ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN.

Diseño de una Planta de Procesamiento de Leche de Soya para la Fundación Hogar de Cristo.

Tesis De Grado

Previo La Obtención Del Título De:

INGENIEROSDE ALIMENTOS.

Presentada Por:

CAROLINA ELÍZABETH CRESPO CHICA

EDGAR FERNANDO LANDINES VERA

GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO 2011

AGRADECIMIENTO

A nuestra familia y amigos que estuvieron siempre para prestar su ayuda en esta labor y en especial a la Ing. Fabiola Cornejo por guiarnos durante todo este tiempo.

D E D I C A T O R I A.

A Nuestros Padres que le

debemos todo lo que somos.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.

Ing. Gustavo Guerrero M.

DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Fabiola Cornejo Z.

DIRECTORA DE TESIS

Ing. Patricio Cáceres C.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA.

"La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Carolina Elízabeth Crespo Chica.

Edgar Fernando Landines Vera.

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre el diseño de una planta de procesamiento de leche de soya para la fundación “Hogar de Cristo” que tiene como propósito ayudar a las personas más pobres y vulnerables del Ecuador.

La Fundación Hogar de Cristo posee un proyecto llamado “Vaca Mecánica”. Este programa tiene la finalidad de ofrecer diariamente 720 desayunos escolares a los niños de las escuelas de escasos recursos. En este proyecto de tesis se realiza el diseño de los equipos e instalaciones necesarios para la producción de leche de soya, facilitando y mejorando las operaciones de su elaboración.

En la primera etapa se analiza el uso y distribución del área destinada a la construcción de la planta. Mediante la aplicación del sistema de planificación de LayOut, se determina la distribución de las áreas y equipos en planta. Además, se establece características necesarias en las instalaciones y en el proceso de producción de leche de soya, que al ser aplicadas conservan la calidad del producto.

Posteriormente, mediante pruebas en laboratorio se determina las dimensión del filtro prensa, el cual es necesario para la etapa de filtrado de leche de soya.

Finalmente, en base a la producción diaria estimada para la planta, se diseña y dimensionan los equipos restantes como son bombas centrífugas, tanque de almacenamiento, motor mezclador, pasteurizador, llenadora y tuberías.

El costo total de implementación de este proyecto es de $29,607 en el cual se incluyen el filtro prensa, 2 bombas, 1 tanque mezclador, 1 llenadora y tuberías de acero inoxidable.

ÍNDICE GENERAL

Pag.

RESUMEN……..…….…II

ÍNDICE GENERAL……..……..…IV

ABREVIATURAS……..……...VIII

SIMBOLOGÍA…….……...…IX

ÍNDICE DE FIGURAS……..……...XI

ÍNDICE DE TABLAS…….……XII

INTRODUCCIÓN…….…1

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES…….…….2

1.1. Antecedentes de la Fundación Hogar de Cristo…….……...2

1.2. Aspectos Generales Sobre la Leche de Soya…….……...4

1.3. Métodos para la Obtención de Leche de Soya…….…..7

1.3.1. Descripción del Proceso de Leche de Soya…….……..…....9

1.3.2. Diagrama del Proceso de Leche de Soya……..……11

CAPÍTULO 2

2. REQUISITOS DE FABRICACIÓN...……..…..……13

2.1. Pisos, Paredes, Techos y Drenajes……..……....13

2.2. Ventanas, Puertas y Otras Vías deAcceso……..……...21

2.3. Instalaciones Sanitarias…….....24

2.4. Ventilación……..……...29
2.5. Iluminación……..34
2.6. Aseguramiento y Control de Calidad……..……....45

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE PLANTA…….48
3.1. Instalaciones y Disponibilidad de Espacios Existentes.…….……...…..48
3.2.LayOut de la Planta……...…….……49
3.2.1. Distribución de las Áreas…….……..……..……..……61
3.2.2. Distribución y Ubicación de Equipos……..……..……..…..63
3.3. Detalles de la Construcción…….....69

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DE EQUIPO DE FILTRADO……72
4.1. Etapas del Proceso de Filtrado…….……73
4.2. Características del Fluido…….……76
4.3. Cálculo de Resistencia de Filtración…….....78
4.3.1. Cálculo de la Resistencia de la Torta…….……..……..……..79
4.3.2. Cálculo de la Resistencia del Medio Filtrante…….……...…...84
4.4. Tiempo Total de un Ciclo de Filtrado……..……85
4.4.1. Velocidad de Filtrado y Tiempo de Filtrado…..……..……86
4.4.2. Velocidad de Lavado y Tiempo de Lavado…….……..……..…..88
4.4.3. Tiempo Total del Ciclo de Filtrad……..……90
4.5. Capacidad y Selección del Filtro……..…….....90

CAPITULO 5

5. DISEÑO DE EQUIPOS……..……...93

5.1. Capacidad de Producción…….……94

5.2. Determinación de Máquinas y Equipos…….…….....95

5.3. Cálculo y Selección de Equipos de Bombeo y Tuberías…….…….....96

5.4. Cálculo y Selección de Mezcladora y Envasadora…….……110

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES…….……126

APÉNDICES.

BIBLIOGRAFÍA.

ABREVIATURAS.

Km	Kilómetros
m^2	Metros Cuadrados
g	Gramos
Kcal	Kilocalorías
Mg	Miligramos
µg	Microgramo
IU	Unidad Internacional
USDA	Departamento de Agricultura de Estados Unidos de Norteamérica.
^oC	Grados Centígrados.
Mm	Milímetros
Ml	Mililitros
Min	Minutos
cm^2	Centímetro Cuadrado.
cm/m	Centímetro - metro.
Ppm	Partes por Millón.
Kcal/h	Kilocaloría – hora
N/A	No aplica.
Cs	Calor Sensible
Kcal/ h ^oC	Kilocaloría – hora por grado centígrado
Kg/ m^3	Kilogramo – metro cubico.
m^3/ h	Metro cúbico – hora
W	Watt
mg/lt	miligramo – litro
P – Q	Producto Cantidad.
Pa-seg	Pascal por segundo
g/ml	Gramo - mililitro
Kg/m^3	Kilogramo – Metro cúbico
Pa	Pascal
mm de Hg	Milímetros de Mercurio
seg/m^3	Segundo – metro cúbico
m/Kg	Metro – Kilogramo
lt/min	Litro – minute
m^3/seg	Metro cúbico - segundo
Seg	Segundo

m/seg	Metro – segundo
m/seg^2	Metro – segundo cuadrado
m^2/seg^2	Metro cuadrado – segundo cuadrado
Kw	Kilowatt
Hp	Caballos de Fuerza
Rev/seg	Revoluciones – segundo
Plg	Pulgada
MLDT	Diferencia Logarítmica de Temperatura Media

SIMBOLOGÍA.

%	Porcentaje
pH	Potencial Hidrógeno
$NaHCO_3$	Bicarbonato de Sodio
cm/m	Relación que determina el Porcentaje de Pendiente.
R	Radiación Solar.
f	Factor de Corrección
Q_s	Calor sensible total
G	Caudal
Ta	Temperatura del ambiente
Ti	Temperatura de inyección
Cp	Calor Específico
P	Densidad.
Rec	Renovaciones
D	Distancia al Plano de Trabajo
H	Altura del Local
E	Distancia horizontal entre dos focos contiguos.
e´	Distancia entre luminarias externas y pared.
N	Núméromínimo de luminarias según longitud.
L	Longitud total
A	Anchura total
n´	Núméromínimo de Luminarias según el ancho del local
K	Índice del Local.
Φo	Flujo Luminoso Necesario para Iluminar un Local.
E	Iluminación Recomendada.
S	Superficie del área de trabajo.
Δ	Factor de Depreciación.
U	Factor de Utilización para Lámparas Fluorescentes con iluminación Directa con pantalla difusora.
Rm	Resistencia del medio filtrante.
A	Área
ΔP	Diferencial de Presión
B	Intersección con el eje Y.
μ	Viscosidad
α	Alpha
C	Concentración de Sólidos
Kp	Pendiente

G	Aceleración debida a la gravedad.
D_t	Diámetro de la tubería.
ρ_s	Densidad de la partícula.
ρ_l	Densidad del líquido.
Vc	Velocidad Crítica
V1	Velocidad Inicial
V2	Velocidad Final
Z1	Altura Inicial
Z2	Altura Final
Re	Reynolds
F	Factor de fricción de tuberías
Ki	Coeficiente de Resistencia
ΣF_p	Sumatoria de pérdidas
N	Potencia.
H	Altura de elevación o carga.
Q	Caudal.
G	Gravedad
P	Densidad
N	Velocidad de Giro de la Paleta.
d_2	Diámetro del Impulsor
ρ_A	Densidad del Líquido
Fo	Tiempo para reducción de las células vegetativas o esporas
D	D es el tiempo a una temperatura determinada para reducir un 90% la carga microbiana
Z	Incremento de temperatura para reducir 10 veces el tiempo destrucción térmica

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1 Diagrama de Flujo de Leche de Soya de Hogar de Cristo……12
Figura 2.1 Ubicación del Canal de Drenaje……21
Figura 2.2 Entradas y Salidas de Bodega……23
Figura 2.3 Salida de Producto Terminado……23
Figura 2.4 Vestuario y Servicio Higiénico……25
Figura 2.5Distribución de Fluorescentes en el Área de Producción……44
Figura 3.1 Esquema de Planificación Sistemática de LayOut……50
Figura 3.2 DIAGRAMA P-Q……52
Figura 3.3 Diagrama De Recorrido Sencillo……55
Figura 3.4 Tabla Relacional de Actividades……57
Figura 3.5 Diagrama Relacional de Actividades……59
Figura 3.6Flujo En Línea……66
Figura 3.7Flujo En ELE……66
Figura 3.8Flujo En U……66
Figura 3.9Flujo En S……67
Figura 3.10 Distribución de Equipos en Planta……68
Figura 3.11 Tumbado del Área de Producción……69
Figura 3.12 Ubicación de Extractores de Aire……70
Figura 3.13Acabados Externos……71
Figura 4.1Proceso de Filtrado……73
Figura 4.2 Equipos de Filtrado……79
Figura 4.3 Resultados de Filtración a 26.600 Pa……81
Figura 4.4Resultados de Filtración a 53.320 Pa……82
Figura 4.5 Resultados de Filtración a 80.000 Pa……83
Figura 5.1 Equipos de Producción y Sistema de Tuberías……97
Figura 5.2 Tanque Mezclador y Hélice……111
Figura 5.3 Proporciones Típicas de un Tanque Agitador……111
Figura 5.4 Dimensiones del Tanque de Mezclado……112

Figura 5.5 Número de potencia NP frente al Número de Reynolds NRe
para turbinas de seis palas……..……..115
Figura 5.6 Llenadora Manual por Gravedad…….....124

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Composición de la leche de Soya Sabor a Vainilla……..6
Tabla 2 Costo de Instalación de Recubrimiento para Piso……..17
Tabla 3 Características de las Paredes y Techos…….....18
Tabla 4Características de Lavamanos y Pediluvios…….....28
Tabla 5 Cálculo de Carga Térmica en el Área de Producción……31
Tabla 6 Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada…….35
Tabla 7 Dimensiones y Características del Área de Producción……..……37
Tabla 8Dimensiones de los Departamentos……..…49
Tabla 9Características de la Solución…….……80
Tabla 10Resultados de Filtración……..…….....80
Tabla 11Valores de α a Diferentes Presiones de Vacío……..……84
Tabla 12Valores de Rm. a Diferentes Presiones de Vacío……..……..85
Tabla 13 Área y Volumen de Filtrado……..……86
Tabla 14Características del Filtro Prensa……..……91
Tabla 15 Costos de Instalación de Sistema de Filtrado……..……92
Tabla 16Características del Sistema para Diseño de Bomba con Impulsor Semiabierto…….....99
Tabla 17 Parámetros de Bomba de Filtro Prensa……..……100
Tabla 18Especificaciones de Bomba Centrífuga CDX 70/106……..……..105
Tabla 19Características del Sistema para Diseño de Bomba con Impulsor Cerrado……106
Tabla 20Parámetros de Bomba de Llenadora……..……106
Tabla 21Dimensiones del Tanque Mezclador……...…112
Tabla 22Características del Fluido……..……113
Tabla 23Inactivación de Esporas Relacionados a la Esterilización de Alimentos……...……....118
Tabla 24 Características del Pasteurizador Tipo Batch……..……...121
Tabla 25Costos de Instalación de Llenadora y Tanque Mezclador…...……125

INTRODUCCIÓN.

La leche de soya en la actualidad es utilizada como alternativa al consumo de la leche de vaca para las personas intolerantes a la lactosa, así como para los diabéticos y personas con trastornos digestivos, además que aporta con un alto valor nutricional. Esta bebida que se obtiene a partir de los granos de soya completa varios procesos previos a su envasado como son: cocción, triturado, filtrado, pasteurizado y mezclado.

Actualmente la planta elabora leche de soya usando un método artesanal, por este motivo el tiempo de producción es mayor y el tiempo de vida útil se ve reducido. Se busca mejorar el proceso, implementando el uso de equipos como el pasteurizador yelfiltro prensa; los cuales permiten mejorar la calidad del producto y aumentar el periodo de consumo.

Lo que se pretende con esta tesis es obtener una planta con una infraestructura y maquinaria adecuada para la elaboración de dicha bebida; la misma que va a ser destinada como parte del desayuno de escuelas de la Cooperativa Nazareth.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes de la Fundación Hogar de Cristo.

Hogar de Cristo es una institución sin fines de lucro, fundamentada en la Fe en Jesucristo y en la Doctrina Social de la Iglesia Católica. Está dedicada al Desarrollo Humano Sustentable de las personas más empobrecidas, excluidas y vulnerables del Ecuador, trabajando desde ellas y con ellas. La Creación del Hogar de Cristo en el Ecuador tuvo lugar en 1970, de allí surge la iniciativa de prolongar la obra de Hogar de Cristo en el Ecuador, lo cual fue posible gracias al padre Francisco García Jiménez S.J.

Con los años el Hogar de Cristo se fue ampliando y beneficiando a más personas de otros sectores de Guayaquil, especialmente en la zona de la Perimetral Norte. También, se abrieron sucursales en otras ciudades de la costa ecuatoriana: Esmeraldas, Libertad, Quevedo, Babahoyo,

Yaguachi, Daule, Machala, Portoviejo, como también en algunos pueblos cercanos a estas ciudades. Ya no únicamente ofreciéndoles un hogar, sino trabajando en múltiples planes de desarrollo a escala humana. www.1

Proyecto Vaca Mecánica.

La Fundación Hogar de Cristo posee un proyecto llamado "Vaca Mecánica" el cual cuenta con las donaciones de la empresa privada. Este proyecto tiene la finalidad de ofrecer diariamente 720 desayunos escolares a los niños de las escuelas de escasos recursos. Para cumplir con esta meta, la Fundación adquiere equipos que procesan leche de soya, por este motivo se vio en la imperiosa necesidad de construir instalaciones que garanticen un producto de calidad.

Las instalaciones de la Planta de leche de Soya están ubicadas en el Km 26 ½ de la Vía Perimetral en la Cooperativa Hogar de Nazareth, posee un área total de 193.8 m^2, de los cuales 77.9 m^2 están destinados al área de producción de leche de soya, el resto de las instalaciones están distribuidos en diferentes áreas desde la bodega de materias primas, hasta el área de distribución de producto terminado.

1.2 Aspectos Generales Sobre la Leche de Soya.

La leche de soya es un líquido derivado de remojar el frijol de soya molido en agua caliente o fría, para posteriormente ser prensado y colado. Debido a que proviene de una fuente vegetal no tiene lactosa la cual se encuentra en la leche de vaca. Por esta razón, la leche de soya es apropiada para personas que son intolerantes a la lactosa, a más de ser una fuente muy buena de aminoácidos esenciales, necesarios para el crecimiento y desarrollo. Además, la leche de soya es un complemento dietético adecuado para niños y ancianos, grupos de población que consumen con cierta frecuencia alimentos de alto valor calórico pero que aportan pequeñas proporciones de aminoácidos.

Se puede encontrar en diferentes variedades y sabores (chocolate, vainilla, almendras y algarrobo) o con gusto natural. Además, es común comprarla en envases asépticos, los cuales pueden ser guardados muchos meses. Una vez abierta debe ser puesta en refrigeración y ser usada durante los próximos 5 a 7 días. www.2

La leche de soya también es el punto de partida, para elaborar cremas, salsas, batidos, helados, bechamel, natillas y cualquier producto que se haga con leche de vaca, haciéndola importante para la industria de productos lácteos. www.3

En la tabla 1 se podrá observar la composición de la leche de soya, en la cual se puede distinguir que las proteínas son el tercer compuesto que existe en mayor proporción en la leche de soya.

TABLA 1

COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE SOYA SABOR A VAINILLA.

Nutrientes	Unidades	Valor por cada 100 gramos
Agua	g	91.32
Energía	Kcal	41
Proteína	g	2.47
Total de Lípidos (grasa)	g	1.44
Ceniza	g	0.65
Carbohidratos, por diferencia	g	4.12
Fibra	g	0.4
Minerales		
Calcio, Ca	Mg	123
Hierro, Fe	Mg	0.44
Magnesio, Mg	Mg	16
Potasio, K	Mg	123
Sodio, Na	Mg	39
Zinc, Zn	Mg	0.25
Selenio, Se	µg	2.3
Vitaminas		
Riboflavina	Mg	0.21
Total Folato	µg	10
Vitamina B-12	µg	1.23
Vitamina A, IU	IU	206
Vitamina D (D2 + D3)	µg	1.2
Vitamina D	IU	49
Lípidos		
Ácidos Grasos totales saturados	g	0.206

Fuente: USDA National Nutrient Database for Standard Reference. **www.4**

1.3 Métodos para la Obtención de Leche de Soya.

Existen muchos métodos aceptados que se emplean en la actualidad para la obtención de la leche de soja. Algunos de estos son originarios de China, país del que proviene este alimento. Otros se basan en la moderna tecnología alimentaria y lechera. A continuación se detallan tres de estos métodos los cuales son los más importantes y aceptados:

Método Tradicional.

El método tradicional es usado mayormente en los países de Asia, en este la soya es remojada en agua durante la noche o un mínimo de 3 horas. Los granos rehidratados se someten a molienda a temperatura ambiente, por lo que el producto final tiene un fuerte sabor y olor residual a soya, seguido de la eliminación de un residuo insoluble por medio del filtrado de la solución. La mezcla resultante se somete a la cocción, por medio del calor se inactiva la enzima inhibidora de la tripsina, además mejora su sabor y pasteuriza el producto. La cocción del producto se realiza por un periodo de 15 a 20 minutos a una temperatura de 103^{o}C. Al terminar este proceso se procede a homogenizar, esterilizar y envasar la leche de soya. www.5

Método de Illinois.

El método Illinois se fundamenta en desactivar la enzima lipoxigenasa, el método consiste en sumergir en agua la soya por lo general en una solución alcalina que tiene un valor de pH. que va desde 7,5 hasta 8,5 de $NaHCO_3$ a 0,05% por un tiempo de 2 horas. Posteriormente, se descascarilla la soya remojada, para luego dar paso a la cocción y molienda con agua con temperaturas de a 80 – 100^{o}Cpor 30 minutos. El siguiente paso es el filtrado el cual se debe realizar con la malla número 250 (0,04 mm) en el cual se separa la leche de soya y la okara, como pasos finales se realiza la homogenización, esterilización o pasteurizado y embotellado de la leche de soya. (1)

Método de Cornell.

El método Cornell al igual que el Illinois inactiva la enzima lipoxigenasa, en éste no se realiza el descascarilladlo por lo que el grano se procesa íntegro, el siguiente paso consiste en lavar con abundante agua, para luego calentarlos en agua caliente con la finalidad de inactivar la enzima lipoxigenasa y prevenir la generación del sabor a haba de la soya, al mismo tiempo que se efectúa el calentamiento del producto también se realiza la molienda. Al terminar la cocción del producto se filtra con la

finalidad de separar la leche de soya de la okara y para finalizar se homogeniza y envasa el producto final. (2)

1.3.1 Descripción del Proceso de Leche de Soya.

Debido a todos los beneficios con los que cuenta el método de Cornell, éste es el que se utiliza para el proceso de extracción de la leche de soya de la fundación. A continuación, se describe paso a paso cada uno de los procesos previos antes de la obtención del producto final.

Limpieza.

Para la limpieza de los granos de soya se usan tres tamices, estos sirven para separar las impurezas y materiales extraños del grano en el proceso, se usan tamices con un tamaño de abertura de 2.38 mm.equivale a la Malla No. 8 y 1.41 mm.que equivale a la Malla 12, respectivamente. En estos tamices quedan los granos de soya y en el fondo las impurezas que contengan los sacos de soya.

Remojo.

La soya libre de impurezas se deja remojar por un tiempo de 6 a 8 horas a temperatura ambiente.

Cocción y Molienda.

El agua y la soya remojada ingresan al triturador donde permanecen a una temperatura entre 80 a 90^{o}C por 15 minutos con la finalidad de eliminar los factores antifisiológicos de la soya, al pasar los 15 minutos comienza el proceso de molienda el cual dura 15 minutos a una temperatura de 90^{o}C

Filtrado.

El licuado de soya debe pasar por un tamiz para retirar partículas gruesas y finas después con lo cual se obtiene leche de soya libre de impurezas.

Homogenización:

En la siguiente etapa previa al envasado se pesa y mezcla el saborizante y edulcorante del sabor a producir.

Envasado:

Previamente, se lavan las botellas con agua clorada, para después envasar en botellas de vidrio de 230 ml. o plásticas de 500 ml. El envasado se realiza en caliente a una temperatura aproximada de 70^{o}C.

Almacenamiento.

El producto final se almacena a una temperatura aproximada de 4^{o}C por 12 horas, hasta su distribución a las escuelas más cercanas.

1.3.2 Diagrama del Proceso de Leche de Soya.

En la figura 1.1 se detalla el flujo del proceso de elaboración de la leche de soya.

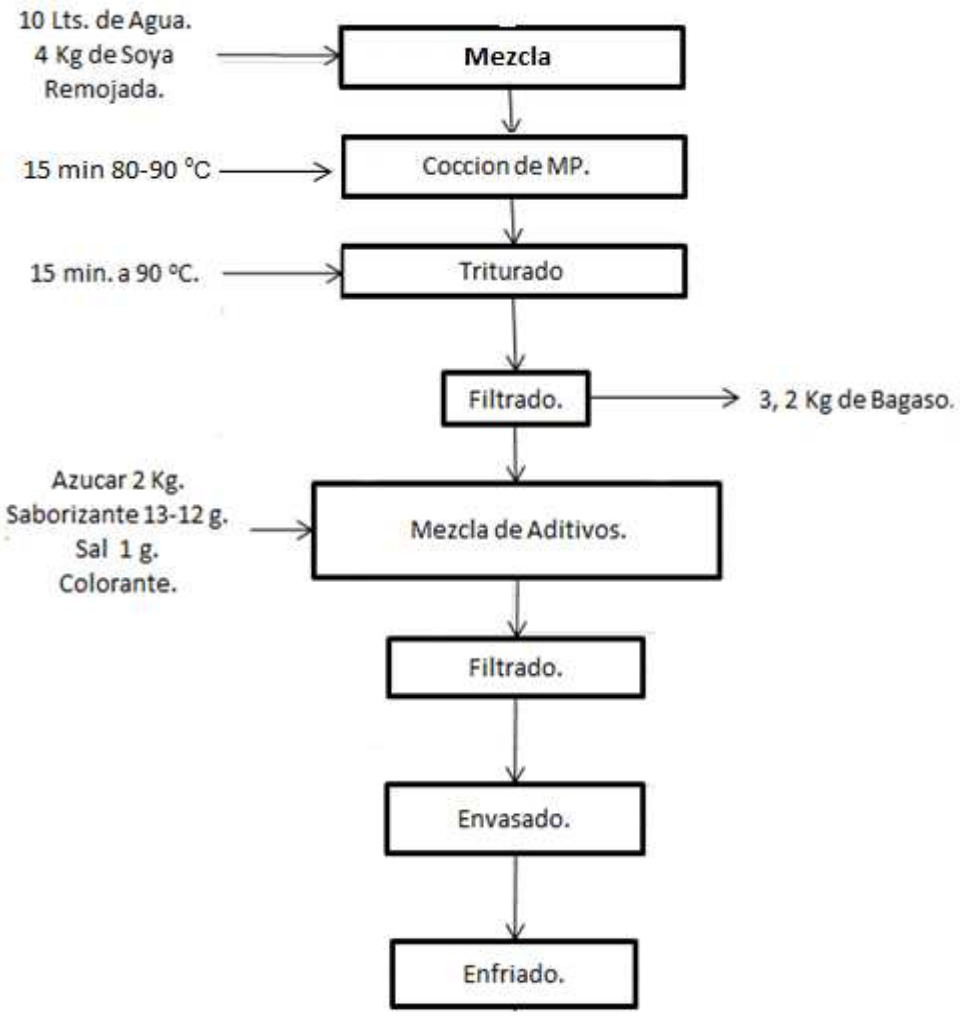


FIGURA 1.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE LECHE DE SOYA DE HOGAR DE CRISTO.

CAPÍTULO 2

2. REQUISITOS DE FABRICACIÓN.

En este capítulo se detalla las características generales a considerar en la planificación de la construcción de una planta procesadora de alimentos y orientar en el cumplimiento de condiciones higiénicas sanitarias necesarias para las instalaciones. Además, se puntualiza como se desarrollan las operaciones de producción de manera que aseguren la calidad del producto.

2.1 Pisos, Paredes, Techos y Drenajes.

Pisos.

La selección de los materiales que se deben usar en los pisos y drenajes de la planta se fundamenta en la necesidad de emplear materiales duraderos, lisos y limpiables, que no impliquen la contaminación del entorno o de los alimentos. Además de impermeables, resistente a los choques, a la abrasión, a los productos de limpieza y desinfección y antiderrapantes para la seguridad del personal.

Debido a los problemas que ocasionan los materiales cerámicos, por defecto de juntas y fragilidad o movimientos, y los de cemento por los acabados superficiales, en general se recomienda el uso de pavimentos continuos de resinas antideslizantes. (3)

Para la selección de estos pavimentos continuos se tiene en cuenta dos características:

- La resistencia a los productos que puedan ser vertidos en el suelo, debido al carácter agresivo de las soluciones de limpieza, que normalmente son álcalis o ácidos fuertes.(3)
- La resistencia mecánica de los pavimentos, frente al desgaste que producen los elevadores, carretillas mecánicas y el personal.(3)

En el mercado se encuentran diferentes tipos de recubrimientos para pisos que pueden ser usados dependiendo de las necesidades de cada planta, en base a esto la planta de leche de soya opta por el piso de Poliuretano, a continuación se da la descripción, uso y ventaja de este recubrimiento.

Descripción.- Es un mortero de altas resistencias, se presenta en colores uniformes, es de tres componentes con base en resina de poliuretano disperso en agua más la adición de cemento con agregados seleccionados que le proporcionan una excelente resistencia a la abrasión, impacto, ataque químico y cualquier agresión física extraordinaria. De acuerdo al tamaño de sus agregados, proporciona una textura con acabado liso. (4)

Usos:

- Se utiliza principalmente en plantas industriales procesadoras de alimentos, áreas de procesos húmedos o secos, con altas temperaturas o en estado de congelación, áreas de tráfico de choque térmico, etc. Como en procesadoras de lácteos, carnes, panaderías, embotelladoras, cervecerías, vitivinícolas, destilerías, laboratorios, plantas procesadoras de pulpa y papel, cocinas y restaurantes, industria textil, así como todas sus respectivas áreas de almacenamiento.(4)

Ventajas:

- Resiste un amplio rango de ácidos orgánicos e inorgánicos, álcalis, aminas, sales y solventes.
- Amplio rango de temperatura en servicio desde – 40^{o}C hasta 115^{o}C.
- Resistente al vapor intermitente o lavado continuo con agua caliente.
- Libre de solvente y sin olores.
- Su comportamiento bajo impactos o deformaciones es similar al hormigón, mas no se fisura o se despega.
- Muy alta resistencia a la abrasión como resultado de la estructura de los agregados. (4)

Debido a que este tipo de recubrimiento soporta fuertes cambios de temperatura, resiste alta frecuencia de movimiento del personal y resiste la acción de químicos de limpieza, es la mejor opción para el piso de la planta. A continuación, se detalla el costo aproximado de instalación de este tipo de piso.

Para una superficie total de 76.95 m^2 en el área de producción se generan los siguientes costos, las fundas vienen en presentaciones de

17 Kg. a un costo de $ 116.48, dependiendo del espesor de la cobertura en el piso el costo de instalación va a variar. Si tiene un espesor de 4 mm.es de $ 4,158.21 y si el espesor es de 6 mm. el costo total es de $ 5,949.86 como se detalla en la tabla 2, a causa de asegurar la durabilidad del piso se opta por usar el espesor de 6 mm.

Tabla 2

Costo de Instalación de Recubrimiento para Piso.

Superficie Total	Espesor	Costos Totales
76.95 m2	4 mm	$4,158.21
	6 mm	$5,949.86

Fuente: Sika S.A. (4)

Además de las características necesarias en el piso, descritas anteriormente, se recomienda la construcción del piso con las siguientes especificaciones:

- Uniones de paredes a suelos redondeadas con un ángulo de 30º.

Paredes y Techos.

Las paredes deben estar construidas de materiales duraderos, impermeables, de color claro, de superficies lisas, para que no impliquen contaminación del entorno o de los alimentos. Estas características deben cumplirse, al menos hasta una altura conveniente para evitar todo riesgo de contaminación y para facilitar las operaciones de limpieza y desinfección, mínimo recomendado de 2 metros. (3)

En la tabla 3 se resumen las características que deben considerarse en las paredes interiores y techos.

TABLA 3
CARACTERÍSTICAS DE LAS PAREDES Y TECHOS.

Paredes Interiores y Techos.
Paredes: • Lisas y Planas. • Resistentes al desgaste y a la corrosión. • Fáciles de Limpiar. • Resistentes a los productos de limpieza Juntas Redondeadas. Revestimiento. Mantenimiento (limpiabilidad y frecuencia de reparación).

Fuente: A. CaspVanaclocha. (3)

Siguiendo las recomendaciones de la Tabla 3, se realizan las siguientes adecuaciones a las instalaciones de la planta:

- Las paredes tienen tres metros de altura y las uniones con las paredes son cóncavas.
- Las paredes de la planta deben ser pintadas de colores claros resistentes a la humedad y de fácil acceso para la limpieza.

Uno de los materiales más usados como recubrimiento para las industrias de fabricación de alimentos son las pinturas epóxicas, estos recubrimientos especiales para alimentos cumplen con todas las normas y características descritas en la Tabla 2, a continuación se detalla las ventajas del recubrimiento epóxico.

Ventajas.

- Secado Rápido al Tacto.
- Desarrollo de altas resistencias: mecánicas y químicas en corto tiempo.
- Buena resistencia química, al desgaste y a la tensión.
- Utilizable al contacto con el agua.

Drenaje.

Un sistema de drenaje bien instalado es absolutamente necesario para evacuar rápidamente los desechos líquidos. Estos drenajes deben permitir la limpieza y saneamiento del suelo con facilidad y eficacia. (3)

Deben estar colocados e instalados para drenar todos los líquidos inservibles y para ello están en el fondo de las pendientes de los suelos o canalones si los hay. Tanto los desagües como los canalones deben estar equipados con rejillas y sumideros que permitan detener los desechos sólidos. Se recomienda: (3)

- Desagües con sifón fácil acceso a inspeccionar, y con cubeta filtrante interior, de extracción rápida y simple. (3)
- Sumideros y rejillas de desagües fácilmente extraíbles y limpiables, que no sobresalgan del nivel del suelo para evitar la retención de agua a su alrededor, y con orificios de diámetro inferior a 6 mm. (3)

Debido a la cercanía que tiene la planta con el sistema alcantarillado de la cooperativa Hogar de Nazaret se decide colocar la canaleta principal

de la planta cerca de esta. A continuación, en la Figura 2.1 se muestra la ubicación del canal de drenaje en el área de producción.

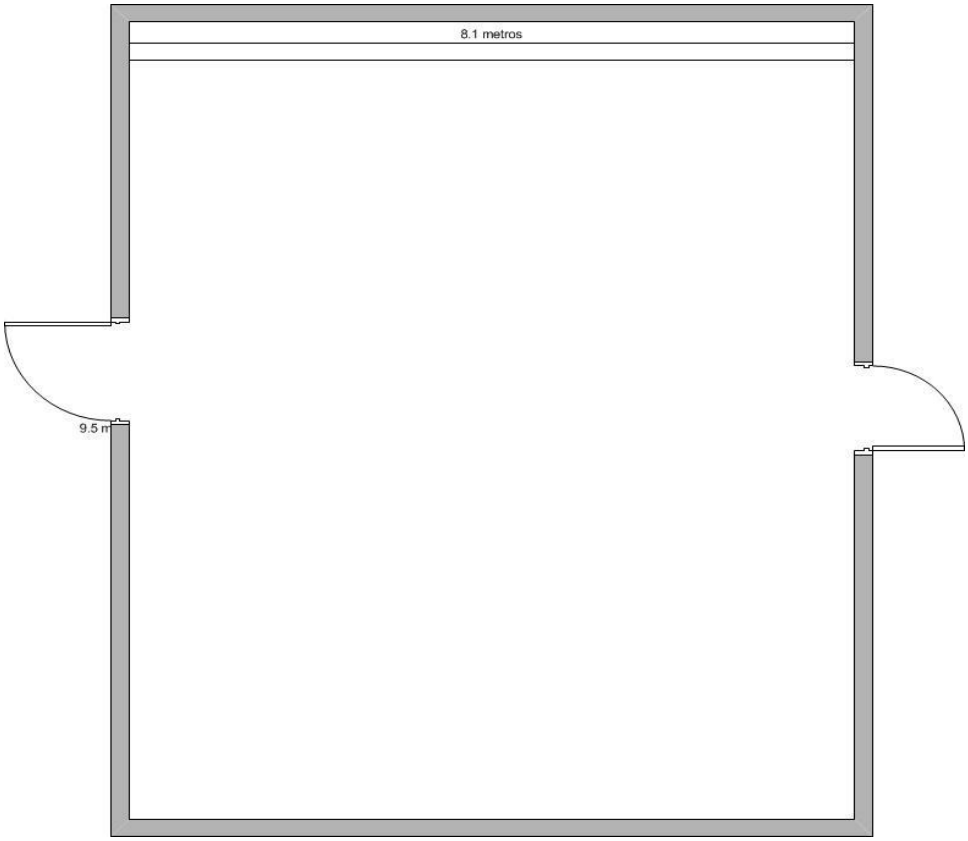


FIGURA 2.1 UBICACIÓN DEL CANAL DE DRENAJE

2.2 Ventanas, Puertas y Otras Vías de Acceso.

Las vías de acceso a la planta tienen que garantizar el aislamiento necesario del interior de la planta para prevenir el ingreso innecesario de aire del exterior, de polvo, insectos, roedores, y otros animales.

La planta tiene 3 vías de acceso dos de estas vías se localizan en la bodega, y la otra en el área de despacho de producto terminado. Para poder aislar el área de producción, se recomienda que las entradas a la planta no estén directamente conectadas con el exterior. A continuación, se indica la distribución de las vías de acceso a la planta:

- Una de las entradas está ubicada en la bodega se usa para el ingreso del personal de planta y administrativo.

- Otra vía de acceso está ubicada en la bodega y es usada para el ingreso de pallets con materia prima para la producción de leche de soya.

- Por último y no menos importante, en el área de despacho de producto terminado está ubicada la última vía de acceso, que es el punto de donde se distribuye la producción hacia las diferentes escuelas de la localidad.

En la Fig. 2.2 y 2.3 se encuentran localizadas las entradas y salidas de la plan.

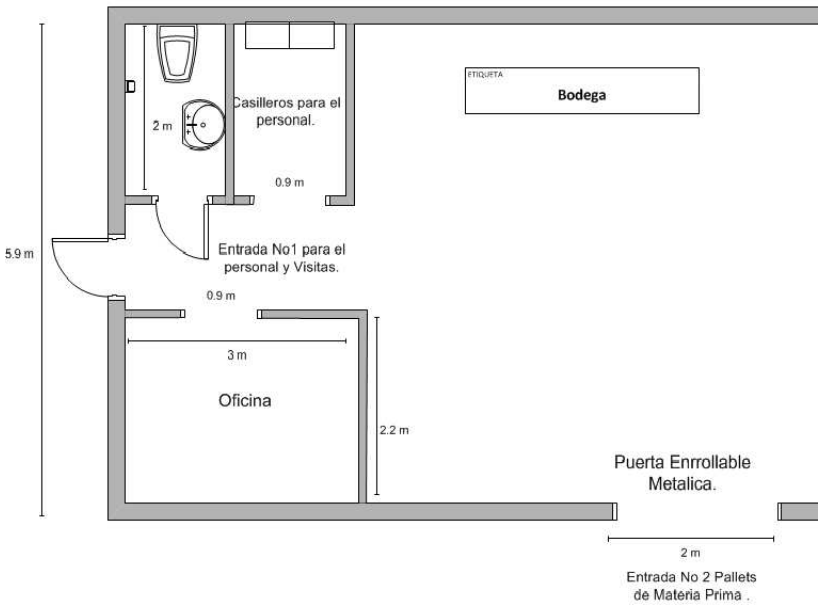


FIGURA 2.2. ENTRADAS Y SALIDAS DE BODEGA.

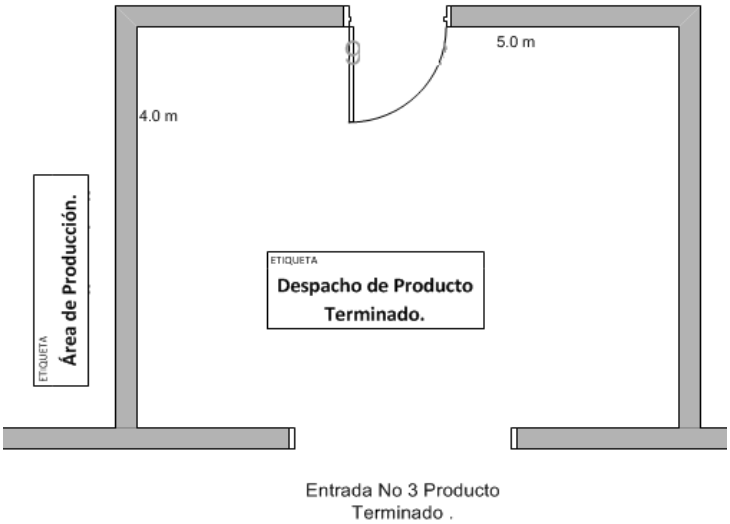


FIGURA 2.3. SALIDA DE PRODUCTO TERMINADO.

Además, las vías de acceso ubicadas en la bodega poseen cortinas plásticas, en las entradas se deben instalar ventiladores en contra corriente que evitaran el ingreso de insectos y aire del exterior al interior de la bodega y planta.

Las ventanas ubicadas en el área de producción tienen rejillas removibles de protección las cuales se limpian una vez cada 15 días.

2.3 Instalaciones Sanitarias.

La primera protección del producto consiste en la puesta en marcha de condiciones Higiénicas en las instalaciones que permitan dotar al personal de todas las facilidades necesarias para la elaboración de alimentos aptos para el consumo humano, por lo que a continuación se detalla la ubicación y detalles de los Servicios Higiénico y Vestuarios.

Vestuarios y Servicios Higiénicos.

En todas las plantas de elaboración de productos alimenticios es indispensable el uso de ropa de trabajo y de determinados accesorios como por ejemplo botas, guantes, cofias, mascarillas y mandil dependiendo de la sensibilidad de la zona de trabajo. Estos accesorios y ropa de trabajo cumplen las siguientes funciones:

- Proteger al personal de heridas y lesiones.
- Proteger al personal y al alimento de posibles contaminaciones. (3)

Por estas razones, es necesaria la colocación del vestuario previo al ingreso a las zonas de producción, por lo que en la Figura 2.5 se determina las dimensiones del vestuario y su ubicación.

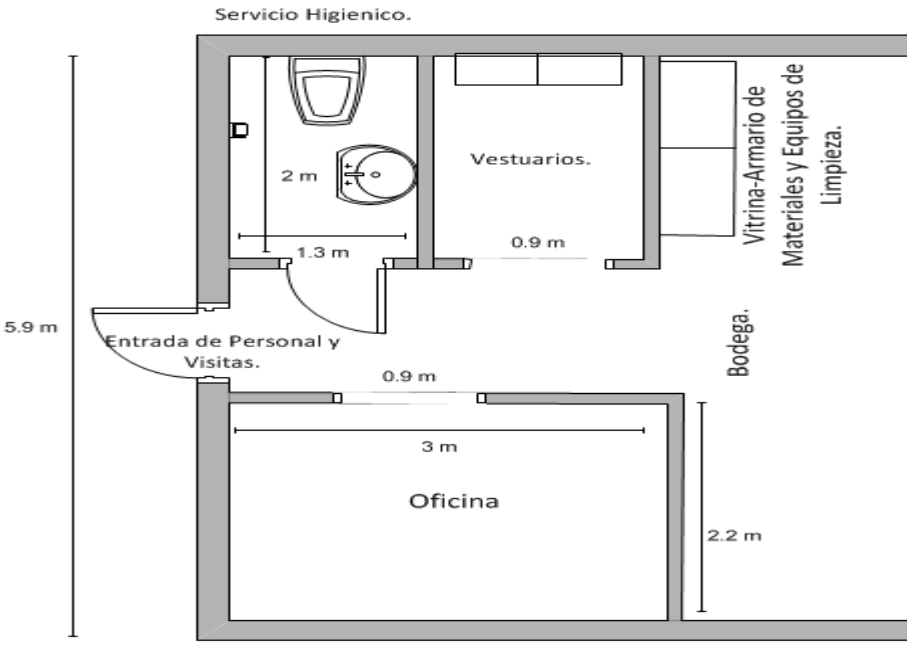


FIGURA 2.4. VESTUARIO Y SERVICIO HIGIÉNICO.

El vestuario debe estar situado previo al ingreso a áreas sensibles como son el área de producción y como se observa en la figura 2.5, está ubicado a 1,3 metros de la entrada que se encuentra en la bodega, esto permite que el personal pueda realizar el cambio de su ropa antes del ingreso al área de producción y al mismo tiempo dejar todos los objetos que no puede llevar dentro de planta como aretes, anillos, relojes, etc. Además, tiene una superficie de 4,7 m^2, en el interior están ubicados 4 casilleros de metal para la ubicación de las pertenencias y ropa de los operadores de la planta.

Tanto el vestuario como el baño no deben tener acceso directo hacia las áreas de producción, por lo que estas dos localidades se encuentran a la entrada del ingreso a bodega, lo cual permite cumplir con este criterio y evitar posibles contaminaciones cruzadas.

El baño está ubicado a la entrada al área de bodega, además este posee una ducha, Servicio Higiénico y lavamanos el cual tiene un dispensador de jabón líquido, de papel toalla y un cepillo para uñas.

Lavamanos y Pediluvios.

Es necesario facilitar el lavado de manos y la limpieza del calzado a todo el personal para promover la higiene dentro de la planta y evitar la contaminación del producto, además deben hallarse en zonas donde impidan el traslado de agentes contaminantes al área de producción; por lo que se recomienda ubicar lavamanos y pediluvios en los siguientes lugares:

- Sanitarios y Vestuarios.
- A la entrada de las zonas de producción, lo que obliga imperativamente al personal a lavarse las manos y tener las botas limpias cada vez que ingresa al área de producción.

La sola ubicación de los lavamanos en los lugares indicados es una de las protecciones que se pueden usar para mantener la higiene, pero para reforzar la higiene los lavabos y pediluvios deben tener las características mencionadas en la Tabla 4.

TABLA 4.

CARACTERÍSTICAS DE LAVAMANOS Y PEDILUVIOS.

<table>
<tr><th>Lavamanos</th><th>Pediluvios.</th></tr>
<tr><td>Agua Tibia o premezclada con cloro.</td><td>Se debe utilizar con una solución sanitizante que permita la eliminación de microorganismos.</td></tr>
<tr><td>Mando no Manual.</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Distribuidores de productos de jabón líquido y alcohol gel desmontables y limpiables.</td></tr>
<tr><td>Distribuidor de papel de uso único con una papelera única.</td><td>Dependiendo del lugar se podrá usar pediluvios, tapices, esclusa de seguridad de entrada.</td></tr>
</table>

Fuente: A. CaspVanaclocha. (3)

Por los argumentos citados anteriormente, se propone la colocación de dos lavamanos, uno a la entrada del baño y el otro a la entrada del área de producción, los cuales tendrán dispensadores agua con una concentración de cloro de 0,3 a 1,5 ppm., además de jabón líquido, papel toalla y alcohol gel desmontable. En cuanto a los pediluvios debe estar situado uno en la entrada a la planta y el otro en la entrada al área de producción. En la entrada a la planta y a producción se ubican dos tapices con una solución de amonio cuaternario con una concentración de 800 a 1000 ppm.

2.4 Ventilación.

La ventilación en una planta de alimentos juega un papel importante proporcionando un ambiente limpio mediante el suministro de aire fresco y conjuntamente conlleva la eliminación de contaminantes y del calor producido por los equipos durante el proceso. (3)

Para conocer la cantidad, ubicación y potencia de los equipos requeridos en el área de producción se realizan cálculos de la carga térmica estimada con motivo de no sobredimensionar la ventilación requerida en el local y mejorar el uso de los recursos. Cuando se hacen los cálculos de las instalaciones se fijan valores para la temperatura interior y exterior, la hora solar del proyecto, ubicación geográfica de la planta, superficie del local, volumen de aire en el local. Todo esto, con la finalidad de obtener valores lo más cercanos a la realidad. Para poder fijar los valores mencionados anteriormente, corresponde definir ciertos términos que se emplean durante los cálculos y que ayudan a especificar los valores que se necesitan para hallar el resultado esperado.

La carga térmica es el calor por unidad de tiempo que, por diferentes conceptos, entra o se genera en un local cuando mantenemos en este

una temperatura inferior a la del exterior (5). La ventilación necesaria para las instalaciones depende del resultado de la carga térmica obtenida a partir de la suma del calor sensible y el calor latente, ambos componentes dependen de una serie de factores que se irá explicando. Tanto la carga sensible como la latente se deben a distintos conceptos, que deben calcularse por separado, estos conceptos son los siguientes:

La carga sensible se la denomina con las letras Cs para abreviar su nomenclatura, además se integra con un número para evitar la confusión entre los distintos calores sensibles.

Cs1. Calor Sensible correspondiente a la radiación solar a través de ventanas, claraboyas o lucernarios.

Cs2. Calor Sensible correspondiente a la radiación y transmisión a través de paredes y techo.

Cs3 Calor Sensible transmitidos a través de paredes y techo no exteriores.

Cs4. Calor Sensible debido al aire de infiltraciones.

Cs5. Calor Sensible generado por las personas que ocupan el local.

Cs6. Calor Sensible generado por la iluminación del local.

Cs7. Calor Sensible generado por las máquinas en el interior del local.

Debido a que en este sistema no se realiza el cambio de estado, la carga debida al calor latente no se calcula, con la nomenclatura a usar ya establecida se procede a establecer las condiciones internas y externas en las que se encuentra el local y finalmente se procede al cálculo de la carga térmica del área de producción.

Cálculo de Carga Térmica en el Área de Producción.

En el apéndice 1 se determina el valor de cada uno de los factores necesarios para conocer la carga térmica total, los cuales se pueden observar en la tabla 5.

TABLA 5

CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN.

	Resultado en Kcal/h
Cs1	282,6
Cs2	833,98
Cs3	561,94
Cs4	N/A
Cs5	200
Cs6	N/A
Cs7	4818,24
Cs Total	6696,75

Se establece un factor de seguridad de 10% adicional a los cálculos efectuados.

Carga Sensible Total.

$$Q_{STotal} = (6696{,}75 \text{ Kcal/h} \times 1{,}1)$$

$$Q_{STotal} = 7366{,}43 \text{ Kcal / h}$$

Con el resultado obtenido se procede a calcular el caudal de aire que se necesita cambiar en la planta.

G= Caudal en m^3/h

Ta = Temperatura del ambiente

Ti = Temperatura de inyección

Q_s= Calor Sensible Total

Cp= Calor Especifico Kcal/Kg ^oC

ρ= Densidad del Aire en Kg/m^3

$$G = Q_s / (Cp \times \rho \times (Ta - Ti) \qquad \text{(ec. 2.1)}$$

$$G = \frac{7366{,}43 \ \frac{Kcal}{h}}{0{,}24 \ \frac{Kcal}{Kg - ℃} \times 1{,}2 \frac{Kg}{m^3} \times (30 \ ℃ - 20 \ ℃)}$$

$$G = 2557{,}79 \ m^3/h$$

El caudal calculado G indica la cantidad de renovaciones de aire que se producen en la planta como se ve a continuación.

Volumen Interior de la Planta = L x D x H

V= 8,1m* 7,5m * 3m

V= 185,25 m^3

Rec= G / V (ec 2.2)

Rec= 2557,79 / 185,25

Rec= 13,8 renovaciones/hora

En 13 renovaciones.

G = 185,25 * 13

G = 2408,25 m^3/ h

Por efectos prácticos y recomendaciones bibliográficas se redujo el número de renovaciones de aire a 13 que equivale a 2408,25 m^3/h.

El resultado de los cálculos indica que se deben realizar 13 renovaciones de aire en una hora, el cual es un valor que se acerca al valor de la tabla del apéndice 4 que recomienda de 7 a 14 renovaciones de aire en las industrias alimenticias.

2.5 Iluminación.

La Iluminación es esencialmente imprescindible en el trabajo realizado por el personal de planta por lo que se necesita disponer de luz adecuadamente distribuida y en la intensidad suficiente para mantener limpias las instalaciones y facilitar el trabajo de producción.

Existen muchas consideraciones que se deben tomar antes de distribuir la iluminación dentro de planta, por lo que se establecen las siguientes condiciones antes de determinar la iluminación del interior de la planta.

Determinación del nivel de iluminación.

El nivel de iluminación en el aspecto laboral influye considerablemente en la producción y calidad del trabajo, debido a que el personal trabaja más a gusto con elevados niveles de iluminación, lo que influye naturalmente en la calidad del producto. (6) Por lo que el primer paso es elegir el nivel de iluminación adecuado para la instalación determinada en la tabla 6.

TABLA 6

NIVELES DE ILUMINACIÓN MÍNIMA Y DE ILUMINACIÓN RECOMENDADA. (6)

Lecherías	Min. Lux	Max. Lux
Muelle de desembarque.	70	100
Tratamiento de la Leche.-Puesta en botellas.	200	300
Distribución de los Recipientes	100	150
Laboratorios	300	500

De la tabla 6 se puede deducir cuál de estas opciones se apega más a la realidad y por lo que se elige la zona de tratamiento de leche y Puesta en botellas el cual posee un valor entre 200-300 Luxes. Se elige esta zona, debido a que la zona a iluminar posee las dos áreas en su interior tanto el tratamiento de la leche y su llenado.

Elección del tipo de lámpara y sistema de iluminación.

Continuando con los fundamentos para la elección del tipo de lámpara se considera como la mejor opción para la iluminación en planta a la lámpara fluorescente, debido a que en este tipo de lámpara predominan los tonos blancos de luz, fríos y neutros del espectro. Además, ha de alcanzar o sobrepasar 200 luxes y funcionan por un elevado número de horas al año 2000 horas o más. (6)

La iluminación directa es apropiada para la obtención de altos niveles de iluminación, sobre el plano de las mesas y los puestos de trabajo, además deja en la sombra las partes superiores del local, por lo tanto, reduce las pérdidas de luz. El inconveniente de este sistema es que necesita aumentar los aparatos de alumbrado, con el propósito de conseguir que cada objeto iluminado reciba luz en todas direcciones.

Se establece la facultad de poder trabajar con luz solar en el día y luz artificial durante las noches, en el caso de que se llegue a necesitar trabajar en las noches. En la tabla 7 se detalla las dimensiones y características del área de producción con los cuales se desarrollan los cálculos para la iluminación:

TABLA 7

DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN.

Largo	8,2 m
Ancho	9,5 m
Alto	3 m
Superficie	77,9 m^2
Color del techo	Blanco
Color de las Paredes	Blanco
Tipo de Lámpara	Fluorescente
Sistema de Iluminación	Directa Rendimiento=0,45
Iluminación Para Industrias Alimenticias. **	Mínimo: 200 Luxes Recomendado: 300 Luxes

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

Dada las características de las mesas de trabajo se usa un plano de trabajo de 0,85 metros del suelo, esto permite conocer la distancia al plano de trabajo.

Como punto de partida se establece a partir de los primeros cálculos la distribución de las luminarias, para finalizar con la potencia de cada fluorescente, como se procede a continuación:

** Tabla de Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, Apartado IV Locales Industriales (Industrias Alimenticias) se expresan los siguientes valores.

Distancia al Plano de Trabajo= Altura del Local – Plano Útil de Trabajo.

$$d = H - 0{,}85 \qquad \text{(ec 2.3)}$$

$$d = 3\ m - 0{,}85\ m$$

$$d = 2{,}15\ m$$

La distancia de las fluorescentes al techo es de cero debido a que estas están empotradas al techo.

La situación de los aparatos de alumbrado dentro de un local depende evidentemente de la forma que tenga la superficie de trabajo (6), para esto hay dos variables que permiten distribuir la iluminación dentro del perímetro de trabajo y son las siguientes:

e= distancia horizontal entre dos focos contiguos.

e´= distancia entre luminarias externas y pared.

d= distancia vertical de los focos al plano útil de trabajo.

La distribución de las luminarias está establecida por e y e´, pero antes de poder conocer estas dos variables se debe determinar el tipo de iluminación la cual puede ser directa o indirecta y si las luminarias son

del tipo extensivas o intensivas, de acuerdo a la altura del local, las normas a seguir son las siguientes.

Aparatos Extensivos = Locales con altura hasta de 4 metros. (6)

$\varphi < 0{,}4$ aparatos Extensivos e/d ≤1,6

$$e = 1{,}6 \times 2{,}15m$$

$$e = 3{,}44\ m$$

Para todos los sistemas de iluminación (directa, indirecta, etc.), para determinar la distancia desde los aparatos de alumbrado a los muros o paredes, en general se adopta esta ecuación.

$$e' = \frac{e}{2} \qquad \text{(ec 2.4)}$$

$$e' = \frac{3{,}44}{2}$$

$$e' = 1{,}72\ \text{m}$$

Para poder distribuir equitativamente la iluminación se debe conocer la cantidad exacta de fluorescentes y así distribuirlas del mejor modo, en los siguientes cálculos se determina el número de fluorescente mediante el uso de las siguientes ecuaciones.

Núm. Mínimo de Luminarias según la longitud.

$$n = \frac{L+1{,}5\ d-2*0{,}75}{1{,}5\ d} \qquad \text{(ec 2.5)}$$

Se llamará a: L= longitud total del local a iluminar y d= distancia al plano de trabajo y A= Ancho del Local.

$$n = \frac{8{,}2 + 1{,}5 \times 2{,}15 - 2 \times 0{,}75}{1{,}5 \times 2{,}15}$$

n= 2

Número Mínimo de Luminarias según el ancho del local.

$$n` = \frac{A}{1{,}5\ d} \qquad \text{(ec 2.6)}$$

Se Reemplaza las variables de la fórmula.

$$n` = \frac{9{,}5}{1{,}5 \times 2{,}15}$$

$$n` = 3$$

El número mínimo total de aparatos de alumbrado es igual a.

$$n_{min} = n \times n`$$

$$n_{min} = 2 \times 3$$

$$n_{min} = 6$$

Para calcular el flujo luminoso total se relaciona la altura, longitud y ancho del local con un coeficiente denominado índice del local y viene expresado por la siguiente fórmula.

$$K = \frac{2L+8A}{10H} \qquad \text{(ec 2.7)}$$

K= Índice del Local.

L= Longitud del local en m.

A= Anchura del local en m.

H= Altura en m

Reemplazando las variables de las fórmulas da el siguiente resultado.

$$K = \frac{2 * 8{,}2 + 8 \times 9{,}5}{10 \times 3}$$

$$K = 4,3$$

A partir del cálculo del índice del local se usan las tablas que se encuentran en el apéndice 2 y 3para establecer el flujo luminoso necesario para producir una iluminación sobre la superficie útil de trabajo, por lo que a continuación se define cada una de las variables en esta fórmula.

$$\varphi o = \frac{E \times S \times \delta}{u} \qquad \text{(ec 2.8)}$$

φo= Flujo Luminoso Necesario para Iluminar un Local.

E= Iluminación Recomendada 300 Lúmenes.

S= Superficie del área de trabajo 77,9 m^2.

δ=Factor de Depreciación 1,25. (Ensuciamiento Normal con Limpieza de un año) Apéndice 2.

u= Factor de Utilización para Lámparas Fluorescentes con iluminación Directa con pantalla difusora 0, 48. Apéndice 8.

Reemplazando en la fórmula se obtiene el siguiente resultado.

$$\varphi o = \frac{300\ Lúmen \times 77{,}9\ m^2 \times 1{,}25}{0{,}48}$$

$$\varphi o = 60859\ \text{Lúmenes}$$

El flujo luminoso de una lámpara fluorescente de 65 W. es de 4750 Lúmenes, por lo tanto con el uso de fluorescentes con esta potencia se obtienen los siguientes resultados en cuanto al número definitivo de luminarias.

$$N = \frac{\varphi o}{\varphi} \qquad \text{(ec 2.9)}$$

$$N = \frac{60859\ Lúmenes}{4750\ Lúmenes}$$

$$N = 13\ Fluorescentes$$

Dado que se distribuye las fluorescentes en unidades de dos fluorescentes solo se utilizan 12 fluorescentes, dando un total de 57000 Lúmenes.

Conociendo el número de fluorescente, se puede saber la iluminación final sobre el plano de trabajo, reemplazando los valores en la siguiente fórmula.

$$E = \frac{\varphi o \times u}{s \times \delta} \qquad \text{(ec 2.10)}$$

$$E = \frac{57000\ Lúmen \times 0{,}48}{77{,}9\ m^2\ \times 1{,}25} \qquad E = 281\ Luxes$$

El resultado obtenido con 12 Fluorescentes de 65 Watts satisface las necesidades de iluminación de la planta. En la figura 2.6 se establece la distribución de las fluorescentes en el área de trabajo.

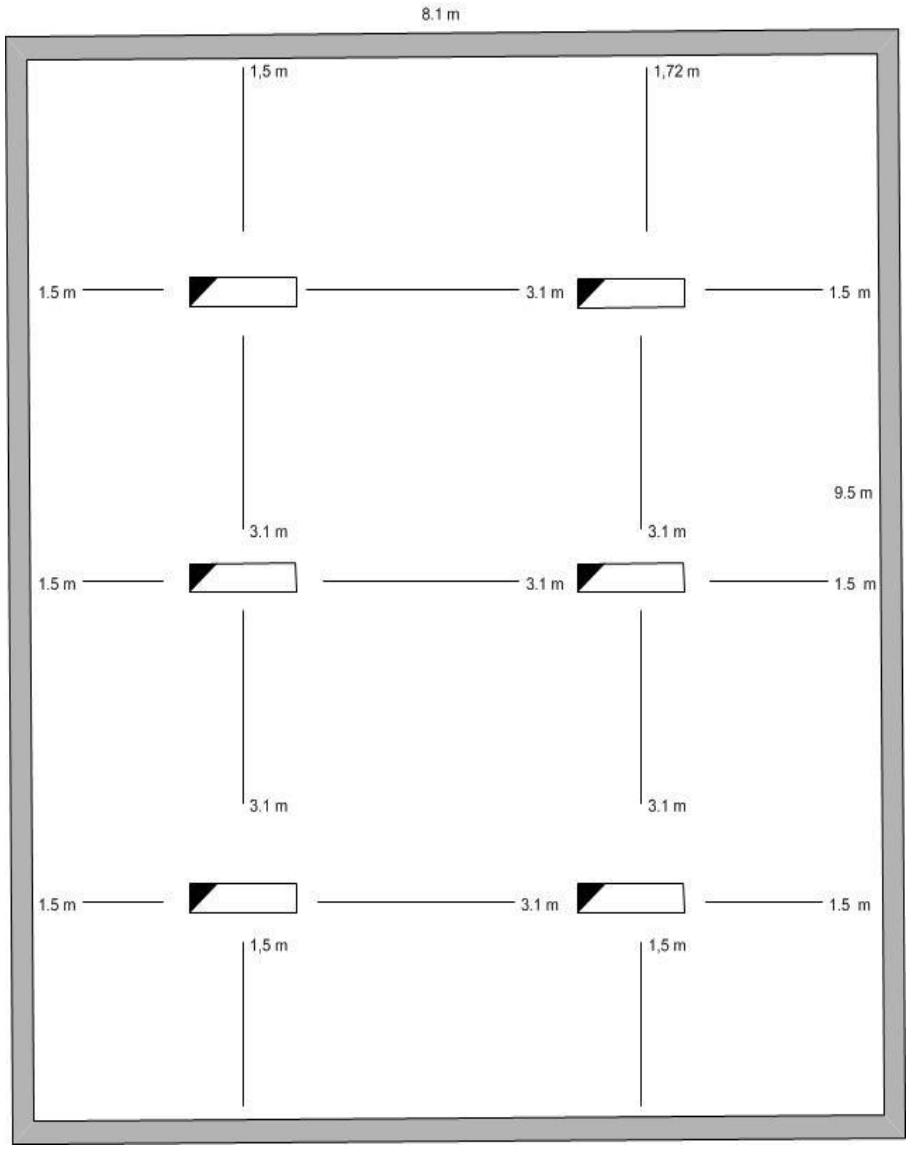


FIGURA 2.5. DISTRIBUCIÓN DE FLUORESCENTES EN ÁREA DE PRODUCCIÓN

2.6 ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD.

En la elaboración de alimentos es necesario tener control sobre la inocuidad de todos los materiales y equipos usados antes, durante y al finalizar la producción.

ESPECIFICACIONES DE LAS MATERIAS PRIMAS.

Las dos materias primas mayormente usadas en la producción de leche soya son: la soya, agua, azúcar y en menor proporción saborizantes.

Los parámetros más importantes a evaluar en la soya, la humedad e impurezas. La humedad del grano en los centros de acopio varía entre 10 y 15% de humedad. Por efecto de almacenar el grano por más tiempo en bodega, se recomienda una humedad entre 12 y 14%, además con un máximo de 2% de impurezas. Con los tamices Nos. 8 y 12 se retiran las impurezas y granos dañados.

Para la conservación del agua usada en la producción de leche de soya se almacena el agua en un tanque al cual se le agrega cloro hasta obtener una concentración de 0,3 a 1,5 ppm. de cloro. Para la eliminación de bacterias se requiere poca cantidad de cloro, alrededor de 0,2 mg/lt- 0,4 mg/lt, (www.6) con esta concentración de cloro en el

agua se eliminan la mayoría de los microorganismos presentes. Además de añadir cloro al agua, ésta debe pasar por un sistema de dos filtros, el primero está compuesto de cerámica de cuarzo y plata y el segundo compuesto de carbón activado; estos dos filtros retienen e inhiben bacterias como Shiguella, coliformes y salmonella, además de olores y sabores como se muestra en la tabla del apéndice5.

El azúcar y los saborizantes se almacenan en bodega, por lo que no se tiene mayor control sobre estas materias primas.

LIMPIEZA DE EQUIPOS Y SUPERFICIES EN CONTACTO CON EL ALIMENTO.

La limpieza de equipos se lleva a cabo antes de iniciar la producción de leche y al finalizar la producción de leche de soya, la desinfección de tuberías y equipos se lleva a cabo como se describe a continuación:

- Se prepara una solución de Amonio al 0,8%, esta solución se la pasa por las tuberías del extractor de leche de soya por 15 minutos. Luego, la misma solución es llevada directamente hasta la bomba que transporta la solución hasta el mezclador el cual recircula la solución por la bomba y tanque por 5 minutos más.

Después, la solución pasa a la llenadora por 10 minutos y finalmente enjuaga con agua los equipos y tuberías.

- Por último, se enjuaga con agua caliente a 90^{o}C por 15 minutos para quitar cualquier residuo de soda o amonio en las tuberías o bombas se tomó el pH del agua al salir de la llenadora para validar la limpieza de las tuberías, el pH del agua debe estar entre 6,5 y 7,5.

- Además, como último control de los equipos usados en la producción de leche de soya se limpia manualmente las telas usadas en el filtro prensa para luego calentar las mallas con agua caliente por 15 minutos.

- Además de la limpieza de equipos se limpia las botellas con una solución de Cloro de 1 ppm., garantizando así su desinfección.

CAPÍTULO 3

3. DISEŇO DE PLANTA.

3.1 Instalaciones y Disponibilidad de Espacios Existente.

Para el montaje de la planta, se dispone de un espacio de 256,3 $m^{2.}$ distribuidos de la siguiente forma:

- Interior de la planta: 193,8 $m^{2.}$ del área de Producción y Despacho de leche de Soya con una forma rectangular (20,4 m x 9,5 m).
- Además el área de Bodega y Oficinas que ocupan un área de 62,5 m^2 (10,6 m x 5,9 m).

Es importante anotar que no se consideran las áreas externas al edificio en el diseño de la planta.

En la tabla 8 se determina las áreas internas de la planta con sus respectivas dimensiones:

TABLA 8

DIMENSIONES DE LOS DEPARTAMENTOS

Nombre del Departamento.	Dimensiones
1. Bodega de Materia Prima	7,6 m x 5,9 m
2.Facilidades Sanitarias	2 m x 1,25 m
3.Casilleros para el Personal	2 m x 0,9 m
4.Oficina	3 m x 2,2 m
5.Despacho de Producto Terminado	5 m x 4 m
6.Área de Refrigeración de Producto Terminado.	4,3 m x 2,9 m
7.Área de Producción de Subproductos de Leche de Soya.	4,3 m x 2,9 m
8.Área de Producción.	9,5 m x 8,1 m
9.Área de Envasado	8,1 m x 2 m

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

3.2 LayOut de la Planta.

Esta metodología conocida como LayOut ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta, el método resumido en la Figura 3.1 reúne las ventajas e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos. (7)

En la figura 3.1el diagrama brinda una visión general de la Planificación Sistemática de un LayOut, lo cual indica como este sistema debe aplicarse en fases.

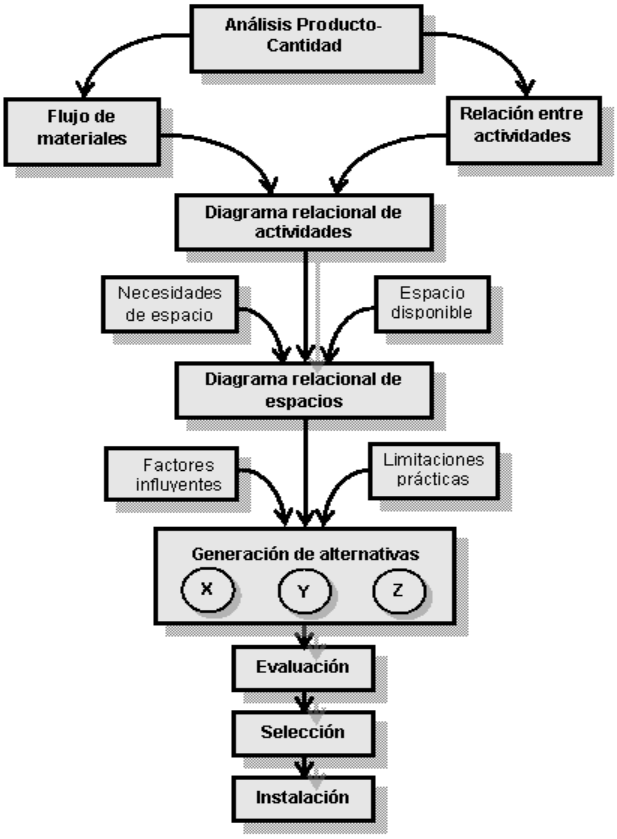


FIGURA 3.1 ESQUEMA DE PLANIFICACIÓN SISTEMÁTICA DE LAYOUT. (7)

Análisis producto-cantidad

Lo primero que se debe conocer para realizar una distribución en planta es qué se va a producir y en qué cantidades. A partir de este análisis es

posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso objeto de estudio. Si la gama de productos es muy amplia, conviene formar grupos de productos similares, para facilitar el tratamiento de la información y si la gama de productos es poco puede ser necesario realizar previsiones para cada uno de ellos. En este caso la producción de leche de soya no excede los 600 Litros Diarios.

Las gráficas P-Q proporcionan gran información acerca del tipo de distribución que se interesa implantar. Es por tanto, que se presenta a continuación los tipos básicos de distribución en planta:

- Distribución de posición fija: el material permanece en posición invariable, mientras q todo el proceso productivo, se desplaza hacia la posición ocupada por el material.

- Distribución por proceso (función): todas las operaciones (proceso) del mismo tipo se realizan en la misma área, es decir el material se mueve a través de departamentos o áreas.
- Distribución por producto (línea de producción): los equipos están colocados según la secuencia de las operaciones y cada operación está situada adyacente a la anterior.

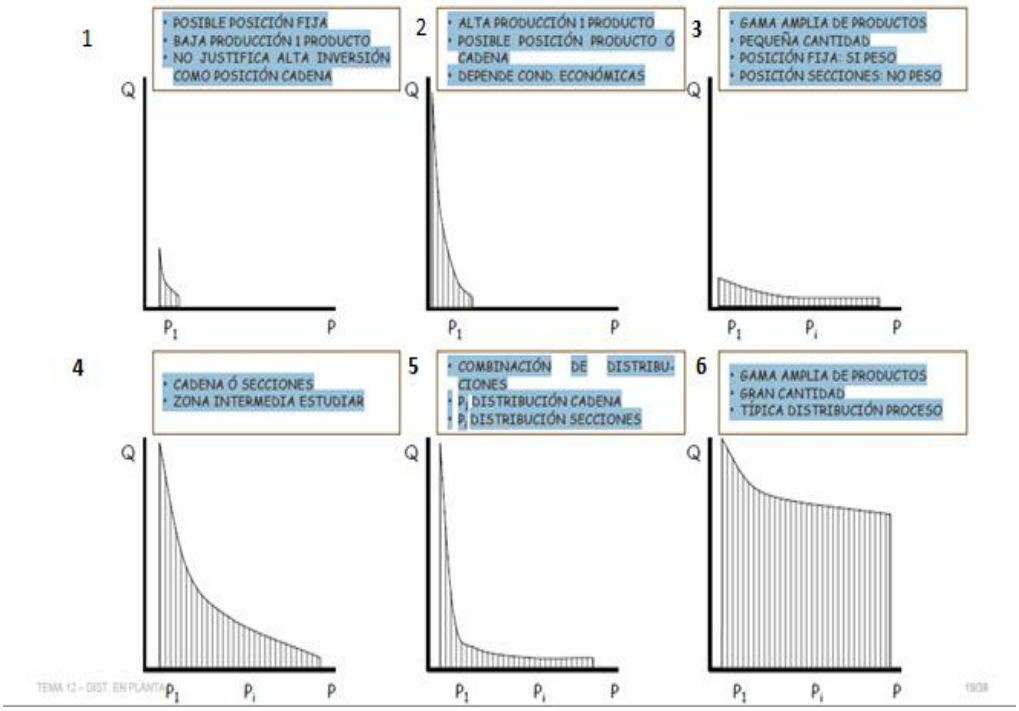


FIGURA 3.2 DIAGRAMA P-Q. www.7

En la Figura 3.2, el análisis P-Q, es igual al gráfico 1, con lo que se concluye, que en la planta no se necesita montar un alto grado de automatización debido a que las cantidades del producto son pequeñas. Pero a medida que pase el tiempo, se avanza a las siguientes etapas con más productos y en mayores cantidades según la cantidad de productos que se desarrollen en el futuro.

Análisis del Recorrido de los productos (flujo de producción)

Se trata en este paso de determinar la secuencia y la cantidad de los movimientos de los productos por las diferentes operaciones durante su procesado. A partir de la información del proceso productivo y de los volúmenes de producción, se elaboran gráficas y diagramas descriptivos del flujo de materiales.

El grafico P-Q, además de la ayuda expuesta, reporta información adicional sirviendo de guía para decidir el tipo de análisis del recorrido de los productos:

- Diagrama de Recorrido Sencillo
- Diagrama Multiproducto
- Tabla Matricial

La elección de uno u otro tipo de análisis está directamente relacionada con la cantidad de productos.

Así en el caso de pocos productos pero grandes cantidades se utiliza el Diagrama de Recorrido Sencillo que es el que se usa para indicar cada una de las operaciones del proceso.

En el Apéndice 6 se presenta las operaciones básicas y relaciones de actividades con su respectiva simbología y en la Figura 3.3 el Diagrama de Recorrido Sencillo correspondiente a la planta.

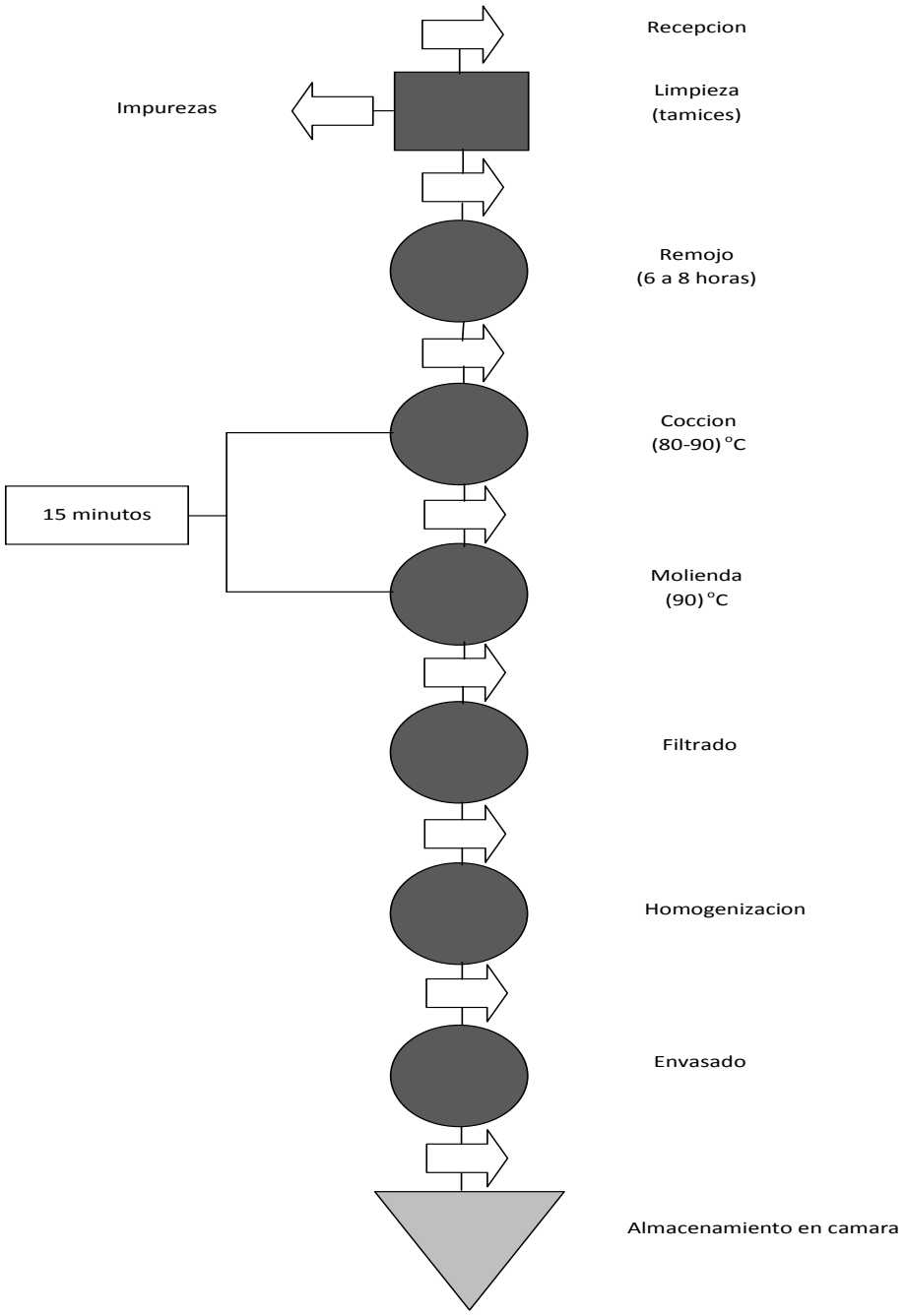


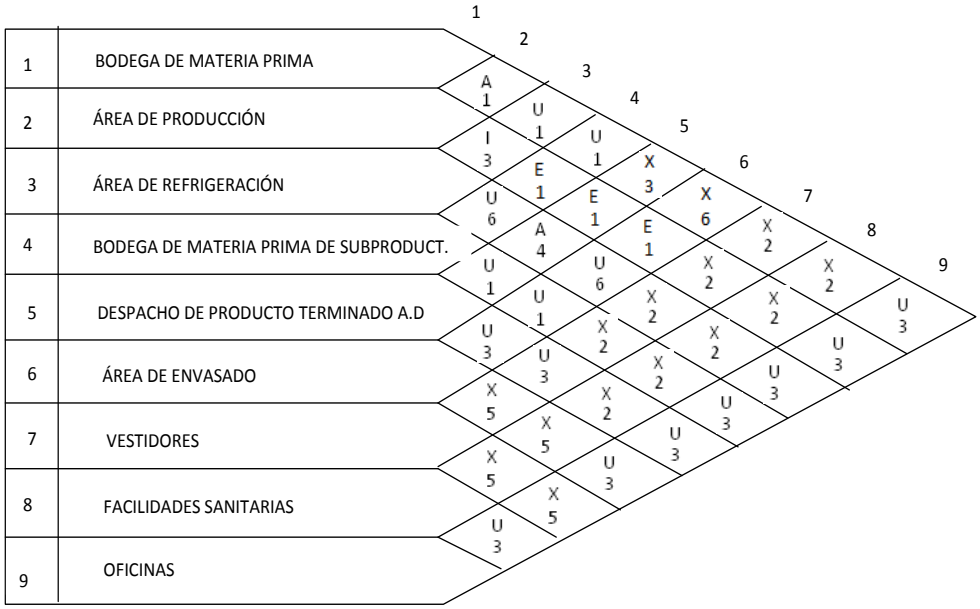
FIGURA 3.3 DIAGRAMA DE RECORRIDO SENCILLO.

Análisis de Relaciones Entre Actividades.

Conocido el recorrido de los productos, debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas. El flujo de materiales es solamente una razón para la proximidad de ciertas operaciones unas con otras.

La escala de valoración utilizada para reflejar la conveniencia de la proximidad de las actividades, propuesta para la T.R.A. (Tabla Relacional de Actividades) se encuentra en la Figura 3.4

La configuración de la Tabla Racional aumenta de acuerdo al análisis del problema, permitiendo considerar principios, hasta el momento no tenidos en cuenta, como el de la seguridad y confort y el de la integración, que ahora se hacen presentes al cualificar las relaciones.



MOTIVO	
1	Proximidad en el proceso
2	Higiene
3	Control
4	Frío
5	Malos olores, ruidos.
6	Seguridad del producto
7	Utilización de material común
8	Accesibilidad

Código	Indica Relación	Color Asociado
A	Absolutamente necesaria	Rojo
E	Especialmente importante	Amarillo
I	Importante	Verde
O	Ordinaria	Azul
U	Sin importancia	-
X	Rechazable	Marrón

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

FIGURA 3.4 TABLA RELACIONAL DE ACTIVIDADES.

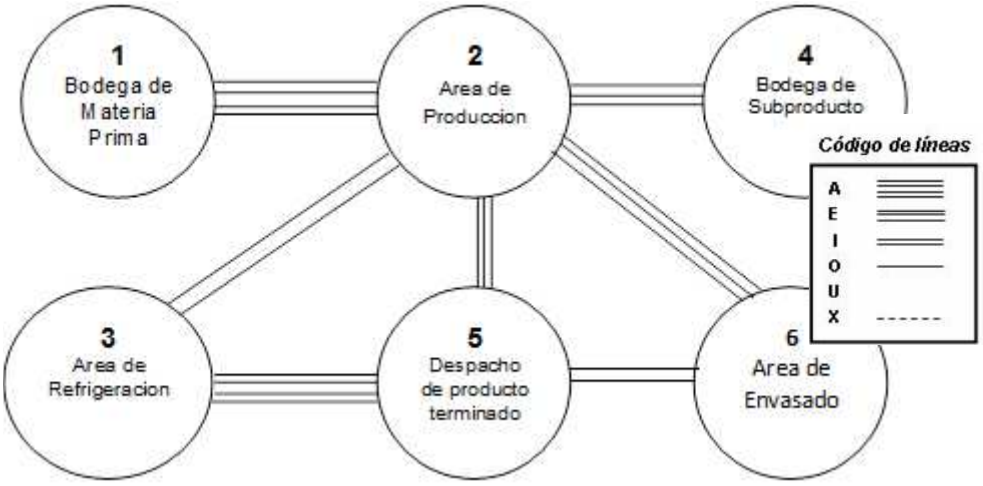
En la Figura 3.4 se presenta un modelo de la Tabla Relacional de Actividades para una Planta de Leche de Soya; en ella se puede observar cual es la relación que existe entre dos de ellas, por ejemplo

entre la actividad “2” y la “6” basta con desplazarse a través de las líneas oblicuas correspondientes a cada una de ellas hasta encontrar la primera casilla común, la tabla está dividida en casillas y estas en dos partes iguales por una línea horizontal. Se puede establecer además de la relación entre ambas los motivos por los que se asigna una determinada puntuación, en la parte superior se indica el grado de la proximidad elegido para la relación por medio de las escala indicada y en la parte inferior se señalan los motivos por los que se ha considerado la necesidad de proximidad. Con el fin que todo quede plasmado de una forma organizada, se asigna un número a cada una de las razones, bajo las que se estudian las relaciones; en la parte inferior de la casilla se indican cuáles son los motivos que justifican el valor adoptado.

Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades

La información recogida hasta el momento, referente tanto a las relaciones entre las actividades como a la importancia relativa de la proximidad entre ellas, es recogida en el Diagrama Relacional de Actividades. Es necesario, por tanto, conseguir una representación gráfica, una visualización de estas relaciones y para ello se recurre a la teoría de los grafos. Los departamentos que deben acoger las actividades son adimensionales y no poseen una forma definida.

El diagrama es un grafo en el que las actividades son representadas por nodos unidos por líneas. Estas últimas representan la intensidad de la relación (A,E,I,O,U,X) entre las actividades unidas a partir del código de líneas que se muestra en la Figura 3.5.



Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

FIGURA 3.5 DIAGRAMA RELACIONAL DE ACTIVIDADES.

Mediante el uso de la tabla y el diagrama relacional de actividades se trata de conseguir distribuciones en las que las actividades con mayor flujo de materiales estén lo más próximas posible (cumpliendo el principio de la mínima distancia recorrida, y en las que la secuencia de las actividades sea similar).

Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios.

El hecho de no haber tenido en cuenta los espacios hasta ahora, no quiere decir que el cálculo de los espacios debe esperar a que las actividades ya figuren en el diagrama.

No obstante, este punto es delicado dado que el espacio es un recurso escaso, y por otra parte afinar demasiado sería perjudicial porque limitaría la flexibilidad de la implantación todavía no desarrollada totalmente. Además los continuos cambios (tecnológicos, en los productos, y en la demanda, etc.) obligan a prever posibles expansiones.

La obtención de alternativas factibles de distribución en el proceso de diseño, se debe planificar haciendo una revisión, tanto de la cantidad de superficie, como de la forma del área destinada a cada actividad.

No existe un procedimiento general ideal para el cálculo de las necesidades de espacio, se debe emplear el método más adecuado al nivel de detalle con el que se está trabajando, a la cantidad y exactitud de la información que se posee y a su propia experiencia previa. Hay que considerar que los resultados obtenidos son siempre previsiones, con base más o menos sólida, pero en general con cierto margen de error.

3.2.1 Distribución de la Áreas.

Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución.

La distribución en planta consiste, pues en el ordenamiento óptimo de las actividades industriales, incluyendo personal, equipos, almacenes, sistemas de mantenimiento de materiales y maquinarias. Este ordenamiento óptimo se centra en la distribución de las áreas de trabajo y del equipo, que sea más económica, para llevar a cabo el proceso productivo, al mismo tiempo, que la más segura y satisfactoria para el personal y para el entorno de la planta industrial, para ello se determina la propuesta que ofrece la mejor distribución en planta. Los métodos

más referenciados entre la literatura consultada con este fin se relacionan a continuación:

Métodos De Distribución De Una Planta

Realmente existe multitud de métodos, sin embargo por practicidad se los clasifica en métodos cuantitativos y métodos cualitativos.

Los Métodos Cuantitativos: Estos consideran la medición de los procesos y las distancias, es decir que minimizan el costo de transporte de un proceso a otro.

Los Métodos Cualitativos: En estos se busca darle importancia a los gustos o deseos subjetivos de que un departamento quede cerca o lejos de otro. En otras palabras en este tipo de ordenamiento los criterios que prevalecen son la comodidad. www.8

Se determina el uso de la distribución cuantitativa en la cual se disminuyeron las distancias a recorrer para reducir el tiempo de fabricación, mejorar las condiciones de trabajo, incrementar la productividad y disminuir los costos de producción.En el apéndice

7 se observa un diagrama general de la planta determinando los espacios de cada una de las áreas.

3.2.2 Distribución y Ubicación de Equipos.

La ubicación va a depender del producto, sus características, su complejidad y su mercado, se debe hacer una distribución de planta cuando hay una planta nueva, se quiere expandir o trasladar la anterior, o bien si se quiere reordenar o ajustar la distribución de la planta**.**

Tipos De Distribución.

1. **Distribución Por Posición Fija O Por Producto Estático.** En este caso lo más obvio es que el producto que se va a fabricar no puede ser movido, ya sea por su tamaño o porque simplemente debe ser hecho en ese sitio.

   Este tipo de trabajos por lo general exigen que la materia prima también se transporte a ese lugar o que si se trata de ensamblar el producto las partes viajen desde la fábrica hasta el punto final, con lo cual se debe tomar en cuenta esos costos y la mejor estrategia para disminuirlos.

2. **Distribución Por Proceso.** Las máquinas y servicios son agrupados de acuerdo las características de cada uno, es decir que si organiza su producción por proceso debe diferenciar claramente los pasos a los que somete su materia prima para dejar el producto terminado. Así mismo que debe haber estaciones de trabajo para cada uno.
3. **Distribución Por Producto.** Esta es la llamada línea de producción en cadena o serie. En esta, los accesorios, maquinas, servicios auxiliares etc. Son ubicados continuamente de tal modo que los procesos sean consecuencia del inmediatamente anterior.

Con respecto a las consideraciones de la maquinaria y equipos, los principales aspectos a tener en cuenta son el tipo de maquinaria requerida y el número de máquinas de cada clase, ya que siempre existe una interrelación entre la maquinaria y la distribución en planta. Desde el punto de vista de la distribución es necesario conocer la forma de los equipos y dimensiones. De manera que se ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan las materias, este es un

complemento de la mínima distancia recorrida, significa que el material se traslada progresivamente de cada operación o proceso al siguiente, hacia su terminación. El material se desliza a través de la planta sin interrupción.

Esto no quiere decir que la materia prima que pasa a través de los equipos tenga que desplazarse siempre en línea recta, ni limita el movimiento en una sola dirección, lo cual lleva a conocer el sistema de flujo a usar de los cuales se habla a continuación:

Sistemas De Flujo

Estos tratan la circulación dependiendo de la forma física del local, planta o taller con el que se cuenta.[www.8]

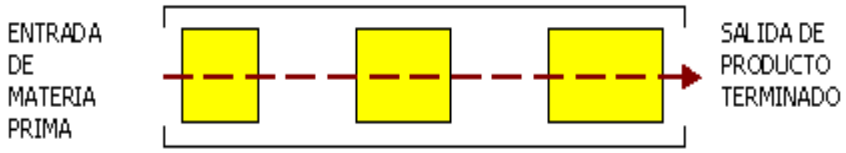


FIGURA 3.6 FLUJO EN LÍNEA

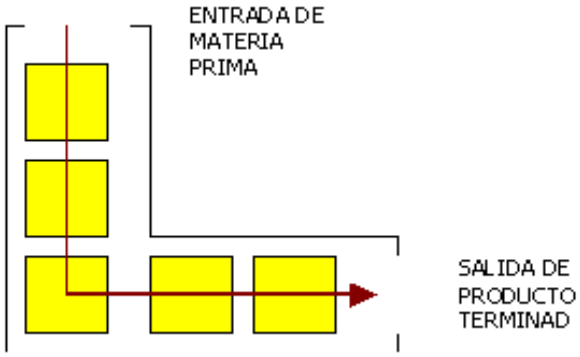


FIGURA 3.7 FLUJO EN ELE

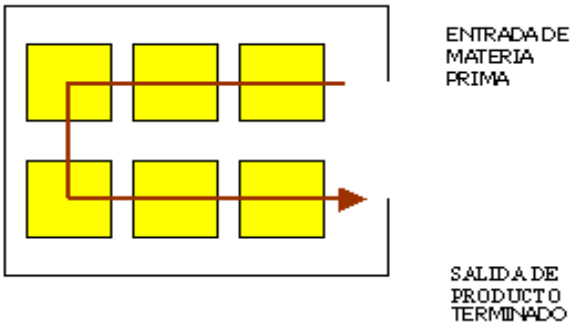


FIGURA 3.8 FLUJO EN U:

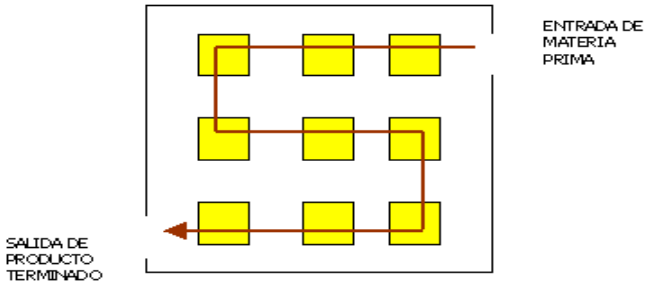
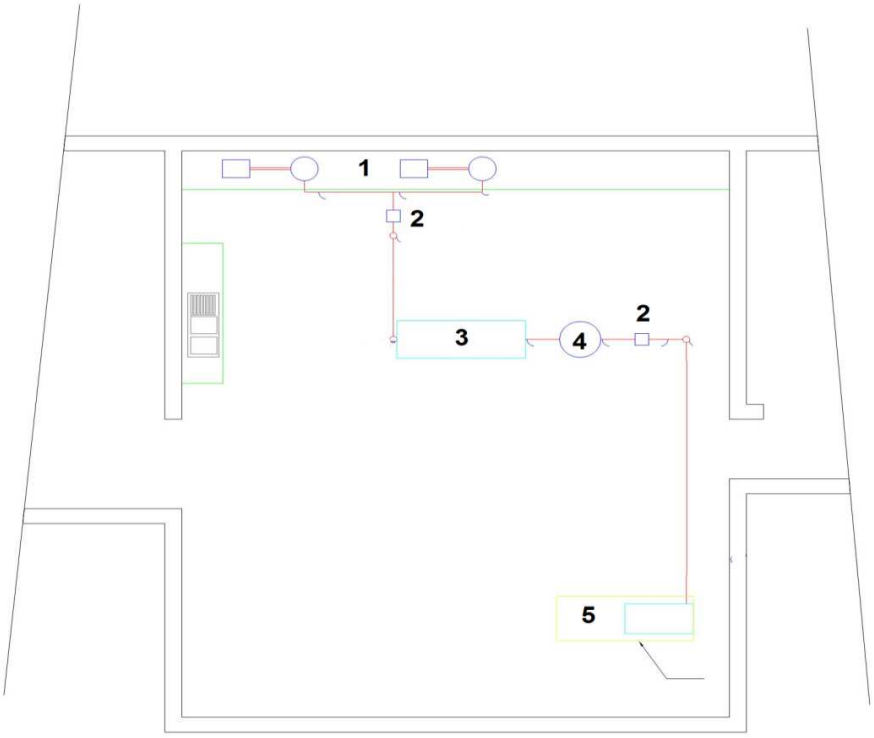


FIGURA 3.9 FLUJO EN S:

Por motivo de que el área ocupada por la planta es considerablemente pequeña se determina que la secuencia de las maquinarias es en línea.

En la figura 3.10 se fija la ubicación de cada uno de los equipos en planta, donde cada número representa un equipo en planta, esta simbología se detalla a continuación:

1. Extractoras de Leche de Soya.
2. Bombas Centrifuga.
3. Filtro Prensa.
4. Tanque Mezclador.
5. Llenadora.



Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

FIGURA 3.10 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN PLANTA

3.3 Detalles de la Construcción.

Las características Físicas de la Construcción son simples dadas las propiedades de un sistema sencillo de elaboración y con volúmenes considerables de producción. Sin embargo, en términos generales en el área donde se desarrollan las actividades de producción se debe tener condiciones de fácil limpieza y sanitización, esto significa que se opta por colores claros de pintura tanto en paredes como tumbado, además se tiene iluminación natural durante el día o iluminación artificial adecuadamente distribuida en caso de necesitarse como se puede ver en la figura 3.11

FIGURA 3.11. TUMBADO DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN

Otro aspecto a considerar es la ubicación de los ventiladores usados para la extracción de aire, a los cuales se les da la siguiente ubicación, mostrada en la figura 3.12, se ubicó tres extractores de aire uno por cada caldero y máquina extractora de leche de soya, con la convicción de que este disipe el vapor de los calderos usados en la elaboración de leche de soya. A continuación en la Figura 3.12 se observa la ubicación de cada uno de los extractores.

Figura 3.12. Ubicación de Extractores de Aire.

Los materiales usados para la construcción de la planta en cuanto al techo este es de una aleación de aluminio con zinc, este material tiene una excepcional resistencia a la corrosión, a la oxidación por calor y la reflectividad al calor propia de los revestimientos de aluminio y además la protección galvánica del zinc. Las paredes fueron construidas con bloques de hormigón por ser uno de los materiales más resistentes usados en la construcción, en la figura 3.13 se observa los acabados externos de la planta.

FIGURA 3.13 ACABADOS EXTERNOS.

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DE EQUIPO DE FILTRADO.

Una vez ya determinados los pasos a seguir para producir leche de soya y la distribución de cada área dentro de planta, se necesita conocer que equipos se puede usar para lograr finalizar con éxito cada proceso. Uno de los componentes claves para fabricar leche de soya es la separación física del bagazo de la leche de soya. Esta operación llamada filtrado se realiza usando un medio poroso, el cual separa las partículas sólidas y permite el paso del líquido sin sólidos o con poca cantidad de estos. Por tratarse de una producción en batch y por el costo relativamente más barato del equipo, se decide trabajar con un filtro tipo prensa del cual se detalla todas sus características a medida que se avance en este capítulo.

4.1 Etapas del Proceso de Filtrado.

La filtración es un ejemplo especial de separación a través de medios porosos, en el cual existe cierta resistencia al flujo del líquido a filtrar, esta resistencia aumenta con el tiempo a medida que el medio filtrante se va obstruyendo o se forma una torta como se puede observar en la figura 4.1. Al iniciar el proceso, este se desarrolla a partir de una solución que contiene partículas sólidas o solución lodosa, esta pasa a través de una tela filtrante o medio filtrante, formando una torta originada por la acumulación de sólidos en el medio, para obtener como producto final un líquido filtrado libre de partículas sólidas o con una mínima cantidad de estas.

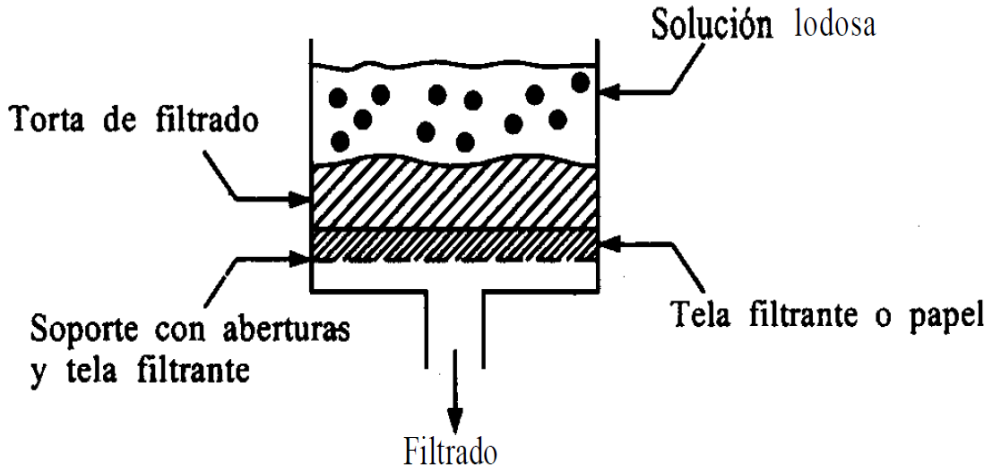


FIGURA 4.1. PROCESO DE FILTRADO. (8)

Los dos factores determinantes del proceso filtrado son la resistencia del medio filtrante y de la torta, a continuación se determina y explica sus fundamentos.

Resistencia del Medio Filtrante.

En la filtración, el líquido pasa a través de dos resistencias en serie: la de la torta y la del medio filtrante. La resistencia del medio filtrante la cual se denomina con las siglas Rm. sólo es importante durante las primeras etapas de la filtración, por lo que para efectos prácticos se asume que es constante durante cualquier filtración y se obtuvo su valor a partir de datos experimentales. (9) La unidad que se usa para determinar la resistencia del medio filtrante es m^{-1}, mediante la aplicación de la siguiente ecuación se obtiene la resistencia del medio filtrante.

$$\mathrm{Rm} = \frac{\mathrm{A}^2 \times \Delta\mathrm{P} \times \mathrm{B}}{\mu} \qquad \text{(ec 4.1)}$$

Las variables que se usan en la ecuación son las siguientes:

A = Área

ΔP= Presión

B= Intersección con el eje Y. Esta variable se obtiene de datos experimentales.

μ= Viscosidad

Resistencia de la Torta.

La torta en el filtrado se forma por la acumulación de los sólidos en el medio filtrante. La cualidad por la cual es importante estudiar las características de la torta formada es debido a que la resistencia especifica de la torta varia con la caída de la presión que es producida a medida que se depositan los sólidos aumentando su tamaño. Esto explica porque aumenta su tamaño y dispone por ello de menos espacio para el paso del fluido. Esta resistencia al movimiento del fluido con dependencia de la variación o no de la presión se conoce como compresibilidad de la torta. Una torta compuesta por partículas sólidas flexibles y deformables, blandas y floculentas, tiene una resistencia al flujo que depende de la caída de presión y varía a lo largo de todo el espesor de la torta, siendo mayor cerca del medio filtrante; a estas tortas se le denominan "Compresibles". (9)

Las tortas denominadas "incompresibles" son aquellas formadas por partículas sólidas rígidas e indeformables donde la resistencia es

independiente de la presión y no varía con la profundidad de la torta. Tortas muy compresibles serán aquellas que derivan de sustancias blandas y flocúlenlas, en contraste con sustancias duras y granulares, como el azúcar y los cristales de sal, que se ven muy poco afectados por presión.

La determinación de la compresibilidad de una torta se la determina en laboratorio, al realizar el filtrado a diferentes presiones y calculando la resistencia especifica de la torta α, definida por la ecuación.

$$\propto = \frac{A^2 \times \Delta P \times Kp}{C \times \mu} \qquad \text{(ec 4.2)}$$

Las variables usadas en la ecuación son las siguientes:

A = Área

ΔP= Presión

Kp= Pendiente

μ= Viscosidad

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO.

Los fluidos tienen propiedades físicas que permiten caracterizar su comportamiento así como diferenciarlos de otros, características como la

viscosidad y densidad serán detallados y especificados con la finalidad de conocer los atributos del líquido a filtrar.

Viscosidad.

La viscosidad del líquido en estudio se determinó mediante el uso del viscosímetro de Rotación Digital de Brookfield, este equipo se encuentra en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. La viscosidad se determina a una temperatura de 80^{o}C, debido a que esta es la temperatura a la que se encuentra la leche de soya al salir del proceso de trituración. Además, se usó el disco número dos del Viscosímetro de Rotación el valor determinado por el equipo en estas condiciones fue de 0,022Pa-seg.

Densidad.

La densidad del fluido se determina por el método de la probeta. La densidad del líquido a filtrar a una temperatura de 80^{o}C es de 0,996 g/ml.

4.3 Cálculo de Resistencia de Filtración.

Como se menciona previamente en este capítulo los factores determinantes en el proceso de filtrado son la resistencia de la torta y la resistencia del medio filtrante, por lo que para determinar estas resistencias se experimenta a nivel de laboratorio con muestras obtenidas del proceso de leche soya en la Fundación Hogar de Cristo. Los equipos y materiales que se usaron en la prueba de filtrado son los siguientes y se los puede observar en la Figura 4.2.:

- Bomba de Vacío Coeco modelo R-300.
- Matraz de Erlenmeyer con tubuladura lateral.(kitasato)
- Embudo Buchner
- Tela Filtrante.
- Balanza
- Desecador Infrarrojo Kern.

FIGURA 4.2. EQUIPOS DE FILTRADO

Se aplica las presiones de vacío de 200, 400 y 600 mm de Hg., además se evalúa el tiempo vs volumen de filtrado y se determina el tiempo de volumen filtrado en cada una de las presiones aplicadas.

4.3.1 Cálculo de la Resistencia de la Torta.

Previo al cálculo de la resistencia de la torta se da a conocer las características de la solución a filtrar en la Tabla 9.

TABLA 9.

CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN.

Densidad de la Solución	996 Kg/m^3
Viscosidad	0,022Pa-seg
C(Concentración de Solidos)	14,66 %

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

De los experimentos efectuados en laboratorio a diferentes presiones se obtienen los resultados expresados en la tabla 10.

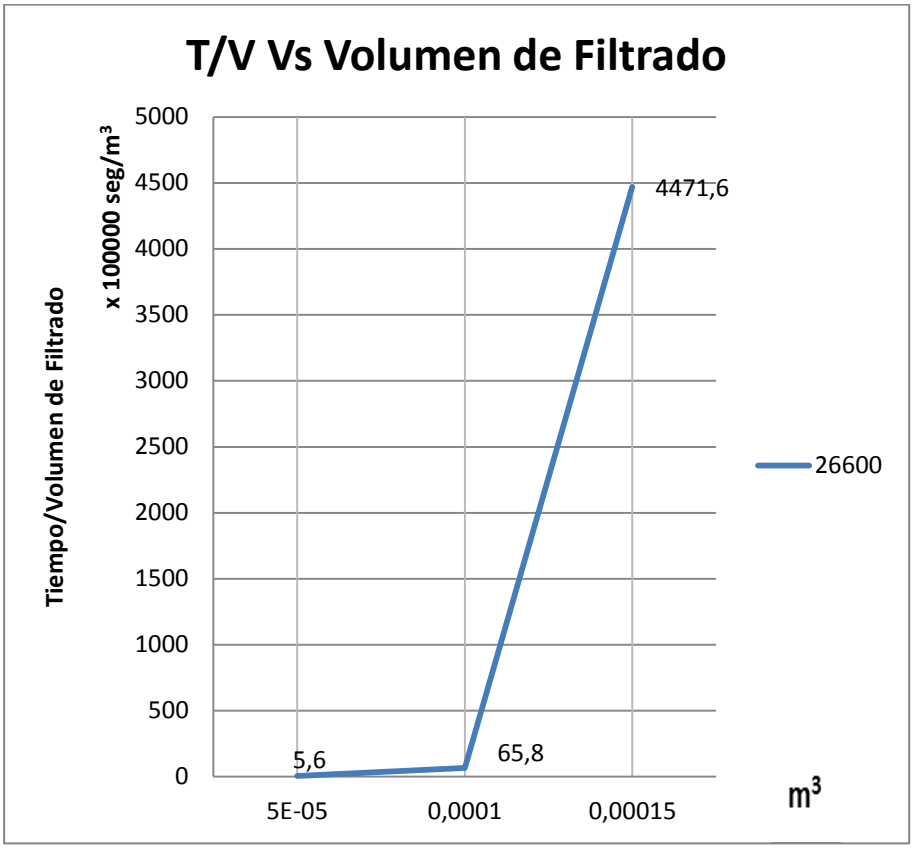
TABLA 10

RESULTADOS DE FILTRACIÓN.

Presión.	**26600Pa**		**53320Pa**		**80000Pa**	
V. de filtrado en m3	T. (seg)	t/V (seg/m^3) x10^5	T. (seg)	t/V (seg/m^3) x10^5	T. (seg)	t/V (seg/m^3)x10^5
5 x10^{-5}	28	5	20	4	10	2
1 x10^{-4}	658	65	325	32	25	2,5
1,5 x10^{-4}	67074	4471	2482	165	130	8

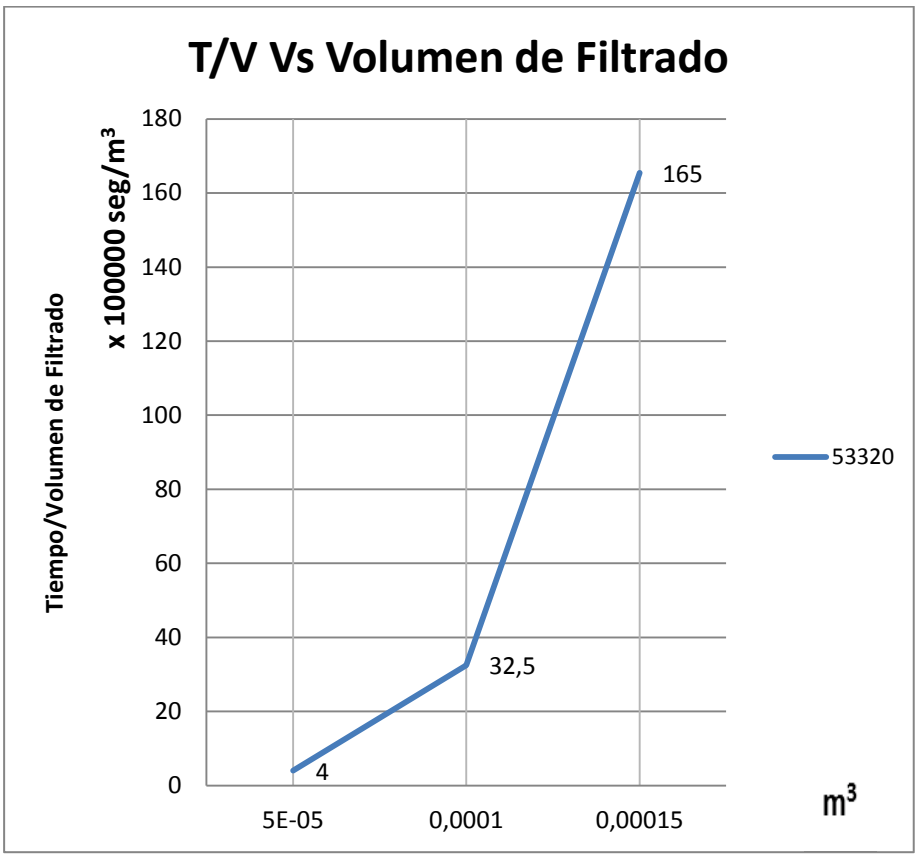
Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

De los resultados obtenidos en la tabla No. 8 en las figuras 4.3, 4.4 y 4.5, se relaciona Tiempo de Filtrado/Volumen de Filtrado Vs Volumen de Filtrado.



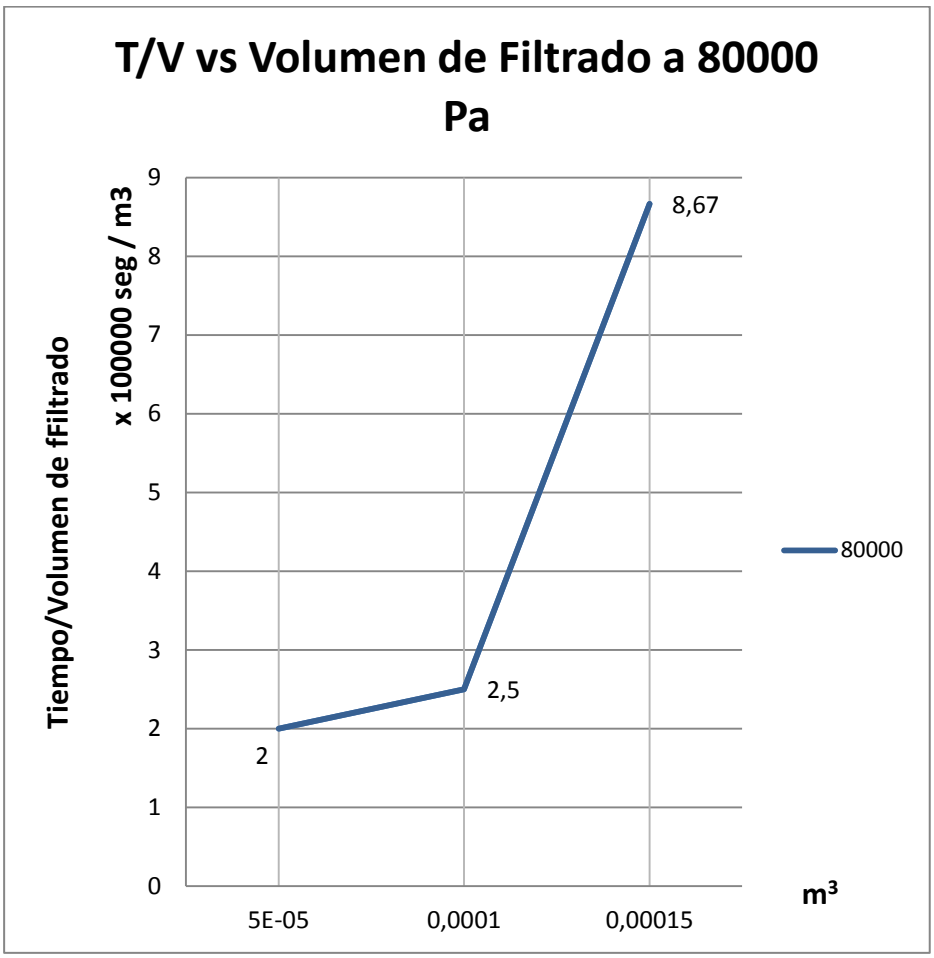
Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

FIGURA 4.3. RESULTADOS DE FILTRACIÓN A 26.600 PA



Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

FIGURA 4.4. RESULTADOS DE FILTRACIÓN A 53.320 PA.



Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

FIGURA 4.5. RESULTADOS DE FILTRACIÓN A 80.000 PA

Aplicando la ecuación 4.2 y con los valores obtenidos de las Figuras 4.3, 4.4 y 4.5 se determinan los valores de α y Kp(pendiente) los cuales se encuentran en la tabla 11.

$$\propto = \frac{A^2 \times \Delta P \times Kp}{C \times \mu} \qquad \text{(ec 4.2.)}$$

Tabla 11. Valores de α a Diferentes Presiones de Vacío.

Presión.(Pa)	α (m/Kg)	Kp (seg/m^3)	Área (m^2)	Viscosidad Pa-seg
26600	2690	8,8 x 10^{12}	0,01326	0,022
53320	3563	3,24 x 10^{11}		
80000	5034	3,32 x 10^{10}		

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

Para el cálculo de α se usó el área del embudo buchner empleado durante la experimentación en laboratorio.

4.3.2 Cálculo de la Resistencia del Medio Filtrante.

El medio filtrante usado para la prueba de laboratorio fue tela tipo Organza la cual está fabricada de poliéster, esta tela tiene un diámetro de partícula aproximado de 0,067 mm, por lo cual se

asume que tiene el mismo diámetro igual a la malla No 200 de la escala Tyler con un diámetro de partícula de 0,074 mm.

Para el cálculo de la resistencia del medio filtrante también se utilizaron los resultados obtenidos de las tablas 8 y 9 y mediante el empleo de la ecuación 4.1 se calcula la resistencia del medio filtrante el cual se expone a continuación en la tabla 12.

TABLA 12.

VALORES DE RM. A DIFERENTES PRESIONES DE VACÍO.

Presión.(Pa)	Rm (m^{-1})	B (seg/m^3)
26600	$4,41 \times 10^{10}$	5×10^6
53320	$3,54 \times 10^{10}$	2×10^6
80000	$1,99 \times 10^9$	150000

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

4.4 Tiempo Total de un Ciclo de Filtrado.

El tiempo total de un ciclo de filtrado depende de dos factores el área total de las placas del filtro prensa y el volumen a filtrar.

4.4.1 Velocidad de Filtrado y Tiempo de Filtrado.

La velocidad y tiempo de filtrado se ve afectada por la nueva área del filtro y el nuevo volumen de filtrado los cuales dependen de los datos expresados en la tabla 12.

TABLA 13
ÁREA Y VOLUMEN DE FILTRADO.

Largo x Ancho	0,63 m
	0,63 m
Área por Placa	0,3969 m^2
No de Placas	11
Nueva Área de Filtro	4,3659 m^2
Volumen a Filtrar	0,042 m^3(42 Litros)

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

Los datos establecidos en la tabla 13 permiten proceder a realizar los cálculos para el tiempo de Filtrado, para lo cual se necesita determinar los valores de Kp. y B .mediante el uso de la ecuación 4.3 como se expone a continuación.

$$Nuevo\ Kp = Kp\ \times \left(\frac{Area\ de\ Filtrado}{Nueva\ Area\ de\ Filtrado}\right)^2 \qquad \text{(ec 4.3)}$$

$$Nuevo\ Kp = 3{,}32 \times\ 10^{10} seg/m^3 \times \left(\frac{0{,}013\ m^2}{4{,}3659\ m^2}\right)^2$$

$$Nuevo\ Kp = 121881{,}86\ seg/m^3$$

$$Nuevo\ B = B \times \left(\frac{Area\ de\ Filtro}{Nueva\ Area\ de\ Filtro}\right) \qquad \text{(ec 4.4)}$$

$$Nuevo\ B = 150000\ seg/m^3 \times \left(\frac{0{,}013\ m^2}{4{,}3659\ m^2}\right)^2$$

$$Nuevo\ B = 455{,}8\frac{seg}{m^3}$$

Formula de Tiempo de Filtrado. $t = \frac{Kp}{2} \times V^2 + B \times V$ (ec 4.5)

$$t = \frac{121881{,}86\ \frac{seg}{m^6}}{2} \times (0{,}042\ m^3)^2 + 455{,}8\ \frac{seg}{m^3} \times 0{,}042\ m^3$$

$$t = 126{,}64\ seg$$

t= 2,11 min t= 0,035 horas

Velocidad de Filtrado. $Q = \frac{Volumen\ de\ filtrado}{Tiempo\ de\ Filtrado}$ (ec 4.6)

$$Q = \frac{0{,}042\ m^3}{0{,}035\ h}$$

$$Q = 1{,}19\ m^3/h$$

Q= 19,89 lt/min

El tiempo de filtrado da como resultado 126 segundos o 2,11 minutos y en cuanto a la velocidad o flujo de filtrado seria de 1,2 m^3/h o 20 Lt/min. Sin embargo, como los equipos trabajan por batch o parada la velocidad de filtrado está ligada al volumen producido por los equipo el cual es de 42 litros por batch. Por lo cual, la velocidad de filtrado es de 42 litros/ 2,11 minutos.

4.4.2 Velocidad de Lavado y Tiempo de Lavado.

La velocidad final de filtrado permite predecir la velocidad de lavado mediante el uso de la siguiente ecuación.

$$\left[\frac{dV}{dt}\right]_f = \frac{1}{4} \times \frac{1}{K_P \times V_f + B} \qquad \text{(ec 4.7)}$$

Al reemplazar los valores de la ecuación 4.7se determina la velocidad de lavado.

$$V = \frac{1}{4} \times \frac{1}{121881,86\ \frac{seg}{m^3} \times 0,042 m^3 + 455,8\ \frac{seg}{m^3}}$$

$$V = 1,7937\ \times 10^{-5}\ \frac{m^3}{seg}$$

La velocidad de lavado es $1{,}7937 \times 10^{-5} \frac{m^3}{seg}$, con esta velocidad se puede calcular el tiempo de lavado usando el Volumen de filtrado el cual es igual a 0,042 m^3.

$$Tiempo\ de\ Lavado = \frac{Volumen\ de\ Lavado}{Velocidad\ de\ Lavado} \qquad \text{(ec 4.8)}$$

$$Tiempo\ de\ Lavado = \frac{0{,}042\ m^3}{1{,}7937 \times 10^{-5} \frac{m^3}{seg}}$$

$$Tiempo\ de\ Lavado = 93{,}66\ seg$$

$$Tiempo\ de\ Lavado = 1{,}56\ min$$

4.4.3 Tiempo Total del Ciclo de Filtrado.

Después de completarse el lavado, se requiere un tiempo adicional para extraer la torta, limpiar el filtro y volver a armarlo. El tiempo total del ciclo de filtrado es la suma del tiempo de filtración, de lavado, y de limpieza. (9)Puesto que aún no se conoce el tiempo de limpieza y éste solo se puede establecer experimentalmente, se estima que será en 5 minutos, conociendo esto se calcula el tiempo total de filtrado.

t total filtrado= t filtrado+tlavado+t limpieza del filtro

t total filtrado= 86 seg+ 93 seg+ 300 seg

t total filtrado = 479 seg

t total filtrado = 7,98 Minutos.

4.5 Capacidad y Selección del Filtro.

Todos los cálculos obtenidos en este capítulo tienen como finalidad diseñar y seleccionar el equipo idóneo para el proceso que se desea realizar. Debido al espacio disponible, debe ser compacto, de fácil transporte y de limpieza fácil. Además de las características ya indicadas, se suman los detalles y especificaciones que se indica en la tabla 14.

TABLA 14

CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO PRENSA.

Tamaño de Placa	0,63 m
No de placas	11
Área.	4,3659 m^2
Espesor Máximo de Torta	0,04 m
Ampliación Máxima No de Placas.	16
Presión de trabajo	7-15 Bares

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

La temperatura del líquido que se va a filtrar oscila entre 80 y 90ºC, por lo que se requiere que el medio filtrante soporte altas temperaturas, el material que cumple con esta necesidad es el prolipropileno con vidrio reforzado el cual resiste hasta 100ºC y puede ser usado en el filtrado de productos alimenticios.

En cuanto a los costos totales de instalación del sistema de filtrado se detallan en la tabla 15. Se debe recordar que además del filtro prensa este sistema comprende una bomba centrifuga y tuberías de acero inoxidable.

TABLA 15

COSTOS DE INSTALACIÓN DE SISTEMA DE FILTRADO.

Cantidad	Equipo	Valor Unitario	Valor Total
4	Codo 90 grados 1 1/4 ´´	$ 4,01	$ 16,04
2	Codo 90 grados 1 ´´	$ 3,21	$ 6,42
1	T Sanit. 1 1/4 ´´	$ 7,87	$ 7,87
2	Reducción 1 1/2 ´´ A 1 1/4´´	$ 6,23	$ 12,46
1	Filtro Prensa	$ 15.000,00	$ 15.000,00
4	Brida	$ 33,40	$ 133,60
1	Instalación	$ 1.500,00	$ 1.500,00
1	Bomba Centrifuga	$ 535,90	$ 535,90
1	Tub. 1 `` Acero Inoxidable	$ 72,47	$ 72,47
1	Tub. 1 1/4 `` Acero Inoxidable	$ 135,00	$ 135,00
Total			$ 17.419,76

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

CAPÍTULO 5

5. DISEŇO DE EQUIPOS.

Las Instalaciones y distribución de las áreas en la planta se establecen previamente en capítulos anteriores, sin embargo aún se necesita conocer las dimensiones y capacidades requeridas de cada uno de los equipos que se diseñan o seleccionan.

Existen varios procesos que además del filtrado aún no se han enfatizado y requieren de nuestra atención para cerrar el ciclo de producción, estos procesos son los siguientes:

- Diseño y Selección de Equipos de Bombeo y Tuberías.
- Sistema de Tratamiento Térmico.
- Diseño y Selección de Mezcladora y Envasadora.

5.1 Capacidad de Producción.

Una de las primeras condiciones que se debe establecer para conocer las dimensiones de los equipos es la capacidad que se espera procesar en cada parada del proceso, cada una de las máquinas procesadoras de leche de soya tiene una capacidad de 14 litros por cada parada y cada parada toma un tiempo de 30 minutos, debido a que no es un proceso continuo se expresa la capacidad de la planta en litros por cada 30 minutos de proceso, en la planta existen actualmente dos equipos procesadores de soya con la perspectiva de adquirir otro a mediano plazo lo cual da un total de 42 litros/30 min. Con la finalidad de asegurar que se pueda sobrellevar una posible expansión de la capacidad de producción, se realiza el diseño utilizando la capacidad actual más el equipo que aún no se ha adquirido, lo cual lleva a un caudal total de 42 litros/ 30 min. Además, se estima un número de paradas de 12 durante todo el día, lo cual da un total de 504 litros por día.

5.2 Determinación de Máquinas y Equipos.

Con la finalidad de determinar las maquinarias necesarias para la producción de leche de soya, previamente se requiere conocer los procesos realizados previos al llenado del producto por lo que a continuación se expone por cada proceso:

- **Cocción y Molienda:** Los equipos requeridos para realizar estos procesos son el triturador de marca PristinePlants India o también llamado por el fabricante vaca mecánica modelo SC-20 Eco y el caldero eléctrico de marca reirmers el cual suministra vapor al triturador.
- **Filtrado:** El licuado de soya debe pasar por un filtro prensa el cual tiene 11 placas con un área de 0,4 m^2 el cual está ya diseñado en el capítulo 4.
- **Homogenización:** En la siguiente etapa se realiza el mezclado de los ingredientes como azúcar y saborizante con la leche de soya ya filtrada, para lo cual se diseña un tanque con un mezclador que mezcla todos los ingredientes de la leche de soya.
- **Envasado:** Previamente, se lavan las botellas con agua clorada, para después envasar en botellas de vidrio de 230 ml y plásticas

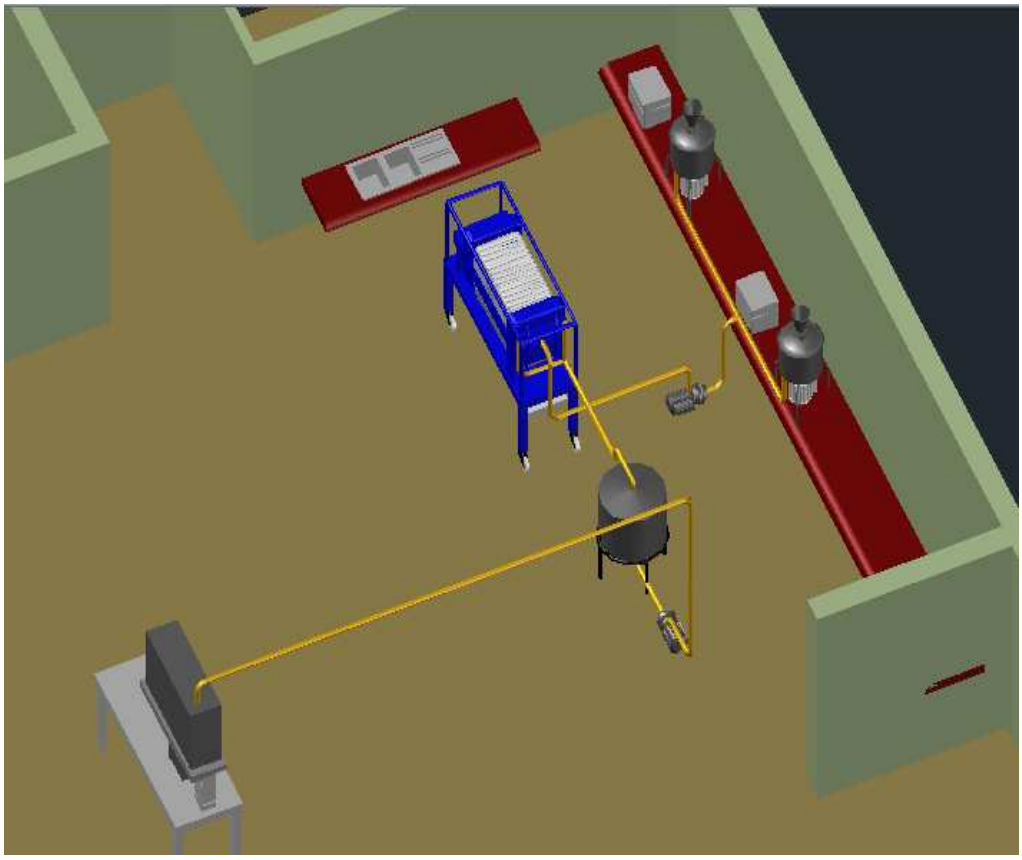
de 500 ml. El envasado se realiza en caliente a una temperatura aproximada de 80^{o}C.

- **Almacenamiento:** El producto final se almacena a una temperatura de aproximada de 4^{o}C por 12 horas, hasta su distribución a las escuelas más cercanas.

5.3 Cálculo y Selección de Equipos de Bombeo y Tuberías.

Durante el proceso de leche de soya existen diferentes etapas y equipos, por lo que se debe tener claro cómo debe ser el sistema de tuberías entre cada etapa o equipo y que potencia tiene cada bomba. Para tener una idea de cómo de ser el sistema de tuberías, este funciona de la siguiente manera, el fluido sale de las extractoras de leche de soya el cual por uniones de tipo T serán transportadas hacia la bomba que envía el fluido hacia el filtro prensa, al salir del filtro prensa el líquido llega hacia el tanque de mezclado, después de finalizar el mezclado se eleva la tubería hasta el tumbado para luego llevar el líquido a la llenadora, donde finaliza el sistema de tuberías. Por otra parte, el diámetro de las tuberías será de 1 ½´´, 1 ¼´´y 1´´ lo cual facilita la conexión con las bombas y demás equipos del proceso.

A continuación en la Figura 5.1 se puede observar el sistema de tuberías y los equipos de planta.



Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

FIGURA 5.1 EQUIPOS DE PRODUCCIÓN Y SISTEMA DE TUBERÍAS

Se necesita diseñar 2 Bombas y además dimensionar cada tubería, por lo que se clasifica las tuberías y las bombas para cada etapa del proceso.

Cálculo y Selección de Tuberías y Bombas para el Filtro Prensa.

Para el diseño de la primera bomba, la cual transporta el líquido que contiene sólidos en suspensión, se elige una bomba centrifuga con impulsor semiabierto. Este tipo de bomba es la mejor opción para líquidos que contienen sólidos en suspensión, las tuberías deben tener uniones tipo rosca con la bomba y entre sí por bridas.

En base a las características necesarias para la bomba se efectúa el siguiente cálculo para la primera bomba del proceso, la cual lleva el líquido con okara de soya hacia el filtro prensa. Cabe recalcar, que con la finalidad de evitar el depósito de sólidos en la tubería se diseña las tuberías y bomba con el suficiente caudal para maximizar la velocidad, en la tabla 16 se especifican las características del sistema.

TABLA 16

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA PARA DISEÑO DE BOMBA CON IMPULSOR SEMIABIERTO.

Parámetros del Sistema.			
Viscosidad de la Leche con Okara		0,022 Pa-seg	
Densidad		996 Kg/m^3	
Diámetro de Tubería.		Entrada Bomba	Salida Bomba
	Nominal (plg)	1,25 ¨	1 ¨
	Interno (mm)	35,05	26,64
	Externo (mm)	42,164	33,528
Área de Flujo		9,6 x 10^{-4} m^2	
Velocidad del Fluido		1 m/seg	

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

A continuación se da un estimado de la velocidad mínima necesaria para evitar la sedimentación del sólido en la tubería a partir de la siguiente fórmula.

$$V_c = 1{,}35 \left[\frac{2 \times g \times D_t \times (\rho_s \times \rho_L)}{\rho_L}\right]^{0,5} \qquad \text{(ec 5.1)}$$

Donde g = aceleración debida a la gravedad; D_t= diámetro de la tubería; ρ_s= densidad de la partícula; ρ_l= densidad del líquido y Vc= Velocidad Critica que es la incognita que se busca y se calcula a continuacion. (10)

$$Vc = 1{,}35\left[\frac{2 \times 9{,}81\ {}^{m}/_{seg^2} \times 0{,}03505\ m \times \left(1400\frac{Kg}{m^3} \times 996\ \frac{Kg}{m^3}\right)}{996\ \frac{Kg}{m^3}}\right]^{0,5}$$

$$Vc = 0{,}71\frac{m}{seg}$$

Calculo de Bomba para Filtro Prensa.

La velocidad crítica del fluido es de 0,71 m/ seg., por este motivo se determina una velocidad mayor a esta para evitar sedimentación de los sólidos en las tuberías, los parámetros de la bomba se encuentran en la siguiente tabla.

TABLA 17

PARÁMETROS DE BOMBA DE FILTRO PRENSA.

α (Para flujo Laminar)	2	
Densidad (Kg/m3)	996	
	Inicial	**Final**
Velocidad (m/seg)	1,04	1,8
Presión	0	0
Altura (m)	0,6	1

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

A continuación se expresan los cálculos realizados para hallar la sumatoria de pérdidas en el sistema.

$$Re = \frac{D \times \rho \times V}{\mu} \qquad \text{(ec 5.2)}$$

$$Re = \frac{0{,}03505\ m \times\ 996\ \frac{Kg}{m^3} \times 1{,}04\ \frac{m}{seg}}{0{,}022\ Pa - seg}$$

$$Re = 1645 \text{ Laminar}$$

Por motivo de que el fluido se encuentra en régimen laminar este tiene un valor del factor de corrección de energía cinética α= 2 y se calcula el factor de fricción de tuberías a continuación.

$$f = \frac{64}{Re} \qquad \text{(ec 5.3)}$$

$$f = \frac{64}{1645}$$

$$f = 0{,}0389$$

En el apéndice 8 se obtienen los coeficientes de resistencia para flujo laminar, los cuales son calculados con la siguiente fórmula.

$$\sum Fi = Ki \times \frac{V^2}{2} \qquad \text{(ec 5.4)}$$

Resistencia Codo 90 grados, se encuentran 4 codos antes de la bomba y 2 posteriormente, por lo que se realiza el cálculo en los dos sitios.

$$Fi = 0{,}9 \times 4 \times \frac{\left(1{,}04 \frac{m}{seg}\right)^2}{2}$$

$$Fi = 1{,}94 \frac{m^2}{seg^2}$$

$$Fi = 0{,}9 \times 2 \times \frac{\left(1{,}795 \frac{m}{seg}\right)^2}{2}$$

$$Fi = 2{,}9 \frac{m^2}{seg^2}$$

Resistencia de Te Flujo a lo Largo. $Fi = 0{,}4 \times \frac{\left(1{,}04 \frac{m}{seg}\right)^2}{2}$

$$Fi = 0,22 \frac{m^2}{seg}$$

Válvula Mariposa. $Fi = 8 \times \frac{\left(1{,}795 \frac{m}{seg}\right)^2}{2}$

$$Fi = 12{,}89 \frac{m^2}{seg}$$

$$Fi = 1{,}94 \frac{m^2}{seg^2} + 2{,}9 \frac{m^2}{seg^2} + 0{,}22 \frac{m^2}{seg^2} + 12{,}89 \frac{m^2}{seg^2}$$

$$\Sigma \text{ Fp= } 17{,}95 \text{ m}^2/\text{seg}^2$$

La sumatoria de pérdidas en el sistema da como resultado 17,95 m^2/seg^2, en los siguientes cálculos se determina la potencia de la bomba a partir del balance de energía mecánica usando la ecuación de Bernoulli.

$$\Delta\left(\frac{\propto V^2}{2g}\right) + \frac{\Delta P}{\rho \times g} + g\,\Delta Z + \sum F_p = (-W) \qquad \text{(ec 5.5)}$$

$$(w) = ((2 \times \left((1{,}8 - 1)\frac{m}{seg}\right)^2)/(2 \times 9{,}81\ \frac{m}{seg^2})) + \left(9{,}81\frac{m}{seg^2} \times (1\,m - 0{,}6\,m)\right) + 17{,}95\ \frac{m^2}{seg^2}$$

$$(-w) = 21{,}94\,m$$

Como resultado del balance de energía se determina una carga de 21,94 m, con esta información se procede a calcular la potencia total de la bomba a partir de la siguiente fórmula.

$$N = H \times Q \times g \times \rho \qquad \text{(ec 5.6)}$$

Donde los términos de la ecuación son los siguientes:

N= Potencia en watts

H= altura de elevación o carga en m.

Q= Caudal en m^3/seg.

g= Gravedad en m/seg^2

ρ= Densidad en kg/m^3

Sustituyendo las variables de la fórmula da el siguiente resultado.

$$N = 21{,}94\, m \times 0{,}001\ {}^{m^3}/_{seg} \times 9{,}81\ {}^{m}/_{seg^2} \times 996\ {}^{Kg}/_{m^3}$$

$$N = 214{,}4\, Watts$$

$$N = 0{,}29\, HP$$

Basándose en las necesidades de la planta y disponibilidad de bombas se elige la bomba de marca Ebara modelo CDX 70/106, la cual se adapta cambiando el impulsor de uno cerrado a uno semiabierto debido a los sólidos que posee el líquido. Además, se lo complementa con sellos mecánicos de Sic/Sic/FPM los cuales resisten temperaturas de hasta 110°C. En el apéndice 9, se adjunta la curva de funcionamiento de

la bomba. A continuación, en la tabla 18 se resume las características de la bomba en el caudal elegido.

TABLA 18

ESPECIFICACIONES DE BOMBA CENTRÍFUGA CDX 70/106.

Potencia	1 HP- 0,75 Kw
Eficiencia	42%
Caudal	20-80Lt/min
Presión Succión	39083Pa
Presión Descarga	83387 Pa

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

Cálculo Bomba Llenadora.

Para el diseño de la segunda bomba, la cual transporta la leche de soya desde el tanque mezclador hasta la llenadora, se elige una bomba centrifuga con impulsor cerrado. En base a las características del sistema determinadas en las tablas 19 y 20 se efectúa el cálculo para el diseño de esta bomba.

TABLA 19

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA PARA DISEÑO DE BOMBA CON IMPULSOR CERRADO.

Parámetros del Sistema.			
Viscosidad de la Leche		0,00844 Pa-seg	
Densidad		984 Kg/m^3	
Diámetro de Tubería.		Entrada Bomba	Salida Bomba
	Nominal (plg)	1,5 ¨	1 ,5¨
	Interno (mm)	40,9	40,9
	Externo (mm)	48,26	48,26
Área de Flujo		1,31 x 10^{-3} m^2	
Velocidad del Fluido		0,634 m/seg	

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

TABLA 20

PARÁMETROS DE BOMBA DE LLENADORA.

α (Apendice 9)	1,148	
Densidad (Kg/m3)	984	
	Inicial	Final
Velocidad (m/seg)	0,634	0,634
Presión	0	0
Altura (m)	0,25	1,95

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

A continuación se expresa los cálculos realizados para hallar la sumatoria de pérdidas en el sistema.

$$Re = \frac{D \times \rho \times V}{\mu}$$

$$Re = \frac{0{,}0409\ m \times \ 984\ \frac{Kg}{m^3} \times 0{,}634\ \frac{m}{seg}}{0{,}00844\ Pa - seg}$$

$$Re = 3026 \text{ Turbulento}$$

Por motivo de que el fluido se encuentra en régimen turbulento, se debe obtener la rugosidad la cual para tuberías de acero sin costura y tubos soldados no corroídos es de e=0,2 (apéndice 10), este valor dividido para el diámetro de la tubería da un factor de rugosidad ε= 0,004889.Con el Número de Reinolds y el factor de rugosidad se obtiene f o también llamado factor de fricción obtenido del apéndice 10y se determina mediante el uso del diagrama de moody.

$$f = 0{,}048$$

En el apéndice 12 se obtienen los coeficientes de resistencia para flujo turbulento, los cuales son calculados con la siguiente fórmula.

$$\sum Fi = Ki \times \frac{V^2}{2}$$

La única resistencia debida a accesorios de tuberías se genera por Codos 90 grados, se encuentran 5 codos de 90 grados y su valor de resistencia para flujos turbulentos es 0,75 (Apéndice 12), el valor de resistencia K se calcula a continuación.

$$K = 0{,}75 \times 5 \times \frac{0{,}03047}{0{,}048}$$

$$K = 2{,}38$$

Para obtener la sumatoria de pérdidas para flujos turbulentos se utiliza la ecuación 5.7.

$$\sum Fp = \frac{f \times L \times V^2}{2 \times D} + (\sum K) \times \frac{V^2}{2g} \qquad \text{(ec 5.7)}$$

$$Fp = \frac{0{,}048 \times 8{,}85\ m \times \left(0{,}634\ \frac{m}{seg}\right)^2}{2 \times 0{,}0409\ m} + 2{,}38 \times \frac{\left(0{,}634\ \frac{m}{seg}\right)^2}{2 \times 9{,}81\ \frac{m}{seg^2}}$$

$$Fp = \ 4{,}68\ \frac{m^2}{seg^2}$$

En los siguientes cálculos se determina la potencia de la bomba a partir del balance de energía mecánica, usando la Ec.5.5.

$$(-w) = \left(9{,}81 \frac{m}{seg2} \times (1{,}95\ m - 0{,}25\ m)\right) + 4{,}68\ \frac{m^2}{seg^2}$$

$$(-w) = 21{,}36\, m$$

Como resultado del balance de energía se obtiene un valor de 21,36 m de carga, con esta información se procedió a calcular la potencia total de la bomba a partir de la siguiente Ec. 5.6.

$$N = 21{,}36\, m \times 0{,}000833\ {}^{m^3}/_{seg} \times 9{,}81\ {}^{m}/_{seg^2} \times 984\ {}^{Kg}/_{m^3}$$

$$N = 172{,}8\, Watts$$

$$N = 0{,}24\, HP$$

Basándose en las necesidades de la planta y disponibilidad de bombas se eligió la bomba de marca Ebara modelo CDX 70/106 al igual que la bomba del filtro prensa, pero con la diferencia de que esta bomba tiene el impulsor cerrado. Además, se lo complementa con sellos mecánicos de Sic/Sic/FPM los cuales resisten temperaturas de hasta 110^{o}C. En el apéndice 8, se adjunta la curva de funcionamiento de la bomba. En la tabla 18 se resume las características de la bomba.

5.4 Cálculo y Selección de Mezcladora y Envasadora.

Los líquidos se agitan con la finalidad de alcanzar un grado óptimo de homogeneidad entre los componentes que se van a mezclar. Con frecuencia, la agitación y mezclado se realizan en tanques de forma cilíndrica y provista de un eje vertical. Las dimensiones del tanque varían bastante dependiendo de la naturaleza de los componentes a mezclar en el tanque. Sin embargo, se emplea parámetros estándares usados para el diseño de tanques de mezclado de líquidos, los cuales se establecen a continuación:

- El fondo del tanque debe ser redondeado (nunca plano), con el fin de eliminar rincones en las cuales se acumulen los sólidos y donde no llegan las corrientes del fluido producidas durante el mezclado.
- En un tanque cilíndrico, la profundidad del líquido debe ser igual o algo mayor al diámetro del tanque.(9)

El diseño de un tanque agitador dispone de un gran número de elecciones, sobre el tipo y localización del agitador, las proporciones del tanque el número y las proporciones de los deflectores, como punto de

partida para dimensionar el tanque y el agitador se eligen las proporciones típicas descritas en la figura 5.2 y 5.3.

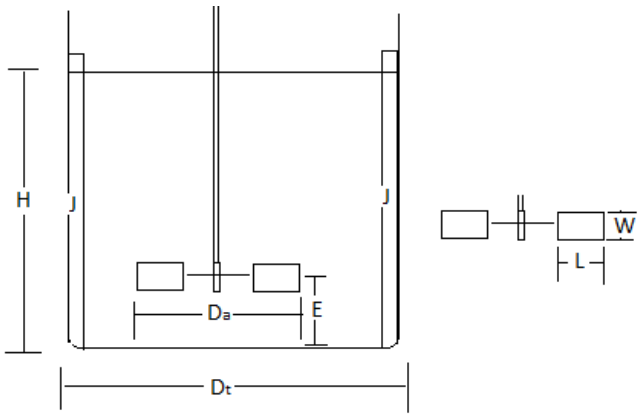


FIGURA 5.2 TANQUE MEZCLADOR Y HÉLICE. (8)

$$\frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3} \qquad \frac{E}{Dt} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{H}{Dt} = 1 \qquad \frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

FIGURA 5.3 PROPORCIONES TÍPICAS DE UN TANQUE AGITADOR. (9)

Estas proporciones serán la base para dimensionar el tanque de mezclado, en la tabla 21 y Figura 5.4 se define la medida de cada parte del tanque.

TABLA 21

DIMENSIONES DEL TANQUE MEZCLADOR.

Dt=	0,7 m
H=	0,7 m
Da=	0,30 m
E=	0,2 m
w=	0,08 m
L=	0,10 m
J=	0,06 m

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

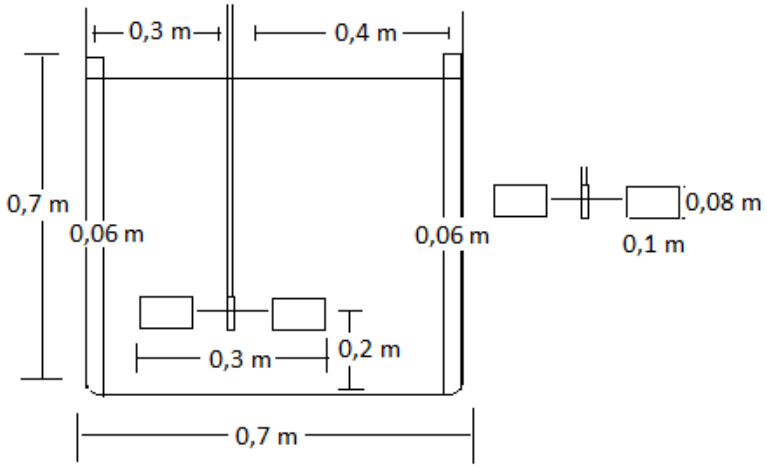


FIGURA 5.4 DIMENSIONES DEL TANQUE DE MEZCLADO.

Con estas dimensiones ya definidas, se obtiene la potencia del motor que mueve el eje y por consiguiente a las paletas del tanque. Como primer paso para conocer la potencia del motor, se debe estar al tanto de las características del fluido y de ciertas constantes usadas de la tabla 22.

TABLA 22

CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO.

Viscosidad	0,00844Pa-seg
Densidad	984 Kg/m^3
Volumen a Mezclar	200 Lt

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

Para un tanque y agitador dado o para sistemas geométricamente semejantes el tiempo de mezclado predicho es inversamente proporcional a la velocidad del agitador, lo cual se confirma con estudios que demuestran que el tiempo de mezclado es bajo mientras Reynolds sea alto. Con esta finalidad se calcula Reynolds con la siguiente fórmula.

$$Re = \frac{N \times d_2^2 \times \rho_A}{\mu_A} \qquad \text{(ec 5.8)}$$

Dónde: N= Velocidad de Giro de la Paleta.

d_2= Diámetro del Impulsor

ρ_A= Densidad del Liquido

μ_A= Viscosidad

Reemplazando los valores en la ecuación.

$$Re = \frac{2{,}5\,\frac{rev}{seg} \times (0{,}3\ m)^2 \times 984\ \frac{kg}{m^3}}{0{,}00884\ Pa - seg}$$

$Re = 25045$ Turbulento.

En la Figura 5.5 se determina el número de potencia que corresponde al Reinolds Calculado y al tipo de mezclador, que en este caso es de turbinas con seis paletas.

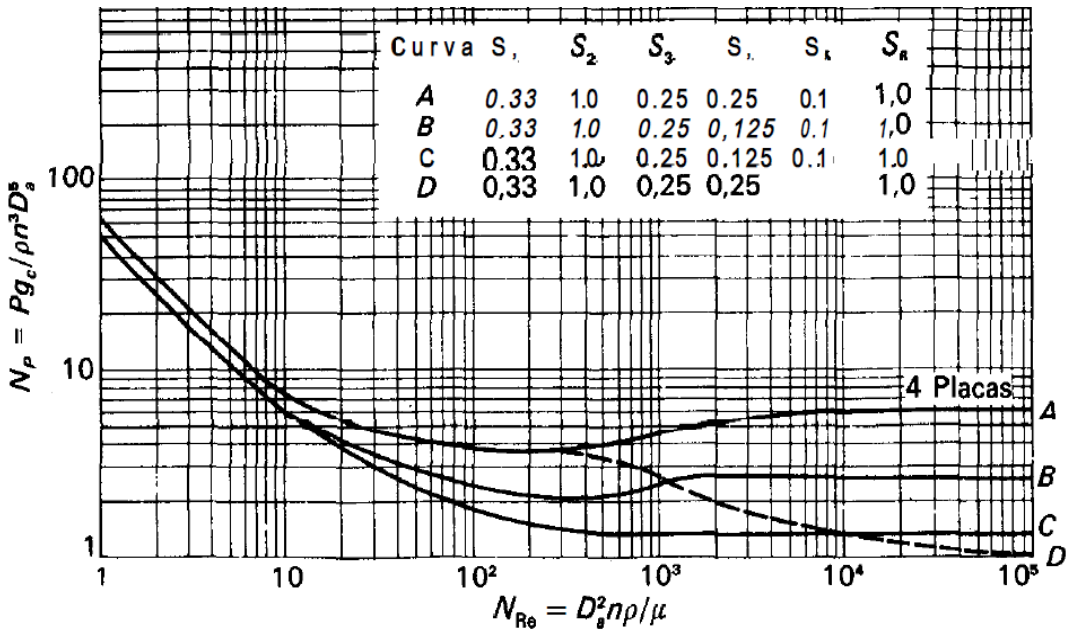


FIGURA 5.5 NÚMERO DE POTENCIA NP FRENTE AL NÚMERO DE REINOLDSNRE PARA TURBINAS DE SEIS PALAS. (SEGÚN BATES; RUSHTON) (9)

A continuación se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación 5.9.

$$P = N_p \times \rho \times N^3 \times d_2^5 \qquad \text{(ec 5.9)}$$

$$P = 6 \times 984\, {}^{kg}/_{m^3} \times \left(2{,}5\, {}^{rev}/_{seg}\right)^3 \times (0{,}3\, m)^5$$

$P = 224{,}16\, Watts$ o 0,3 HP

Como culminación del diseño del mezclador se determina el tiempo de mezclado con la siguiente fórmula.

$$t_T = 5 \times \frac{\pi \times D_t^2 \times H}{4} \times \frac{1}{0{,}92 \times n \times D_a^2 \times D_t} \qquad \text{(ec 5.10)}$$

$$t_T = 60 \times \frac{\pi \times (0{,}7m)^2 \times 0{,}7\ m}{4} \times \frac{1}{0{,}92 \times 2{,}5 \frac{rev}{seg} \times (0{,}3m)^2 \times 0{,}7m}$$

$$t_T = 112\ seg$$

La fórmula se cambió para darle mayor tiempo de mezclado ya que el fluido completa un lazo de circulación de 5 vueltas desde la entrada hasta la salida en la primera fórmula y en la fórmula ya reemplazada esta llega a 60 vueltas dentro del tanque, procurando mayor tiempo de mezclado y mejor homogenizado de la mezcla. Además se instala un variador el cual permite la disminución de la potencia del motor de la mezcladora con este accesorio se puede pasar de la velocidad de mezclado a la de pasteurizado.

Diseño de Pasteurizador.

La pasteurización es el tratamiento de calor para eliminar los microorganismos presentes y para garantizar el tiempo óptimo para el consumo de una bebida. Por el momento se cuenta con una vida útil de

14 días, lo cual se podrá mejorar mediante el uso y diseño de un pasteurizador.

Para desarrollar un diseño de proceso térmico más real, se debe realizar un estudio de penetración de calor, después de haber sido instalado el pasteurizador. Por el momento, se realizan cálculos y se estima la temperatura y tiempo óptimo del proceso.

El primer paso para establecer el diseño térmico, es conocer el Ft (tiempo total de muerte térmica la T^o de Referencia) objetivo en función del microorganismo más termoresistente de la leche de soya. El microorganismo encontrado en la leche de soya, según los criterios microbiológicos del reglamento técnico centroamericano es el Bacillus cereus (apéndice 14). En la tabla 23 se determina los valores de termoresistencia (Z y D_o) del Bacillus cereus, los cuales son $D_{121℃}$=0,0065 min. y Z= 9,7 ^oC.

Tabla 23

Valores de Termoresistencia del Bacillus cereus.

	Valor Z (°C)	$D_{121\,℃}$ (min)
Bacillus cereus	9,7	0,0065

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

En este estudio se toma como temperatura de referencia 88°C, obteniendo un valor $D_{88\,℃}$= 16,4 min.

$$D_{121\,℃} = D_{T^2} \times 10^{\frac{T^2-121}{Z}} \qquad \text{(ec 5.11)}$$

$$D_{88\,℃} = \frac{D_{121}}{10^{\frac{T2-121}{Z}}} \qquad \text{(ec 5.12)}$$

$$D_{88\,℃} = \frac{0{,}0065\ min}{10^{\frac{88-121}{9{,}7}}}$$

$$D_{88\,℃} = 16{,}4\ \text{min}\ o\ 984\ seg$$

En la siguiente fórmula se establece el tiempo de pasteurización, en base al tiempo del proceso D a 88°C.considerando un valor de VS= 2.

$$F_{88\,℃} = D_{88\,℃} \times VS \qquad \text{(ec 5.13)}$$

$$F_{88\,℃} = 16{,}4 \times 2$$

$$F_o = 32{,}8\,\text{min}\ o\ 1968\ seg$$

Se considera la carga máxima permitida en la legislación para alimentos con soya Nf y la aceptable como el número inicial o No, en base a estos cálculos se tienes un Fo teórico de 32,8 min a 88°C. Como se conocen el tiempo y temperatura del proceso en base a estos datos se dan las características del tanque el cual por efecto de practicidad este es el mismo tanque usado para la mezcla de ingredientes, al cual se le agrega una camisa de vapor. A continuación, se realiza los cálculos para el diseño del Pasteurizador tipo batch:

Cálculo de Energía Requerida.

$$Q = m \times Cp \times \Delta T \qquad \text{(ec 5.14)}$$

$$Q = 0{,}105\ \frac{Kg}{seg} \times 3{,}94\ \frac{Kj}{Kg\ ℃} \times (88\ ℃ - 65C^{o})$$

$$Q = 34287\ \frac{Kj}{h}\ \text{o 9,52 Kw}$$

Cálculo de Diferencia Logarítmica de Temperatura Media.

$$\Delta t_2 = t_e - T_s$$

$$\Delta t_1 = t_s - T_e$$

$$\text{MLDT}= \frac{\Delta t_2 - t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \qquad \text{(ec 5.15)}$$

$$\Delta T_1 = 98 - 57$$

$$\Delta T_1 = 33\ C^o$$

$$\Delta T_2 = \ 95 - 88$$

$$\Delta T_2 = 7\ C^o$$

$$LMTD = \frac{69{,}77\ C^o - 33\ C^o}{ln\frac{7}{33}}$$

$$LMTD = 16{,}77℃$$

Cálculo del Área de Transferencia de Calor.

El valor de Ud. para el cálculo del área de transferencia de calor se lo tomo del apéndice 15, para valores de Ud. contransferencia de calor entre vapor y líquido.

$$A = \frac{Q}{U_d \times LMTD} \qquad \text{(ec 5.16)}$$

$$A = \frac{9{,}52\ Kw}{0{,}57\ \frac{Kw}{m^2\ °C} \times 16{,}77\ °C}$$

$$A = \ 1\ m^2$$

Flujo Másico de Vapor.

$$S = \frac{Q}{h_{fg}} \qquad \text{(ec 5.17)}$$

$$S = \frac{9{,}52\ Kw}{0{,}736\ \frac{Kw-h}{Kg}}$$

$$S = 12{,}93\ \frac{Kg}{h} \text{ o } 1{,}32 \text{ Kg/ min}$$

En la tabla 24 se describe las características del tanque con camisa.

TABLA 24

CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE CON CAMISA.

Diámetro Interno Tanque	0,7 m
Altura del Tanque	0,7 m
Diámetro Interno de Camisa	0,003 m
Altura de la Camisa	0,5 m
Área Interna de la Camisa	2,1 m^2

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

Selección de Envasadora.

El proceso actual de llenado es totalmente manual. Este tipo de llenado puede presentar los siguientes problemas: higiene, precisión de llenado y velocidad. La selección de la llenadora pretende resolver estos

problemas. Existen distintas formas por las cuales se puede llenar los envases. A continuación, se presenta una clasificación general de estos:

Por Nivel.

En este tipo de arreglo el contenedor es situado en un lugar en el cual sea posible transportar el fluido sin necesidad de dispositivos de empuje. En todos los casos es necesario mantener un nivel de producto en el contenedor para garantizar el funcionamiento. La desventaja es que al final de la jornada gran parte del producto debe ser removido del contenedor ya que por debajo de este nivel máximo estos arreglos van decreciendo su eficiencia.

Por Gravedad.

Como su nombre lo indica el tanque es situado en la parte superior de los dosificadores para que el fluido simplemente descienda. La presión aplicada en este caso es la atmosférica, por lo tanto la velocidad de llenado no es muy alta. No se requiere de equipo especializado por lo que el costo es razonable.

Debido a que aún se cuenta con una producción relativamente baja y por las ventajas ya mencionadas se elige una máquina manual de llenado por gravedad, la cual está diseñada para llenar botellas desde 100 ml. a 4000 ml., a una velocidad de 5 a 6 Lt/min. Las presentaciones de los envases son de 230 y 500 ml por lo que la capacidad de llenado es de 21 a 26 botellas de 230 ml y de 10 a 12 botellas de 500 ml por minuto. En la Figura 5.6., se puede observar la llenadora que se emplea en la planta y sus partes entre las cuales se encuentran un tanque de 60 litros, una palanca regulable la cual se ajusta al tamaño de la botella a llenar, dos boquillas de llenado ajustables al diámetro y volumen de cada botella y por último una mesa de acero inoxidable con guías laterales.

FIGURA 5.6. LLENADORA MANUAL POR GRAVEDAD.

En cuanto a los costos totales de instalación del sistema de llenado se detallan en la tabla 24 Se debe recordar que además de la llenadora este sistema comprende una bomba centrifuga, tuberías de acero inoxidable y un tanque mezclador.

TABLA 25

COSTOS DE INSTALACIÓN DE LLENADORA Y TANQUE MEZCLADOR.

Cantidad	Equipo	Valor Unitario	Valor Total
4	Codo 90 grados 1 1/2 ´´	$ 4,01	$ 16,04
1	Tanque de Acero Inox.	$ 2.016,00	$ 2.016,00
1	Motor Mezclador	$ 280,00	$ 280,00
1	Reducción 1 1/2 ´´ a 1 ´´	$ 5,53	$ 5,53
1	Llenadora	$ 8.122,24	$ 8.122,24
2	Brida	$ 33,40	$ 66,80
1	Instalación	$ 1.000,00	$ 1.000,00
1	Bomba Centrifuga	$ 535,90	$ 535,90
2	Tub. 1 1/2 `` Acero Inoxidable	$ 72,47	$ 144,94
Total			$ 12.187,45

Elaborado Por: Carolina Crespo y Edgar Landines

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Esta tesis ha sido elaborada con el objetivo de optimizar el proceso de elaboración de leche de soya, implantada en una fábrica artesanal que no cuenta con equipos especializados para su óptima producción y duración en percha.

Se han diseñado los equipos necesarios para cumplir con los estándares de calidad y aumentar su producción, disminuyendo los costos y mejorando el tiempo de vida útil del producto; de donde concluimos que:

- Se determina que el uso de un pasteurizador en batch es el más adecuado para el tipo de producción que actualmente poseen; dicho equipo se diseña en base a las exigencias de la planta y posible aumento en la producción; y se establece que el área total de la camisa es de 2,1m^2, con un motor de 0,75HP, un eje y un mezclador de 6 aspas, con una capacidad de almacenamiento de 200 lt y una temperatura máxima de tratamiento de 88 ^oC.

- La leche de soya es una bebida que posee una cantidad considerable de sólidos en suspensión, por lo tanto el uso de un filtro prensa es indispensable para continuar con el proceso y por lo que se determina que el equipo debe poseer 11 placas con un área de 0,397m2 y una capacidad de filtración de 19,8 kg/min, para cumplir con la demanda diaria y con un excedente para aumentar los volúmenes de producción cuando sea necesario.

- Previo al diseño de equipos se establece la distribución de las áreas en planta cuyo origen se fundamenta en el Planeamiento Sistemático LayOut, el cual permite disminuir tiempos de trabajo y optimizar los espacios existentes destinados a la construcción de la planta.

- Las tuberías y bombas fueron determinadas en base a las características del fluido antes y después de filtrado, antes del proceso de filtrado se tiene tuberías con menor diámetro y una bomba con impulsor semiabierto debido a los sólidos suspendidos en el fluido y la bomba y tubería desde el tanque pasteurizador a la llenadora tiene un mayor diámetro y una bomba con impulsor cerrado.

- Los costos que se deben cubrir para iniciar el proyecto de mejora de esta planta llega a $29.607, valor que ha sido analizado en base a los precios actuales de los equipos, accesorios y mano de obra requeridos para este fin; de donde el filtro prensa es el equipo que más costo de inversión requiere con un aproximado de $15.000.

- Técnicamente, los cálculos realizados en la tesis estuvieron basados para una producción estimada de 82,7 Kg/h. En conclusión, la tesis ha permitido establecer el diseño de la planta productora de leche de soya con sus respectivos equipos, considerando la producción actual y el futuro incremento del mismo.

- Entre los puntos en los cuales se debe hacer un estudio luego de implementada la planta se encuentra el de penetración de calor en el pasteurizador real, con el fin de obtener el tiempo y Temperatura ideal para el proceso de pasteurización, el cual permite retener la mayor cantidad de nutrientes como las Vitaminas A, D y B12, además de proteínas como Lisina, Treonina y Leucina.

- Se recomienda el uso de filtros y magnetos antes del llenado que impidan el paso de partículas extrañas en el alimento.

- Se recomienda la revisión de los equipos y lavado de estos antes de cualquier producción, con la finalidad de evitar la posible contaminación cruzada de la leche de soya.

APÉNDICE 1.

Cálculo de Carga Térmica

Cs1 Calor debido a la radiación a través de ventanas

Cs1= Radiación solar x Superficie x Factor de corrección

R= 38 Kcal/h-m^2 Norte

R= 119 Kcal/h-m^2 Sur } Radiación Solar.

S= 0, 6 m^2

f= 1

$$Cs1 = R \times S \times f$$

$$Cs1 = [(38 \text{ Kcal/h-m}^2 \times 3) + (119 \text{ Kcal/h-m}^2 \times 3)] * 0.6 \text{ m}^2 \times 1$$

Cs1= 282,6 Kcal/h

Cs2

Calor debido a la radiación y transmisión a través de paredes y techo exteriores.

Cs2= K x S x DTE

K = Coeficiente de Transmisión de la pared/techo

S= Superficie de la Pared.

DTE = Diferencia de Temperaturas Equivalentes para cada pared y techo

K = 1,3 Kcal/ h m^2 °C Paredes exteriores

S= 59,4 m^2 Sur.

DTE= 10,8 °C Sur ΔT = 9°C

Cs2= K*S*DTE para cada pared y techo

Cs2 = 1,3 Kcal/ h m^2 °C x 59,4 m^2 x 10,8 °C

Cs2 = 833,976 kcal / h

- No se consideran las paredes norte y oeste porque no están en contacto con el sol.
- No se considera el techo porque debe estar en el exterior.

Cs3

Calor debido a la transmisión a través de paredes y techo no exteriores

Cs3= S x K x ΔT

S =Superficie del Elemento

K= Coeficiente global

ΔT = El salto Térmico en °C

S= 76,95 m^2 Techo

24,3 m^2 Pared Interior Este

14,7 m^2 Pared Interior Oeste

K = 1, 8 5 Kcal/ m^2 °C h

Δ T= 3 °C Pared Interior

Q_{ST} = S x K x Δ T

Q_{ST} = [(76, 95 m^2x1, 85 Kcal/ m^2 °C h x 3°C)+(24,3 m^2x1,855 Kcal/ m^2 °C h x3°C)]

Q_{ST} = 561, 94 Kcal/ h

- No se considera la pared oeste porque está al lado del frigorífico.
- No se considera los vidrios porque están en el exterior del edificio.

Cs4 Calor Sensible debido al aire de infiltraciones

- No se considera el calor sensible debido a infiltraciones.

Cs5 Calor Sensible generado por las personas que ocupan el local.

Cs5= Calor emitido por las personas x #de personas q ocupan el Local.

Cs5= Trabajo Ligero Taller = 50 Kcal/h

Número de personas= 4

Cs5= Cs x #P

Cs5= 50 Kcal/h x 4

Cs5= 200 Kcal / h

Cs6 Calor generado por la iluminación del local

- No se considera el calor sensible debido a iluminación del local debido a que no se usan las luces durante el día.

Cs7 Calor generado por la maquinaria del local

Cs7= Potencia Eléctrica x # de Máquinas x Rendimiento

Potencia Eléctrica = 8000 Watts

Número de Máquinas = 2

Rendimiento = 0,7

1 Watt = 0,239 Cal / seg

Cs7= P * # de máquinas * rendimiento

$$Cs7 = \left(8000\ W\ \times 2 \times 0{,}7 \times \frac{0{,}239\ \frac{Cal}{Seg}}{1\ Watt} \times \frac{1\ Kcal}{1000\ Cal} \times \frac{3600\ seg}{1\ h} \right) \div 2$$

Cs7 = 4818, 24 Kcal / h

- El calor generado por los equipos se lo divide para dos debido a que los equipos se usan 30 minutos por cada hora.

APÉNDICE 2.

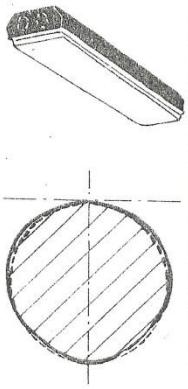
Tablas de Luminotécnia.

Valores de Depreciación, para el Cálculo de Valores Locales de Iluminación.

Ensuciamiento	Factor de depreciación	
	Limpieza cada	
	1 año	2 años
Ensuciamiento bajo	1,15	1,25
Ensuciamiento normal	1,25	1,40
Ensuciamiento alto	1,40	1,70

APÉNDICE 3.

Lámparas Fluorescentes Iluminación Directa Con Armadura de Pantalla Difusora.

Aparato de alumbrado		Indice del local	Factores de utilización									Factores δ depreciación		
			$\rho_T=0,7$			$\rho_T=0,5$			$\rho_T=0,3$			Limpieza cada		
Tipo	Rend. η A	K	$\rho_p=0,5$	$\rho_p=0,3$	$\rho_p=0,1$	$\rho_p=0,5$	$\rho_p=0,3$	$\rho_p=0,1$	$\rho_p=0,5$	$\rho_p=0,3$	$\rho_p=0,1$	1 año	2 años	3 años
DIRECTO con pantalla de metacrilato 	0,5 ↑ 65 ↓ 64,5	1	0,24	0,19	0,16	0,23	0,19	0,16	0,23	0,19	0,16			
		1,2	0,28	0,23	0,20	0,27	0,23	0,20	0,27	0,23	0,20			
		1,5	0,33	0,29	0,25	0,32	0,29	0,25	0,32	0,28	0,25			
		2	0,40	0,36	0,33	0,39	0,35	0,32	0,38	0,35	0,32			
		2,5	0,44	0,40	0,37	0,43	0,40	0,37	0,42	0,39	0,37	Ensuciamiento bajo		
		3	0,47	0,43	0,40	0,46	0,43	0,40	0,45	0,42	0,40	1,30	1,45	1,65
		4	0,51	0,48	0,45	0,50	0,47	0,45	0,49	0,47	0,45	Ensuc normal		
		5	0,53	0,51	0,48	0,53	0,50	0,48	0,52	0,50	0,48	1,55	1,90	2,15
		6	0,55	0,53	0,51	0,54	0,52	0,50	0,54	0,52	0,50			
		8	0,57	0,55	0,54	0,57	0,55	0,54	0,56	0,55	0,53	Ensuciamiento alto		
		10	0,59	0,57	0,56	0,58	0,57	0,55	0,58	0,56	0,55	×	×	×
		1 aparato de alumbrado en el centro del local												
		1	0,26	0,22	0,19	0,25	0,21	0,18	0,25	0,21	0,18			
		1,2	0,31	0,27	0,24	0,30	0,26	0,24	0,30	0,26	0,24			
		1,5	0,37	0,34	0,31	0,37	0,33	0,31	0,36	0,33	0,31			
		2	0,46	0,42	0,40	0,45	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40			

APÉNDICE 4.

Tabla de Renovaciones de Aire en la Industria Láctea.

Actividad del Local	Renovaciones o carga
Almacenes para Alimentos.	5 a 15 x hr.
Cocinas Industriales.	15 a 20 x hr.
Hospitales y Clínicas.	5 a 10 x hr.
Iglesias Techos Bajos.	10 a 20 x hr.
Iglesias o Catedrales Techos Altos.	10 a 15 x hr.
Imprentas.	6 a 15 x hr.
Industrias de Alimentos.	5 a 14 x hr.
Laboratorios.	6 a 8 x hr

APÉNDICE 5.

Principales Funciones de Medios Filtrantes.

Destruye Inhibe σ Retiene Retiene / inhibe

Principales funciones de los medios filtrantes

Contaminantes del agua

Medio filtrantes	Bacteria Coli-formes	Virus	Giarda cysti-cercos	Amibas	Shigella Salmonella	Sabor olor/ color	Trihalo-metanos THM's	Compuestos Voc's/Toc's	Compuestos Halogenados	Pesticidas fenoles	Plomo cadmio	Calcio Magnesio	Asbestos	Yodo	Cloro
Cerámicas con cuarzo de plata	σ	σ	σ	σ	σ								σ		
Mallas submicróni-cas	σ	σ	σ	σ	σ								σ		
Pastillas cloro															
Resinas yodatadas															
Generador a base de ozono															
Lámparas ultravioleta															
Carbón activado						σ	σ	σ	σ	σ				σ	σ
Carbón extruído						σ	σ	σ	σ	σ			σ		σ
Carbón activado impregnado con plata						σ	σ	σ	σ	σ					σ
Yodasorb															
Resinas suavizadoras												σ			
Membrana de ósmosis inversa	σ	σ	σ	σ	σ	σ		σ		σ	σ	σ	σ		
Cerámicas simples	σ		σ	σ	σ								σ		
KDF-55							σ	σ	σ	σ	σ	σ			σ
Leadout							σ				σ				

APÉNDICE 6.

Diagrama De Recorrido Sencillo Definición de Operaciones Básicas y Actividades.

	CAMBIO DE ALGUNA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS O QUÍMICAS DE UN OBJETO O SE PREPARA PARA OTRA OPERACIÓN, TRANSPORTE, INSPECCIÓN O ALMACENAJE. TAMBIÉN TIENE LUGAR CUANDO SE DA O RECIBE INFORMACIÓN O CUANDO SE PLANIFICA O CALCULA.	PRODUCE Ó REALIZA
	DESPLAZAMIENTO DE UN OBJETO DE UN LUGAR A OTRO, EXCEPTO CUANDO ESTE MOVIMIENTO FORMA PARTE DE UNA OPERACIÓN O ES MOTIVADO POR EL OPERARIO EN EL PUESTO DE TRABAJO DURANTE UNA OPERACIÓN O INSPECCIÓN.	DESPLAZA
	EXAMEN DE UN OBJETO PARA SU IDENTIFICACIÓN O SE VERIFICA EN CUANTO A CALIDAD O CANTIDAD.	VERIFICA
	CUANDO NO REQUIERE LA INMEDIATA EJECUCIÓN DE LA PRÓXIMA ACCIÓN PLANEADA.	ESPERA
	CUANDO SE GUARDA Y PROTEGE UN OBJETO CONTRA UN TRASLADO NO AUTORIZADO.	GUARDA
	CUANDO SE DESEA INDICAR ACTIVIDADES SIMULTÁNEAS O POR EL MISMO OPERARIO EN EL MISMO PUESTO DE TRABAJO (CÍRCULO INSCRITO EN UN CUADRADO).	VARIAS ACTIVIDADES

APENDICE 7.

Diagrama General de la Planta.

APÉNDICE 8.

Coeficiente de Resistencia Locales para Flujo Laminar.

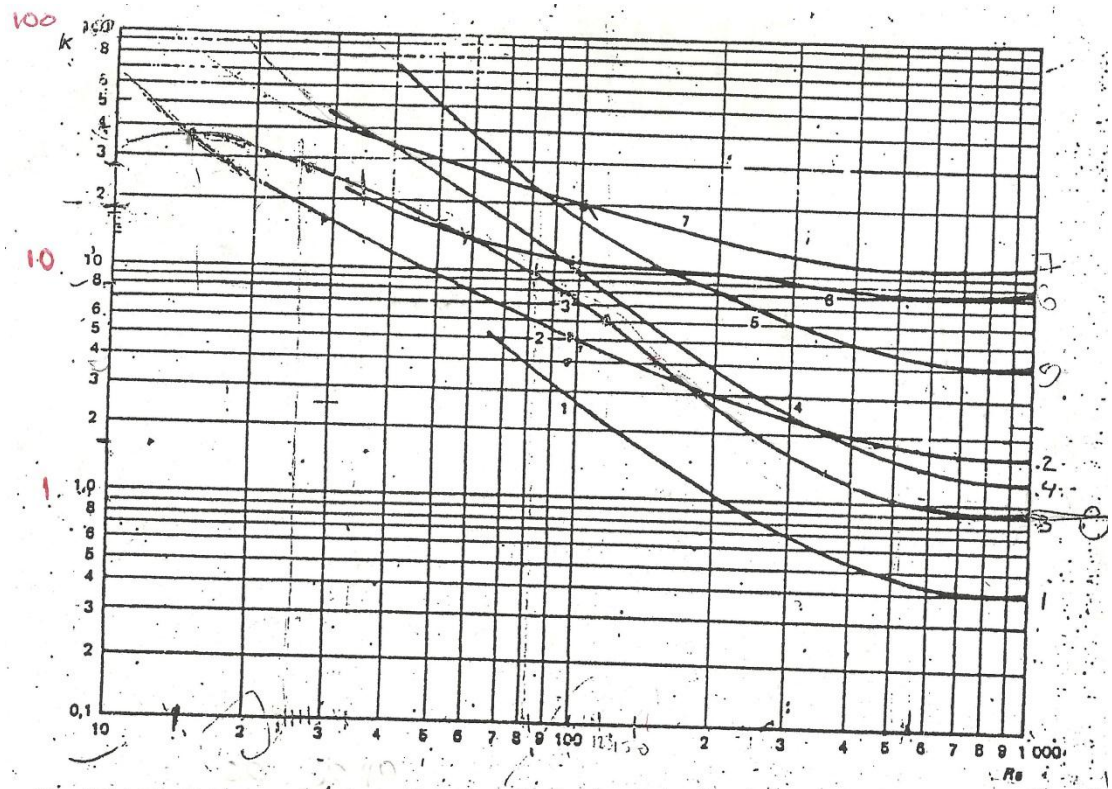
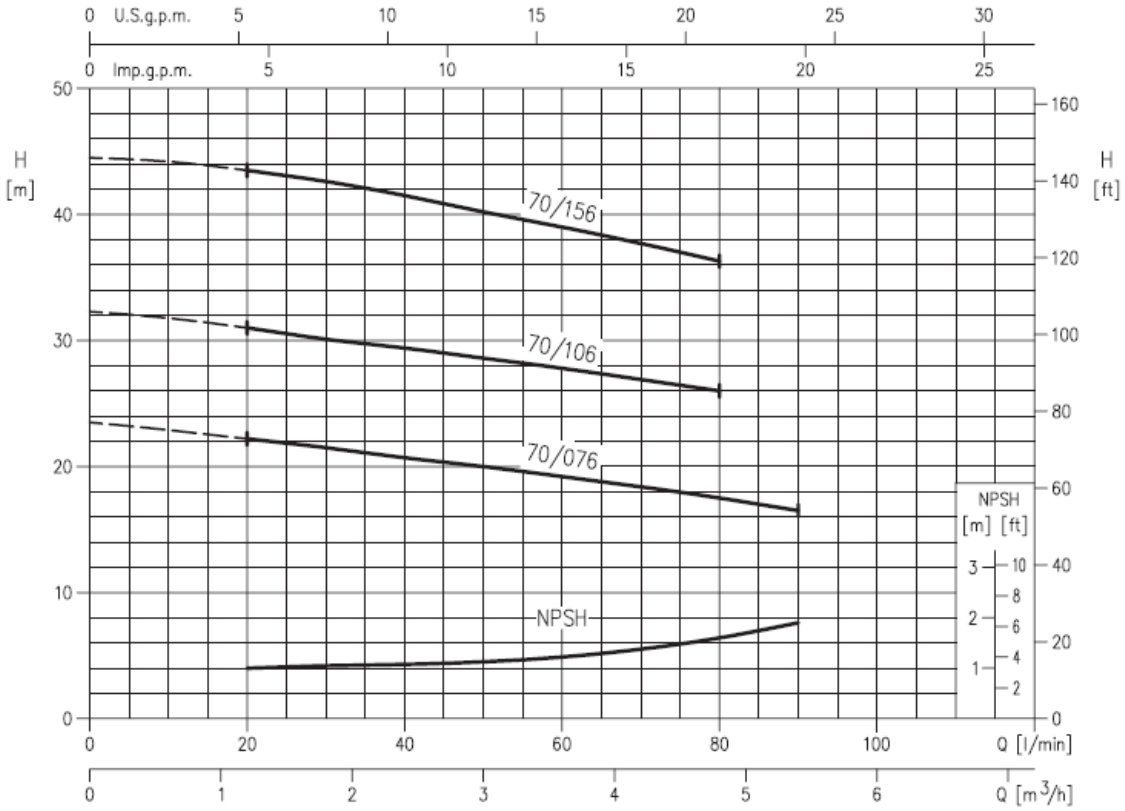


Fig. 3.24 Coeficientes de resistencia locales para flujo laminar: 1- te, flujo a lo largo; 2- flujo a la rama; 3- codo de 90° de pequeño radio; 4- válvula de compuerta abierta; 5- válvula de retención de charnela; 6- válvula de ángulo; 7- válvula de globo (ver nota de la tabla 3.1)

APÉNDICE 9.

Curva de Funcionamiento y Tabla de Desempeño de la Bomba CDXM 70/106.



PERFORMANCE TABLE

Pump type		Power		Absorbed current [A]			Q=Capacity										
							l/min	0	20	50	80	90	120	140	160	180	220	250
Single-phase 60Hz	Three-phase 60Hz	kW	HP	Single phase	Three-phase 220V	Three-phase 380V	m³/h	0	1,2	3	4,8	5,4	7,2	8,4	9,6	10,8	13,2	15
							H=Total head [m]											
CDXM 70/076	CDX 70/076	0,55	0,75	3,4	2	1,2		23,5	22,2	20	17,5	16,5	-	-	-	-	-	-
CDXM 70/106	CDX 70/106	0,75	1	5,1	2,9	1,7		32,3	31	28,6	26	-	-	-	-	-	-	-
CDXM 70/156	CDX 70/156	1,1	1,5	7,5	4,5	2,6		44,5	43,5	40,2	36,3	-	-	-	-	-	-	-
CDXM 120/06	CDX 120/06	0,75	1	5,2	2,9	1,7		23,8	-	21,8	20,2	19,7	18,1	16,8	15,5	14	-	-
CDXM 120/156	CDX 120/156	1,1	1,5	7,2	4,3	2,5		32	-	29,8	28,3	27,7	26,2	25	23,5	-	-	-
CDXM 120/206	CDX 120/206	1,5	2	11,3	6,9	4		45,5	-	43,2	41	40,4	38,2	36,8	34,5	-	-	-
CDXM 200/156	CDX 200/156	1,1	1,5	6,6	3,9	2,3		28,3	-	-	20,8	20,4	19,4	18,6	17,8	17	15,2	13,6
CDXM 200/206	CDX 200/206	1,5	2	10	6,2	3,6		32	-	-	30	29,5	28,6	27,9	27,2	26,3	24,6	23,2
CDXM 200/306	CDX 200/306	2,2	3	-	8,2	4,7		38,8	-	-	35,5	35,1	34	33,3	32,5	31,6	29,8	28,2

APÉNDICE 10.

Valores de Rugosidad en Tuberías.

Tabla 9
VALORES DE LA RUGOSIDAD EN TUBOS

Tipo de tubería	rugosidad (e). mm
Tubos de acero sin costura y tubos soldados no corroidos	0.2
Tubos de acero galvanizado	0.125
Tubos de acero viejos y herrumbrosos	0.67-2.0
Tubos de hierro fundido, nuevos	0.26
usados	1.4 2.0
Tubos de aluminio lisos	0.015-0.06
Tubos de latón, cobre y plomo sin costura; tubos de vidrio	0.0015-0.01
Tubos de hormigón enlucidos	0.3-0.8
Tubos de hormigón sin enlucir	3-9
Oleoductos en condiciones medias de explotación y conductos de vapor saturado	0.2
Conductos de vapor de funcionamiento periódico	0.5
Conductos de aire comprimido	0.8
Conductos de condensado de funcionamiento periódico	1.0

Para cálculo más exacto la rugosidad de tubos metálicos se puede determinar por medios muy precisos en el laboratorio de metalografía. Los valores que da esta tabla para la rugosidad *e* son más bien conservadores y se recomiendan para el proyecto de instalaciones hidráulicas.

APÉNDICE 11.

Factor de Corrección de Energía Cinética con el Número de Reinolds para Flujo Turbulento.

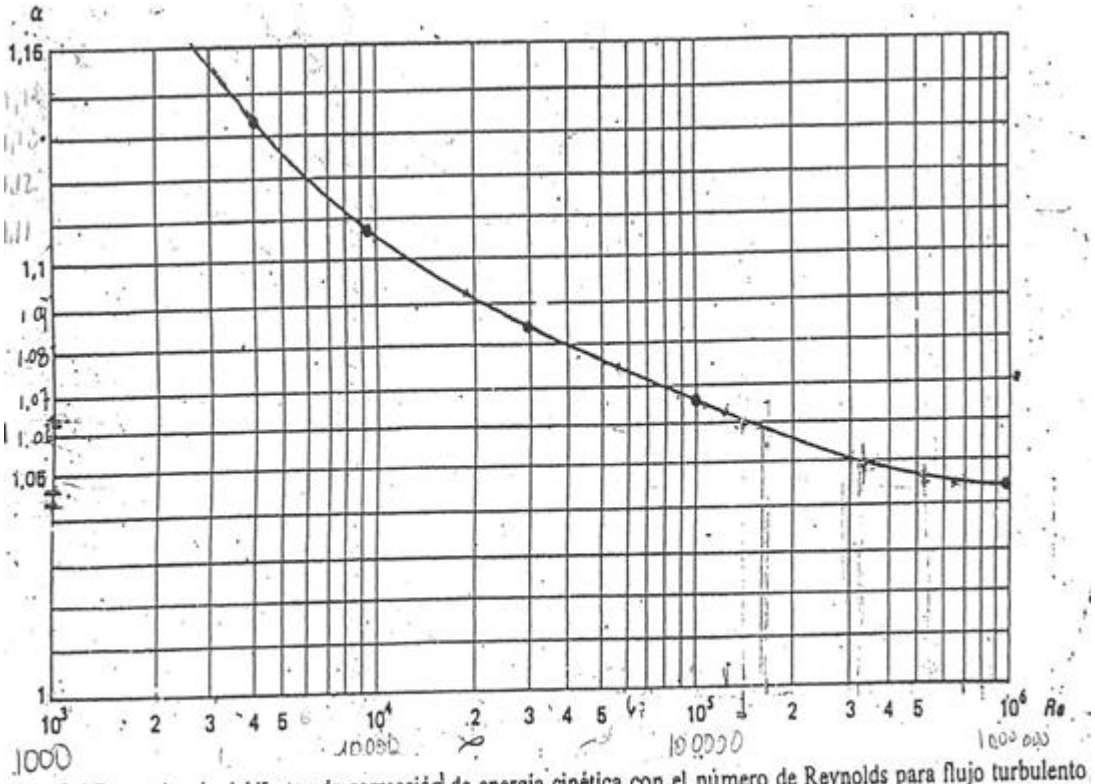
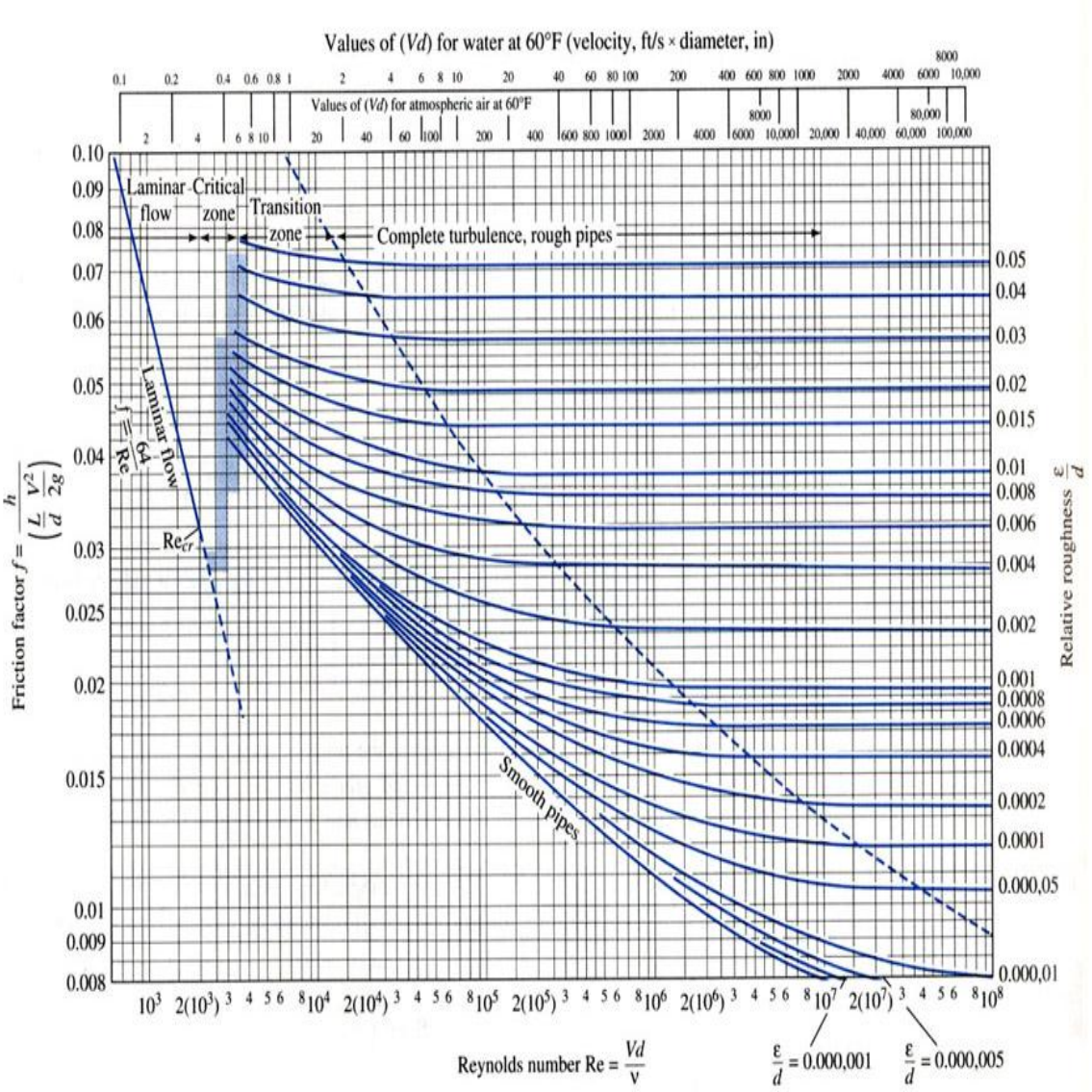


Fig. 3.4 Dependencia del factor de corrección de energía cinética con el número de Reynolds para flujo turbulento por tuberías de un fluido newtoniano

APÉNDICE 12.

Factor de Fricción en Tuberías. Diagrama de Moody



APÉNDICE 13.

Coeficiente de Resistencia Locales para Flujo Turbulento.

Tabla 3.1

COEFICIENTES DE RESISTENCIA LOCALES PARA FLUJO TURBULENTO ($Re > Re_{cr}$)

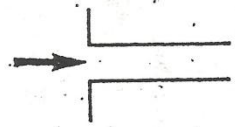
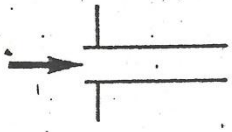
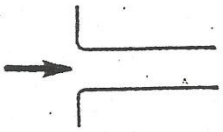
Resistencia local	K_{turb}
1. Entrada en un tubo desde un depósito de gran volumen	
bordes agudos 	0,5
bordes agudos con penetración en el depósito 	0,78
bordes ligeramente redondeados 	0,23

Tabla 3.1 (cont.)

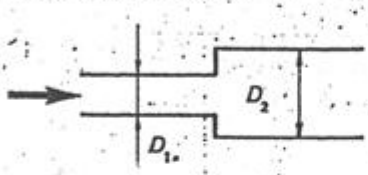
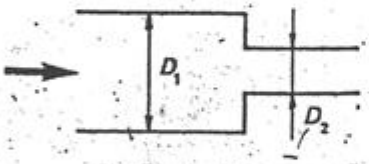
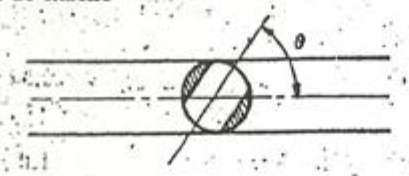
Resistencia local	K_{turb}
bordes redondeados	0,04
2. Salida de un tubo a un depósito de gran volumen	1,0
3. Ensanchamiento brusco 	$\left[1-\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2\right]^2 =$ $=\left[1-\frac{A_1}{A_2}\right]^2$ (se refiere a la velocidad en la sección 1)
4. Estrechamiento brusco 	$0,5\left(1-\frac{A_2}{A_1}\right)=$ $=0,5\left[1-\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2\right]$ (se refiere a la velocidad en la sección 2)
5. Codo 90°	
estándar	0,75
de gran radio	0,60
a escuadra	1,3
6. Codo 45°	
estándar	0,35
de gran radio	0,20
7. Codo de retorno de mínimo radio	1,5
8. Te estándar	
flujo a lo largo	0,4
flujo hacia o desde una rama o dividido	1,0
9. Válvula de compuerta	
abierta	0,17
3/4 abierta	0,9
1/2 abierta	4,5
1/4 abierta	24,0
10. Válvula de globo	
abierta	6,0
1/2 abierta	9,0

Tabla 3.1 (cont.)
Resistencia local

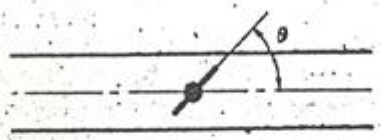
11. Válvula de macho



K_{turb}

θ	5°	10°	20°	40°	60°
K	0,05	0,29	1,56	17,3	206

12. Válvula de mariposa



θ	5°	10°	20°	40°	60°
K	0,24	0,52	1,54	10,8	118

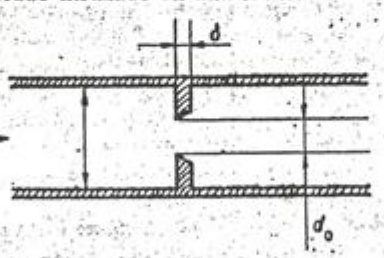
13. Válvula de retención
    - de charnela 2,0
    - de bola 70,0
    - de disco 10,0

14. Válvula de diafragma
    - abierta 2,3
    - 3/4 abierta 2,1
    - 1/2 abierta 4,3
    - 1/4 abierta 21,0

15. Válvula en ángulo abierta 2,0

16. Diafragma perforado instalado en una tubería

$\beta = \frac{d_0}{D}$



la tabla es válida para $\frac{\delta}{d_0} < 0{,}15$

β^2	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16
K	7 000	1 670	730	400	245	165	117	86,0
β^2	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,34
K	65,5	51,5	40,0	32,0	26,8	22,3	18,2	13,1
β^2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9		
K	8,25	4,00	2,0	0,97	0,42	0,13		

APÉNDICE 14.

Reglamento Técnico Centroamericano Para la Inocuidad de los Alimentos.

13.2 Subgrupo del alimento: alimentos complementarios para niños de pecho (0 a 6 meses) y niños pequeños (12 a 36 meses)			
Parámetro	**Categoría**	**Tipo de Riesgo**	**Límite Máximo permitido**
Recuento aerobios mesófilos. Previo incubación 35°C / 10 días (para envasados y enlatados)	5	A	< 10 UFC/mL o g
Recuento anaerobios mesófilos. Previo incubación 35°C / 10 días (para envasados y enlatados)	5		< 10 UFC/mL o g
Salmonella spp / 25g (cuando contenga carne)	10		Ausencia
Bacillus cereus (cuando contenga cereales y leche)	10		< 10 UFC/mL o g
Staphylococcus aureus	10		< 10 UFC/mL o g
Enterobacterias	5		< 10 UFC/mL o g

APÉNDICE 15.

Guía Para la Selección de Intercambiadores de Calor.

TABLA 1 Guía para selección de intercambiadores de calor

	Fluidos para transferencia de calor	Equipo	Acción	Tipo	Escala de presión	Escala típica de U	
Calefacción	Líquido a líquido	Intercambiador de soplado de agua de caldera	Soplado enfriado, agua de alimentación calentada	S	M, H	50-300	(0.28-1.7)
		Recuperador de calor de agua de lavandería	Agua residual enfriado, alimentación calentada	S	L	30-200	(0.17-1.1)
		Calentador de agua de servicio	Líquido de desecho enfriado, agua calentada	S	L, H	50-300	(0.28-1.7)
	Vapor a líquido	Calentador de purga	Vapor condensado, agua de alimentación calentada	S	L, H	200-800	(1.1-4/5)
		Calentador de alimentación de desaeración	Vapor condensado, agua de alimentación calentada	M	L, M	DC	
		Calentador de chorro	Vapor condensado, agua calentada	M	L	DC	
		Olla de proceso	Vapor condensado, líquido calentado	S	L, M	100-500	(0.57-2.8)
		Calentador de petróleo	Vapor condensado, petróleo calentado	S	L, M	20-60	(0.11-0.34)
		Calentador de agua de servicio	Vapor condensado, agua calentada	S	L, M	200-800	(1.1-4.5)
		Calentador de flujo abierta	Vapor condensado, agua calentada	M	L	DC	
		Recalentador de vapor de sodio líquido	Sodio enfriado, vapor recalentado	S	M, H	50-200	(0.28-1.1)
	Gas a líquido	Calentador de agua de calor de desecho	Gas de desecho enfriado, agua calentada	T	L	2-10	(0.011-0.057)
		Economizador de caldera	Gas de combustión enfriado, agua de alimentación calentada	T	M, H	2-10	(0.011-0.057)
		Radiador de agua caliente	Agua enfriada, aire calentado	T	L	1-10	(0.0057-0.057)
	Gas a gas	Calentador de aire de caldera	Gas de combustión enfriado, aire de combustión calentado	T, R	L	2-10	(0.011-0.057)
		Regenerador de turbina de gas	Gas de combustión enfriado, aire de combustión calentado	T	L	2-10	(0.011-0.057)
		Recalentador de caldera	Gas de combustión enfriado, vapor recalentado	T	M, H	2-20	(0.011-0.11)
	Vapor a gas	Serpentines de tubo de vapor	Vapor condensado, aire calentado	T	L, M	2-10	(0.011-0.057)
		Radiador de vapor	Vapor condensado, aire calentado	T	L	2-10	(0.011-0.057)
Enfria-miento	Líquido-líquido	Enfriador de petróleo	Agua calentada, petróleo enfriado	S, D	L, M	20-200	(0.11-1.1)
		Enfriador de agua	Refrigerante hervido, agua enfriada	S	L, M	30-151	(0.17-0.86)
		Enfriador de salmuera	Refrigerante hervido, salmuera enfriada	S	L, M	30-150	(0.17-0.86)
		Enfriador de aceite de transformador	Agua calentada, aceite enfriado	S	L, M	20-50	(0.11-0.88)
	Vapor-líquido	Dessobrecalentador de caldera	Agua de caldera calentada, vapor dessobrecalentado	S, M	M, H	150-800	(0.85-4.5)

BIBLIOGRAFÍA:

1. A. I. NELSON M. I. STEINBERG, L. S. WEI, ILLINOIS PROCESS FOR PREPARATION OF SOYMILK, January 1976.

2. ANA CASP VANACOCHA, Diseño de Industrias Agroalimentarias, Ediciones Mundi-Prensa, 2005.

3. ANGEL LUIS MIRANDA, Enciclopedia de la Climatización, Ediciones CEAC, 2004.

4. C. J. GeanKoplis, Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias, Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. de México, 1998.

5. Johnson W.K. and Snyder, H.E .Soymilk, Comparison of Processing Method. Yield and Composition, 1978.

6. José Ramírez Vázquez, Luminotecnia, Ediciones CEAC, 1982.

7. R. Muther, Planificación y Proyección de la Empresa Industrial (Método SLP). Editorial Técnicos Asociados S.A., Barcelona, 1968.

8. Robert H. Perry, Manual del Ingeniero Químico Tomo 2, Sexta Edición, McGraw-Hill, 1994.

9. Warren L. MacCabe- Julian C. Smith- Peter Harriott, Operaciones Unitarias de Ingeniería Química, Mc.Graw Hill, 1998.

www.1http://www.hogardecristo.org.ec/index.html

www.2http://malaga2004.pe.tripod.com/

www.3http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=874 Leche de Soja

www.4http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl

www.5http://en.wikipedia.org/wiki/Soy_milk Leche de Soja.

www.6 http://www.lenntech.es/procesos/dsinfeccion/quimica/desinfectantes-cloro.htm

www.7http://personales.upv.es/~jniclos/PROYECTOS_IM/TRANSPARENCIAS/12.%20TEMA%2012.pdf

www.8http://www.gestiopolis.com/canales/emprendedora/articulos/22/landscape.htm