RESES SACRIFICADAS (PROMEDIO DIARIO)	69
2.- DESCRIPCION GENERAL DE LAS OPERACIONES UNITARIAS IMPLICADAS EN EL PROCESO PARA LA OBTENCION DE ALBUMINA EN POLVO	70
2.1.- RECOLECCION DE LA SANGRE Y ADICION DE ANTICOAGULANTE	70
2.2.- TRANSPORTE	70
2.3.- ALMACENAMIENTO	71

2.4.-	CENTRIFUGACION	71
2.5.-	CALENTAMIENTO	71
2.6.-	FILTRACION	71
2.7.-	EVAPORACION	71
2.8.-	SECADO POR ATOMIZACION	72
2.9.-	ENVASADO	72
3.-	TECNOLOGIA DE LOS PROCESOS	73
3.1.-	ESTIMACION DE LA DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA (SANGRE DE GANADO VACUNO)	73
3.2.-	BALANCE DE MASA EN LA CENTRIFUGA	74
3.3.-	BALANCE DE MASA EN EL CALENTADOR ENCHAQUETADO	76
3.4.-	BALANCE DE MASA EN EL FILTRO	77
3.5.-	BALANCE DE MASA EN EL EVAPORADOR	78
3.6.-	BALANCE DE MASA EN EL SECADOR POR ATOMIZACION	79
4.-	BALANCE Y REQUERIMIENTO DE ENERGIA Y DISEÑO DE LAS OPERACIONES IMPLICADAS EN LA PRODUCCION DE ALBUMINA EN POLVO A PARTIR DE LA SANGRE DE GANADO VACUNO	81
4.1.-	REQUERIMIENTO DE ENERGIA DE LA CENTRIFUGA Y SELECCION	81
4.2.-	BALANCE DE ENERGIA Y DISEÑO EN EL CALENTADOR ENCHAQUETADO	84
4.3.-	BALANCE DE ENERGIA Y DISEÑO DEL AREA DEL FILTRO	88
4.4.-	BALANCE DE ENERGIA Y DISEÑO DEL EVAPORADOR	93

4.5.- DISEÑO DEL AREA DEL CONDENSADOR UTILIZADO POR EL EVAPORADOR	97
4.6.- BALANCE DE ENERGIA EN EL SECADOR	99
5.- ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS	102
5.1.- EQUIPO: SISTEMA DE REFRIGERACION	102
5.2.- EQUIPO: CALDERO	102
5.3.- EQUIPO: CENTRIFUGA	103
5.4.- EQUIPO: TANQUE ENCHAQUETADO CON SISTEMA DE AGITACION	103
5.5.- EQUIPO: FILTRO AL VACIO	104
5.6.- EQUIPO: EVAPORADOR DE PELICULA DESCENDENTE AL VACIO	104
5.7.- EQUIPO: SECADOR POR ATOMIZACION	105
5.8.- CONSIDERACIONES FINALES DE AUMENTO DE ESCALA Y ESPECIFICACIONES EN EL DISEÑO	106
6.- LOCALIZACION DE LA PLANTA	109
6.1.- PRINCIPALES CONSIDERACIONES PARA LA UBICACION DE LA PLANTA INDUSTRIAL	109
6.2.- DISTRIBUCION DEL AREA DE LA PLANTA	110
V.- ESTUDIO ECONOMICO Y RENTABILIDAD DEL PROYECTO	113
1.- COSTOS DE LOS EQUIPOS CON EL I.G.V.	113
2.- COSTOS DE LOS EQUIPOS SIN EL I.G.V.	113
3.- INVERSION DE CAPITAL FIJO	114
4.- INVERSION TOTAL	115
5.- COSTO DIRECTO DE PRODUCCION	115
6.- GASTOS FIJOS	116
7.- GASTOS GENERALES DE PLANTA	116

8.- COSTO DE FABRICACION	116
9.- GASTOS ADMINISTRATIVOS	117
10.-GASTOS DE DISTRIBUCION Y MARKETING	117
11.-FINANCIACION	117
12.-GASTOS DE LAS UTILIDADES BRUTAS	117
13.-GASTOS GENERALES	117
14.-COSTO TOTAL DEL PRODUCTO	118
15.-DETERMINACION DEL MONTO DE FINANCIAMIENTO	119
16.-DETERMINACION DE LA ANUALIDAD	119
17.-INDICADORES DE RENTABILIDAD	120
17.1.- DETERMINACION DE LA TASA DE RETORNO DE LA INVERSION	120
17.2.- DETERMINACION DE LA RELACION BENEFICIO COSTO (B/C)	120
17.3.- ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS "AÑO 0"	121
17.4.- FLUJO DE CAJA PROYECTADO EVALUACION FINANCIERA	122
17.5.- DETERMINACION DEL VAN	123
17.6.- DETERMINACION DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	123
VI.- DISCUSION	124
VII.- CONCLUSIONES	129
VIII.-RESUMEN	132
IX.- BIBLIOGRAFIA	135
X.- APENDICE	138

INTRODUCCION

En los principales camales de Lima (La Colonial y Yerbateros) la sangre de ganado vacuno y de otros animales es desaprovechada en su totalidad la misma que es eliminada por los sistemas de desague provocando la obstrucción y deterioro de las mismas al igual que la proliferación de insectos y roedores, así como, olores nauseabundos, lo que constituye un problema de contaminación ambiental. Ante esta realidad y dado que la sangre puede ser aprovechada como materia prima para la producción de albúmina como producto principal, se plantea este proyecto para su recuperación y posterior utilización en las áreas de la industria que lo usan como insumo.

La albúmina de sangre es una proteína que tiene aplicaciones industriales importantes, lo que justifica su industrialización, al igual que la fracción celulósica, la cual se puede secar por atomización o hacer harina por secado convencional, producto final utilizado en la formulación de alimentos balanceados para animales.

El proceso productivo considerado consta de las siguientes etapas:

Recolección de la sangre líquida en el camal impidiendo la coagulación mediante la adición de un anticoagulante adecuado.

Luego se transporta a la planta donde se almacena a bajas temperaturas entre 3-5°C, para después ser centrifugada obteniéndose el plasma y la fracción celulósica.

La albúmina se encuentra en el plasma el mismo que luego

es calentado en baño maría hasta la temperatura de 53-56°C para separar el fibrinógeno mediante precipitación y filtración.

A continuación se concentra el suero (plasma sin fibrinógeno) hasta que el porcentaje de sólidos se incrementa desde 7.6% inicial hasta 28%. Luego de esta operación unitaria se procede al secado por atomización para obtener la albúmina en polvo la misma que será debidamente envasada para evitar que gane humedad del medio ambiente. Se diseña una planta comercial y a continuación se realiza el análisis de la evaluación así como su rentabilidad económica, los cuales nos indicarán si el proyecto es factible.

I.- ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

En este capítulo se muestra un breve análisis de definiciones referidas al fluido sanguíneo, de sus componentes, propiedades físicas y químicas en base a diferentes bibliografías.

1.- SANGRE

La sangre es un tejido que circula dentro del sistema virtualmente cerrado de los vasos sanguíneos. Está compuesto por elementos figurados (eritrocitos, leucocitos y plaquetas) y por el plasma (que es un líquido que mantiene a las células en suspensión).

Una vez que la sangre se ha coagulado (aglutinado), como se describe más adelante, la fase líquida remanente se denomina suero. El suero carece de factores de coagulación (incluyendo el fibrinógeno) que normalmente están presentes en el plasma, pero que han sido consumidos durante el proceso de la coagulación. Rodwell (24).

2.- PROPIEDADES GENERALES DE LA SANGRE

La sangre esta constituida por una fracción celular que representa aproximadamente: 34% en volumen ó 40% en peso y el plasma que viene a ser 66% en volumen ó 60% en peso, ambos contribuyen a las propiedades físicas de la sangre. Langhoff (11).

2.1.- PESO ESPECIFICO

Según Albritton (1952) mencionado por Dukes (3) los pesos específicos de la sangre de diferentes especies de animales domésticos son los siguientes:

CUADRO Nº 1

ANIMAL	PESO ESPECIFICO	PROMEDIO
CABALLOS	1.023 - 1.032	1.027
VACUNOS	1.046 - 1.058	1.052
OVINOS	1.041 - 1.061	1.051
PORCINOS	1.039 - 1.054	1.046

FUENTE: Albritton (1952)

Gurtler (7) menciona que el peso específico del plasma de los animales domésticos oscila dentro de márgenes muy estrechos:

Intervalo ==> 1.023 - 1.032

Promedio ==> 1.027

2.2.- VISCOSIDAD

Por lo general, la viscosidad de la sangre muestra escasas fluctuaciones; un promedio de cuatro veces más viscosa que del agua:

Viscosidad (sangre)=4*(Viscosidad Agua)

Divakaran (2) menciona las viscosidades relativas de la sangre de los siguientes animales:

CUADRO N° 2

ANIMAL	μ (cp)
VACUNO	4.6
CAPRINO	4.0
OVINOS	4.3
PORCINOS	5.9

2.3.- pH DE LA SANGRE

El pH de la sangre fluctúa dentro de muy estrechos límites. La escasa fluctuación del pH de la sangre hay que atribuirle al elevado poder tampón de los distintos componentes sanguíneos. Gurtler (7).

Svendsten (25) menciona que el pH de la sangre de los mamíferos varia:

Zona fluctuación ---> 7.3 a 7.5

pH (aves) ---> 7.6

2.4.- CALOR ESPECIFICO

Sandor y Kováis (1976) señalan que el calor específico de la sangre es de:

Ce (Sangre) - 0.88 Kcal/Kg°C

Ce (plasma) - 0.95 Kcal/kg°C

Ce (Fracción celular) - 0.66 Kcal/Kg°C

2.5.- PRESION OSMOTICA

Svensden (25) menciona, que la presión osmótica debido a las sales es de: 7 atmósferas; mientras que la presión osmótica debido a las proteínas es de sólo: 20-25 mm-Hg; si embargo tiene una gran importancia en el intercambio de fluidos que cruzan la pared capilar.

2.6.- PUNTO CRIOSCOPICO

Se pueden determinar cambios en la presión osmótica de la sangre en el punto crioscópico; Othmer (16) publicó la temperatura de congelación del plasma de diferentes animales, entre ellos:

Vacuno = -0.585°C

Porcino = -0.615°C

Ovinos = -0.619°C

2.7.- COLOR

El color de la sangre es debido al pigmento rojo de la misma, la hemoglobina, que se encuentra en los glóbulos rojos. El color de la sangre varía de acuerdo al contenido de oxígeno.

Al destruirse los eritrocitos sale la hemoglobina contenida en los mismos con lo cual la sangre adopta un tono transparente (tono de laca). Gurtler (7).

El plasma sanguíneo y el suero son de color amarillo debido, principalmente a la presencia de pigmentos biliares (bilirrubina), aunque los dos carotenos y otros pigmentos también contribuyen.

Dukes (3).

3.- COMPOSICION QUIMICA DE LA SANGRE

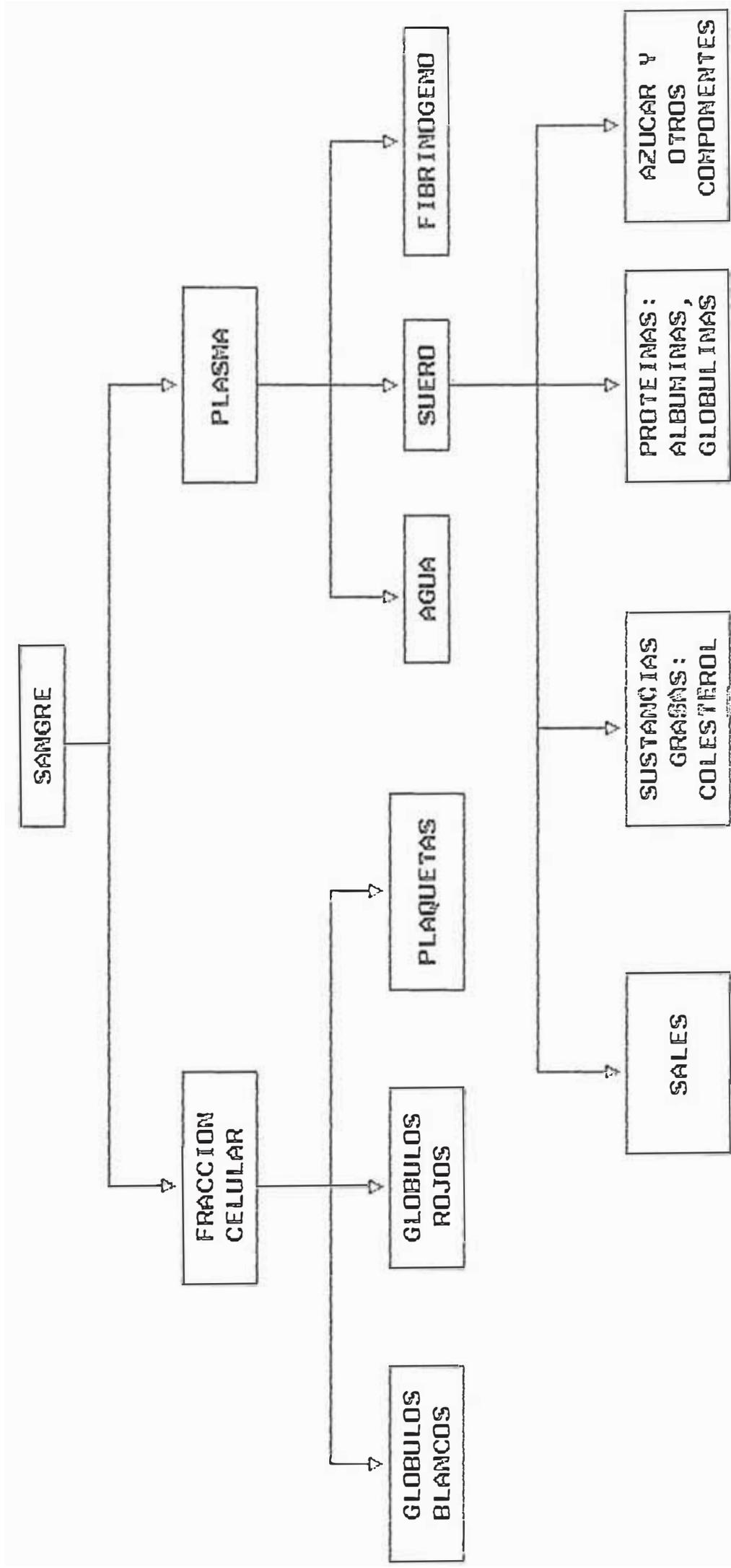
La sangre es una suspensión coloidal constituida por un alto contenido de diversas proteínas (albúmina, lipoproteínas, hemoglobina, fibrinógeno, transferrina y otros), enzimas, células, sales, lípidos, compuestos nitrogenados de bajo peso molecular, glucosas, vitaminas, etc. Wismer-Pedersen (1980), citado por Piske (21).

Si se evita la coagulación de la sangre adicionando sustancias anticoagulantes, pueden separarse los elementos corpusculares; obteniéndose de esta manera el plasma sanguíneo. El plasma se diferencia del suero en que todavía contiene fibrinógeno, así como los distintos factores de coagulación. Campos (1).

La composición química de la sangre de vacunos y porcinos es semejante variando principalmente de acuerdo con la edad, sexo y alimentación. Ver figura Nro. 1 y cuadro Nro. 3.

COMPONENTES DE LA SANGRE

FIGURA N° 1



COMPOSICION QUIMICA DE LA SANGRE, PLASMA Y SUERO (VACUNO)

CUADRO Nro. 3

"Composición de la sangre" (porcentaje en peso)

COMPONENTE	SANGRE	PLASMA	FRACCION CELULOSICA
Agua	80.9	91.3	60.5
Hemoglobina	10.3		31.7
Proteína	7	7.1	5.5
Azúcar	0.070	0.11	-
Colesterol	0.11	0.11	0.26
Lecitina	0.23	0.18	0.33
Grasa	0.15	0.22	-
Sodio	0.21	0.25	0.14
Potasio	0.03	0.02	0.05
Hierro	0.02	-	0.06
Calcio	0.01	0.01	-
Magnesio	0.004	0.004	0.002
Cloro	0.31	0.37	0.18
Acido fosfórico	0.04	0.02	0.07

Fuente : Food Industries of South Africa (1950)
Citado por : Passalacqua (17).

CUADRO Nro. 4

CONTENIDO DE PROTEINAS EN EL PLASMA Y SUERO DE DIFERENTES ESPECIES (gr/100 ml plasma)

ESPECIE	PROTEINA PLASMÁTICA	FIBRINOGENO	PROTEINA	ALBUMINA	GLOBULINA
Caballo	6.84	0.34	6.5	3.25	3.25
Vacuno	8.32	0.72	7.6	3.63	3.97
Oveja	5.74	0.36	5.38	3.07	2.31
Cabra	7.27	0.6	6.67	3.96	1.71

Fuente : Albritton (1952)

4.- FRACCION CORPUSCULAR (FRACCION CELULOSICA)

Está constituida por los glóbulos rojos (eritrocitos), glóbulos blancos (leucocitos) y plaquetas (trombocitos). Los elementos corpusculares, representan 34% en volumen ó 40% en peso y tienen el 78% del contenido proteico de la sangre. Así, esta fracción contiene aproximadamente, 30% de proteínas, 1-3% de sales y 62% de agua. Langhoff (11).

5.- HEMOLISIS

La hemolisis es la liberación de la hemoglobina por las células rojas en el plasma u otro medio que rodea a la célula.

Dukes (3) menciona que los factores que alteran la permeabilidad de la membrana que rodea los eritrocitos permitiendo la salida del pigmento hemático son:

- Variación en la presión osmótica del plasma.

Congelación y descongelación alternada.

Batido ó la agitación.

Altas temperaturas (sobre 64°C)

Productos químicos que rebajan la tensión superficial.

6.- PLASMA SANGUINEO

Los análisis químicos (ver cuadro Nro. 3) revelan la composición química del plasma que es sumamente compleja

y esto debe suponerse cuando se recuerda las variadas funciones de la sangre de la que el plasma forma parte del 60% a 66% en volumen. Svendsen (25).

La fracción del plasma contiene del 8 al 9% materia seca y el 22% de total de proteína de la sangre. En el plasma se tiene el 7% al 8% de proteína, del 1 al 2% de sales y aproximadamente 91% de agua. Langhoff (11).

6.1.- COMPONENTES ORGANICOS DEL PLASMA

6.1.1.- PROTEINAS PLASMASTICAS

Se han identificado *varias* funciones proteicas en el plasma sanguíneo: albúminas, fibrinógenos y globulinas.

Según Howe (1925) citado por Duker (3) señala en el cuadro Nro.4, el contenido de proteínas y las fracciones proteicas en el plasma de diversas especies.

La cantidad de proteínas totales del plasma es de alrededor de 7 a 7.6 gr/100 ml de sangre, ellas constituyen la mayor parte de los sólidos del plasma. De hecho las proteínas plasmáticas son una mezcla muy compleja, no sólo de proteínas simples sino también de proteínas mixtas o conjugadas, tales como las glucoproteínas y diversos tipos de lipoproteínas como, se aprecia en el cuadro Nro.3

Dentro de los tres grupos principales de proteínas del plasma, se tiene: ALBUMINAS, FIBRINOGENO Y GLOBULINA.

a) ALBUMINA.- Tiene la concentración de masa más elevada, tiene el peso molecular más bajo (ver figura Nro.2). Como tal, la albúmina es el mejor contribuyente a la presión osmótica coloidal intravascular.

b) GLOBULINA.- Son moléculas proteicas insolubles en agua pura, pero soluble en soluciones salinas.

c) FIBRINOGENO.- El plasma contiene también fibrinógeno, que en la coagulación de la sangre se convierte en fibrina. El fibrinógeno de la sangre es una proteína especial por su extrema inestabilidad y en consecuencia su fácil precipitación por agentes físicos y químicos que en igualdad de condiciones no actúa en las otras proteínas del plasma además de las proteínas mencionadas anteriormente el plasma también contiene:

Carbohidratos.

Lípidos.

Otros componentes orgánicos.

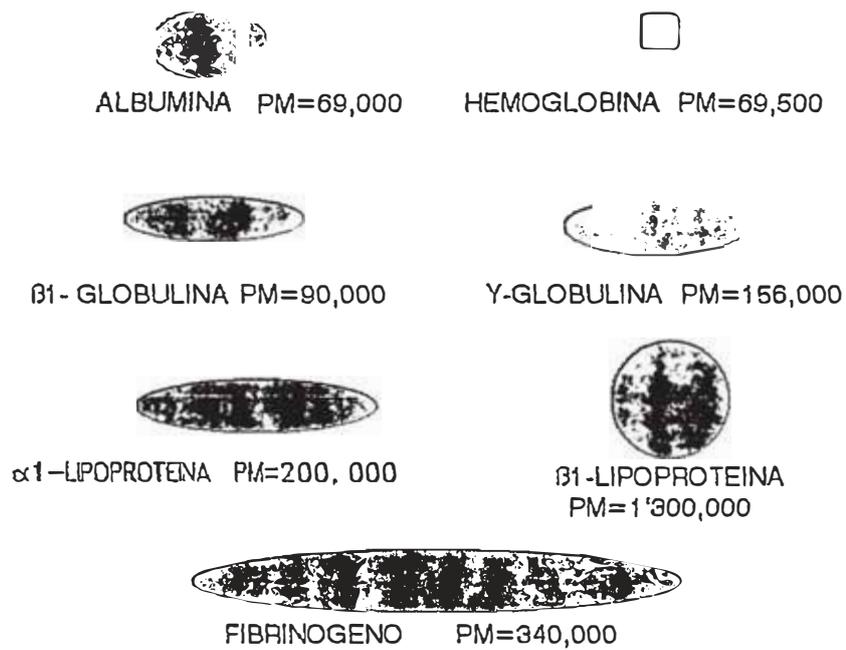
Componentes inorgánicos.

Ver Cuadro Nro. 3

FIGURA N° 2

DIMENSIONES RELATIVAS Y PESOS MOLECULARES DE LAS MOLECULAS PROTEICAS DE LA SANGRE

Fuente : Oncley, citado por Rodwell (24)



7.- COAGULACION DE LA SANGRE

La coagulación sanguínea se produce cuando la sangre contacta con superficies ásperas. En este caso tiene lugar una destrucción de plaquetas, con la subsiguiente liberación de factores coagulantes, que activan el mecanismo de coagulación.

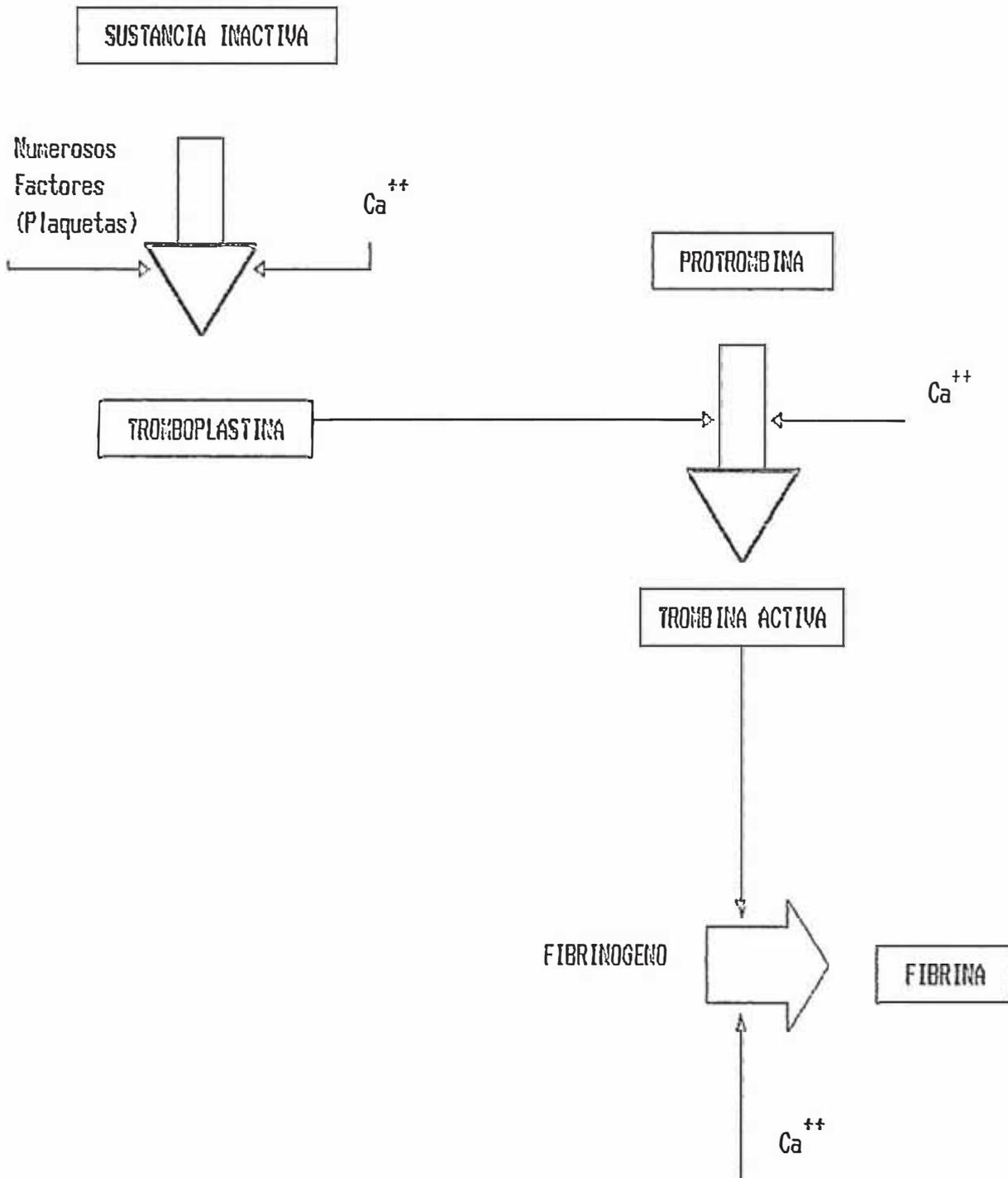
La reacción inicial en el proceso de coagulación de la sangre es la formación de un compuesto conocido con el nombre tromboplastina, esto se origina por la actuación de los factores plasmáticos (Factor Hageman) en combinación con los factores de acción acelerada y en presencia de iones calcio. Como se puede apreciar en la Figura N°3.

En la segunda fase, la protrombina se transforma, en presencia de iones calcio y tromboplastina en trombina activa. Por su parte, la trombina favorece, la destrucción de las plaquetas con lo cual se produce una mejor liberación de factores favorecedores de la coagulación. Gurtler (7).

En la tercera fase de la coagulación sanguínea se realiza la formación de fibrina a partir del fibrinógeno. En la trama de la malla de fibrina quedan incluidos los elementos corpusculares de la sangre y por contracción de la proteína análoga a la actiosina que hay en las plaquetas termina por exudarse el suero. El cuadro N° 5, resume lo anterior.

FIGURA Nro 3

DIAGRAMA DEL PROCESO DE
COAGULACION DE LA SANGRE



FUENTE : BERGEOIS (1975)
CITADO POR : PISKE (21)

CUADRO Nº 5

RESUMEN DE LOS FACTORES DE COAGULACION

FACTOR	NOMBRE	ACCION
I	FIBRINOGENO .	Sustancia madre de la fibrina.
II	PROTROMBINA	Sustancia madre de la Trombina.
III	TROMBOPLASTINA (TROMBOQUINASA)	Transforma la protrombina en trombina.
IV	IONES Ca	Participación en la formación de tromboplastina y la trombina.
V	ACTIVADOR GLOBULINICO	Favorece en forma activa (como factor V1) el paso de protrombina a trombina.
VI	PRECONVERTIDA	Favorece la transformación de protrombina a trombina.
VII	GLOBULINA ANTIHEMOFILICA	Necesario para la transformación de tromboplastina en la sangre.
VIII	FACTOR CHRISTMAS (COMPONENTE DE LA TROMBOPLASTINA PLASMATICA)	Necesario para la formación de tromboplastina hemática.
IX	FACTOR STUART-PROWER	Necesario para la formación de tromboplastina hemática
X	PRECURSOR DE TROMBOPLASTINA PLASMATICA	Proteasa, activa el factor IX a partir del precursor.
XI	FACTOR HAGEMAN	Factor de contacto con superficiales ásperas, inicia la coagulación.
XII	FACTOR ESTABILIZADOR	Transpectidasa, estabiliza la formación de fibrina

FUENTE : Gurtler (7)

7.1.- TIEMPO DE COAGULACION

La velocidad de coagulación de la sangre "IN VITRO" depende de varios factores: en los recipientes de paredes rugosas coagula más rápido que en aquellas paredes lisas, el frío ejerce acción retardadora mientras el calor lo activa. Amendt (1923) citado por Dukes (3), encontró los siguientes tiempos de coagulación a 25°C.

CUADRO Nº 6

TIEMPO DE COAGULACION DE LA SANGRE DE ALGUNOS ANIMALES

ESPECIE	TIEMPO DE COAGULACION (min)
Caballos	11.5
Ganado vacuno	6.5
Porcinos	3.5
Ovejas	2.5
Cabras	2.5

FUENTE : Amendt (1923)

CITADO POR : Dukes (3)

7.2.- FACTORES QUE FAVORECEN LA COAGULACION

Dukes (3) menciona que los siguientes factores pueden acelerar la coagulación de la sangre:

- Aumentando el contacto con material extraño, como el uso de tapones.
- Aumentando la temperatura a la que está

expuesta la sangre.

Agitando suavemente la sangre.

Añadiendo trombina a la sangre.

7.3.- ANTICOAGULANTES

Para impedir la coagulación de la sangre se emplean sustancias anticoagulantes.

Uchmam (1979) citado por Piske (21), menciona los siguientes anticoagulantes:

Sales de ácido fosfórico.

Fosfatos alcalinos.

Cloruro de sodio, en proporción de 3% sobre la masa total de sangre.

Intercambiador de iones, los iones de calcio quedan retenidos en la columna.

7.4.- RECOLECCION DE LA SANGRE Y ADICION DE ANTICOAGULANTE

Hay dos procedimientos para recolectar la sangre:

a) El sistema abierto

b) El sistema cerrado

a) El sistema abierto.- Es el procedimiento tradicional, para recolectar la sangre, en este caso el animal es colocado en posición normal y la sangre recolectada en vasijas con solución de anticoagulante al 3.8% colocadas luego de realizar el corte.

b) **El sistema cerrado.**.- Este procedimiento es reciente e incluye cuchillos especiales de sangría. El cuchillo es introducido en la arteria aorta y la sangre fluye por un tubo a un recipiente que contiene una solución con anticoagulante.

7.5.- ADICION DE ANTICOAGULANTE

El anticoagulante es una sustancia química que se utiliza para impedir la coagulación de la sangre y mantenerla en estado líquido durante un tiempo considerable, sin coagularse y formar una masa sólida.

Los anticoagulantes más comúnmente utilizados son:

Heparina : La heparina en forma de sal de sodio, litio o calcio se puede obtener en el comercio y es uno de los anticoagulantes más satisfactorios. Impide la coagulación, porque inhibe la formación de trombina a partir de protrombina. La heparina se utiliza a razón de 200 mg/lt de sangre. La sangre líquida heparinizada es la materia prima preferida para la fabricación de productos alimenticios y farmacológicos.

Oxalatos : Los oxalatos de sodio, o potasio se utilizan a razón de 1gr/lt de sangre en forma de solución en agua al 30% o disueltos en cualquier concentración en solución salina al 0.85%.

Los oxalatos actúan como anticoagulantes precipitando el calcio necesario para la coagulación.

Son venenosos y su utilización está prohibida cuando el producto final se destina a la industria alimentaria o farmacéutica.

Citrato de sodio : El citrato de sodio se utiliza a razón de 3 gr/lt de sangre, diluida en una cantidad de agua (solución al 3.8% de citrato de sodio), o en cantidades mayores de solución salina. Los citratos no precipitan el calcio de la sangre sino que lo transforman en una forma no ionizada, con lo que se impide la coagulación. Las disposiciones que regulan el empleo de citratos para la industria alimentaria y farmacéutica varía según los diferentes países y deberá averiguarse cuales son las aplicables en cada caso si la sangre se recoge para usarse como insumo o materia prima en este tipo de industrias.

Acido Etilendiaminotetracético (EDTA) : La sal disoica del ácido etilendiaminotetracético se emplea como anticoagulante en la proporción de 2 gr/lt de sangre, diluida en una pequeña cantidad de agua, o en una cantidad suficiente de solución salina. El ácido EDTA actúa por quelación del ión calcio necesario para una coagulación. El empleo de ácido EDTA en los productos alimentarios y farmacéuticas está permitido en la mayoría de los países.

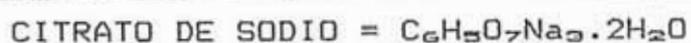
Las sustancias químicas anticoagulantes se conservan mejor en forma de sales, preparándose las soluciones antes de usarlas.

Cualquiera que sea el anticoagulante utilizado debe añadirse a la sangre y mezclarse con ella dentro de

los 2 a 5 primeros minutos y en todo caso mucho antes de que la sangre empiece a coagularse. Con sangre ya coagulada los anticoagulantes son totalmente inútiles.

Enfriado : Es posible impedir la coagulación de la sangre mediante enfriado rápido a 1 ó 2 °C sin adición de anticoagulantes, sin embargo la sangre enfriada se coagulará al volver a la temperatura ambiente.

Desfibrinación : Otro procedimiento para impedir la coagulación consiste en desfibrinar la sangre, agitándola enérgicamente con una varilla de superficie rugosa. Durante esta operación, la fibrina a la que se debe la cohesión del coágulo en un grumo, se desgarrar y adhiere a la varilla, dejando la sangre en estado líquido. Como con este proceso los glóbulos rojos resultan dañados, la sangre desfibrinada sólo sirve para algunas aplicaciones finales específicas. De las sustancias mencionadas, la más utilizadas es el citrato de sodio. Dukes (3) y Divakaran (2), indican que se desconoce la vía precisa del citrato para prevenir la coagulación; pero se cree que una parte de su acción es formar un compuesto no ionizable con el calcio. También puede tener una acción antiprotrombínica.



8.- CANTIDAD PROMEDIO DE SANGRE EN ALGUNAS ESPECIES ANIMALES

CUADRO Nro. 7

Cantidades promedio de sangre recolectada
en algunas especies animales

ESPECIE	SANGRE (Kg)
Caballos	18
Ganado Vacuno	10-12
Porcinos	2.5-3.5
Ovejas	1.5
Caprinos	1.2

9.- APLICACION INDUSTRIAL DE LA ALBUMINA DE SANGRE

9.1.- ACABADO DE CUEROS

La albúmina de sangre es un sucedáneo barato de la albúmina de huevo para usos no alimentarios. Puede utilizarse para obtener un acabado proteínico más claro del cuero, al que proporciona brillo y lustre, sin alterar sus propiedades respiratorias, a diferencias de los acabados resínicos, que bloquean los poros.

9.2.- SOLUCIONES PARA REVESTIMIENTOS

LITOGRAFICOS

La albúmina de sangre puede reemplazar en esta aplicación a la albúmina de huevo. Las soluciones para revestimientos litográficos contienen por lo

general albúmina y dicromato amónico. La albúmina así mezclada es sensible a la luz y se hace insoluble cuando se expone a esta. La albúmina no coagulada, después de la exposición a la luz se elimina por lavado con agua caliente. La albúmina insoluble retendrá la tinta, formando así una imagen que puede reproducirse.

9.3.- ADHESIVOS

La albúmina de sangre es un adhesivo de color claro, soluble en agua, y en proporciones adecuadas da soluciones muy ligantes, que se adhieren con rapidez y firmeza. Si después de unir las superficies queda una parte expuesta al aire, como ocurre en el caso de los tableros de partículas, puede hacerse impermeable al agua mediante tratamiento térmico.

En combinación con la albúmina de huevo, que disminuye la viscosidad, las soluciones de albúmina de sangre se utilizan para adherir el corcho a los tapones de corona en las envasadoras automáticas, utilizando luego el tratamiento térmico para su impermeabilización.

9.4.- ESTAMPADO DE TEXTILES

La albúmina de sangre se utiliza en los estampados de textiles, particularmente en ciertas variedades de tejidos de algodón. El estampado

obtenido es resistente al agua y lavable.

9.5.- ESTABILIZADOR

La albúmina de sangre de calidad adecuada para el alimento de ganado, se mezcla con vitaminas y otros componentes esenciales y luego que se disuelve se coagula y se deshidrata hasta reducirla a polvo, con el fin de utilizarla en las mezclas de alimentos para el ganado y animales domésticos, en los que la albúmina de sangre funciona como estabilizador.

9.6.- SUBPRODUCTOS DE LA ALBUMINA

La fracción celulósica y el fibrinógeno pueden ser transformados en harina de sangre la misma que es utilizada como fuente de proteínas para preparar alimentos balanceados para el ganado.

II.- ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado de la albúmina a nivel Nacional, realizado en base a fuentes estadísticas de la JUNAC (Junta Nacional del Acuerdo de Cartagena) y SUNAD (Aduanas)

1.- IMPORTACION DE ALBUMINA DE SANGRE DE GANADO VACUNO DE PARTE DE LA INDUSTRIA NACIONAL (DEMANDA INTERNA)

CUADRO Nro. 8

AÑO	VALOR FOB (\$)	VALOR CIF (\$)	PESO NETO (KG)	PESO BRUTO (KG)	PRECIO (\$/KG)
1,988	2,8944.48	32,121.62	3,778.13	4,057.37	8.5
1,989	98.00	102.95	1.00	2.3(*)	102.9(*)
1,990	773.85	1,015.08	45.40	47.60(*)	22.36(*)
1,991	71,479.35	76,525.22	9,761.50	10,086.20	7.86
1,992	11,361.67	12,551.86	1,365.80	1,435.80	9.19
1,993	30,429.17	33,863.61	3,908.19	42,244.24	8.66
1,994	15,894.14	17,770.70	1,672.32	1,778.01	10.63

Fuente : JUNAC y SUNAD (1,993)

(*) Precios y pesos no considerados

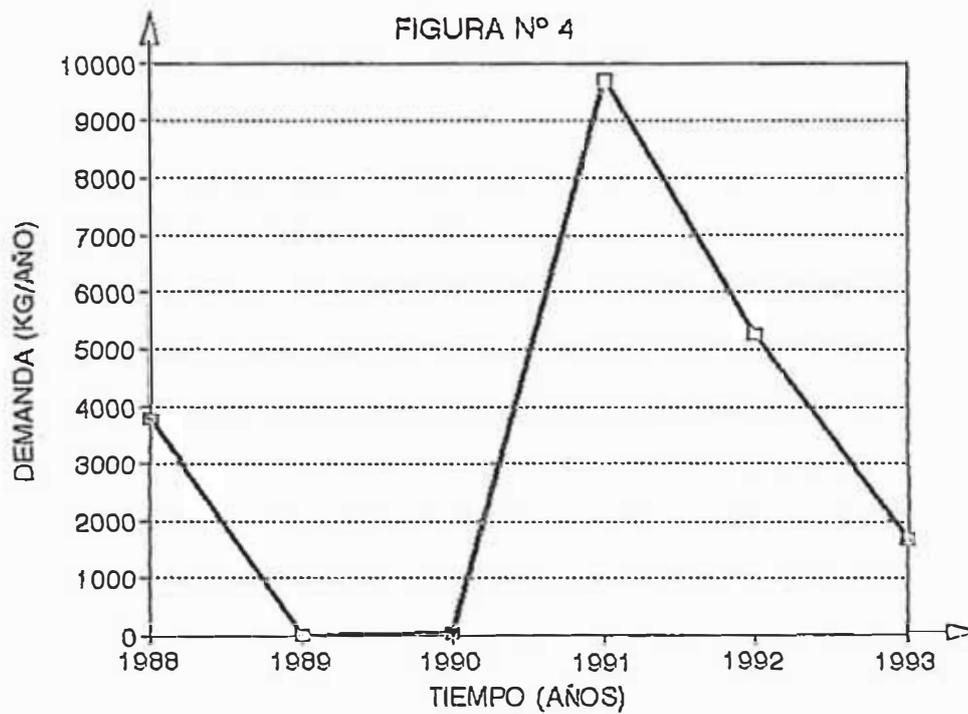
Precio Promedio - 9.49 \$/Kg (3 últimos años)

2.- IMPORTACION DE ALBUMINA DE SANGRE DE GANADO VACUNO DE PARTE DE LA INDUSTRIA NACIONAL (DEMANDA INTERNA, FIGURA)

CUADRO N° 9

N	AÑO "X"	PESO NETO (KG/AÑO)"Y"
1	1988	3,778.13
2	1989	1.00
3	1990	45.40
4	1991	9,731.50
4	1992	5,274.00
6	1993	1,672.32

Fuente : JUNAC y SUNAD



3.- PRONOSTICO DE LA DEMANDA BASADOS EN DATOS ESTADISTICOS

De :

$$y_i = a + b \cdot x_i$$

Donde :

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i)}{n} = 3,417.06$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i)}{n} = 3.5$$

$$b = \frac{(\sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_i) - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i)}{[n \cdot \sum_{i=1}^n (x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2]} \dots\dots (1)$$

CUADRO Nº 10

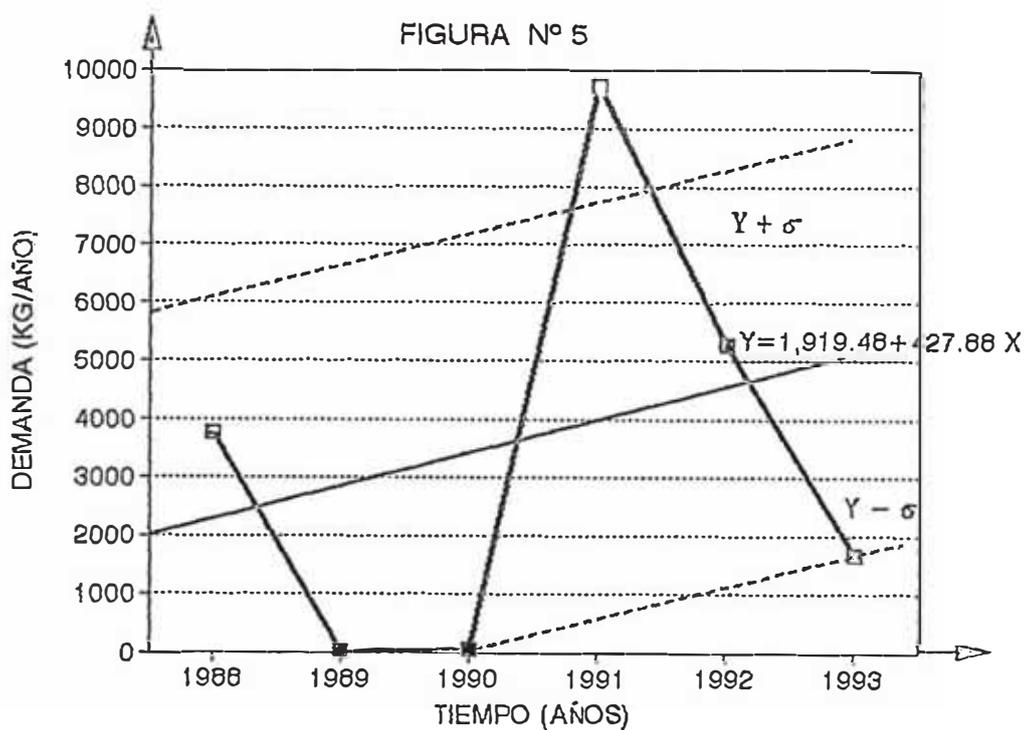
AÑO x_i	DEMANDA y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	$(y_i - \bar{y})$	$(y_i - \bar{y})^2$
1	3,778.13	3,778.13	1	361.00	130,371.54
2	1.00	2.00	4	-3,415.06	11'669,465.92
3	45.40	136.20	9	-3,371.66	11'368,091.16
4	9,731.50	38,926.00	16	6,314.44	39'872,152.51
5	5,274.00	26,370.00	25	1,856.94	3'448,226.16
6	1,672.32	10,033.92	36	-1,744.74	3'044,117.67
$\Sigma x_i = 21$	$\Sigma y_i = 20,502.35$	$\Sigma x_i \cdot y_i = 79,247.25$	$\Sigma x_i^2 = 91$		$\Sigma (y_i - \bar{y})^2 = 69'532,424.96$

4.- PRONOSTICO DE LA DEMANDA INTERNA BASADOS EN DATOS ESTADISTICOS

CUADRO N° 11

N	AÑO "X"	PESO NETO (KG/AÑO) ⁿ Y
1	1988	3,778.13
2	1989	1.00
3	1990	45.40
4	1991	9,731.50
5	1992	5,274.00
6	1993	1,672.32

Fuente : JUNAC y SUNAD



Reemplazando en (1)

$$b = \frac{[6*79,246.25 - 21*20,502.35]}{[6*91 - 21^2]}$$

$$b = 427.88$$

$$\Rightarrow a = y_1 - b*x_1 = 3,417.06 - (427.88)*(3.5)$$

$$a = 1,919.48$$

como :

$$y_i = a + b*x_i \quad \Rightarrow$$

$$y_i = 1,919.48 + 427.88*x_i$$

Error de pronóstico:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{69,532,424.96}{5}}$$

$$\sigma = 3,729.14$$

Para un nivel de confianza del 68% ($y_i \pm \sigma$)

Para $i=7$ (Año 1994)

$$y_7 = 1,919.48 + 427.88*x_7$$

como : $x_7 = 7$

$$y_7 = 4,914.64 \text{ Kg/año}$$

$$y_7 + \sigma = 8,643.78$$

$$y_7 - \sigma = 1,185.50$$

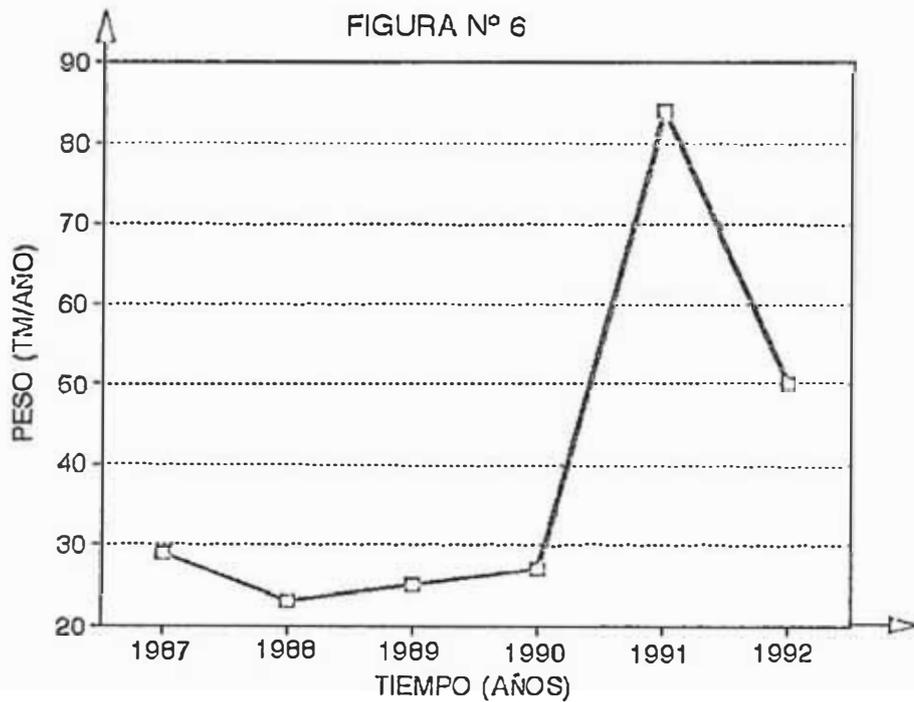
Pronóstico Optimista = 8,643 Kg/año
(Demanda interna del año 1,994)

5.- IMPORTACION DE ALBUMINA DE SANGRE DE GANADO VACUNO DE PARTE DE LOS PAISES DE LA JUNTA NACIONAL DEL ACUERDO DE CARTAGENA. SIN CONSIDERAR AL PERU (DEMANDA EXTERNA, FIGURA)

CUADRO Nº 12

N	AÑO "X"	PESO NETO (TM/AÑO)"Y"
1	1987	29.00
2	1988	23.00
3	1989	25.00
4	1990	27.00
5	1991	84.00
6	1992	50.00

Fuente : JUNAC y SUNAD



6.- IMPORTACIONES DE ALBUMINA DE SANGRE DE GANADO VACUNO
DE PARTE DE LOS PAISES DE LA JUNTA GENERAL DEL
ACUERDO DE CARTAGENA Y SUNAD SIN CONSIDERAR AL PERU

(Demanda Externa)

CUADRO Nº 13

AÑO	VALOR CIF (MILES DE \$)	PESO (TM)	PRECIO (\$/KG)
1,985	269	* 51	* 5.27
1,986	1,265	* 241	* 5.24
1,987	269	29	9.27
1,988	172	23	7.48
1,989	208	25	9.00
1,990	243	27	9.00
1,991	756	84	9.00
1,992	455	50	9.10

Fuente : JUNAC y SUNAD

(*) Valores y pesos no considerados

7.- PRONOSTICO DE LA DEMANDA (SIN CONSIDERAR AL PERU):

Para el cálculo del pronóstico se procede de la siguiente forma :

==> Del cuadro Nro. 12 :

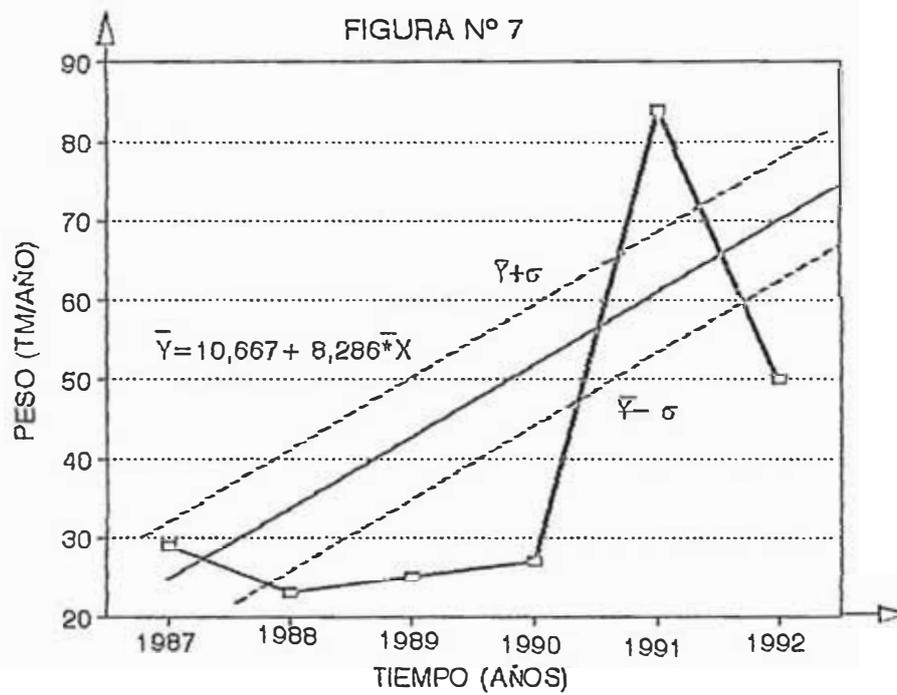
8.- PRONOSTICO DE LA DEMANDA EXTERNA
SIN CONSIDERAR AL PERU

CUADRO N° 14

N	AÑO "X"	PESO NETO (TM/AÑO)"Y"
1	1987	29.00
2	1988	23.00
3	1989	25.00
4	1990	27.00
6	1991	84.00
7	1992	50.00

Fuente : JUNAC y SUNAD

$\bar{Y} = 10,667 + 8,286 * \bar{X}$
$\sigma = 23,830.85$
NIVEL DE CONFIANZA = 68%



De :

$$y_i = a + b \cdot x_i$$

Donde :

$$a = y_i - b \cdot x_i$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i)}{n} = 39,666.67$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i)}{n} = 3.5$$

$$b = \frac{\left(\sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_i) - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\left[n \cdot \sum_{i=1}^n (x_i^2) - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right]} \dots\dots (1)$$

Calculando en (1) :

$$b = 8,286$$

$$a = y_i - b \cdot x_i$$

Resultados:

$\begin{aligned} a &= 10,677 \\ b &= 8,286 \end{aligned}$

$$\Rightarrow \text{Ecuación lineal : } y_i = 10,667 + 8,286 \cdot x_i$$

Resolviendo:

$\sigma = 23,830.85$

==> Cálculo para la demanda del año 1,994:

$$x_7 = 7$$
$$y_7 = 10,667 + 8,286*(7)$$

$$y_7 = 68,669 \text{ Kg/año}$$

Pronóstico optimista para un nivel de confianza del 68% :

Se Obtiene:

$$y_7 + \sigma = 68,669 + 23,831$$

$$y_7 - \sigma = 68,669 - 23,831$$

$$y_7 + \sigma = 92,500$$
$$y_7 - \sigma = 44,838$$

Pronóstico Optimista - 92,500 Kg/año
Demanda externa del año 1994

Demanda Total

Demanda total = Demanda interna + demanda externa

$$\text{Demanda total} = (8,643 + 92,500) \text{kg}$$

$$= 101,143 \text{ Kg/año}$$

$$\text{Demanda Total} = 101,143 \text{ kg/año}$$

9.- DEMANDA PROYECTADA PARA 10 AÑOS DE OPERACION

CUADRO N 015

AÑO	DEMANDA INTERNA	DEMANDA EXTERNA	DEMANDA TOTAL
1994	8,643	92,500	101,143
1995	9,072	100,786	109,858
1996	9,499	109,071	118,570
1997	9,927	117,358	127,285
1998	10,355	125,644	135,999
1999	10,783	133,930	144,713
2000	11,211	142,216	153,427
2001	11,639	150,502	162,141
2002	12,067	158,788	170,855
2003	12,495	167,064	179,569

III.- MATERIALES Y METODOS PARA LA OBTENCION DE ALBUMINA

Este capítulo, describe las pruebas realizadas para fijar las variables y parámetros a utilizar a nivel industrial y comprende:

Estudio y pruebas a nivel laboratorio.

Estudio y pruebas a nivel planta piloto.

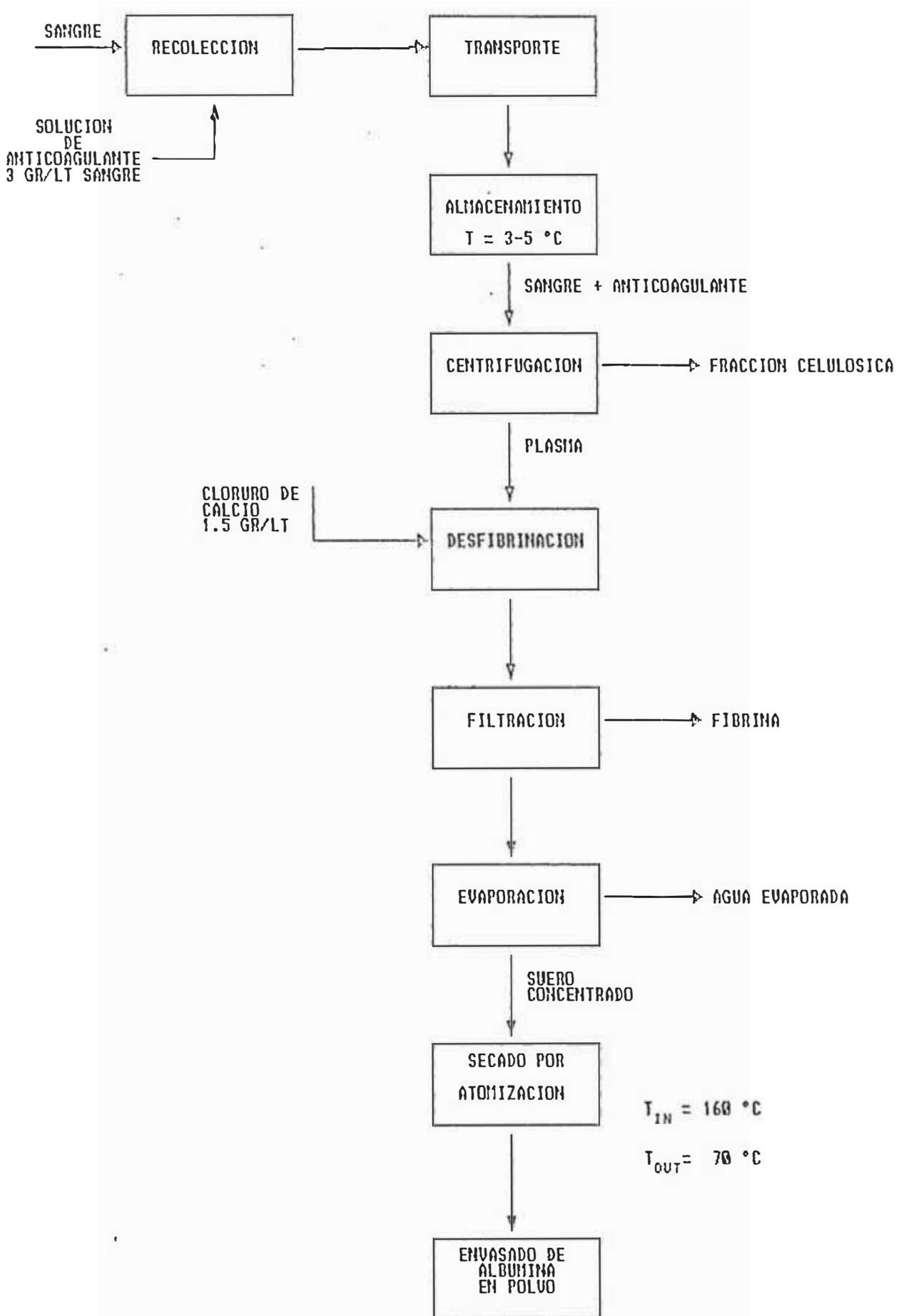
1.- METODOS PARA LA OBTENCION DE ALBUMINA

Los dos métodos considerados se diferencian por la eliminación de fibrinógeno del plasma:

Uno mediante desfibrinación con cloruro de calcio y el otro por calentamiento del plasma hasta 56°C.

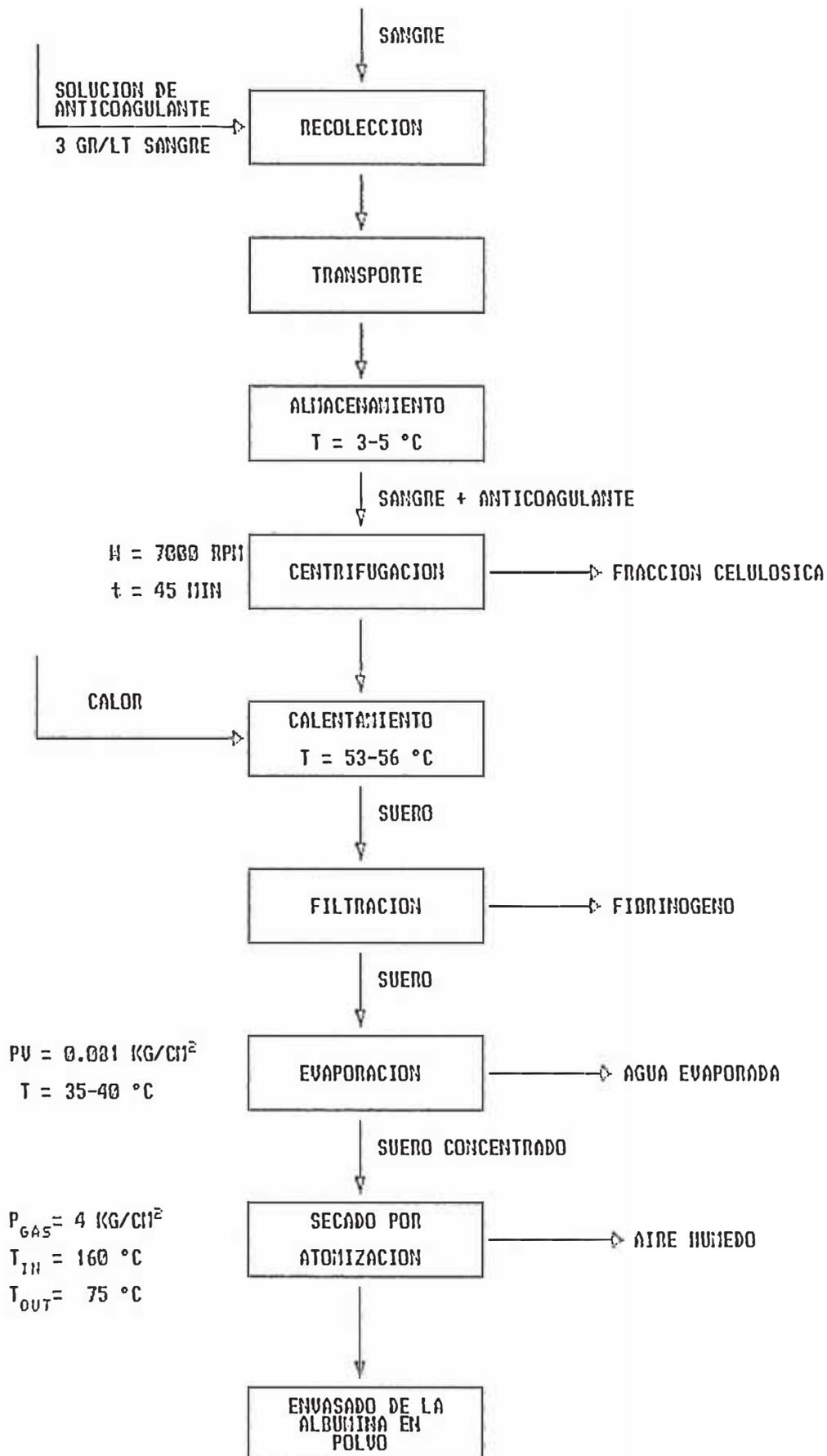
1.1.- DESFIBRINACION CON CLORURO DE CALCIO

FIGURA Nº 8



1.2.- DESFIBRINACION POR CALENTAMIENTO

FIGURA Nº 9



1.3.- ELECCION DEL METODO SELECCIONADO

De los dos diagramas de flujo presentado se observa que las operaciones unitarias involucradas son las mismas excepto la desfibrinación la que puede realizarse de dos maneras:

Desfibrinación con cloruro de calcio y

Desfibrinación por calentamiento.

El método seleccionado es desfibrinación por calentamiento debido a que:

* Con cloruro de calcio la fibrina coagula todo el plasma de tal forma que para filtrar se necesita disolver (agitación con cuchillas) el coágulo formado, mientras que por calentamiento el fibrinógeno precipita y es fácil separar directamente por filtración.

* La precipitación de la fibrina con cloruro implica un tiempo de espera mayor que el de calentamiento, lo que determina que el tiempo de procesamiento por calentamiento sea menor.

* El costo por desfibrinación con cloruro de calcio es mayor, dado que implica el uso de más equipos y calentamiento hasta 37°C, se usa como insumo el cloruro de calcio, mientras que por calentamiento sólo es necesario aumentar la temperatura hasta 53 ó 56 °C.

* La calidad del producto es menor por el método de cloruro de calcio dado que el porcentaje de cenizas es mayor que por calentamiento.

2.- ESTUDIO TECNICO EXPERIMENTAL

2.1.- PROCESAMIENTO DE LA SANGRE A NIVEL LABORATORIO

REACTIVOS Y MATERIALES

Se utilizan los siguientes reactivos y materiales:

- Citrato de Sodio (Anticoagulante)
- Silicona fluida (Agente desespumante)
- Cloruro de Calcio
- Agua destilada
- Algodón

Bureta, probeta, pipeta, vasos, matraz de erlenmeyer, peachímetro, densímetro, viscosímetro de oswald, tubo capilar, cronómetro, termómetro, etc.

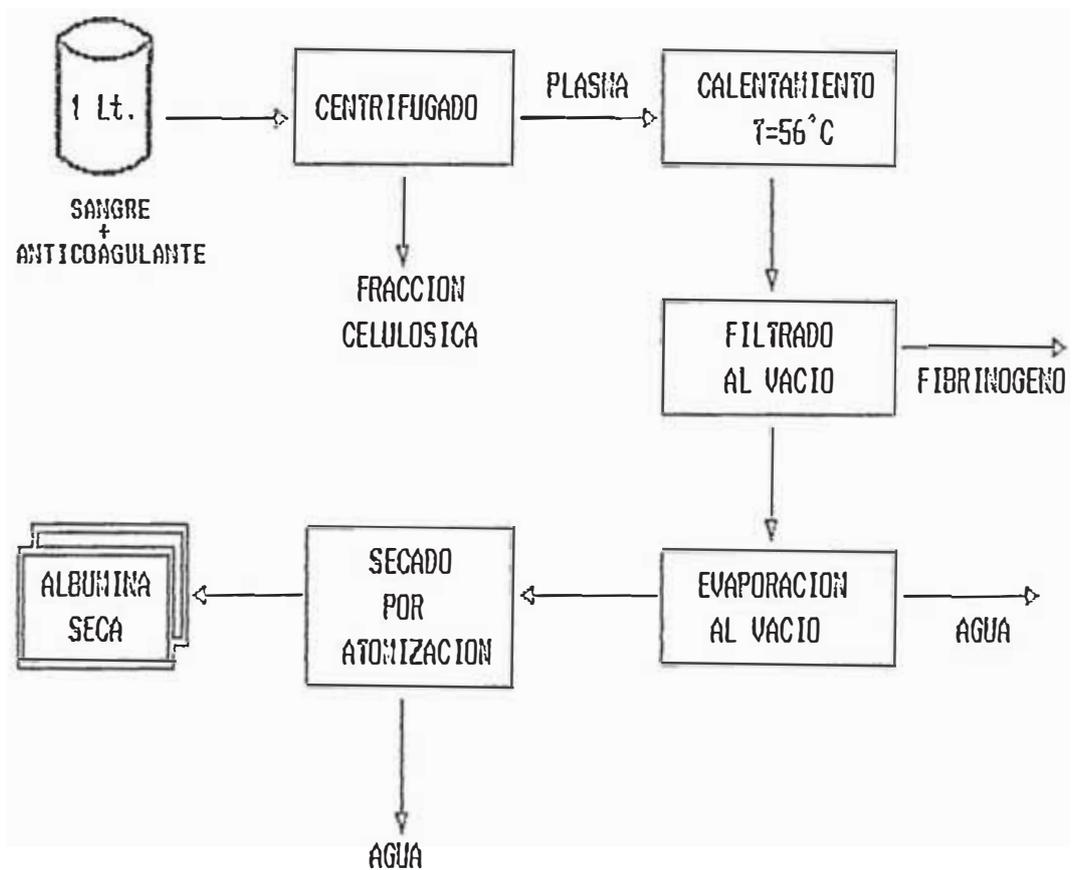
EQUIPOS UTILIZADOS EN PRUEBAS DE LABORATORIO

- Centrífuga
- Cocina eléctrica y olla
- Embudo buchner y kitasato
- Bomba de vacío

- Evaporador rotatorio (rota-vapor)
- Secador por atomización (spray dryer)

2.2.- DIAGRAMAS DE OBTENCION DE ALBUMINA DE SANGRE EN EL LABORATORIO

FIGURA N ° 10



2.3.- SECUENCIA DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A NIVEL DE LABORATORIO

La secuencia seguida a nivel de laboratorio utilizando 1 litro de sangre fue:

RECOLECCION Y ADICION DE ANTICOAGULANTE

Se recibe en un recipiente adecuado el cual tiene la solución de anticoagulante previamente preparada de citrato de sodio al 3.8%, y luego se traslada al laboratorio N° 23 de procesos químicos de la UNI.

CENTRIFUGACION

La centrifugación se realiza en una centrífuga de 6 tubos cuya capacidad total es de 250ml, lográndose la separación del litro de sangre utilizado en 4 batch de 45 minutos cada uno; y una velocidad angular de 7000 RPM, obteniéndose un promedio de 600 ml de plasma y 400ml de fracción celulósica, observándose que el plasma tienen un color amarillo similar a de la clara de huevo; y la fracción celulósica de color rojo oscuro.

CALENTAMIENTO

Se realiza para precipitar el fibrinógeno, lo que se consigue calentando en baño maría hasta 56 °C, utilizando para tal fin una cocina eléctrica y olla con agua, calentando el plasma en un vaso de 1 litro agitando el sistema con una bagueta hasta completa precipitación del fibrinógeno, el cual es un sólido de color blanco.

FILTRACION

La filtración se realiza para separar el fibrinógeno de la solución, empleando embudo butchner, algodón como medio filtrante, 1 kitasato para recibir el suero (solución sin fibrinógeno); y una bomba de vacío que permite realizar el filtrado con una presión de vacío absoluta de 500 mm Hg, obteniéndose un promedio de 500 ml de suero y 50 gr. de fibrinógeno, para seguir la secuencia con la evaporación.

EVAPORACION

La evaporación se efectúa para incrementar el porcentaje de sólidos en el suero de 7.6% hasta 28%, en un rota-vapor al vacío de un litro de capacidad, al que se le carga un promedio de 500ml de suero el mismo que se concentra con una presión de vacío absoluta de 40 mm Hg, hasta evaporar un promedio de 300 ml de agua, obteniéndose un promedio de 200ml de suero concentrado.

SECADO

El suero concentrado es secado por atomización en el laboratorio de operaciones unitarias, con una velocidad de alimentación de 20 ml/min, con una velocidad angular del rodete de 31,000 RPM, la temperatura de la alimentación es de 18 °C, la temperatura de ingreso de aire a la cámara de secado de 150 °C y una temperatura de salida de la cámara de secado de 75 °C.

ENVASADO

El producto obtenido (albúmina en polvo), es de color y apariencia similar a la leche en polvo, el mismo que fue envasado en bolsas de polietileno para evitar que gane humedad del medio ambiente.

2.4.- PRINCIPALES VARIABLES EXPERIMENTALES

(LABORATORIO)

CUADRO Nro. 16

OPERACION	CARACTERISTICAS Y VARIABLES IMPORTANTES
MUESTRA (1 LITRO)	Se realiza con 1 litro de sangre y adicionando 76 ml de solución anticoagulante citrato de sodio anhidro (3grs)
CENTRIFUGACION	Se realiza en una centrífuga eléctrica velocidad de giro = $W = 7,000$ rpm; tiempo ≈ 45 min.
CALENTAMIENTO	En un sistema de baño maría, se calienta el plasma hasta $T = 53-56^{\circ}\text{C}$, temperatura en que precipita el fibrinógeno.
FILTRACION	Se filtra al vacío con un kitasato. y embudo butchner $P_{\text{vacío abs}} = 500$ mm-Hg.
EVAPORACION	Se realiza en el evaporador rotatorio (rota-vapor) al vacío. $P_{\text{vacío}} = 40$ mm-Hg.
SECADO POR ATOMIZACION	Velocidad del rodete, $W = 31,000$ rpm. $T_{\text{in}} = 150^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{out}} = 75^{\circ}\text{C}$
ENVASADO	El producto seco (albúmina) es de color y apariencia similar al de leche en polvo, es envasado en bolsas de polietileno.

2.5.- RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Se efectuaron varias pruebas experimentales usando un litro de sangre en cada prueba, los resultados obtenidos son:

CUADRO Nro. 17

Prueba N°	Plasma (nl)	Fracción. Celulósica. (nl)	Fibrinógeno. (gr)	Suero sin conc. (ml)	Suero Conc. (nl)	Agua Evap. (nl)	Prod. Obten. (gr)	Rendimiento (%)
1	590	410	52	490	200	290	29	78
2	600	400	54	500	200	300	30	79
3	620	380	50	520	210	310	31	79.5
4	600	400	51	500	205	295	30	79
5	590	410	52	490	195	295	29	78
6	610	390	49	490	190	300	29	78

Pr = Pruebas experimentales.

2.6.- DETERMINACIONES EXPERIMENTALES

CUADRO DE PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS PROCESADOS

CUADRO Nro. 18

FRACCIONES	PROPIEDADES				
	ρ (gr/cm ³)	μ (cp)	pH	σ dina/cm	(*) Ce. Kcal/Kg°C
Sangre	1.052	4.6	7.3	- -	0.88
Plasma	1.026	4	8.17	- -	0.95
Fracción Celulósica	1.088	10.44	7.5	1	0.66
Suero (8-9%)	1.029	3.5	7.4	70.12	0.95
Suero concentrado (28%)	1.08	- -	- -	- -	0.8026
Suero concentrado (35%)	1.09	- -	- -	- -	0.7697
Suero concentrado (40%)	1.12	- -	- -	- -	0.7368

(*) El calor específico de las disoluciones cuyo calor de mezcla es despreciable se puede determinar, para una concentración X, si se conoce para otra concentración X_0 , considerando que el calor específico es función lineal de la concentración, de acuerdo con la expresión :

$$C_e = 1 - (1 - C_{e0}) * X / X_0$$

Donde :

C_e : Calor específico de la solución a la concentración X

C_{e0} : Calor específico de la solución a la concentración X_0

2.7.- PRUEBAS DE ANALISIS DE LA COMPOSICION QUIMICA DE LA ALBUMINA DE SANGRE

Estas pruebas se realizaron en diferentes laboratorios:

CUADRO Nro. 19

COMPONENTES	BASE HUMEDAD (%)	BASE SECA (%)
HUMEDAD	3	-
CENIZA	9.7	10
PROTEINA	73.72	76

Ver Apéndice Nº 1

CUADRO Nº 20

COMPONENTES	BASE HUMEDAD (%)	BASE SECA (%)
HUMEDAD	4.17	-
CENIZA	9.67	10.09
PROTEINA	73.35	76.54

Fuente: Campos (1)

3.- SECUENCIA DE LAS PRUEBAS DE PROCESAMIENTO DE SANGRE A NIVEL DE PLANTA PILOTO

La secuencia de las pruebas sería a nivel de planta piloto procesando 10lt de sangre fue:

RECOLECCION Y ADICION DE ANTICOAGULANTE

Se reciben 10lt de sangre en un recipiente que contiene la solución con anticoagulante al 3.8% (30gr de citrato de sodio y 760ml de agua); luego se transporta la materia prima, al laboratorio de proceso químicos, para seguir con la operación unitaria siguiente.

CENTRIFUGACION

Para la centrifugación, se utiliza una centrífuga de tambor de platos, la que permite la separación de plasma de la fracción celulósica por la diferencia de densidades existentes, el tiempo empleado fue de 20 minutos, con una velocidad angular de 12,000 RPM, obteniendo un promedio de 6.7 kg de plasma y 4.6 kg de fracción celulósica.

CALENTAMIENTO

Para la precipitación del fibrinógeno, se calienta el plasma en baño maría hasta 56°C, utilizando una cocina y una olla con agua, calentando el plasma en un vaso de vidrio de 4lt, para lo cual se realizaron 2 batch (3.3 lt

de plasma/batch). El tiempo total empleado para esta operación fue de 30 minutos, el fibrinógeno precipitado es un sólido de color blanco.

FILTRACION

Para la separación del fibrinógeno de la fase líquida (suero sin concentrar), se usa un filtro al vacío, que consta de un kitasato y un embudo butchner, con un medio filtrante de tela de algodón y una bomba de vacío, el filtro trabaja con una presión absoluta de vacío de 9.7 lb/pulg², el tiempo total de filtrado es de 10 minutos, el suero sin concentrar obtenido fue de 6.45 kg y el fibrinógeno fue de 0.25 kg.

EVAPORACION

La evaporación permite incrementar el porcentaje de sólido del 7.6% hasta el 28%, la que se lleva a cabo en un evaporador al vacío, que trabaja a una presión absoluta de vacío de 0.77 lb/pulg², que implica una temperatura de ebullición de 35°C, la evaporación se efectúa en 2 horas obteniéndose 1.55 kg de suero concentrado y el agua evaporado fue de 4.9 kg.

SECADO

El secado del suero concentrado es por atomización, con una velocidad de alimentación de 20 ml/min, la temperatura de alimentación es de 18°C, la velocidad de giro de rodete es de 31,000 RPM, la temperatura de ingreso del aire caliente es de 160°C y la salida es de 75°C, obteniéndose 0.53 kg de albúmina, evaporándose 1.02 kg de agua.

ENVASADO

El producto obtenido (albúmina en polvo) es de color y apariencia similar a la leche en polvo, envasándose en bolsa de polietileno para evitar que gane la humedad del medio ambiente.

3.1.- PRUEBAS DE PROCESAMIENTO DE LA SANGRE A NIVEL DE PLANTA PILOTO

Las operaciones involucradas son las descritas en el cuadro Nº 21, con la variación de la cantidad procesada y equipos utilizados; los cuales son:

EQUIPOS EMPLEADOS:

- CENTRIFUGA.
- COCINA ELECTRICA.
- FILTRO AL VACIO.
- EVAPORADOR AL VACIO.
- SECADOR POR ATOMIZACION.
- ENVASADO (BOLSAS)

Se desarrolla el siguiente cuadro.

CUADRO Nro. 21

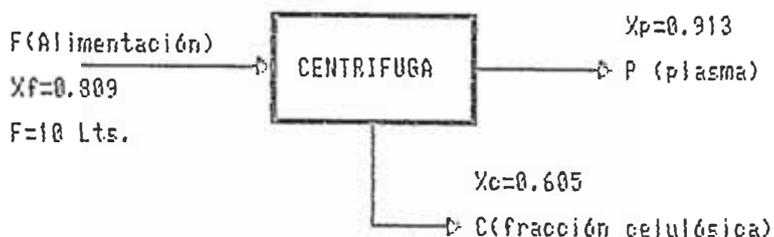
OPERACION UNITARIA	"VARIABLES IMPORTANTES"
RECOLECCION	ADICION DE ANTICOAGULANTE EN UNA SOLUCION AL 3.8% DE CITRATO DE SODIO.
TRANSPORTE	EL TRANSPORTE SE REALIZA SIN QUE LA SANGRE SE AGITE VIOLENTAMENTE POR EL MOVIMIENTO.
ALMACENAJE	LA SANGRE SE ALMACENA EN CAMARAS FRIGORIFICAS A TEMPERATURA ENTRE $T = 3-5^{\circ}\text{C}$.
CENTRIFUGACION	LA VELOCIDAD DE LA CENTRIFUGA (DE TAMBOR DE PLATOS) SERA DE $\omega = 12,000 \text{ rpm}$.
CALENTAMIENTO	EN UN SISTEMA DE BAÑO MARIA, CALENTAR HASTA $53-56^{\circ}\text{C}$. TEMPERATURA A LA CUAL CESA LA PRECIPITACION DE FIBRINOGENO.
FILTRACION	SE HACE CON FILTRO AL VACIO. PRESION ABSOLUTA DE VACIO = 9.7 lbf/pulg^2 (PSIA).
EVAPORACION	SE REALIZA EN EL EVAPORADOR UNA PRESION DE VACIO ABSOLUTO DE $0.7736 \text{ lbf/pulg}^2$ Y A UNA TEMPERATURA DE 35°C .
SECADO POR ATOMIZACION	$M(\text{albúmina}) = 0.53 \text{ Kg.}$ $\omega \text{ rodete} = 31,000 \text{ rpm}$ $T_{in} = 160^{\circ}\text{C}; T_{out} = 75^{\circ}\text{C}$
ENVASADO	SE EFECTUA EN BOLSAS DE POLIETILENO PARA EVITAR QUE GANE HUMEDAD DEL MEDIO AMBIENTE.

4.- BALANCE DE MASA A NIVEL DE PLANTA PILOTO.

A nivel planta piloto se procesan 10 lts de sangre:

4.1.- BALANCE DE MASA EN LA CENTRIFUGA:

FIGURA Nº 11



Balance de masa Global:

INGRESO=SALIDA

==> $F = P + C$ $\rho_{\text{sangre}} = 1.052 \text{ gr/cc.}$

$10.52 = P + C$ (1)

Balance de agua :

$(10.52) \cdot (0.809) = P \cdot (0.913) + C \cdot (0.605)$ (2)

De (1) y (2)

$C = 3.55 \text{ Kg}$

$P = 6.97 \text{ Kg}$

De: $\rho_c = m/V \implies \rho_c = 3.55/V_c = 1.088 \text{ Kg/lt.}$

$V_c = 3.26 \text{ lts.}$

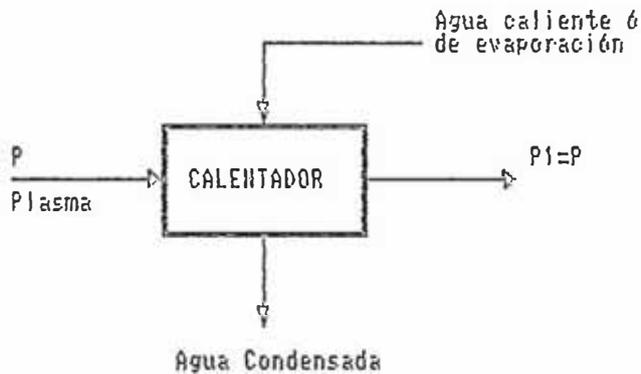
$\rho_p = 1.03 \text{ Kg/lt} = (6.97 \text{ Kg})/V_p$

$V_p = 6.76 \text{ lts.}$

$\rho = \text{densidad}$

4.2.- BALANCE DE MASA EN EL CALENTADOR

FIGURA Nº 12



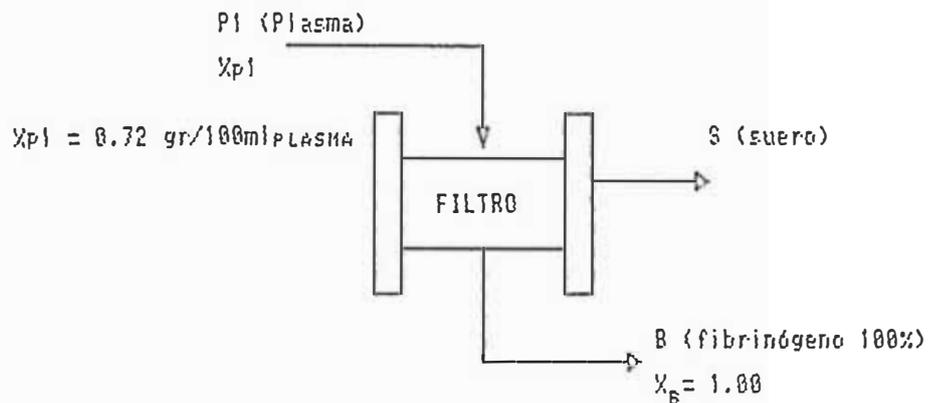
$\text{INGRESO} = \text{SALIDA}$

$P = P1 = 6.97 \text{ Kg.}$

$V_p = V_{p1} = 6.76 \text{ Lts.}$

4.3.- BALANCE DE MASA EN EL FILTRO

FIGURA Nº 13



Balance Global

$$P_1 = B + S$$

B = Flujo de fibrinógeno

$$P_1 = 6.97 = B + S \quad \dots \dots \dots (3)$$

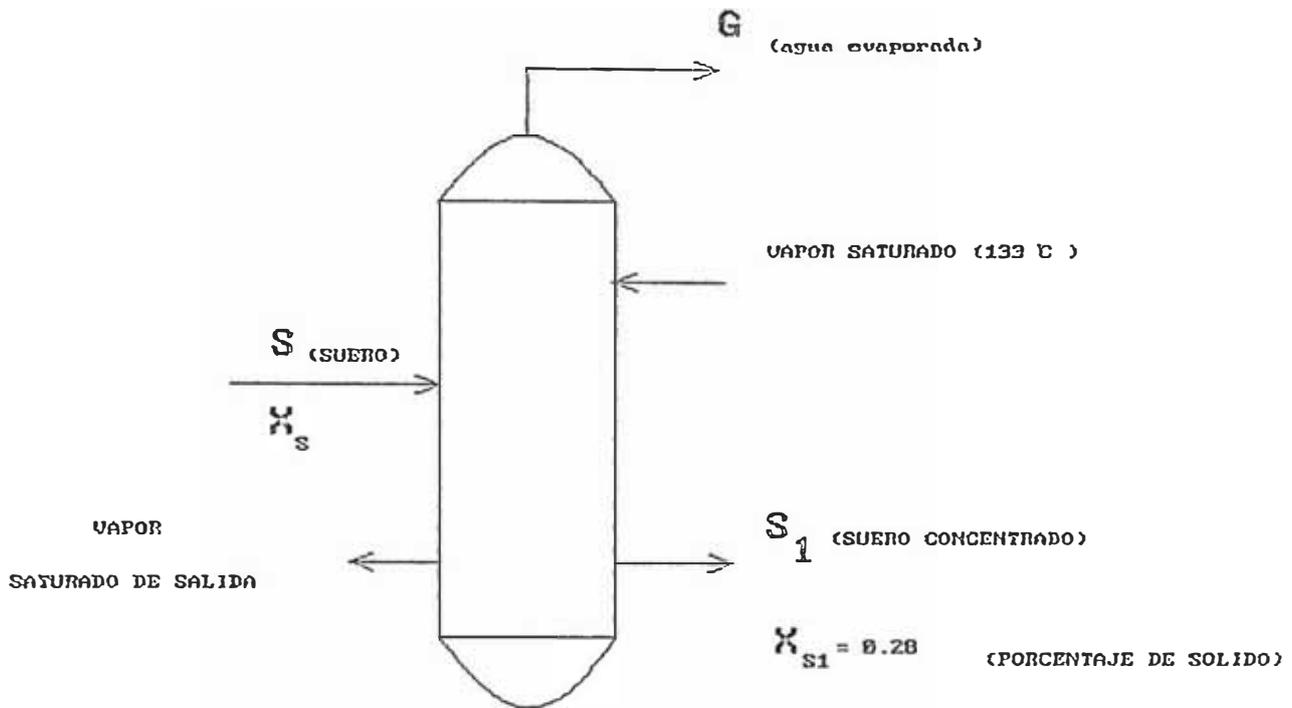
$$B = V_{P1} * X_{P1}$$

$$B = (0.72 \text{ gr} / 100 \text{ ml plasma}) * (6.76 \text{ lt} * 1000 \text{ ml} / \text{lt}) * (\text{Kg} / 1000 \text{ gr})$$

B = 0.0486 Kg
S = 6.9214 Kg

4.4.- BALANCE DE MASA EN EL EVAPORADOR

FIGURA Nº 14



$$X_s = 7.60 \text{ gr/100ml plasma}$$

$$V_s = \rho_s * S = (1.03) * (6.9214)$$

$$V_s = 7.13 \text{ lt}$$

Balace de Proteína Sérica en el Evaporador.-

$$V_s * X_s = S_1 * X_{s1}$$

$$(7.13) * (7.60/100) = (0.28) * (S_1)$$

$$S_1 = 1.935 \text{ Kg}$$

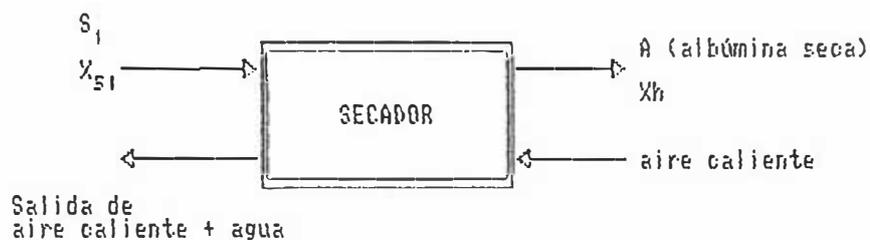
$$S = G + S_1$$

$$6.921 = G + 1.935$$

$$G(\text{agua evaporada}) = 4.986 \text{ Kg}$$

4.5.- BALANCE DE MASA EN EL SECADOR POR ATOMIZACION

FIGURA Nº 15



$$S_1 = 1.935 \text{ Kg.}$$

$$X_{s1} = 0.28$$

$$X_h = 0.03$$

$$S_1 * X_{s1} = A * (1 - X_h)$$

$$(1.935) * (0.28) = A * (1 - 0.03)$$

$$A = 0.558 \text{ Kg}$$

4.6.- CALCULO DEL RENDIMIENTO A NIVEL DE PLANTA PILOTO.

$$\text{RENDIMIENTO OBTENIDO} = \frac{\text{PRODUCTO NIVEL PLANTA PILOTO}}{\text{PRODUCTO SEGUN BALANCE DE MASA}}$$

* Ver Fig. 16

$$\text{RENDIMIENTO OBTENIDO} = \frac{0.53 \text{ Kg}}{0.558 \text{ Kg}} * 100\% = 95\%$$

RENDIMIENTO OBTENIDO A NIVEL DE PLANTA PILOTO ES DE 95%.

"DIAGRAMA DE FLUJO CUANTITATIVO" PARA LA PLANTA PILOTO

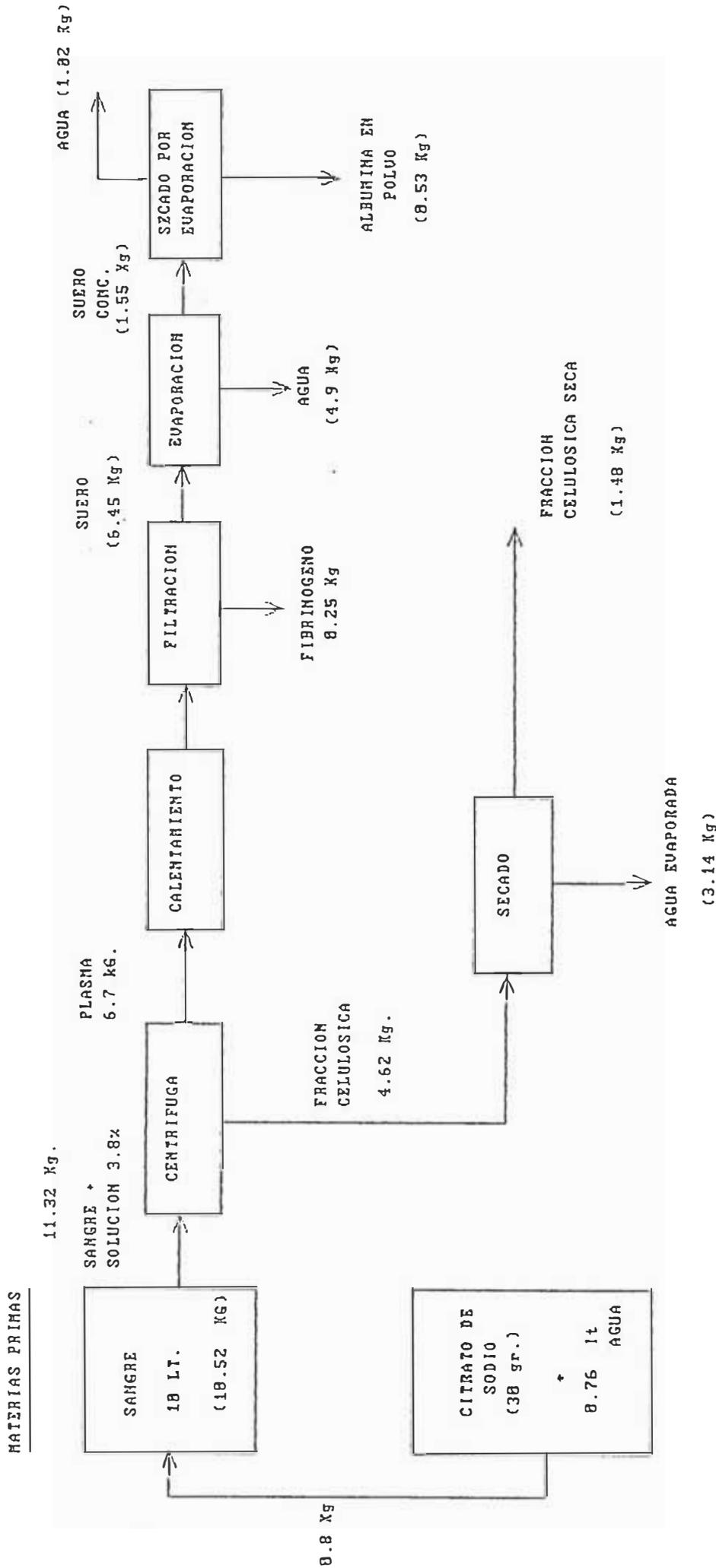


FIGURA N° 16

4.7.- ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS
UTILIZADOS A NIVEL DE PLANTA PILOTO

CUADRO Nº 22

EQUIPO	TAMANO	CAPACIDAD	SERVICIOS QUE REQUIERE	UBICACION
Centrífuga	Volunen del Recipiente = 20 lt	33.8 kg sang/hr	-Corriente eléctrica -Potencia:0.37Kv	Laboratorio de procesos químicos
Filtro	Area = 0.34 ft ²	38.7kg suer/hr	-P _{ABS DE VACIO} : 9.7 lb/pulg ²	Laboratorio de procesos químicos
Bomba de Vacio	Volunen del Recipiente = 11 ft ³	13 ft ³ / min	-Corriente eléctrica -Potencia:0.40Kv	Laboratorio de procesos químicos
Evaporador	Area inter. calor = 1.84 ft ²	0.76lt suer conc./hr	-P _{ABS DE VACIO} : 0.77 lb/pulg ² -Potencia:0.40Kv -Calderin: 1Kv	Laboratorio de procesos químicos
Secador	H cámara=5.83ft D cámara=3.37ft	0.53 kg albúmina/hr	-Energía eléctrica -Motor de 0.13Kv -P _{AIRE COMPR.} : 4 Kg/cm ²	Laboratorio de Operaciones Unitarias

5.- CONSUMO DE ENERGIA A NIVEL PLANTA PILOTO

Se calcula en base al tiempo de uso de los equipos y a la potencia de los mismos, para el procesamiento de 10 lts. de materia prima.

Consumo de energía por parte de la centrífuga:

(de Tambor) :

Tiempo = 20 min. = 0.335 horas

Potencia = 0.37 Kw

Consumo de energía = 0.37*0.335 = 0.124 Kw-hr

Consumo de energía por parte del sistema de calentamiento

Tiempo = 30 min. = 0.50 horas

Potencia = 0.50 Kw

Consumo de energía = $0.50 \times 0.50 = 0.25$ Kw-hr

Consumo de energía por parte del filtro (Bomba de vacío)

Tiempo = 10 min. = 0.167 horas

Potencia = 0.40 Kw

Consumo de energía = $0.40 \times 0.167 = 0.067$ Kw-hr

Consumo de energía por parte del evaporador (Bomba de vacío)

Tiempo = 120 min. = 2 horas

Potencia = 0.40 Kw

Consumo de energía = $0.40 \times 2 = 0.8$ Kw-hr

Consumo de energía por parte del calderín:

Tiempo = 120 min. = 2 horas

Potencia = 1 Kw

Consumo de energía = $1 \times 2 = 2$ Kw-hr

Consumo de energía por parte del secador por atomización

Tiempo = 78 min. = 1.30 horas

Potencia = 0.13 Kw

Consumo de energía = $0.13 \times 1.3 = 0.17$ Kw-hr

CONSUMO TOTAL DE ENERGIA

$$0.124+0.25+0.07+0.8+2+0.17 = 3.41 \text{ KW-HR}$$

CONSUMO TOTAL DE ENERGIA = 3.41 KW-HR

IV.- TECNOLOGIA DE LAS OPERACIONES UNITARIAS Y RESULTADOS

En este capítulo se procede al análisis técnico económico de las principales variables implicadas en el desarrollo de la operación de la planta industrial proyectado.

1.- DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA BASADA EN EL RENDIMIENTO Y EL NUMERO DE RESES SACRIFICADAS.

1.1.- NUMERO DE RESES SACRIFICADAS (PROMEDIO DIARIO).

CUADRO Nº 23

CAMAL	(RESES/DIA) "PROMEDIO"
"LA COLONIAL"	145
"YERBATEROS"	150
TOTAL	295

Para efectos de cálculo se utilizará un factor de seguridad = 0.95

Número de reses sacrificadas utilizando su sangre como materia prima = $(0.95) \times (295) = 280.25$

Número de reses sacrificadas utilizando su sangre como materia prima = 280 Reses/día.

Del Cuadro Nº 7 se considera como cantidad promedio de sangre por res = 10 Kg de sangre/res.

Disponibilidad de Materia prima = $(280) * (10)$
= 2,800 Kg/día.

DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA = 2,800 Kg/día \approx 2,662 lt/día
--

2.- DESCRIPCION GENERAL DE LAS OPERACIONES UNITARIAS IMPLICADAS EN EL PROCESO PARA LA OBTENCION DE ALBUMINA EN POLVO.

2.1.- RECOLECCION DE LA SANGRE Y ADICION DE ANTICOAGULANTE

PREPARACION DE LA SOLUCION DE ANTICOAGULANTE

Se utilizará como anticoagulante el citrato de sodio a razón de 3 gr/lt de sangre.

2.2.- TRANSPORTE

Luego de la recolección de la sangre en recipientes cerrados con el anticoagulante respectivo la misma será trasladada, evitando agitarse a la planta de procesamiento, la cual estará ubicada lo más próximo posible a los camales de la "La Colonial" y "Yerbateros".

2.3.- ALMACENAMIENTO

En la planta de procesamiento la sangre será almacenada en cámaras frigoríficas a 3°C y luego elaborada para la obtención de albúmina en polvo y la fracción celulósica seca como subproducto.

2.4.- CENTRIFUGACION

La centrifugación se realiza con la finalidad de separar el plasma de la fracción celulósica aprovechando la diferencia de densidades entre las mismas.

2.5.- CALENTAMIENTO

El fibrinógeno es una proteína que le quita calidad al producto, razón por la cual es necesario separarlo del plasma, lo que se consigue calentando el plasma hasta 53-56°C, temperatura a la cual el fibrinógeno precipita como sólido lo que facilita su separación.

2.6.- FILTRACION

La filtración se efectúa para separar el fibrinógeno precipitado y obtener la solución líquida que constituye el suero (plasma sin fibrinógeno). El mismo que contiene la albúmina.

2.7.- EVAPORACION

La evaporación se lleva a cabo para incrementar el porcentaje de sólidos en el suero lo que se logra evaporando el agua en un evaporador al vacío a

temperaturas de 30-35°C, y una presión absoluta de vacío de 40 mm-Hg, para evitar la desnaturalización de la albúmina y globulina la que sucede a 67 y 75 °C respectivamente.

La justificación de esta operación está en la disminución del consumo de energía en el secado por atomización al incrementarse el porcentaje de sólidos en el suero.

2.8.- SECADO POR ATOMIZACION

La albúmina es una proteína de la sangre sensible al calor, razón por la cual es secada por atomización; lo que garantiza la calidad del producto ya que el contenido de humedad es bajo, el tiempo de contacto es pequeño, el tamaño de partícula homogéneo. La operación unitaria consiste en incrementar el área interfacial de líquido a secar mediante un atomizador el mismo que es puesto en contacto con aire caliente en la cámara de secado; el producto seco es separado del aire de secado en un ciclón, para luego ser recibido en un envase.

2.9.- ENVASADO

El envasado se realiza en bolsas de polietileno con selladora eléctrica para impedir que el producto gane humedad del medio ambiente.

3.- TECNOLOGIA DE LOS PROCESOS

3.1.- ESTIMACION DE LA DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA (SANGRE DE GANADO VACUNO)

En el camal de Yerbateros se benefician 150 Reses/día.

En el camal de La Colonial se benefician 130 Reses/día

El beneficio es de lunes a sábado, en ambos casos es un promedio de beneficios por día de un total a la semana.

Según Duepjoan (1,976), los vacunos proporcionan de 0-10 Kg de sangre; el rendimiento es de alrededor de 7.7% del peso corporal de la res, pero sólo es posible recolectar entre el 50-60% del 7.7% antes mencionado.

Para un promedio de peso corporal de 250 Kg/res se tiene :

$\text{Kg de sangre por Vacuno} = 0.5(0.077)(250 \text{ Kg}) = 10.58 \text{ Kg.}$

Para efectos de cálculo se considerará un rendimiento de 10 Kg de sangre/res.

Disponibilidad de sangre:

$(280 \text{ res/día})(10 \text{ Kg sangre/res}) = 2,800 \text{ Kg sangre/día.}$

La densidad de la sangre es - 1.052 gr/cc.

$$1.052 \text{ Kg/lt} = \frac{(2,800 \text{ Kg/día})}{V}$$

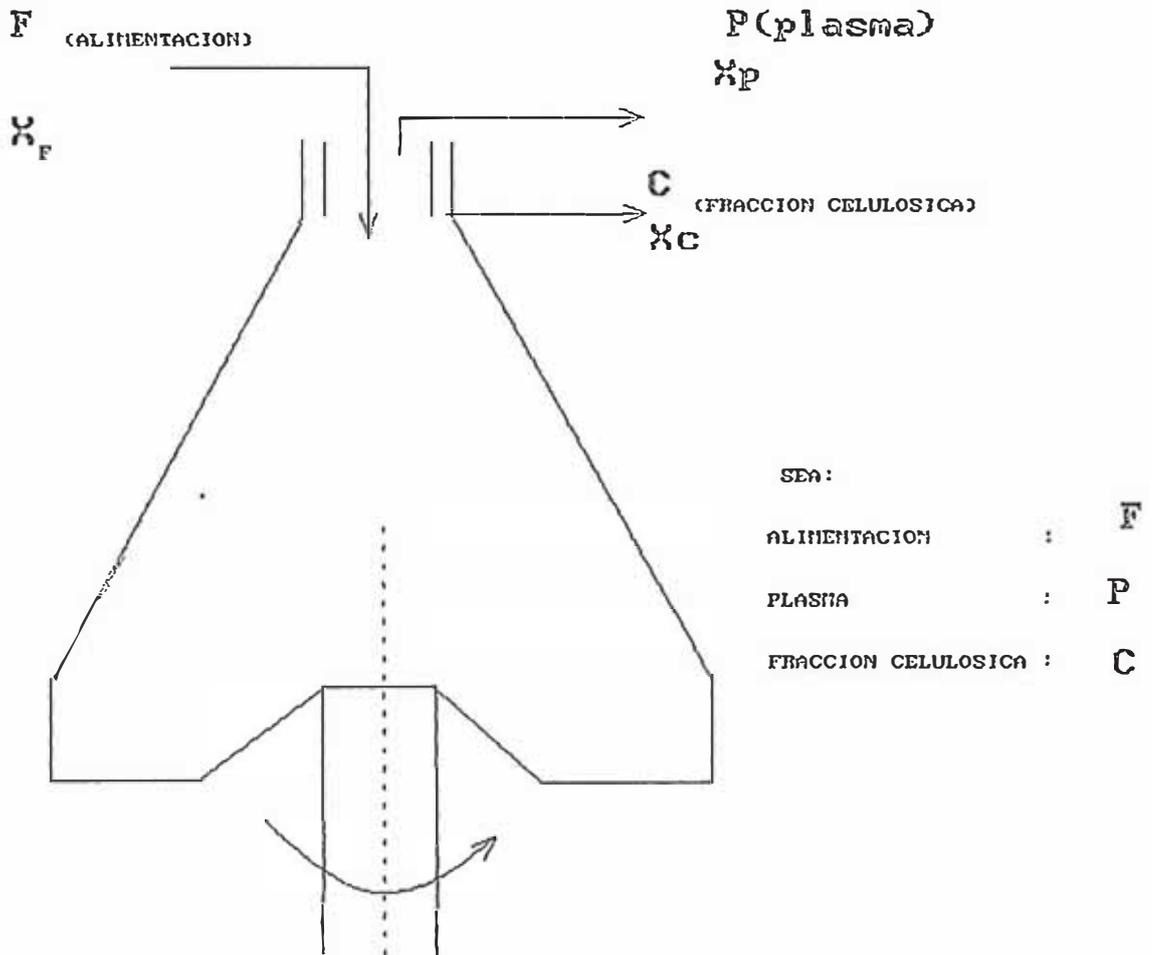
$$V = (2,800 \text{ lt/día})/1.052 = 2,661 \text{ lt/día}$$

1 día de operación = 8 horas

$V = 332.75 \text{ lt/hora} = 333 \text{ lt/hora}$ $M = 350 \text{ Kg/Hora.}$

3.2.- BALANCE DE MASA EN LA CENTRIFUGA

FIGURA Nro. 17



F = Alimentación

P = Plasma

C = Fracción de Celulósica

F = 333 lt/hr = 350 Kg/hr

Fracción en peso del agua presente en la sangre, plasma y fracción celulósica, respectivamente.

$$X_f = 0.809$$

$$X_p = 0.913$$

$$X_c = 0.605$$

Fuente : Langhoff (11)

Balance de masa global:

$$\begin{aligned}
 F &= P + C \\
 350 &= P + C \quad \dots\dots\dots (1)
 \end{aligned}$$

Balance de masa de agua:

$$\begin{aligned}
 F \cdot X_f &= P \cdot X_p + C \cdot X_c \\
 350 \cdot (0.809) &= P \cdot (0.913) + C \cdot (0.605) \quad \dots\dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

De (1) y (2)

$ \begin{aligned} C &= 118.18 \text{ Kg/hr} \\ P &= 231.82 \text{ Kg/hr} \end{aligned} $

de:

$$\rho_c = \frac{M}{V} \quad \rho_c = \frac{118.18}{V_c} \implies 1.084 \text{ Kg/lt} = \frac{118.18 \text{ Kg}}{V_c}$$

$V_c = 109 \text{ lt/hr}$

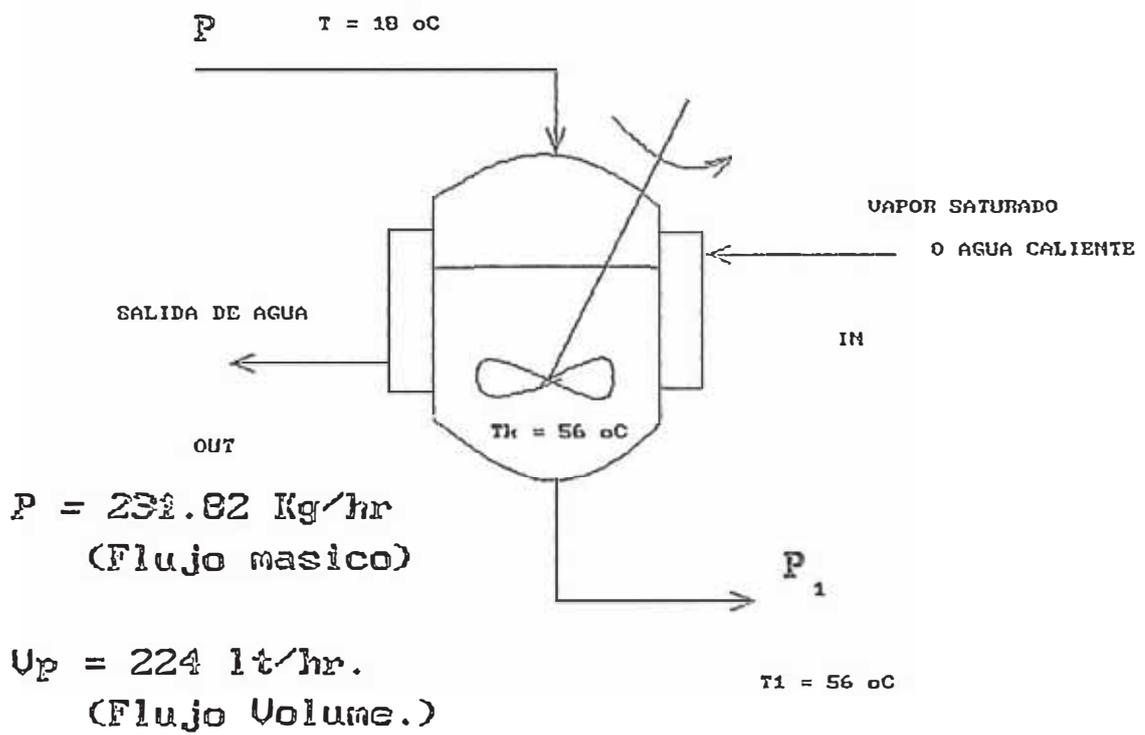
$$\text{Pero: } \rho_p = \frac{M_p}{V_p}$$

$$1.03 = \frac{231.82}{V_P}$$

$$V_P = 224 \text{ lt/hr}$$

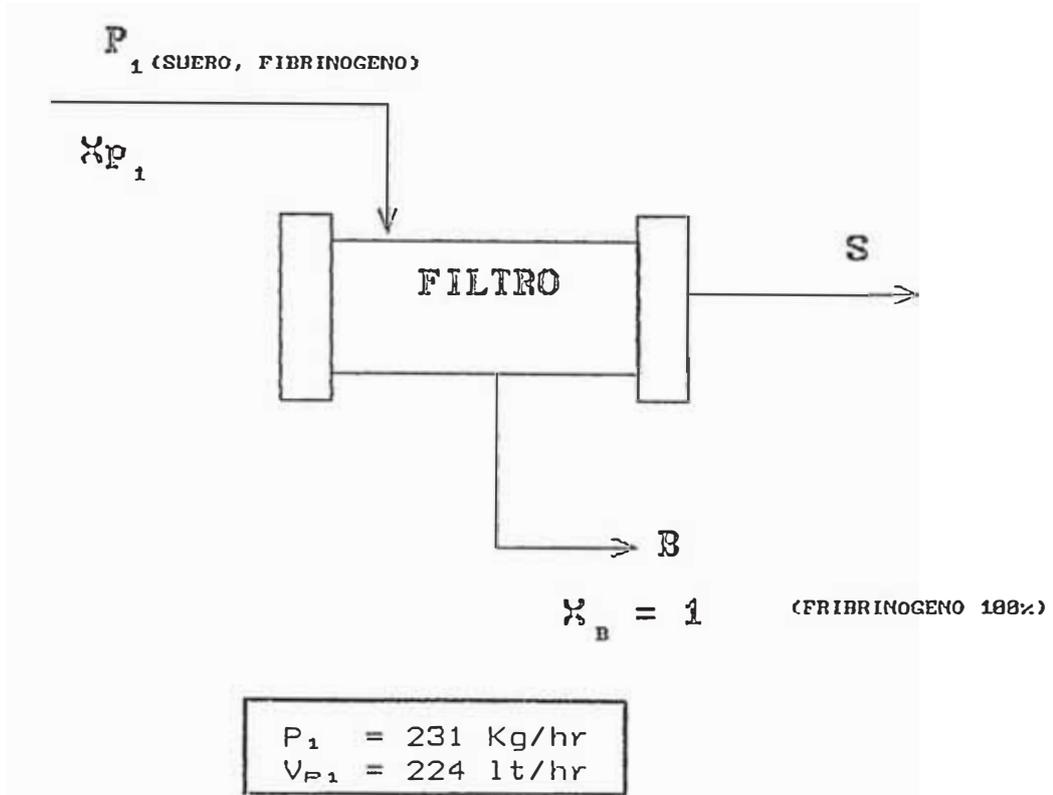
3.3.- BALANCE DE MASA EN EL CALENTADOR ENCHAQUETADO

FIGURA N° 18



3.4.- BALANCE DE MASA EN EL FILTRO

FIGURA Nº 19



BALANCE GLOBAL:

$$P_1 = B + S$$

$$231 = B + S \quad \dots\dots\dots (3)$$

Según Albritton (1,952), el contenido de Fibrinógeno en el plasma es:

0.72 gr/100 ml(plasma)

$$X_{P_1} = 0.72\text{gr fibrinógeno}/100\text{ml(plasma)}$$

Si:

B = Fibrinógeno total extraído del filtro presente en el plasma alimentado al filtro.

$$V_{p1} * X_{p1} = B * 1$$

$$B = (224\text{lt/hr}) * (0.72\text{gr}/100\text{ml}) * (1000\text{ml}/\text{lt}) * (\text{Kg}/1000\text{gr})$$

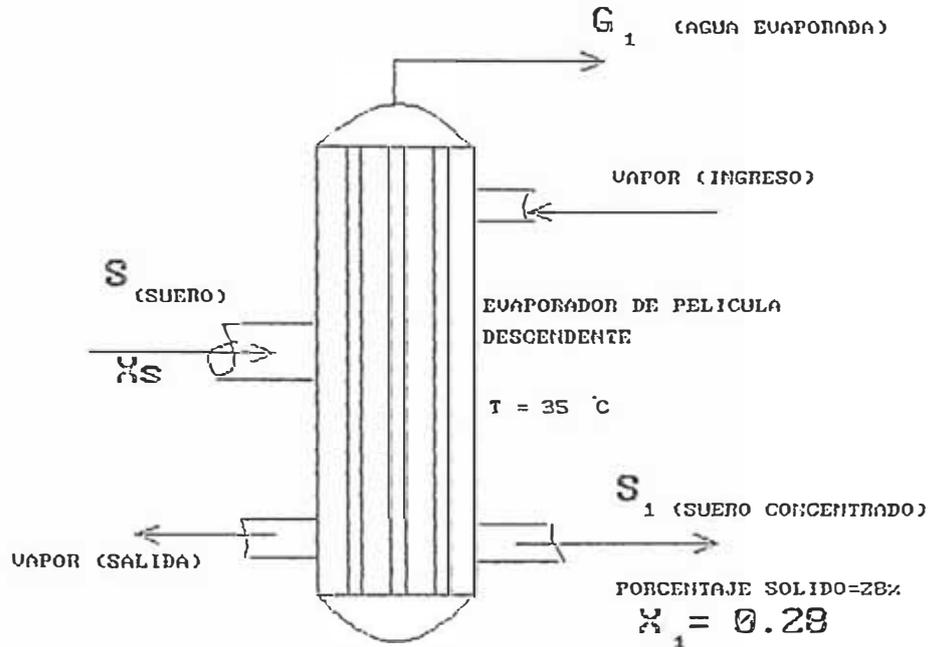
$$B = 1.61 \text{ Kg/hr}$$

Reemplazando en (3)

$$S = 229.39 \text{ Kg/hr}$$

3.5.- BALANCE DE MASA EN EL EVAPORADOR

FIGURA Nº 20



Donde:

$$S = 229.39 \text{ Kg/hr}$$

Si : $\rho_{\text{plasma}} \approx \rho_{\text{suero}}$
 \Rightarrow

$$1.029 \text{ Kg/lt.} = \frac{229.39 \text{ Kg/hr}}{V_s}$$

$$V_s = 222.92 \text{ lt/hr.}$$

Según: Albritton (1,952) el contenido de proteína (Albumina y Globulina) en el plasma es:

$$X_s = 7.60 \text{ gr. proteína/100ml plasma}$$

Balace de proteína serica en el evaporador :

$$V_s * X_s = S_1 * X_{s1}$$

$$X_s = (7.60 \text{ gr/100ml}) * (1000 \text{ ml/lt}) * (\text{Kg/1000gr})$$

$$X_s = 0.076 \text{ Kg/lt}$$

$$(222.921 \text{ lt/hr}) * (0.076 \text{ Kg/lt}) = S_1 * (0.28)$$

$$S_1 = \frac{(222.92) * (7.60) \text{ Kg.}}{(100) * (0.28) \text{ hr}}$$

$$S_1 = 60.51 \text{ Kg/hr.}$$

Balance global :

$$S = S_1 + G_1$$

$$229.39 = 60.51 + G_1$$

$$G_1 (\text{agua evaporada}) = 168.88 \text{ Kg/hr.}$$

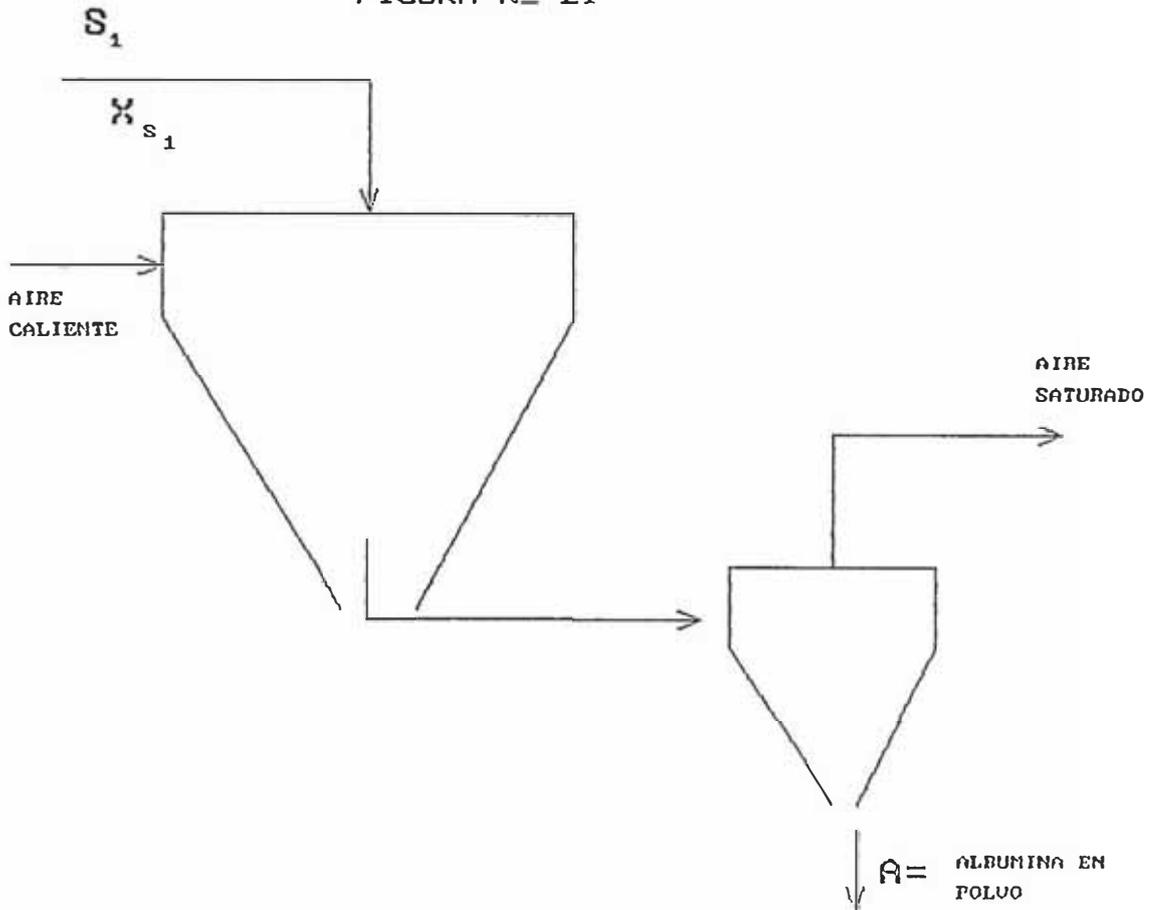
$G(\text{H}_2\text{O evap.}) = 168.88 \text{ Kg/hr.} + \text{agua adicionada con el anticuagulante}$

$$G(\text{agua total evaporada}) = 168.88 + 25.29$$

$$G = 194.17 \text{ Kg/hr.}$$

3.6.- BALANCE DE MASA EN EL SECADOR POR ATOMIZACION

FIGURA Nº 21



X_h = FRACCION EN PESO DE AGUA EN LA ALBUMINA EN POLVO

Balance de albúmina en el secador.-

$$S_1 * X_{s_1} = A * (1 - X_h)$$

$$(60.51 \text{ Kg/hr}) * (0.28) = A * (1 - 0.03)$$

==> PRODUCCION DE ALBUMINA EN POLVO POR HORA DE OPERACION

$$A = 17.47 \text{ Kg/hr}$$

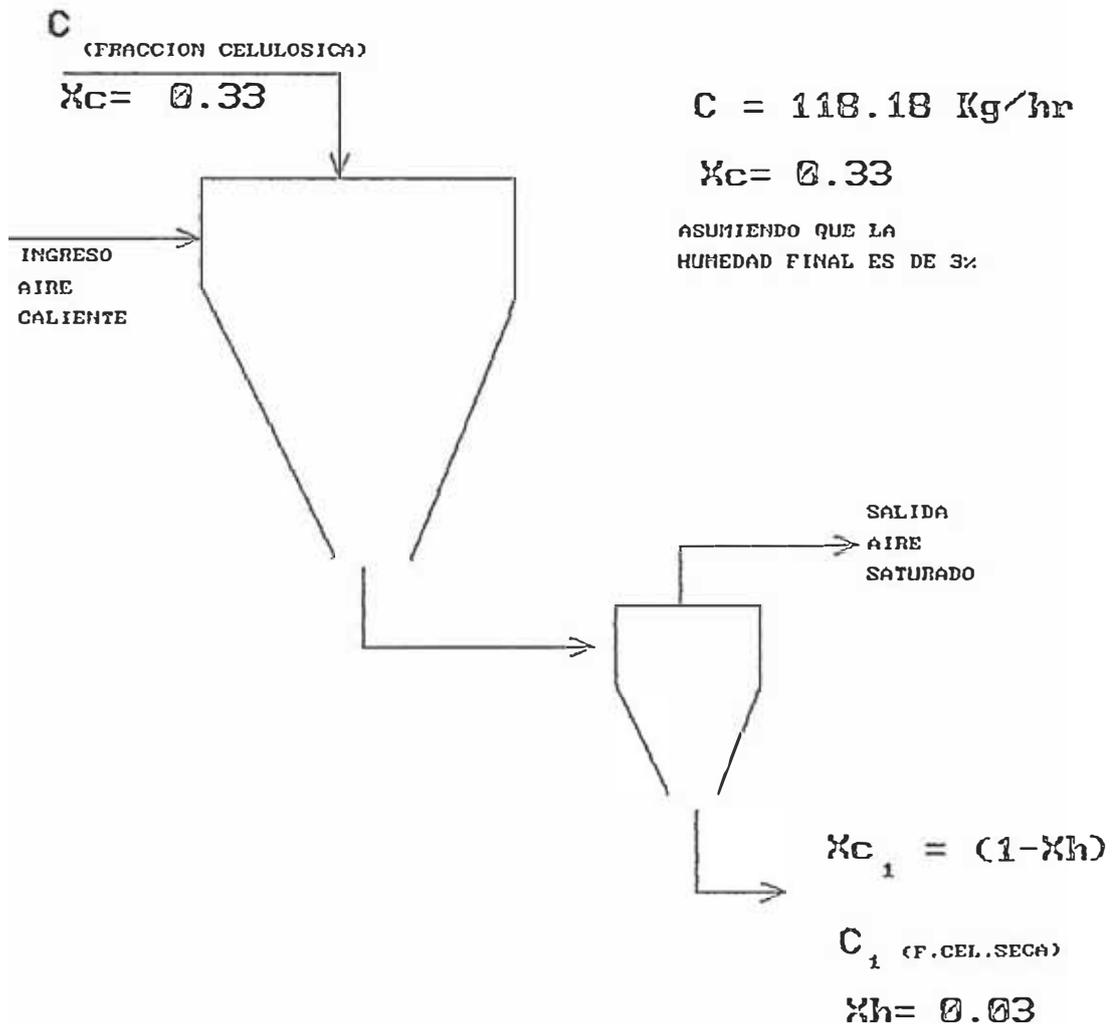
==> Si: 1 DIA DE OPERACION = 8 HORAS

==> PRODUCCION DE ALBUMINA EN POLVO POR DIA =
139.76 Kg/día

==> AGUA EVAPORADA = (60.51 - 17.47) =
= 43.04 Kg/hr = 95.77 lb/hr

BALANCE DE MASA EN EL SECADOR POR ATOMIZACION PARA LA FRACCION CELULOSICA

FIGURA Nº 22



BALANCE DE PROTEINAS EN EL SECADOR:

$$C_1 * X_c = C_1 * (1 - X_h) \implies 118.18 * (0.33) = C_1 * (1 - 0.03)$$

PRODUCCION POR HORA DE LA FRACCION CELULOSICA SECADA POR ATOMIZACION

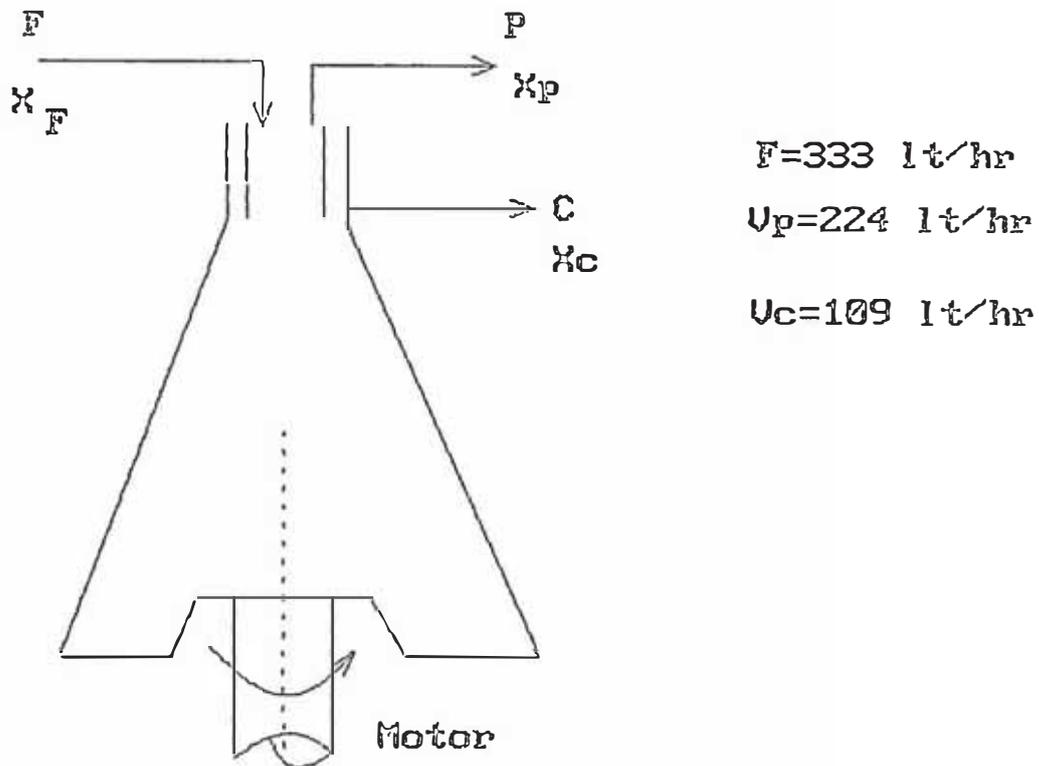
$$C_1 = 40.21 \text{ Kg/hr}$$

$$\text{PRODUCCION POR DIA DE OPERACION} = 321.6 \text{ Kg/día}$$

4.- BALANCE Y REQUERIMIENTOS DE ENERGIA Y DISEÑO DE LAS OPERACIONES IMPLICADAS EN LA PRODUCCION DE ALBUMINA EN POLVO A PARTIR DE LA SANGRE DE GANADO VACUNO

4.1.- REQUERIMIENTO DE ENERGIA DE LA CENTRIFUGA Y SELECCION

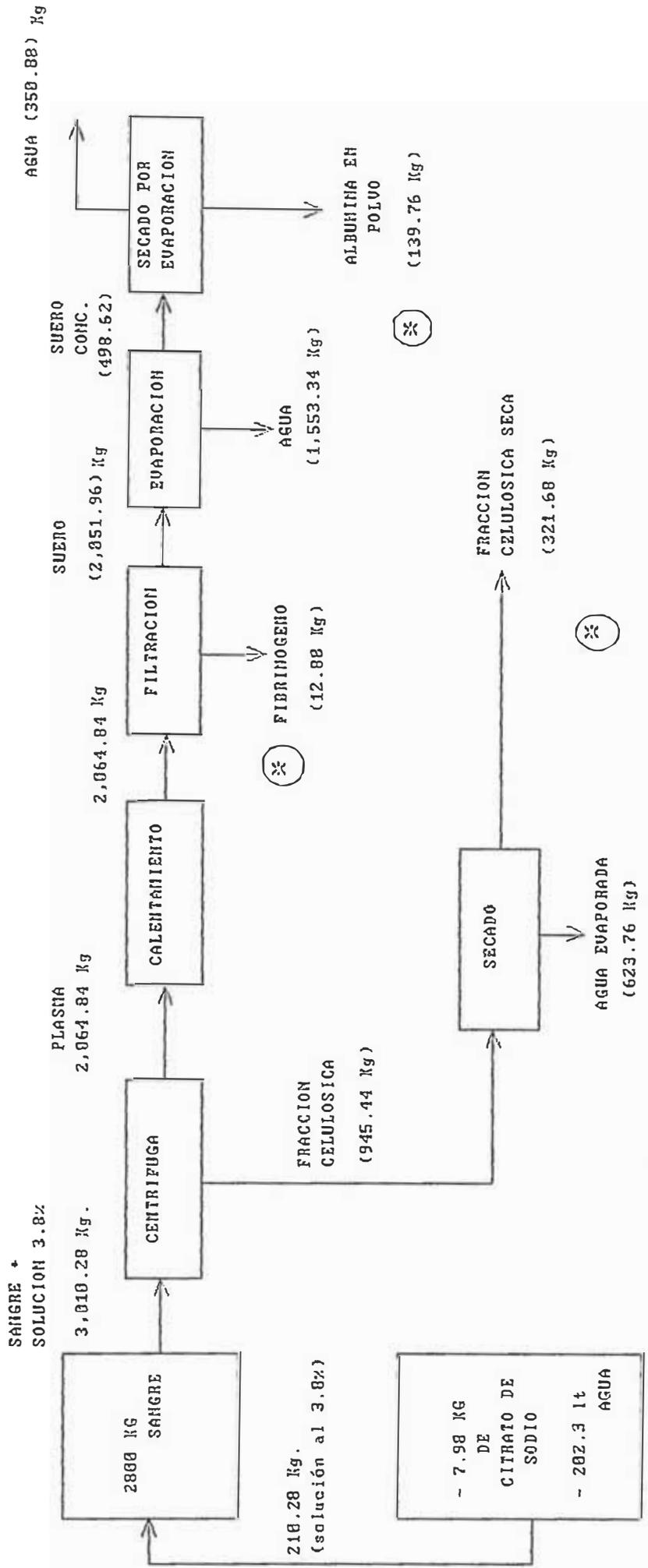
FIGURA Nº 25



"DIAGRAMA DE FLUJO CUANTITATIVO" (Para la Planta Industrial)

BASE : UN DIA DE OPEHACION
UNIDAD DISEÑADA PARA LA PRODUCCION DE 140 Kg/día DE ALBUMINA EN POLVO

MATERIAS PRIMAS

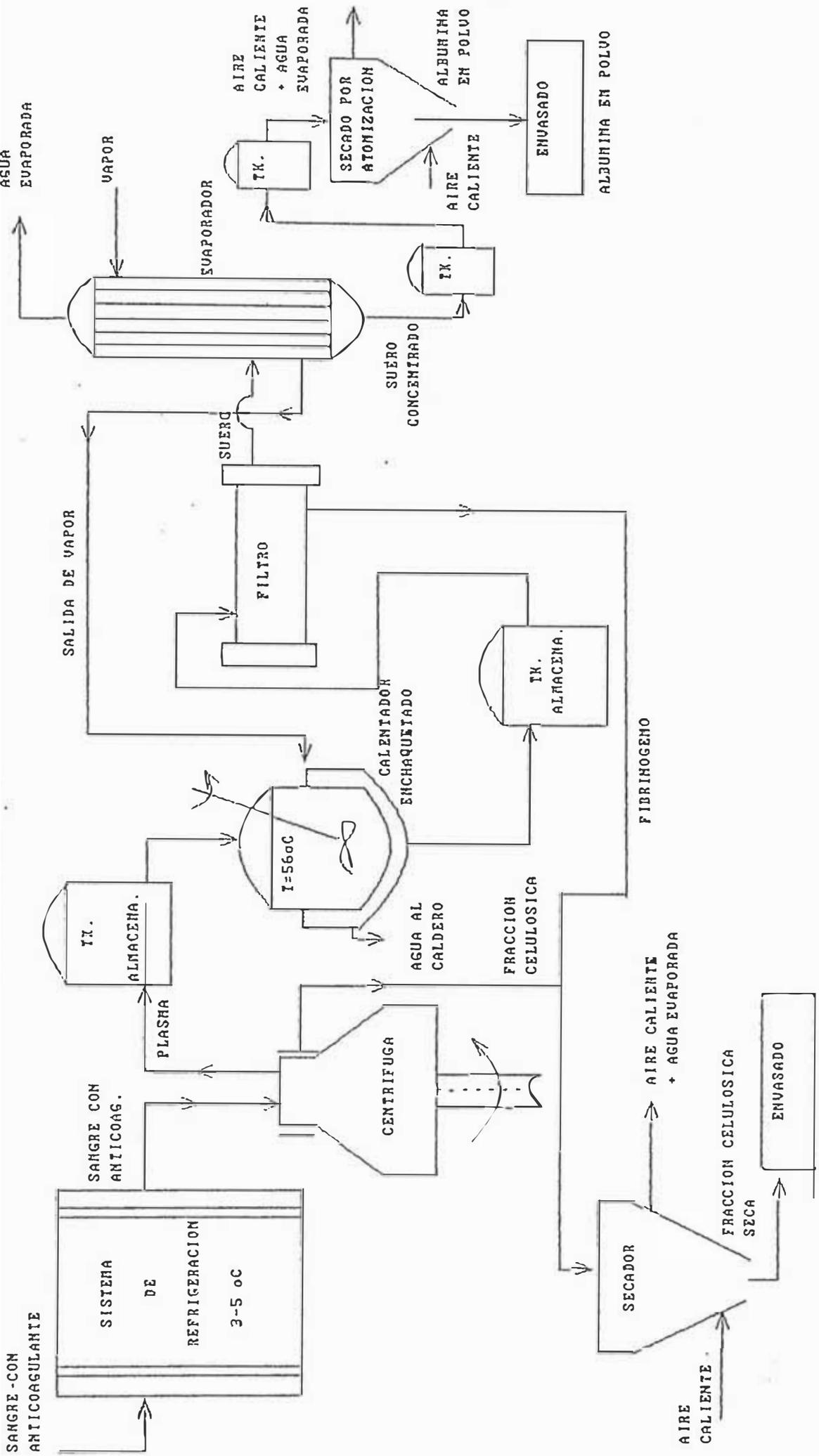


* LOS 7.9 KG. DE CITRATO DE SODIO SALEN COMO PARTE DEL PRODUCTO EN LAS CORRIENTES DEL FIBRINOGENO, FRACCION CELULOSICA SECA Y ALBUMINA EN POLVO.

FIGURA N° 23

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCION DE ALBUMINA EN POLVO Y FRACCION CELULOSICA A PARTIR DE LA SANGRE DE GANADO VACUNO

FIGURA No 24



Dada las características de ambas corrientes de salida; (la Centrifugación se realiza por la diferencia de densidades); el rendimiento de la centrífuga estará dado por la capacidad de separación, que será expresado por los galones alimentados que son iguales a los galones de salida.

$$F = 333 \text{ lt/hr}$$

$$F = 1.47 \text{ gal/min} = P + C \implies \text{"Rendimiento"}$$

" La centrífuga será de tambor con platos".

De la tabla 19-29 (Perry) se ingresa con el tipo de centrífuga y el rendimiento (1.47 gal/min) obteniendo los siguientes datos:

Diámetro del tazón	=	7 pulg.
Velocidad (RPM)	=	12,000 RPM
Fuerza centrífuga máxima	=	14,300 g

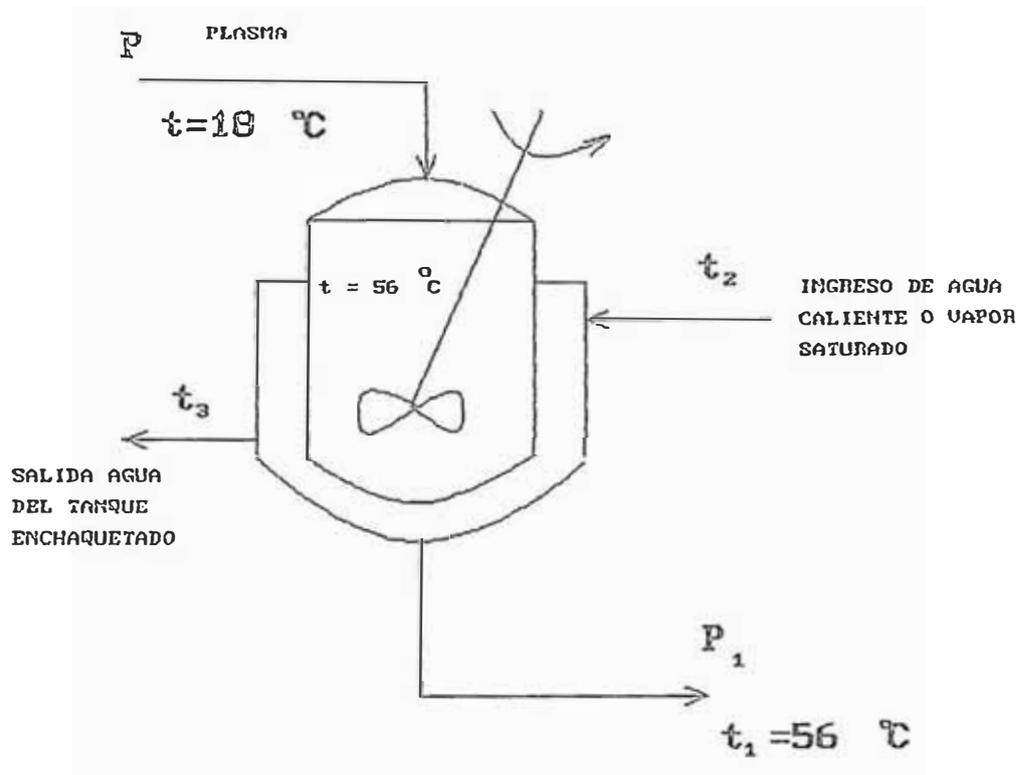
g = Fuerza de la gravedad

Tamaño del motor requerido, Perry (18) = 1HP

Energía consumida por la centrífuga = 1.2 Kw-hr

4.2.- BALANCE DE ENERGIA Y DISEÑO EN EL CALENTADOR ENCHAQUETADO

FIGURA Nº 26



Sabiendo que la temperatura de desnaturalización del fibrinógeno es de 56°C y fijando el volumen a calentar, como el separado en 20 minutos de operación de la centrífuga.

Volumen de plasma separado en 20 min.

- Capacidad * (%de volumen) *20 min.

$$(1.47 \text{ gal/min}) * (0.67) * (20 \text{ min.}) * (3.78 \text{ lt/gal})$$

Volumen de plasma separado en 20 min - 74.6 lt

Volumen de cilindro enchaquetado en base al plasma separado por la centrifuga.-

Si:

D - Diámetro del cilindro enchaquetado

H - Altura del cilindro enchaquetado

$$H = 1.5 D$$

$$V_{\text{cilindro}} = \frac{\pi * D^2 * H}{4} = \frac{\pi * D^2 * (1.5 * D)}{4}$$

$$D = \left(\frac{4 * V_{\text{cilindro}}}{1.5 * \pi} \right)^{1/3}$$

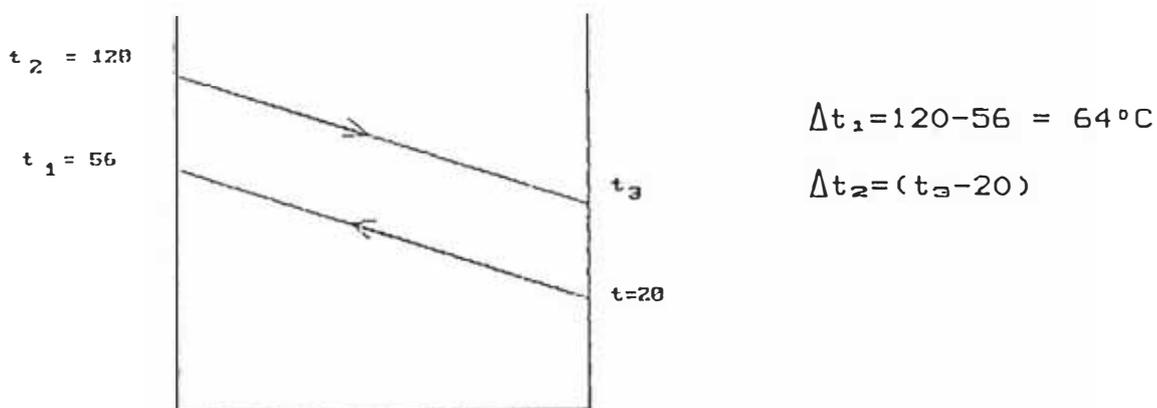
$$H_{\text{diseño}} = 1.15 * H$$

==>

$D = 40 \text{ cm}$
$H = 60 \text{ cm}$
$H_{\text{diseño}} = 69 \text{ cm.}$

Q(ganado por el plasma)=Q(cedido por el agua a 120°C,2atm)

FIGURA Nº 27



$$M(\text{plasma}) \cdot C_e(\text{plasma}) \cdot \Delta t = M(\text{agua}) \cdot C_e(\text{H}_2\text{O}, 120^\circ\text{C}) \cdot (t_2 - t_3)$$

$$M(\text{plasma}) = 76.76 \text{ Kg}$$

$$C_e(\text{plasma}) = 0.95 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = (t_1 - t) = (56 - 20)^\circ\text{C}$$

$$C_e(\text{agua}) = 1 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

Reemplazando se obtiene:

$$M(\text{agua } 120^\circ\text{C}) \cdot (120 - t_3) = 76.76 \cdot 0.95 \cdot 36$$

$$M(\text{agua } 120^\circ\text{C}) \cdot (120 - t_3) = 2,625.2 \text{ Kcal} \quad \dots (1)$$

Sabemos que :

$$Q(\text{ganado por el plasma}) = 2,625.2 \text{ Kcal}$$

Además :

$$Q(\text{ganado por el plasma}) = U \cdot A \cdot \frac{(\Delta t_1 - \Delta t_2)}{\text{Ln}(\Delta t_1 / \Delta t_2)} \quad \dots (2)$$

U = Coeficiente global de transferencia de calor

A = Area de transferencia

$$A = A(\text{lateral}) + A(\text{base})$$

$$H = 1.5D$$

$$A = \pi \cdot D \cdot H + (\pi \cdot D^2 / 4)$$

$A = 0.879 \text{ m}^2.$

En (2):

Donde: $U = 60 \text{ Kcal/m}^2\text{°C Kern (10)}$

$$2,625.2 \text{ Kcal} = 60 * (0.879) * \left(\frac{84 - t_a}{\ln(64 / (t_a - 20))} \right)$$

Iterando se tiene :

$$t_a = 57.80 \text{ °C}$$

t_a en (1) :

$$M(\text{agua } 120\text{°C}) = 42.21 \text{ Kg}$$

Se realizaran 3 batch/hr en el calentador enchaquetado

$$M(\text{agua a } 120\text{°C}) = (3 \text{ Batch/hr}) * (42.21 \text{ Kg/batch})$$

$$M(\text{agua } 120\text{°C}) = 126.63 \text{ Kg/hora}$$

4.3.- BALANCE DE ENERGIA Y DISEÑO DEL AREA DEL FILTRO

DISEÑO DEL AREA DEL FILTRO.-

PRUEBA EXPERIMENTAL Nº 1

CUADRO Nº 24

θ (seg)	V(ml)	$\Delta\theta$	ΔV	$(\Delta\theta/\Delta V)$
0	-	-	-	-
2	0.050	2	0.05	40
5	0.10	3	0.05	60
9	0.15	4	0.05	80
14	0.20	5	0.05	100
20	0.25	6	0.05	120
26	0.30	6	0.05	120
33	0.35	7	0.05	140
41	0.40	8	0.05	160
50	0.45	9	0.05	180
60	0.50	10	0.05	200

Fuente : Datos Experimentales Nº 1

ANALISIS DE REGRESION LINEAL

De la figura 28:

$$K1 = \frac{\mu \cdot \alpha \cdot w}{\Delta P \cdot q_c \cdot A^2} = \frac{\mu \cdot \alpha \cdot \rho}{\Delta P \cdot q_c \cdot A^2} * \frac{s}{(1-m \cdot s)} \dots (1)$$

$$K2 = K1 \cdot V_e \dots \dots \dots (2)$$

Por regresión lineal se obtiene:

$$Y = a + b \cdot X$$

$a = 26.67$ $b = 339.39$ $r = 0.9949$

Entonces:

$$K1 = b = 339.39 \text{ seg/lt}^2$$

$$K2 = a = 26.37 \text{ seg/lt}$$

Reemplazando en (2):

$$V_e = 0.0786 \text{ lt.}$$

Sabemos que:

$$\Theta = K1 \cdot V^2 + K1 \cdot V \cdot V_e \dots \dots (3)$$

$$\mu = 3.5 \text{ cp}$$

$$\Theta = 1 \text{ hora de operación}$$

$$\Delta P = 0.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \text{área} = \frac{\pi \cdot (0.10\text{m})^2}{4}$$

$$A = 7.85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Despejando "α" y reemplazando en (1), tenemos:

$\alpha = 3.91 \cdot 10^{10} \text{ m/Kg}$
--

De (2):

$$\Theta = k1 \cdot [(V^2/2) + V \cdot V_e] = \frac{\mu \cdot \alpha \cdot w}{\Delta P \cdot q_c \cdot A^2} * [V^2 + V \cdot V_e]$$

Despejando "A" (área) y reemplazando valores:

$A = 3,815.32 \text{ cm}^2$

PRUEBA EXPERIMENTAL Nº 2

CUADRO Nº 25

Θ (seg)	V(ml)	$\Delta\Theta$	ΔV	$(\Delta\Theta/\Delta V)$
0	-	-	-	-
1.5	0.050	1.5	0.05	30
3.5	0.10	2	0.05	40
6	0.15	2.5	0.05	50
8.5	0.20	2.5	0.05	50
12	0.25	3.5	0.05	70
17	0.30	5	0.05	100
22.5	0.35	5.5	0.05	110
29	0.40	6.5	0.05	130
36	0.45	7	0.05	140
43.50	0.50	7.5	0.05	150

Fuente : Datos Experimentales Nº 2

Resolviendo la regresión lineal:

$$\begin{aligned} a &= 7.33 \\ b &= 289.69 \\ r &= 0.98 \\ V_e &= 0.025 \end{aligned}$$

$$\text{Area} = 3,815.32 \text{ cm}^2 = 4.10 \text{ ft}^2$$

Sobredimensionando el 20% sobre el área necesaria:

$$A = 4.10 * 1.2$$

$$A_{\text{disponible}} = 5 \text{ ft}^2$$

Diámetro :

$$D = 2.52 \text{ ft} = 0.77 \text{ mt.}$$

Potencia requerida por la bomba de vacío:

Volumen de aire (ft³/min) a remover :

$$V(\text{recipiente bomba}) = \frac{\pi * D^2 * h}{4} \dots (1)$$

D - Diámetro calculado (área - 5ft²) - 0.6 mt.
h - 1.1 mt.

Reemplazando en (1) :

$$V(\text{reci. bomba}) = 0.311 \text{ mt}^3 = 10.98 \text{ ft}^3$$

Sobredimensionando 20% de más :

$$V = 10.98 * 1.2$$

$$V_{\text{rec.}} = 13.18 \text{ ft}^3$$

Tiempo que demora en remover aire \approx 1 min.

$$q = 13.18 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$P_2 = \text{Presión de salida} = 14.7 \text{ lb/pulg}^2$$

Del texto: Peters (19)

P_1 = Presión de entrada de la bomba de vacío

$$P_1 = 9.7 \text{ lb/pulg}^2. \text{ (Presión absoluta de vacío)}$$

q_R = Caudal en las condiciones reinantes en la entrada de la bomba de vacío.

$$q_R * P_1 = q * P_2$$

$$q_R = \frac{q * P_2}{P_1} = \frac{(13.18) * (14.7)}{9.7}$$

$$q_R = 19.97 \text{ ft}^3/\text{min}$$

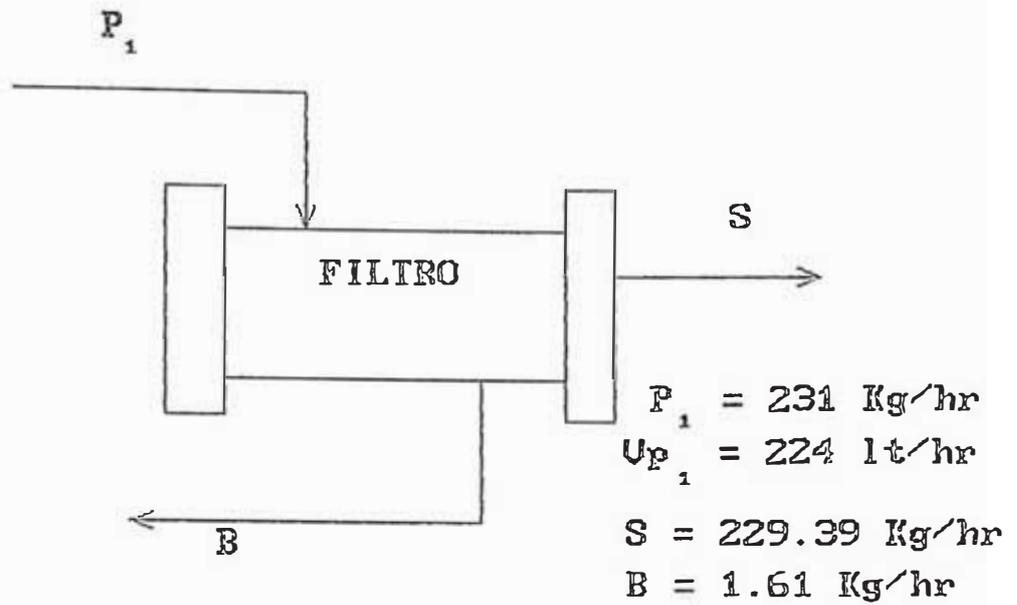
Según: Peters, (19)

$$\text{Pot. Real} = \frac{3.03 * 10^{-5} * K * P_1 * q_R * 144 * \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{(K-1)}{K}} - 1 \right]}{0.6}$$

$$\text{Preal} = 0.62 \text{ HP}$$

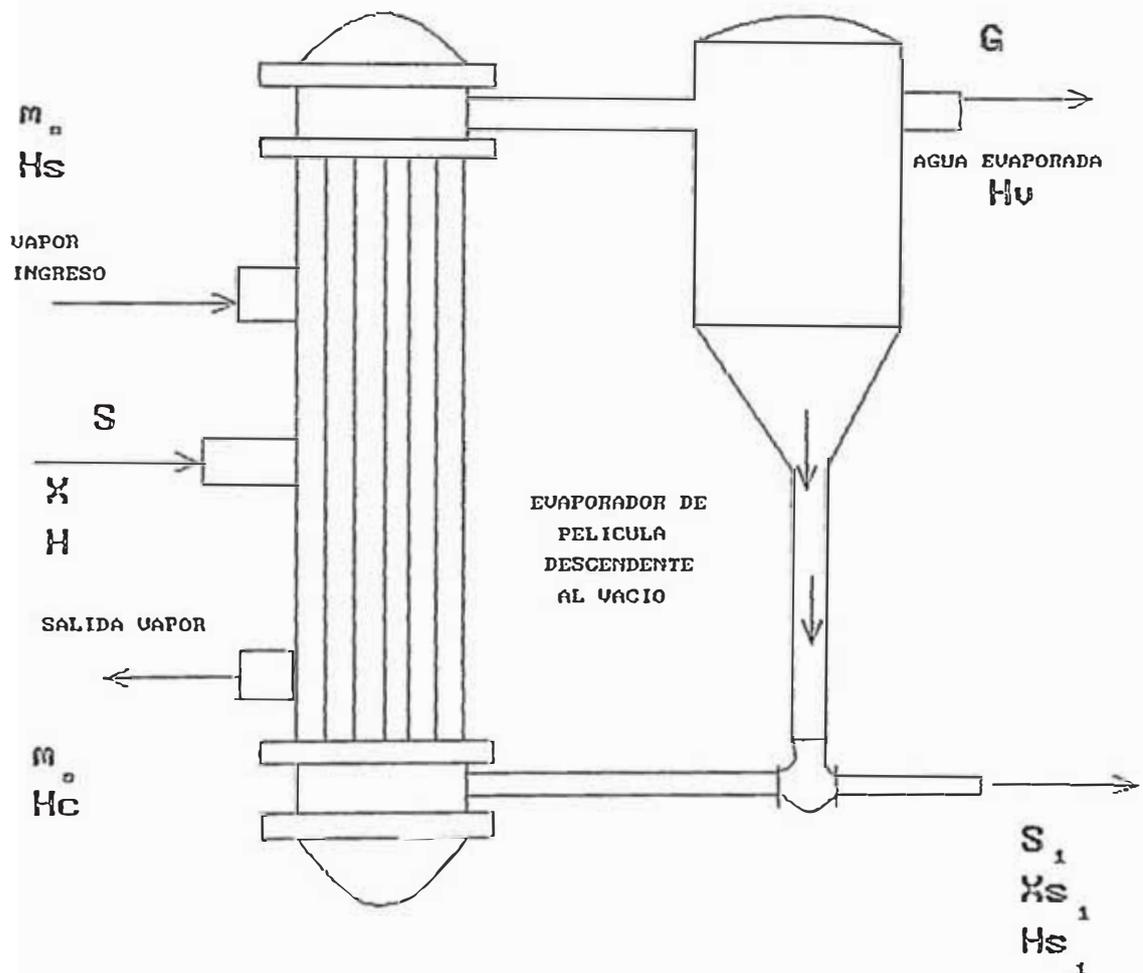
Un motor de 1 HP sería suficiente

FIGURA Nº 29



4.4.- BALANCE DE ENERGIA Y DISEÑO DEL EVAPORADOR

FIGURA Nº 30



$$\implies M_s \cdot (516.9) = 194.17 \cdot (578.47) + 229.39 \cdot 0.95 \cdot (35 - 20)$$

$$M_s = 223.60 \text{ Kg/hr}$$

ECONOMIA :

$$\text{Economía} = \frac{\text{Agua evaporada}}{\text{Vapor de calent.}} = \frac{194.88}{223.60}$$

$$\text{Economía} = 0.87 \text{ Kg/Kg}$$

CALCULO DEL NUMERO DE TUBOS :

U (Coeficiente global) para tubos largos verticales

$$U (\text{Coeficiente global}) = 700 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{°C}$$

$$\implies U \cdot A \cdot \Delta T = 115,590.32 \text{ Kcal}$$

$$700 \cdot A \cdot (132.88 - 35) = 115,590.32$$

Resolviendo:

$$A = 1.68 \text{ m}^2$$

Sobredimensionando 10% mas

$$A_{\text{DISEÑO}} = 1.1 \cdot A = 1.1 \cdot 1.68 = 1.85 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{DISEÑO}} = 20 \text{ ft}^2 \text{ (Area del evaporador de película descendente)}$$

$$A = N \cdot \pi \cdot D \cdot L$$

$$L = 1.5 \text{ m.}$$

$$D = 0.0508 \text{ m.} = 2 \text{ pulg.}$$

Determinación del número de tubos :

$$N = \frac{1.85}{(0.0508) * (1.5) * (3.1416)} = 7.73$$

$$N = 8 \text{ tubos}$$

CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA PARA LA BOMBA DE VACÍO DEL EVAPORADOR

Vgas retirado por la bomba de vacío (por min): V_2

$$V_2 = N * \pi * (D^2/4) * L = 8 * \pi * (0.0508^2/4) * 1.50$$

Sobredimensionando un 20% demás a V_2 .

$$V_2 = 0.024 \text{ m}^3/\text{min} = (0.85 \text{ ft}^3/\text{min}) * 1.2$$

$$V_2 = 1.02 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$V_1 * P_1 = Q * P_1 = V_2 * P_2$$

$$Q = (1.02) * (14.7) / (0.77) = 19.47 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$\text{Pot. real} = \frac{\text{Pot. teórica}}{0.6}$$

$$\text{Pot. Real} = \frac{\frac{3.03 * 10^{-5}}{(K-1)} * K * P_1 * Q * 144 * \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right]}{0.6}$$

$$K = 1.4$$

$$P_1 = 0.77 \text{ lb/pulg}^2$$

$$P_2 = 14.7 \text{ lb/pulg}^2$$

$$Q = 19.47 \text{ ft}^3/\text{min}$$

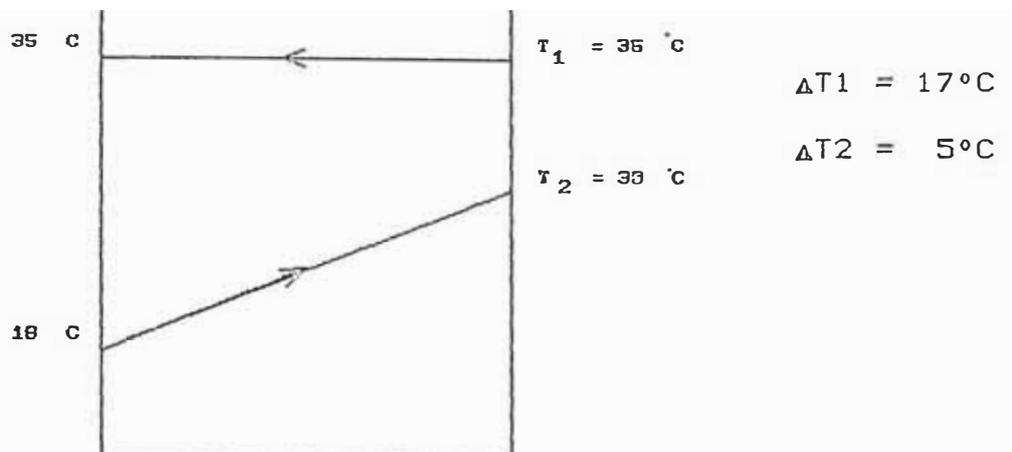
$$\text{Pot. Real} = 0.51 \text{ HP}$$

$$\text{Pot. real} \approx 1.00 \text{ HP}$$

$$1 \text{ bomba de potencia de vacío} = 1 \text{ HP}$$

4.5.- DISEÑO DEL AREA DEL CONDENSADOR UTILIZADO POR EL EVAPORADOR

FIGURA Nº 31



$$Q = U \cdot A \cdot \text{LMTD}$$
$$112,308.37 \text{ Kcal} = U \cdot A \cdot \left(\frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln(\Delta t_1 / \Delta t_2)} \right)$$

Donde :

$$U = 1,952 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}$$

==> Reemplazando:

$$A = 6.40 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{diseño}} = (1.1)(A)$$

$$A_{\text{diseño}} = 6.4 \text{ m}^2 = 69 \text{ ft}^2$$

$$\text{Si } D_i = 2" = 0.0508 \text{ m.}$$

$$L = 1.5 \text{ m.}$$

Cálculo del número de tubos:

$$A_{\text{disipar}} = N * D_i * \pi * L$$

$$6.40 \text{ m}^2 = N * (0.0508 \text{ m.}) * (\pi) * (1.5 \text{ m})$$

$$N = 26.73 \text{ tubos}$$

$$N = 27 \text{ Tubos}$$

==> Se Necesita un Condensador de :

$$\begin{aligned} D_i &= 2" = 0.0508 \text{ m.} \\ L &= 1.5 \text{ m.} \\ A_{\text{disipar}} &= 6.40 \text{ m}^2 \\ N &= 27 \text{ tubos.} \end{aligned}$$

CALCULO DEL CONSUMO DE AGUA DEL CONDENSADOR

$Q(\text{gan. por el agua de enfri}) = Q(\text{ced. por el agua evap.})$

$$M_{H_2O} * C_e * \Delta t = G_{H_2O} * (\text{Calor latente})_{25^\circ C}$$

$$= (194.47 \text{ Kg/m}^3) * (578.47 \text{ Kcal/Kg})$$

$$M_{H_2O} * (1 \text{ Kcal/Kg}^\circ C) * (30 - 18)^\circ C = 112,308.37 \text{ Kcal/hr}$$

$$\begin{aligned} M_{H_2O} &= 9,359 \text{ Kg/hr.} \\ V_{H_2O \text{ enfriam.}} &= 9,359 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

CONSUMO ANUAL DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

$$= (9.36 \text{ m}^3/\text{hr}) * (8 \text{ hr/día}) * (290 \text{ días/año})$$

$$= 21,715.2 \text{ m}^3/\text{año}$$

COSTO ANUAL DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

$$= (21,715.2 \text{ m}^3/\text{año}) * (0.11937\$/\text{m}^3)$$

$$= 2,592.14 \text{ \$/año}$$

Costo = 2,592.14 \\$/año

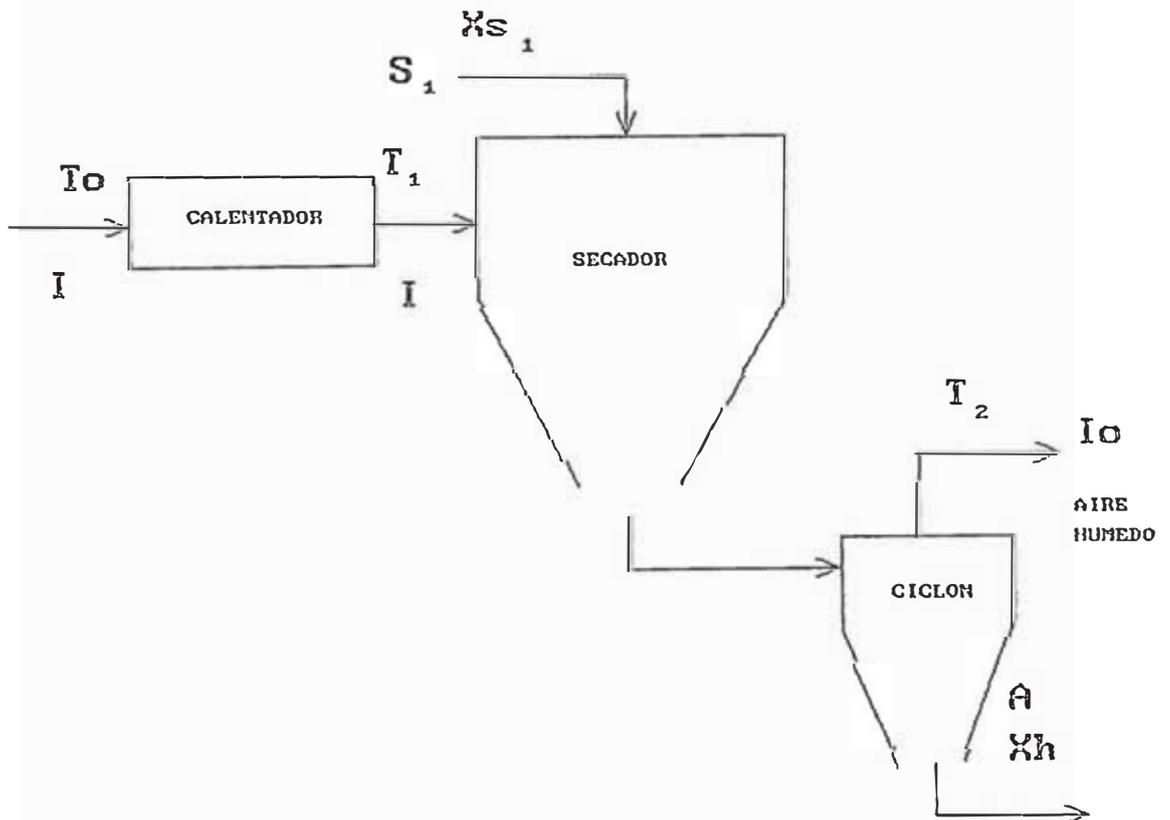
DADO QUE RESULTA MAS ECONOMICO UTILIZAR ESTA AGUA DE FORMA RECICLADA Y NO ELIMINARLA A LA LINEAS DE DESAGUE, SE UTILIZARA UN DEPOSITO DE 10 m³ CON SISTEMA DE BOMBEO, EL QUE TENDRA UNA CAPACIDAD DE:

$$9,359(1\text{t/hr}) * (\text{hr}/60\text{min}) * (\text{Gal}/3.78\text{lt})$$
$$= 41.26 \text{ Gal/min}$$

PARA LA CUAL SE UTILIZARA UNA BOMBA DE 1/2 HP. DE POTENCIA.

4.6.- BALANCE DE ENERGIA EN EL SECADOR

FIGURA Nº 32



$$A = 17.47 \text{ KG/HR}$$

$$S_1 = 60.51 \text{ KG/HR}$$

$$X_{S_1} = 0.28$$

I = FLUJO DE AIRE SECO

I_o = FLUJO DE AIRE HUMEDO

S₁ = FLUJO DE ALIMENTACION A SECAR

A = FLUJO DE PRODUCTO SECADO

h_i = HUMEDAD ABSOLUTA EN AIRE SECO

H_i = ENTALPIA ESPECIFICA EN i

T_o = TEMPERATURA DEL BULBO HUMEDO DEL AMBIENTE

T₁ = TEMPERATURA DE ENTRADA DE LA CAMARA DE SECADO

T₂ = TEMPERATURA DE SALIDA DE LA CAMARA DE SECADO

T_{2sa} = TEMPERATURA DE SATURACION ADIABATICA

T_R = TEMPERATURA DE REFERENCIA = T_A = 30°C

C_e = CALOR ESPECIFICO DEL AIRE = 0.238 Kcal/Kg°C
= 0.238 BTU/lb°F

C_{evapor} de agua = CALOR ESPECIFICO DEL VAPOR DE AGUA
= 0.46 Kcal/Kg°C = 0.46 BTU/lb°F

C_e(agua) = CALOR ESPECIFICO DEL AGUA = 1.00 Kcal/Kg°C

BALANCE DE AGUA

$$E - S + G = A \quad \text{-----} \rightarrow E = S$$

$$\Rightarrow I \cdot h_i + S_1 \cdot (1 - X_{S_1}) = I \cdot h_o + A \cdot X_h$$

$$S_1 \cdot (1 - X_{S_1}) - A \cdot X_h = I \cdot (h_o - h_i) \quad \dots \dots \dots (\beta)$$

Pero:

$$A = \frac{S_1 \cdot X_{S_1}}{(1 - X_h)} \quad \dots \dots \dots (1)$$

==> (1) en (β)

$$S_1 * \left[\frac{(1 - X_{s1} - X_h)}{(1 - X_h)} \right] = I * (h_o - h_i)$$

$$\implies I * (h_o - h_i) = S_1 * \left(\frac{1 - X_{s1} - X_h}{1 - X_h} \right) \dots (2)$$

ASUMIENDO QUE EL SECADOR ES ADIABATICO

Fijando la temperatura de ingreso en 330°F = 160°C

Fijando la temperatura de salida en 158°F = 70°C

USO DE LAS TABLAS PSICOMETRICAS :

Asumiendo una HR = 90% y una To = 20°C = 68°F

$$\implies \text{De tablas } h_i = 0.0132 \frac{\text{lb agua}}{\text{lb A.S.}}$$

$$T_{\text{sat.}} = 112.4^\circ\text{F} \quad h_x = 0.054 \frac{\text{lb agua}}{\text{lb A.S.}}$$

REEMPLAZANDO VALORES EN "2" SE TIENE:

$$I * (0.054 - 0.0132) = 133.24 * \left[\frac{1 - 0.28 - 0.03}{0.97} \right]$$

$$I = 2,323.067 \text{ lb A.S./hr}$$

$$I_o = I * (1 + h_i) = 2,323.067 * (1 + 0.0132)$$

$$I_o = 2,353.73 \text{ lb/hr (AIRE HUMEDO)}$$

$$\text{LB de AGUA EVAP.} = (60.51 - 17.47) = 43.04 \text{ Kg/hr}$$

$$\text{LB de AGUA EVAPORADA} = 94.7 \text{ lb/hr}$$

REQUERIMIENTO DE ENERGIA DEL SECADOR

ENERGIA CONSUMIDA POR EL MOTOR DEL SECADOR (Q_M)

$$Q_M = I_o * (C_{p_{aire}}) * (\Delta t)_{aire}$$

$$Q_M = (2,353.73 \text{ lb/hr})(0.23 \text{ cal/gr}^\circ\text{C})(160-20)^\circ\text{C}$$

$$Q_M = 35,605.53 \text{ Kcal/hr.} = 55 \text{ HP}$$

POTENCIA REQUERIDA DEL MOTOR = 55 HP

5.- ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS

5.1.- EQUIPO: SISTEMA DE REFRIGERACION

- Dimensiones de la cámara = 6 x 2 x 2.5 de altura
- Aplicación = enfriamiento de sangre.
- Movimiento diario = 4 ton/día.
- Temperatura interior = + 3°C / + 2°C
- Refrigerante = R - 22
- Unidad condensadora UC 250 /IV
- Motor eléctrico = 4.0HP.
- Evaporador eléctrico.
- Aislamiento = 4" de espesor de tecnopor o poliuretano para las paredes y techo.
- Piso de losa simple.
- Puerta frigorífica = 2m x 1m

5.2.- EQUIPO: CALDERO

- Aplicación = Generación de vapor (t = 140 °C)
- VTE 10HP
- MA - 12 (controladores automáticos)
- TC - 50 gal (ablandador)
- Consumo de petróleo = 3 gal/hr.

5.3.- EQUIPO: CENTRIFUGA

Posee tambor con platos en forma de conos con agujeros que sirven como medio de separación.

Función: Permite la separación del plasma de la fracción celulósica gracias a la diferencia de densidades de las mismas

- Nº de platos \approx 19

Diámetro de los platos = 7"

Velocidad angular = 12,000 rpm

Fuerza centrífuga máxima = 14,300 veces la fuerza de la gravedad.

Gravedad específica máxima de la alimentación = 1.1

Potencia del motor = 1HP

Capacidad de la centrífuga = 1.5 gal/min

Tipo de funcionamiento = continuo.

5.4.- EQUIPO: TANQUE ENCHAQUETADO CON SISTEMA DE AGITACION

Función : Permite el calentamiento del plasma hasta que el fibrinógeno se precipite como consecuencia de su desnaturalización.

- Diámetro del tanque = 0.4 m

Altura del tanque = 0.7 m

Motor del sistema de agitación = 1/2 HP

Tipo de funcionamiento = BATCH

- Número de batch por día de operación = 24 batch

Area de intercambio de calor = 0.879 m²

Temperatura máxima de calentamiento = 56°C

Temperatura del vapor ==> t = 140°C, P = 3 atm

5.5.- EQUIPO : FILTRO AL VACIO

Función : Permite la separación de fibrinógeno del plasma calentado para obtener el suero sin concentrar.

- Area del filtro = 5ft^2
Capacidad del filtro = 250 kg/hr
- Potencia de la bomba de vacío = 1HP
- Presión de descarga = 14.7 lb/pulg^2
- Presión de vacío absoluta = 9.7 lb/pulg^2
Volumen de aire a remover = $20\text{ ft}^3/\text{min}$
- Tipo de operación = Continua.

5.6.- EQUIPO : EVAPORADOR DE PELICULA DESCENDENTE AL VACIO

Función : Hace posible el incremento del porcentaje de sólidos desde el 7.6% hasta el 28%, permitiendo el menor consumo de energía en el secado por atomización.

- Area de intercambio de calor = 20 ft^2
Altura de los tubos = 1.5m
- Diámetro de los tubos = 2" = 0.0508 m
- Número de tubos del evaporador = 8 tubos
- Presión de descarga = 14.7 lb/pulg^2
Presión de vacío absoluta = 0.77 lb/pulg^2
- Potencia de la bomba de vacío = 1 HP
- Temperatura máxima permitida = 35°C en los tubos
- Capacidad en base al producto concentrado = 61kg/hr
Tipo de operación = Continua

EQUIPO : CONDENSADOR (del evaporador)

Función : Condensación del agua evaporada.

Area del condensador = 69ft²

Capacidad del condensador = 240 kg/hr

Flujo de agua de enfriamiento - 9,359 lt/hr.

- Número de tubos = 27

Diámetro de los tubos - 2"

- Longitud de los tubos - 1.5 mt.

Tipo de operación = Continua.

5.7.- EQUIPO : SECADOR POR ATOMIZACION

Función : Permite el secado instantáneo del producto sensible al calor en forma de gotas a manera de rocío, obteniéndose el producto como polvo.

Flujo de agua a evaporar: 100 lb/hr

T₀ = Temperatura de ingreso del aire para calentar -
18°C (temp. ambiente)

T₁ Temperatura de ingreso del aire caliente a la
cámara = 160°C

T₂ - Temperatura de salida del aire de la cámara = 75°C

X_h Fracción en peso de agua en la albúmina en polvo =
X_h = 0.03

X_s - Fracción en peso de la albúmina en el suero
concentrado X_s = 0.28

S₁ Flujo de suero concentrado alimentado -
60.51 kg/hr

A - Flujo de producto seco de albúmina en polvo -
17.47 kg/hr.

I Flujo de aire húmedo = 2,353.73 lb/hr

I₀ Flujo de aire seco = 2,323.06 lb/hr

Potencia del motor que hace girar el rodete - 1HP

5.8.- CONSIDERACIONES FINALES DE AUMENTO DE ESCALA Y ESPECIFICACIONES EN EL DISEÑO

Para que la planta final pueda funcionar exitosamente, cada uno de los componentes del equipo que la forman deben cumplir con su función específica. En consecuencia, el diseño de los equipos constituye un aspecto esencial del diseño de la planta proyectada.

Para obtener la información de las especificaciones de equipos fue necesario realizar ensayos a nivel de planta piloto, en base a los resultados obtenidos, pueden ser llevados a la ampliación de escala y saber seleccionar las variables de diseño esenciales.

Para esto se tiene información sobre las necesidades de datos provenientes de plantas pilotos, factores de seguridad y valores operativos esenciales:

CUADRO Nº 26

VARIABLES ESENCIALES DE PROCESOS Y RELACIONES DE ESCALA

EQUIPO	NECESIDAD DE LA ETAPA DE PLANTA PILOTO	VARIABLES IMPORTANTES DE OPERACION, ADEMÁS DEL FLUJO	VARIABLES MÁS IMPORTANTES PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES	RELACION MÁXIMO DE AUMENTO	SOBREDIMENSIONAMIENTO (%)
CENTRIFUGA	NO NECESARIO	Sistema de descarga	-Flujo -Potencia requerida	10:1 10:1	20 20
CALENTADOR	NO NECESARIO	-Temperatura -Viscosidad	-Flujo -Área de transferencia de calor	100:1 100:1	15
FILTRO ROTATORIO AL VACÍO	SI NECESARIO	-Resistencia o permeabilidad de la torta	-Flujo -Área filtrante	100:1 25:1	20
EVAPORADOR	NO NECESARIO	-Calor latente de vaporización -Temperatura	-Flujo -Área de transferencia	100:1 100:1	15
COLUMNA DE PULVERIZACIÓN (SPRAY)	NO NECESARIO	-Solubilidad de los gases	-Flujo -Potencia requerida	10:1	20
BOMBAS PARA FLUIDOS	NO NECESARIO	-Altura de descarga	-Flujo -Potencia requerida -Diámetro del impulsor	100:1 100:1 10:1	10
CALDERO	NO NECESARIO	-Temperatura -Viscosidad -Conductividad térmica	-Flujo -Área de transferencia	100:1 100:1	15

FUENTE: Peters (19)

COMPARACION DEL RANGO DE ESCALAMIENTO DE PRUEBAS DE PLANTA PILOTO REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE PROCESOS QUIMICOS (FIQM), CON LA POSIBLE PRODUCCION A NIVEL INDUSTRIAL

Variables de comparación : Flujo (Kg / Hr)

f - Flujo a nivel de pruebas planta piloto (figura Nº 16)

F - Flujo a nivel industrial (calculados, balance de masa)

COMPARACION DEL RANGO DE ESCALAMIENTO

CUADRO Nº 27

EQUIPO	COMPARACION	RELACION DE ESCALA
<p>CENTRIFUGA</p> $f = \frac{11.31}{0.335} = 33.79$ <p>F = 350</p>	$\frac{350}{33.79} = 10.36$	<p>≈ 10:1</p>
<p>CALENTAMIENTO</p> $f = \frac{6.7}{0.5} = 13.4$ <p>F = 231.82</p>	$\frac{231.82}{13.4} = 17.3$	<p>≈ 18:1</p>
<p>FILTRACION</p> $f = \frac{6.7}{0.167} = 40.12$ <p>F = 231.82</p>	$\frac{231.82}{40.12} = 5.77$	<p>≈ 6:1</p>
<p>EVAPORACION</p> $f = \frac{6.45}{2} = 3.23$ <p>F = 229.39</p>	$\frac{229.39}{3.23} = 71$	<p>≈ 71:1</p>
<p>SECADO</p> $f = \frac{1.55}{1.3} = 1.192$ <p>F = 60.51</p>	$\frac{60.51}{1.19} = 50.76$	<p>≈ 51:1 (*)</p>
<p>CALDERIN</p> <p>Potencia (Lab) = 1.34HP Potencia Caldero = 10 HP</p>	$\frac{10}{1.34} = 7.46$	<p>≈ 8:1</p>

(*) Para el escalamiento del secador a nivel industrial, escapa la relación, el cual ya se tenía en cuenta, ya que dicho secador es a nivel experimental. Para el escalamiento a nivel industrial se hace uso de datos de informaciones técnicas reales existentes en el mercado.

Entonces: Observando la relación de escalas de aumento calculados sobre el cuadro de relación de escala de aumento (Cuadro Nº 27), del cuadro standard (Cuadro Nº 26) se puede apreciar que el presente proyecto está dentro del rango permisible para la instalación de la planta industrial.

6.- LOCALIZACION DE LA PLANTA

6.1.- PRINCIPALES CONSIDERACIONES PARA LA UBICACION DE LA PLANTA INDUSTRIAL

- 1.- Proximidad a la zona de mercado
- 2.- Disponibilidad de la materia prima
- 3.- Transporte y vías de comunicación.
- 4.- Potencia combustibles y suministros de agua.
- 5.- Proximidad al puerto y aeropuerto para la exportación e importación.

Teniendo en cuenta lo anterior la planta será localizada en la zona industrial de la Avenida Argentina dada su proximidad a los camales de "La Colonial" y "Yerbateros".

6.2.- DISTRIBUCION DEL AREA DE LA PLANTA

DETERMINACION DEL AREA DE TERRENO A UTILIZAR EN BASE AL TAMAÑO DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS.

CUADRO Nº 28

Nº	Equipos	Area (m ²)
1.-	Sistema de refrigeración	12
2.-	Centrífuga	3
3.-	Sistema de calentamiento	3
4.-	Filtro	5
5.-	Evaporador	6
6.-	Secador	6
7.-	Caldero	6
	Total	41

Factor de Seguridad = $1.3 \times (41. m^2) = 53.3 m^2$

Area en base al tamaño de los equipos = $53.3 m^2$

CUADRO Nº 29

Nº	Ambientes	Area (m ²)
1.-	Almacén de productos term. y embal.	6
2.-	Almacén de mant. y talleres	6
3.-	Servicios higiénicos	4
4.-	Oficinas administrativas	10
5.-	Espacio para la Carga y descarga	18
6.-	Laboratorio de análisis	2.7
	Total	46.7

Area en base a los edificios administrativos = $46.7 m^2$

Area Total : $53.3 + 46.7 = 100 m^2$

Area total = $100 m^2$

V.- ESTUDIO ECONOMICO Y RENTABILIDAD DEL PROYECTO

1.- COSTOS DE LOS EQUIPOS CON EL I.G.V

CUADRO Nº 30

Nº	Equipos	Costo (\$)
1	Sistema de Refrigeración (*)	12,309.40
2	Caldero (*)	17,900.6
3	Centrífuga	49,985.05
4	Tanque Enchaquetado y agitado	1,498.00
5	Filtro	29,702.40
6	Evaporador y Condensador	57,120.00
7	Secador	18,564.00
8	2 Bombas de Vacío	7,140.00
9	5 Bombas Centrífugas (*)	352.00
10	Unidad de transporte	23,600.00
	Costo de los Equipos + I.G.V.	218,169.45

(*) Equipo de Manufactura Nacional.

Consultar al Apéndice Nro 2

2.- COSTOS DE LOS EQUIPOS SIN EL I.G.V

CUADRO Nº 31

Equipo	Costos(\$)
Sistema de Refrigeración	10,430.00
Caldero	15,170.00
Centrífuga	43,400.00
Tanque Enchaquetado y Agitado	1,340.00
Filtro	25,792.00
Evaporador y Condensador	49,600.00
Secador	16,120.00
2 Bombas de vacío	6,200.00
5 Bombas centrífugas	288.64
1 Unidad de transporte	20,000.00
Costo del equipo sin I.G.V.	188,310.64

Consultar Apéndice Nº 3

3.- INVERSION DE CAPITAL FIJO

CUADRO Nº 32

COMPONENTE	% BASADO EN EL 100% DE LA INVERSION DE CAPITAL FIJO	VALOR (\$)
EQUIPO ADQUIRIDO	23%	188,310.64
INSTALACION DEL EQUIPO ADQUIRIDO	9%	73,686.80
INSTRUMENTACION Y CONTROL (INSTALADOS)	3%	24,562.73
VALVULAS Y TUBERIAS (INSTALADAS)	7%	57,311.93
INSTALACIONES ELECTRICAS (COLOCADAS)	4%	32,749.40
OBRAS CIVILES (INCLUYENDO SERVICIOS)	8%	65,499.40
MEJORAS DEL TERRENO	2%	16,374.40
INSTALACIONES DE SERVICIOS (MONTADAS)	13%	106,436.50
TERRENO	1%	8,187.42
COSTOS DIRECTOS TOTALES	70%	573,119.52
INGENIERIA Y SUPERVISION	9%	73,686.80
GASTOS DE CONSTRUCCION	10%	81,874.20
HONORARIOS DEL CONTRATISTA	2%	16,374.40
EVENTUALES	9%	73,686.80
INVERSION DEL CAPITAL FIJO	100%	\$ 818,741.92

Ver Apéndice Nº 4

4.- INVERSION TOTAL

CUADRO Nº 33

INVERSION	COSTO (\$)
INVERSION DE CAPITAL FIJO	818,741.92
INVERSION DE CAPITAL DE TRABAJO (5% DEL CAPITAL FIJO)	40,937.09
LA INVERSION TOTAL REQUERIDA ES	859,679.01

5.- COSTO DIRECTO DE PRODUCCION

CUADRO Nº 34

SERVICIO DE OPERACION	COSTOS (\$/AÑO)
- Materia prima	3,505.80
- Mano de obra de operación	7,020.80
- Supervisión de operación	3,510.00
- Vapor	9,326.40
- Electricidad	13,303.85
- Agua	41.49
- Mantenimiento	3,766.21
- Suministro de las operaciones	564.93
- Gastos de laboratorio	702.00
- Catalizador (Citrato de Na)	27,791.28
COSTO DIRECTO DE PRODUCCION	69,532.76

Ver Apéndice Nº 5

6.- GASTOS FIJOS

CUADRO Nº 35

GASTOS FIJOS	VALOR (\$)
- Depreciación	18,831.06
- Impuesto (propiedad inmueble)	190.00
- Seguro	4,093.71
GASTOS FIJOS	23,114.77

Ver apéndice Nº 6

7.- GASTOS GENERALES DE PLANTA

Para la determinación de los gastos generales de planta se considera como el 50% de los gastos de mano de obra, supervisión y mantenimiento.

$$\text{GASTOS GENERALES DE PLANTA} = 0.5 * (7,020.80 + 3,510 + 3,766.21)$$

PLANTA

GASTOS GENERALES DE PLANTA = 7,148.51 \$/año
--

8.- COSTO DE FABRICACION

CUADRO Nº 36

TIPO DE COSTOS	VALORES (\$/Año)
- Costo directo de producción	69,532.76
- Gastos fijos	23,114.77
- Gastos generales de planta	7,148.51
COSTO TOTAL DE FABRICACION	99,796.04

9.- GASTOS ADMINISTRATIVOS

Se considera como el 60% de la mano de obra.

$$\Rightarrow \text{GASTO DE ADMINISTRACION} = 0.6*(7020)$$

$$\text{GASTOS DE ADMINISTRACION} = 4,212 \text{ \$/año}$$

10.- GASTOS DE DISTRIBUCION Y MARKETING

Se considera como el 1% del costo total de producto.

$$\text{GASTOS DE DISTRIBUCION Y MARKETING} = 0.01*CT$$

11.- FINANCIACION (INTERESES)

COSTO ANUAL DE FINANCIACION (INTERESES) =

$$0.12 *(0.4) *(859,679.01) = 41,264.59 \text{ \$/año}$$

$$\text{COSTO ANUAL DE FINANCIACION} = 41,264.59 \text{ \$/año}$$

12.- GASTOS DE LAS UTILIDADES BRUTAS

Se Considera el 30% de las utilidades brutas.

$$\text{Gasto debido a las utilidades brutas} = 0.3*(I-C-G-F)$$

I = Ingresos

C = Costo de fabricación

G = Gastos generales

F = Gastos de fabricación

13.- GASTOS GENERALES

- Gastos de administración = 4,212 \\$/año

- Gastos de dist. y mark. = 0.01*CT

$$\text{GASTOS GENERALES} = 4.212 + 0.01*CT$$

$$CT = 99,796.04 + (4,212 + 0.01 * CT) + 41,264.59 + 0.3 * [344,508.4 - 99,796.04 - 4,212 - 0.01 * CT - 41,264.59]$$

Resolviendo la ecuación se obtiene:

$CT = 206,488.78 \text{ \$/año}$

14.- COSTO TOTAL DEL PRODUCTO

CUADRO Nº 37

TIPOS DE COSTOS	VALOR (\\$/año)
- Costo de fabricación	99,796.04
- Gastos generales	6,276.89
- Financiación (interés)	41,264.59
- Gastos debido a las utilidades	59,151.26
COSTO TOTAL DEL PRODUCTO	206,488.78

$$\text{Costo Unit. del 1er año} = \frac{206,047.35 \text{ \$/AÑO}}{(139.76) * (290) \text{ Kg/Año}}$$

$\text{COSTO UNITARIO DEL PRODUCTO DEL 1er AÑO} = 5.08 \text{ \$/Kg}$

15.- DETERMINACION DEL MONTO DE FINANCIAMIENTO

Se financiará el 40% de inversión total requerida.

$$\text{Financiamiento} = 0.4 * (859,697.01) = \$ 343,878.80$$

FINANCIAMIENTO = \$ 343,878.80

16.- DETERMINACION DE LA ANUALIDAD

Se sabe que:

$$R = \frac{P(i) * (1+i)^n}{[(1+i)^n - 1]}$$

Donde:

P = Cantidad financiada = \$343,878.80

R = Anualidad

i = Tasa de interés anual = 0.12

n = Número de años = 5 años

$$R = 343,878.80 * 0.12 * (1+0.12)^5 / [(1+0.12)^5 - 1]$$

R = \$ 95,395.31

Se Obtiene el siguiente Cuadro:

CUADRO Nº 38

AÑO	CANT. ADEUDADA (\$)	INTERESES (\$)	AMORTIZACION (\$)
0	343,878.80	—	—
1	289,748.10	41,264.59	54,130.74
2	229,122.56	34,769.77	60,625.54
3	161,226.96	27,494.71	67,900.60
4	85,174.5	19,346.63	76,048.68
5	—	10,220.79	85,174.52
		$\Sigma = 130,096.49$	

El pago total de interés a lo largo de los 5 años =

\$ 130,096.49

17.- INDICADORES DE RENTABILIDAD

17.1.- DETERMINACION DE LA TASA DE RETORNO DE LA INVERSION

Tasa de Retorno de la Inversión -

$$\begin{aligned} &= \frac{(\text{Ganancias Netas})}{(\text{Inversión de Capital fijo}/2)} * 100 \\ \text{Tasa de Retorno} &= \frac{[(139.76)*(290)*(8.5) - 206,488.78]}{(818,741.92/2)} * 100 \end{aligned}$$

TASA DE RETORNO DE INVERS. = 33.72%

17.2.- DETERMINACION DE LA RELACION DE BENEFICIO COSTO (B/C)

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{INGRESOS}}{\text{COSTO TOTAL}} = \frac{(139.76)(290)(8.5)}{(206,488.78)} =$$

B/C = 1.67 > 1

Entonces :

"EL PROYECTO ES RENTABLE"

17.3.- ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS "AÑO 0"

CUADRO Nº 39

AÑOS	1	2	3	4	5
INGRESOS	344,508.04	344,508.04	344,508.04	344,508.04	344,508.04
EGRESOS	80,964.48	80,964.98	80,964.98	80,964.98	80,964.98
UTILIDAD BRUTA	263,543.06	263,543.06	263,543.06	263,543.06	263,543.06
G. ADMINISTRAT	4,212.00	4,212.00	4,212.00	4,212.00	4,212.00
G. VENTAS	2,064.89	2,019.10	1,967.82	1,910.38	1,842.05
UTIL. DE OPERAC	257,268.11	257,313.96	257,365.18	257,422.62	257,490.95
G. FINANCIEROS	41,264.59	34,769.72	34,769.72	19,346.63	10,220.79
DEPRECIACION	18,831.06	18,831.06	18,831.06	18,831.06	18,831.06
RENTA NETA	197,172.46	203,713.18	203,713.18	219,244.93	228,439.10
(IMP. RENTA 30%)	59,151.74	61,113.95	61,113.95	65,773.48	68,531.73
UTILIDAD NETA	138,020.72	142,599.23	142,599.23	153,471.45	159,907.37

AÑOS	6	7	8	9	10
INGRESOS	344,508.04	344,508.04	344,508.04	344,508.04	344,508.04
EGRESOS	80,964.98	80,964.98	80,964.98	80,964.98	80,964.98
UTILIDAD BRUTA	263,543.06	263,543.06	263,543.06	263,543.06	263,543.06
G. ADMINISTRAT	4,212.00	4,212.00	4,212.00	4,212.00	4,212.00
G. VENTAS	1,774.00	1,774.00	1,774.00	1,774.00	1,774.00
UTIL. DE OPERAC	257,559.00	257,559.00	257,559.00	257,559.00	257,559.00
G. FINANCIEROS	0	0	0	0	0
DEPRECIACION	18,831.06	18,831.06	18,831.06	18,831.06	18,831.06
RENTA NETA	238,727.94	238,727.94	238,727.94	238,727.94	238,727.94
(IMP. RENTA 30%)	71,618.38	71,618.38	71,618.38	71,618.38	71,618.38
UTILIDAD NETA	167,109.5	167,109.56	167,109.56	167,109.56	167,109.56

CUADRO Nº 40

AÑO	COSTO TOTAL DE PRODUCCION
1	206,488.78
2	201,910.33
3	196,781.92
4	191,038.06
5	184,604.94
6	177,399.95
7	177,399.95
8	177,399.95
9	177,399.95
10	177,399.95

17.4.- FLUJO DE CAJA PROYECTADO EVALUACION
FINANCIERA

CUADRO Nº 41

	0	1	2	3	4	5
INVERSIONES	—	—	—	—	—	—
PROPIA (60% INV. TOTAL)	515,818.21	—	—	—	—	—
AMORTIZACION DE LA DEUDA	—	54,130.74	—	—	—	—
INCREMENTO DE CAPITAL DE TRABAJO	—	40,937.09	60,625.54	67,900.60	76,040.68	85,174.52
TOTAL DE INVERSION	515,818.21	95,067.83	60,625.54	67,900.60	76,040.68	85,174.52
UTILIDAD NETA	—	138,020.72	142,599.23	147,517.50	153,471.45	159,907.37
DEPRECIACION	—	10,831.06	10,831.06	10,831.06	10,831.06	10,831.06
FLUJO NETO DE FONDOS	(515,818.21)	61,783.95	100,804.75	90,448.04	96,253.83	93,563.91

	6	7	8	9	10
INVERSIONES	—	—	—	—	—
PROPIA (60% INV. TOTAL)	—	—	—	—	—
AMORTIZACION DE LA DEUDA	—	—	—	—	—
INCREMENTO DE CAPITAL DE TRABAJO	—	—	—	—	(40,973.09)
TOTAL DE INVERSION	—	—	—	—	(40,973.09)
UTILIDAD NETA	167,109.56	167,109.56	167,109.56	167,109.56	167,109.56
DEPRECIACION	10,831.06	10,831.06	10,831.06	10,831.06	10,831.06
FLUJO NETO DE FONDOS	105,940.62	105,940.62	105,940.62	105,940.62	226,913.71

17.5.- DETERMINACION DEL VAN (FINANCIERO) "AÑO 0"

Donde :

TD (tasa de descuento) = 10%
n (años de operación) = 10 años

$$\square \rightarrow VAN_{0,10} = \sum_{j=0}^n \frac{FNF_j}{(1+TD)^j}$$

Calculando el Valor Actual Neto:

VAN = 274,922.96 \$ DEL AÑO 0

DADO QUE EL VAN > 0

Entonces

EL PROYECTO ES RENTABLE

17.6.- DETERMINACION DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

==> Para VAN = 0

Se tiene:

$$\sum_{j=0}^n \frac{FNF_j}{(1+TD)^j} = 0$$

TIR = 18.926 % > 10%

TIR > TD

Entonces

EL PROYECTO ES RENTABLE

TD	10%	12%	15%	18%
VAN	274,922.96	197,565.94	100,431.33	21,393.86
TIR	19 %	19 %	19 %	19 %

VI.- DISCUSION

- 1.- En base al número de reses beneficiadas y al rendimiento promedio de las mismas, se tiene una disponibilidad de materia prima de 2,662 lt/día ó 2,800 kg/día.
- 2.- Al analizar el consumo de albúmina por parte del mercado interno y del mercado externo a nivel solo de los países miembros de la JUNAC, la estimación de la demanda total es del orden de 101,143 kg/año.
- 3.- Los dos métodos considerados solo se diferencian en la eliminación del fibrinógeno del plasma, luego de la centrifugación, el cual se consigue con la adición de Cl_2Ca y calentamiento hasta 36°C , formándose un coágulo con toda la materia prima involucrada, luego de alrededor de 15 min. el cual debe ser disuelto con un eje provisto de cuchillas y girando a una velocidad angular moderada mientras que la eliminación de fibrinógeno por calentamiento luego de la centrifugación de la sangre solo es necesario calentar hasta 56°C , temperatura a la cual el fibrinógeno se desnaturaliza y precipita a manera de un sólido de color blanco.

Por lo dicho anteriormente se observa que la eliminación del fibrinógeno es más eficiente por el método de calentamiento, ya que este no requiere de Ca Cl_2 (1.5 gr/lt de plasma), esperar la coagulación del plasma

(alrededor de 15 min) y el consumo de energía en la disolución del coágulo, así como el equipo con cuchillas adicional para la misma.

- 4.- A nivel experimental utilizando un litro de sangre como materia prima la eficiencia obtenida con respecto al producto final (albúmina) fue de alrededor del 80%, mientras que a nivel de planta piloto utilizando 10 litros de materia prima la eficiencia obtenida fue de alrededor del 95%, lo que implica que a mayor materia prima utilizada la eficiencia se incrementa alrededor del 15%. Estas diferencias se debe a que en las pruebas de concentración en el rota-vapor, a nivel laboratorio el suero concentrado se adhiere a las paredes del balón, el cual es dificultoso recolectar por el tipo de abertura del recipiente, como consecuencia hay una pérdida de material, que es reflejado en la eficiencia.
- 5.- Las variables óptimas involucradas en la recolección y adición de anticoagulante, es la adición de citrato de sodio en una solución de agua al 3.8%, es decir 3 gr. de citrato de sodio por litro de sangre, disuelto en 76 ml de agua, solución que permitirá una mezcla rápida y eficiente evitando que parte de la sangre coagule, al no ponerse en contacto con la solución.
- 6.- A nivel de la operación de la centrifugación se recomienda la aplicación de una solución isotónica todas las paredes de la centrífuga de tambor de platos, con lo cual

se evita la hemólisis y posterior coloración del producto final. Así mismo, la centrífuga gira a una velocidad angular de 12,000 rpm de forma continua.

- 7.- El sistema de calentamiento funciona en forma discontinua (3 batch por hora), ya que requiere de un calentamiento de 18-56°C con control efectivo de la temperatura final, que es a la cual precipita completamente el fibrinógeno presente en el plasma, para su posterior separación del mismo en la operación de filtración.
- 8.- La operación de filtración realizada para la separación del fibrinógeno del plasma requiere la utilización de un medio filtrante hecho de tejido de algodón y el filtro opera de forma continua.
- 9.- El porcentaje de sólidos del suero (plasma sin fibrinógeno) es de alrededor de 7.6% y el contenido de agua de 91%, por lo cual es necesario incrementar el porcentaje de sólidos hasta el 28%, para lo cual se utilizará un evaporador de película descendente al vacío, con lo que consigue eliminar agua del suero manejando volúmenes menores en el secado por atomización, con el consiguiente ahorro de energía y utilización de un equipo de secado de menor capacidad.
- 10.- El secado por atomización manejará a nivel industrial una alimentación de 60.51 kg/hr, para la obtención de albúmina de sangre de 139.76 Kg/día, que será la capacidad diaria

de producción de esta planta industrial, manejándose a nivel piloto un volumen de alrededor de 12 ml/min. de suero concentrado en la alimentación, una temperatura de ingreso de 160°C y una temperatura de salida 70°C, lo que permite la obtención de un producto de buena calidad proteica y mantención de sus principales propiedades funcionales, para su posterior envasado en envases hechos de bolsas de polietileno, para evitar que el producto gane humedad del medio ambiente.

11.- La fracción celulósica contiene un alto contenido de proteína (globina), lo que queda reflejada en el alto contenido de sólidos (alrededor del 32%), lo que permite su secado directo luego de la centrifugación, obteniéndose a nivel de planta industrial una producción diaria alrededor de 321.6 kg/día, lo que justifica su secado y posterior uso puesto que la fracción celulósica ya tiene costos adicionales, como son de recolección, adición de anticoagulante, refrigeración y centrifugado; requiriéndose para su obtención solo del secado, el que puede ser con un secador rotatorio al vacío, con temperaturas de contacto no superiores a los 70°C, en el mismo se secará el fibrinógeno, formando ambos el producto final seco; utilizado en la formulación de alimentos balanceados para ganado.

12.- El volumen de producción anual de albúmina es de 40,530.4 kg/año, muy por debajo de la demanda global de 101,143 kg/año.

13.- Las características finales del producto seco (albúmina), son su alto contenido de proteína alrededor del 76%; humedad de más o menos el 3% y un porcentaje de cenizas de 10%, así mismo las propiedades funcionales como: solubilidad, emulsificantes y espumantes son óptimas. Lo que garantiza la aplicación en la industria de forma eficiente.

14.- El análisis de la evaluación económica, nos indica una inversión total de 859,697.01 \$, financiando con créditos un monto del 40%, es decir 343,878.80 \$. Los que generaran un pago de intereses global de 130,096.40 \$ a lo largo de 5 años en que se pagará la deuda, el costo total del producto es de 206,047.78 \$, referido al primer año de producción que comparado con el precio de venta de 8.5 \$/kg, que representa una utilidad de 3.42 \$/kg.

La tasa de retorno nos indica un 33.72% y la relación de beneficio a costo (b/c) es de 1.67.

El VAN financiero es de 274,922.96 \$ del año 0; y la Tasa Interna de Retorno es del 19%.

15.- Dado el elevado volumen a producir de fracción celulósica seca adicionado el fibrinógeno se obtendrá una producción anual de: $(93,281.2 \text{ kg/año} + 3735.2) = 97,016.4 \text{ kg/año}$, lo que representa un nivel de ingresos adicional apreciable, de acuerdo a la cotización del kilogramo de este producto.

VII.- CONCLUSIONES

- 1.- La materia prima disponible implica el tamaño de planta a utilizar el mismo que será de 139.76 kg/día de producto.
- 2.- La demanda total especifica el consumo existente a nivel nacional y de la JUNAC.
- 3.- El método más eficiente es el que considera la eliminación del fibrinógeno por calentamiento, porque es más adecuado ya que solo necesita de calentamiento de 18 a 56°C.
- 4.- A medida que la materia prima empleada se incrementa, el nivel de eficiencia es mayor, por lo que en la producción industrial la misma debe ser cercana al 100%.
- 5.- La adición de solución con anticoagulante, permite mantener la sangre en estado fluido y hace posible la separación por centrifugación del plasma de la fracción celulósica.
- 6.- La adición de la solución isotónica en la centrífuga de tambor de platos, permite igualar la presión externa con la presión osmótica de la célula, evitando que estas se rompan y la hemoglobina sea transferida al plasma dándole un color rojo.
- 7.- El sistema de calentamiento, permite la eliminación de fibrinógeno con un control efectivo de la temperatura, la

misma que no debe pasar de 56°C, a la cual se desnaturaliza y precipita esta proteína completamente.

- 8.- La operación unitaria de filtración, se realiza al vacío y con un medio filtrante de tela de algodón, con lo cual se logra que la filtración sea continua y rápida; la ventaja de la tela de algodón es que puede ser usada nuevamente.
- 9.- La operación de evaporación (concentración de sólidos de 7.6% a 28%), se realiza al vacío a una presión de vacío de 40 mm-Hg lo que determina que la temperatura de ebullición de la solución sea de 35°C, con lo cual se evita que la albúmina se desnaturalice (desnaturaliza a 67°C); además es necesaria porque permite el menor uso de energía, con la consiguiente disminución del costo del producto final.
- 10.- La operación de secado por atomización, es la ideal para el producto porque este es sensible al calor, y el tiempo de contacto con el aire caliente es mínimo, el mismo que debe ingresar a la cámara de secado a 160°C y salir a 70°C.
- 11.- El secado de la fracción celulósica y el fibrinógeno, implica un ingreso adicional, el cual solo se vería disminuido por el costo del secado, reflejándose su importancia en su aplicación en la formulación de alimentos balanceados.

- 12.- Comparando el nivel de producción anual, frente a la demanda global, se concluye que la producción tiene la venta asegurada, pudiéndose incrementar la producción en 60,612.6 kg/año, la misma que dependería de una mayor disposición de materia prima.

- 13.- La albúmina de sangre en polvo, es un producto de características específicas, que la hacen aplicable de forma directa en las distintas áreas de la industria donde se le usa como insumo.

- 14.- La evaluación económica realizada, nos permite verificar que el proyecto es rentable y por lo tanto posible de llevarlo a la practica, con lo cual se tendría una nueva fuente de trabajo y con un volumen de albúmina para la exportación, un nuevo ingreso de divisas para el país por la venta de un producto no tradicional.

- 15.- El volumen global de producción de fracción celulósica y fibrinógeno secos de 97,016.4 kg/año y su futura venta implicaría un ingreso total mayor, el mismo que determinará que los indicadores económicos sean mayores y el proyecto sea aun más rentable y como consecuencia de esto posible de llevarlo a la practica.

VIII.- RESUMEN

El proyecto de tesis "Estudio Técnico Económico Para La Instalación De Una Planta Industrial De Albúmina De Sangre De Ganado Vacuno", se inició con la obtención de la información de la disponibilidad de materia prima, que es de 2,662 lt/día ó 2,800 Kg/día para la obtención de una producción de 139.76 kg/día.

La recolección y adición de anticoagulante permite que la sangre se mantenga en estado fluido y por lo tanto de separar las dos fases líquidas (plasma y fracción celulósica), por la diferencia de densidades existentes entre ellas, siendo importante la adición de una solución isotónica a los platos de la centrifuga para igualar la presión osmótica y evitar la hemolisis.

La operación de calentamiento (de 18 a 56°C), permite la rápida precipitación de fibrinógeno, la cual se completa a 56 °C, temperatura a la cual esta proteína se desnaturaliza.

El filtrado es efectivo y rápido usando una presión de vacío y tela de algodón como medio filtrante, eliminando de manera efectiva el fibrinógeno presente en la solución (suero).

La evaporación se realiza para incrementar el porcentaje de sólidos de 7.6% a 28% y a una presión de vacío de 40 mm-Hg, lo que determina una temperatura de ebullición de la solución de 35°C, temperatura mucho menor que la temperatura a la que

desnaturaliza la albúmina la misma que es de 67°C. El incremento de sólidos es posible por la evaporización del agua; con lo cual la operación de secado por atomización evapora menor cantidad de agua, con el consiguiente ahorro de energía dado que es más costoso evaporar un kg de agua en un secador por atomización que en un evaporador.

La operación de secado por atomización es ideal para la obtención de albúmina, la cual es una proteína sensible al calor y los tiempos de contacto son mínimos, siendo la temperatura de ingreso del aire de 160 °C y de salida del aire de 70°C, la temperatura de alimentación de 18°C y una velocidad de alimentación de 60.51 kg/hora, para una velocidad de producción 17.4 kg/hr; producto de buena calidad proteica que conserva sus propiedades funcionales como solubilidad, espumantes, emulsificantes, siendo envasado el producto en bolsas de polietileno, para que no gane humedad del medio.

El secado de la fracción celulósica y el fibrinógeno permite utilizar la materia prima al 100% y su venta incrementa los ingresos ya que el único costo adicional sería el de secado, y su utilización es directa en la obtención de productos para la alimentación de ganado.

La producción anual tiene su venta asegurada, porque la demanda supera a la producción en 60,612.6 kg/año; los mismos que podrían ser cubiertos si el volumen de materia prima se incrementa, lo cual está supeditado a un mayor número de reses beneficiadas diariamente.

La evaluación económica realizada en este estudio, nos indica que este proyecto es posible de llevarlo a la práctica, con el consiguiente establecimiento de una nueva industria que generaría empleo y el ingreso de divisas por la venta al exterior de un producto no tradicional como es la albúmina en polvo.

La venta de la producción de fracción celulósica y fibrinógeno (97,016.4 kg/año); elevaría los ingresos con lo cual los indicadores económicos analizados, serían mayores lo cual no hace sino comprobar que el proyecto es posible de llevar a la práctica.

IX.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- CAMPOS, D.C., Tesis, "OBTENCION DE SUERO DE SANGRE DE VACUNOS, SECADO POR ATOMIZACION Y EVALUACION DE SUS PROPIEDADES FUNCIONALES", Universidad Nacional Agraria, 1980.
- 2.- DIVAKARAN, S., "INDUSTRIALIZACION Y APROVECHAMIENTO DE LA SANGRE ANIMAL". Boletín de servicios agrícolas (FAO), rama, 1983.
- 3.- DUKES, H., "FISIOLOGIA DE LOS ANIMALES DOMESTICOS", Ed. Aguilar, Madrid; 1969.
- 4.- ECONOMIC INDICATOR, " CHEMICAL ENGINEERING", USA; JANUARY 1994, Pags 151 - 153
- 5.- FOUST, A.S., WENZEL, L.A., CLUMP, C.W., Maus, L., "PRINCIPIOS DE OPERACIONES UNITARIAS"; Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York 1985, Pags 561 - 621
- 6.- GESSNER, G., HAWIEY, "DICCIONARIO DE QUIMICA Y DE PRODUCTOS QUIMICOS" Ed. Omega, S.A. España.
- 7.- GURTLER, H., "FISIOLOGIA VETERINARIA" Ed. Acribia, España, 1975.
- 8.- ITINTEC, "NORMAS TECNICAS NACIONAL" Lima, 1974
NUMEROS,
209.072, 209.075, 209.067 213.029

- 9.- JUNTA NACIONAL DEL ACUERDO GENERAL DE CARTAGENA,
SUNAD (ADUANAS), "DATOS ESTADISTICOS
INTERNACIONALES DE IMPORTACION, EXPORTACION
VALOR Y VOLUMEN DE ALBUMINAS", Lima, 1993, Años
1982-1992
- 10.- KERN, D. Q. "PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR"; Ed.
Mc Graw-Hill Co Inc. New York 1986.
- 11.- LANGHOFF, L., "PROCESAMIENTO DE PROTEINA DE SANGRE
ANIMAL ESTERIL PARA CONSUMO HUMANO". Symposium
agro-industrial. Mexico, 1981.
- 12.- MANN I., PREPARACION Y APROVECHAMIENTOS DE LOS SUB-
PRODUCTOS ANIMALES, FAO, 1964; CUADERNO DE
FOMENTO AGROPECUARIO N° 75
- 13.- McCABE, W. L., SMITH, J.C, "OPERACIONES BASICAS DE
INGENIERIA QUIMICA"; Mc Graw - Hill Book CO.,
New York; 1981, págs 251 - 285
- 14.- MORRISON, R.T., BOYD, R. N., "QUIMICA ORGANICA"
Ed. Fondo Educativo Interamericano S.A Mexico;
1985; Pags 1113 - 1140
- 15.- OCON J.G., TOJO, G.B., "PROBLEMAS DE INGENIERIA
QUIMICA"; Ed., Aguilar S.A. Madrid; 1980, Págs
161 - 208, 340 - 364
- 16.- OTHMER, D., KIRK, R., "ENCICLOPEDIA DE TECNOLOGIA
QUIMICA"; Ed. Hispano Americano. Uteha. Mexico,
1962, Vol 13-14.
- 17.- PASSALACQUA, J., "USO DEL SUERO DE SANGRE DE VACUNO EN
LA ELABORACION DE EMBUTIDOS". Tesis de la
Universidad Nacional Agraria, Lima; 1975.

- 18.- PERRY, R. H., CHILTON, C. H., "BIBLIOTECA DEL INGENIERO QUIMICO" Ed. Mc GRAW-HILL, INC. USA. 1986; TOMOS I, II, III, IV, V, VI.
- 19.- PETERS, M.S., TIMMERHAUS, K.D., "DISEÑO DE PLANTAS Y SU EVALUACION ECONOMICA PARA INGENIEROS QUIMICOS"; Ed. Geminis S.R.L 1978
- 20.- PETERS, M.S., TIMMEHAUS, K.D. "PLANT DESIGN AND ECONOMICR FOR CHEMICAL ENGINEERS."; Ed. McGRAW-Hill, Inc. New York; 1991.
- 21.- PISKE, D., 1982 "APROVECHAMIENTO DE SANGRE DE ABATE PARA ALIMENTACION HUMANA". Italia, 1982.
- 22.- PIZARRO, P., "SECADO POR ATOMIZACION", Curso Teórico Experimental de Equipos de Separación Usado en la Ingeniería de Procesos" FIQM, Lima, 1990 Pags 1 - 8
- 23.- PORRAS, E., "EVALUACION DE PROYECTOS" PETROPERU, LIMA, 1992
- 24.- RODWELL, V.W., MARTIN, D.W., MAYES, P., "BIOQUIMICA DE HARPER" Ed. El manual moderno S.A., Mexico; 1982, Pags. 541-542.
- 25.- SVENDSEN, P., "INTRODUCCION A LA FISIOLOGIA ANIMAL". Ed. Acribia, España; 1976.
- 26.- TREYBAL, R.E., "OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA" Ed. McGraw - Hill Book Co., New York, 1970, Pags 726 - 780.