

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE
RECOLECCIÓN, TRANSPORTE, RECEPCIÓN Y
ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA EN PIL TARIJA S.A.**

Por:

HÉCTOR ROBERTO MERILES BURGOS

**Proyecto de Grado (Modalidad: Ampliación, Optimización y/o Modernización
de Plantas Industriales Existentes) presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito
para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

Abril de 2019

TARIJA – BOLIVIA

V° B°

M.Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez

DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

APROBADA POR TRIBUNAL:

Ing. Ernesto Caihuara Alejandro

Ing. Hugo Armando Sánchez Perales

Ing. Juan Pablo Herbas Barrancos

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional durante toda mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A todos los catedráticos de la carrera de Ingeniería Química, por sus enseñanzas y conocimientos transmitidos.

A todo el personal de la planta PIL Tarija S.A, sobre todo al Ing. Iván Olivares O. por el apoyo e información brindada para la realización del presente Proyecto de Grado.

A los miembros del tribunal calificador, Ing. Ernesto Caihuara, Ing. Hugo Sánchez, Ing. Juan Pablo Herbas, por el asesoramiento y colaboración de cada uno durante la realización del presente trabajo.

A mis compañeros y amigos de la carrera de Ingeniería Química, que me acompañaron en el proceso de mi formación académica.

PENSAMIENTO

“El éxito es lo que nos da confianza para poner en práctica lo que el fracaso nos ha enseñado”.

P. Carrasco

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Adevertencia	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Pensamiento	iv
Resumen.....	v

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	5
1.3.1 Justificación Tecnológica.....	5
1.3.2 Justificación Económica.....	6
1.3.3 Justificación Social.....	6
1.3.4 Justificación Ambiental.....	6

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA PIL TARIJA S.A

2.1 ANTECEDENTES DE LA ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL DE PIL TARIJA S.A.....	7
2.1.1 Localización de PIL Tarija S.A.....	7
2.1.1 Distribución y Organización Industrial.....	8

2.2 CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DE LA PLANTA PIL TARIJA S.A.....	9
2.2.1 Materia Prima de la planta PIL Tarija S.A.....	9
2.2.1.1 Parámetros Fisicoquímicos de la Leche Cruda.....	9
2.2.1.2 Parámetros Microbiológicos de la Leche Cruda.....	10
2.2.2 Productos Elaborados en PIL Tarija S.A.....	11
2.3 INSUMOS Y MATERIALES.....	12
2.4 SERVICIOS AUXILIARES.....	13
2.4.1 Agua.....	13
2.4.1.1 Agua Fría.....	14
2.4.1.2 Agua Caliente.....	14
2.4.2 Generación de Vapor.....	15
2.4.3 Aire Comprimido.....	16
2.4.4 Electricidad.....	17
2.5 ELIMINACIÓN DE EFLUENTES.....	17
2.5.1 Efluentes Líquidos.....	17
2.5.2 Efluentes Gaseosos.....	17
2.6 OPERACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN, TRANSPORTE, RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA EN PIL TARIJA S.A.....	18
2.6.1 Recolección de la Leche Cruda.....	18
2.6.2 Transporte de la Leche Cruda.....	24
2.6.3 Recepción de la Leche Cruda.....	25

CAPÍTULO III

CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	26
3.1.1 Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP).....	26
3.1.1.1 Definición.....	26
3.1.1.2 Principios del Sistema HACCP.....	26

3.1.2 Diagnóstico en la Recolección y Transporte de Leche Cruda	28
3.1.2 Diagnóstico en la Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda	33
3.1.3 Identificación de Peligros y Puntos Críticos	35
3.1.3.1 Identificación de Peligros.....	36
3.1.3.2 Nivel de Probabilidad y Gravedad	36
3.1.4 Determinación de Límites Críticos	41
3.2 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE SOLUCIÓN.....	43
3.2.1 Producción de Leche Cruda	44
3.2.1.1 Higiene del Medio.....	44
3.2.1.2 Zona de Ordeño.....	44
3.2.1.3 Ordeño Higiénico	45
3.2.1.4 Influencia de la Temperatura en el Crecimiento Microbiano	45
3.2.2 Centros de Acopio de Leche Cruda	46
3.2.3 Características del Centro de Acopio de Leche Cruda.....	47
3.2.3.1 Requisitos Mínimos del Centro de Acopio	47
3.2.3.2 Ubicación	48
3.2.4 Procedimiento de Recolección y Transporte de Leche Cruda	48
3.2.5 Requerimientos para la Recolección y Transporte de Leche Cruda	49
3.2.6 Tiempo y Temperatura de Transporte de Leche Cruda	50
3.2.7 Tratamiento de la Leche Cruda antes de su Industrialización.....	51
3.2.7.1 Enfriamiento.....	51
3.2.7.2 Equipos para el Enfriamiento de la Leche	51
3.2.7.2.1 Equipo de Frío Tubulares.....	51
3.2.7.2.3 Equipo de Frío por Placas	52
3.2.7.3 Características de los Equipos de Frío	52
3.2.7.4 Tanques de Almacenamiento de Leche Cruda.....	53
3.3 DEFINICIÓN DE CONDICIONES Y CAPACIDAD	54
3.3.1 Condición y Capacidad para la Recolección y Transporte de Leche Cruda	54
3.3.2 Condición y Capacidad para la Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda.....	57
3.4 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN APROPIADA	60

3.4.1 Centros de Acopio Deficientes.....	60
3.4.2 Localización de Nuevos Centros de Acopio	62
3.4.2.1 Método de Localización de Centros de Acopio	64
3.4.2.2 Método del Centro de Gravedad para Localización.....	64
3.4.2.3 Centros de Acopio Localizados	65
3.4.3 Selección del Equipo de Frío para el Proceso de Recepción	83

CAPÍTULO IV

DISEÑO Y ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS

4.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA INTEGRADO CON LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.....	87
4.2 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA DEL SISTEMA INTEGRADO.....	89
4.2.1 Balance de Materia.....	89
4.2.2 Balance de Energía.....	93
4.3 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO DE FRÍO POR PLACAS	96
4.3.1 Metodología para el Diseño	96
4.3.2 Consideraciones para el Diseño	104
4.3.3 Cálculos del Equipo de Frío.....	106
4.4 ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS NECESARIOS	114
4.4.1 Equipos en la Recolección de Leche Cruda.....	114
4.4.2 Equipos en el Transporte de Leche Cruda	117
4.4.3 Equipos en la Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda	118
4.4.4 Consumo de Energía	120

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1 INVERSIÓN DEL PROYECTO	123
5.1.1 Estructura de la Inversión.....	123

5.1.2 Detalle de las Inversiones.....	123
5.1.3 Inversión en Activos Fijos	124
5.1.3.1 Equipos.....	125
5.1.3.1 Reactivos	128
5.1.4 Inversión en Activos Diferidos	129
5.2 COSTOS DE INVERSIÓN.....	129
5.3 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD	132
5.3.1 Cálculo del Periodo de Recuperación de Inversión del Proyecto	136

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES	137
6.2 RECOMENDACIONES	138
 BIBLIOGRAFÍA	 139

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla I-1. Composición y Energía de la Leche de Diferentes Especies	2
Tabla II-1. Requisitos Fisicoquímicos de la Leche Cruda	10
Tabla II-2. Requisitos Microbiológicos de la Leche Cruda	10
Tabla II-3. Características del Ablandador de Agua de PIL Tarija S.A	14
Tabla II-4. Características del Caldero Principal de PIL Tarija S.A.....	15
Tabla II-5. Características de los Calderos Auxiliares de PIL Tarija S.A	16
Tabla II-6. Características del Compresor de PIL Tarija S.A.....	16
Tabla III-1. Variables a Evaluar en el Diagnóstico.....	29
Tabla III-2. Resultados del Diagnóstico en la Recolección y Transporte de Leche Cruda	30
Tabla III-3. Parámetros de los Análisis realizados.....	34
Tabla III-4. Resultados de los Análisis realizados	34
Tabla III-5. Matriz de Peligros y Puntos Críticos en la Recolección de la Leche	38
Tabla III-6. Matriz de Peligros y Puntos Críticos en el Transporte de la Leche.....	39
Tabla III-7. Matriz de Peligros y Puntos Críticos en la Recepción de la Leche	40
Tabla III-8. Criterios para la Significancia de Riesgos	41
Tabla III-9. Límites Críticos de Control para el Sistema Integrado.....	42
Tabla III-10. Influencia de la Temperatura en el Crecimiento Microbiano	46
Tabla III-11. Características de los Equipos de Frío.....	53
Tabla III-12. Condiciones en la Recolección de Leche Cruda.....	54
Tabla III-13. Capacidad para la Recolección de Leche Cruda.....	55
Tabla III-14. Condiciones y Capacidad Actual del Transporte de Recolección	56

Tabla III-15. Condiciones y Capacidad Moderna del Transporte de Recolección	57
Tabla III-16. Condiciones y Capacidad de la Recepción de Leche Cruda.....	58
Tabla III-17. Centros de Acopio Deficientes	62
Tabla III-18. Lugares donde no se Localiza Nuevos Centros de Acopio	63
Tabla III-19. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Padcaya.....	65
Tabla III-20. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Cabildo	65
Tabla III-21. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Rosillas.....	66
Tabla III-22. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Abra San Miguel	67
Tabla III-23. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Cañas	68
Tabla III-24. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Mollar	68
Tabla III-25. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Juntas.....	69
Tabla III-26. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de San José de Charaja	69
Tabla III-27. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de San Antonio Chocloca.....	70
Tabla III-28. Características de los Nuevos Centros de Acopio	71
Tabla III-29. Coordenadas Geográficas de los Nuevos Centros de Acopio	72
Tabla III-30. Zonas de Recolección del Transporte Moderno	82
Tabla III-31. Ventajas y Desventajas de los Equipos de Frío	83
Tabla III-32. Criterios para la Selección de Alternativa	84
Tabla III-33. Calificación de los Equipos de Frío.....	85
Tabla III-34. Matriz de Decisión para Selección de Equipo de Frío	86
Tabla IV-1. Descripción de Equipos.....	88
Tabla IV-2. Descripción de los Flujos	89

Tabla IV-3. Balance de Materia en el Sistema Integrado	95
Tabla IV-4. Datos de la Leche Cruda.....	104
Tabla IV-5. Datos del Agua Fría.....	105
Tabla IV-6. Datos de las Placas del Intercambiador	105
Tabla IV-7. Iteraciones en el Cálculo del Equipo de Enfriamiento	111
Tabla IV-8. Especificaciones de Equipos para Centros de Acopio	115
Tabla IV-9. Dimensiones de Tanques de Enfriamiento para Centros de Acopio	116
Tabla IV-10. Especificaciones de Equipos para Transporte de Leche.....	117
Tabla IV-11. Dimensiones de Tanques de Transporte de Leche	118
Tabla IV-12. Dimensión y Características del Equipo de Enfriamiento de Leche ...	119
Tabla IV-13. Equipo Adicional para la Recepción y Almacenamiento de Leche	119
Tabla IV-14. Consumo de Energía de Equipos actuales en la Recepción de Leche Cruda	121
Tabla IV-15. Consumo de Energía de Equipos nuevos en la Recepción de Leche Cruda	122
Tabla V-1. Costos de Equipos para Lugares sin Centros de Acopio	125
Tabla V-2. Costos de Equipos para Lugares con Nuevos Centros de Acopio	126
Tabla V-3. Costos de Equipos para Transporte de Leche Cruda	127
Tabla V-4. Costos de Equipos para la Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda	128
Tabla V-5. Costos de Reactivos	128
Tabla V-6. Costos de Montaje e Instalación de Equipos	129
Tabla V-7. Costos de Inversión en los Centros de Acopio	130
Tabla V-8. Costos de Inversión en el Transporte de Leche Cruda	131

Tabla V-9. Costos de Inversión en la Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda 132

Tabla V-10. Costos Operativos Actuales en la Recepción de Leche Cruda 133

Tabla V-11. Costos Operativos con el Proyecto en la Recepción de Leche Cruda .. 134

Tabla V-12. Comparación de Costos Operativos en la Recepción de Leche Cruda Actual y Con Proyecto 135

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2-1. Ubicación de la Empresa.....	8
Figura 2-2. Organigrama de la Planta PIL Tarija S.A.....	8
Figura 2-3. Diagrama de Bloque del Proceso Productivo en PIL Tarija S.A	12
Figura 2-4. Cantidad de Leche Recolectada en Zona 1 por PIL Tarija S.A	19
Figura 2-5. Cantidad de Leche Recolectada en Zona 2 por PIL Tarija S.A	19
Figura 2-6. Cantidad de Leche Recolectada en Zona 3 por PIL Tarija S.A	20
Figura 2-7. Ubicación de Puntos de Recolección Zona 1	21
Figura 2-8. Ubicación de Puntos de Recolección Zona 2	22
Figura 2-9. Ubicación de Puntos de Recolección Zona 3	23
Figura 2-10. Transporte de Leche Cruda en PIL Tarija S.A.....	24
Figura 2-11. Instalaciones de Recepción de Leche Cruda en PIL Tarija S.A.....	25
Figura 3-1. Cuantificación de Centros de Acopio que Cumplen con la Norma NB 33015:2006.....	33
Figura 3-2. Intercambiador Tubular	52
Figura 3-3. Intercambiador de Placas.....	52
Figura 3-4. Cuantificación de Centros de Acopio que Requieren Mantenimiento	61
Figura 3-5. Localización del Centro de Acopio en Cabildo	73
Figura 3-6. Localización del Centro de Acopio en Padcaya.....	74
Figura 3-7. Localización del Centro de Acopio en Rosillas	75
Figura 3-8. Localización del Centro de Acopio en Abra San Miguel.....	76
Figura 3-9. Localización del Centro de Acopio en Cañas	77
Figura 3-10. Localización del Centro de Acopio en Mollar	78

Figura 3-11. Localización del Centro de Acopio en Juntas	79
Figura 3-12. Localización del Centro de Acopio en San José de Charaja	80
Figura 3-13. Localización del Centro de Acopio en San Antonio Chocloca	81
Figura 4-1. Diagrama de Flujo del Sistema Integrado de PIL Tarija S.A.....	87
Figura 4-2. Sistema Integrado para el Balance de Materia y Energía.....	90
Figura 4-3. Efectividad de un Intercambiador de Placas	102
Figura 4-4. Tanque de Enfriamiento de Leche.....	116
Figura 4-5. Tanque de Transporte de Leche	117

NÓMINA DE ANEXOS

ANEXO 1

ANÁLISIS REALIZADOS EN LA RECEPCIÓN DE LECHE CRUDA EN PIL TARIJA S.A.

ANEXO 2

FORMATO DEL DIAGNÓSTICO EN LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LECHE CRUDA EN PIL TARIJA S.A.

ANEXO 3

IMÁGENES DEL DIAGNÓSTICO REALIZADO EN EL SISTEMA INTEGRADO

ANEXO 4

NORMA BOLIVIANA NB 33013

ANEXO 5

NORMA BOLIVIANA NB 33015

ANEXO 6

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE ANTIBIOTICOS EN LA LECHE CRUDA

ANEXO 7

CÁLCULOS EN LA LOCALIZACIÓN DE LOS NUEVOS CENTROS DE ACOPIO

ANEXO 8

PLANILLA DE CONTROL DE LOS CENTROS DE ACOPIO

ANEXO 9

PLANILLA DE CONTROL EN LA RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA

ANEXO 10

COSTOS DE OPERACIÓN DE INTERCAMBIADORES DE PLACAS Y TUBULARES

ANEXO 11

COMPOSICIÓN DE ALGUNOS ALIMENTOS

ANEXO 12

COEFICIENTES PARA ESTIMAR LAS PROPIEDADES DE ALIMENTOS

ANEXO 13

PROPIEDADES DEL AGUA

ANEXO 14

CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES DE LA LECHE CRUDA

ANEXO 15

COTIZACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE LOS TANQUES DE ENFRIAMIENTO PARA CENTROS DE ACOPIO

ANEXO 16

COTIZACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE LOS TANQUES DE TRANSPORTE DE LECHE

ANEXO 17

COTIZACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO DE ENFRIAMIENTO DE LECHE CRUDA

ABREVIATURAS, SIMBOLOGIA Y UNIDADES UTILIZADAS

ABREVIATURA

APROCAL	Asociación Pro Calidad de Leche
C.A	Centros de Acopio
CEANID	Centro de Análisis Investigación y Desarrollo
CODETAR	Corporación de Desarrollo de Tarija
COSAALT	Cooperativa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado
FAO	Organización de Alimentos y Agricultura
G.1	Grupo 1
G.2	Grupo 2
HACCP	Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control
IBMETRO	Instituto Boliviano de Metrología
ITSA	Instituto Tecnológico Superior de Acayucan
MLDT	Temperatura media logarítmica
N°	Número
NB	Norma Boliviana
NTU	Unidades de Transferencia de Calor
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PCC	Punto Crítico de Control
PRI	Periodo de Retorno de Inversión
SEDES	Servicio Departamental de Salud
SNG	Sólidos No Grasos
TRAM	Tiempo de Reducción del Azul de Metileno

U Coeficiente Global de Transferencia de Calor

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
>	Mayor
<	Menor
Σ	Sumatoria
Bs	Peso boliviano
c_p	Calor específico
ε	Eficiencia del intercambiador de calor
f	Factor de fricción
F	Flujo de corriente
h	Coeficiente de calor convectivo
k	Conductividad térmica
L	Longitud equivalente
m_F	Flujo másico del producto
Nu	Número de Nusselt
ρ	Densidad
ΔP	Caída de presión
P	Presión
Pr	Número de Prandtl
Q	Flujo de calor
R_d	Factor de ensuciamiento de placas del intercambiador de calor

Re	Número de Reynolds
t	Temperatura del fluido de servicio
T	Temperatura del producto
ΔT	Variación de temperatura
μ	Viscosidad dinámica

UNIDADES

$^{\circ}\text{C}$	Grado Centígrado
g	Gramo
g/ml	Gramos por mililitro
h	Hora
HP	Caballo de fuerza
Hz	Hertz
Kcal	Kilocalorías
Kcal/kg $^{\circ}\text{C}$	Kilocalorías por kilogramo grado centígrado
kg	Kilogramo
kg/d	Kilogramo por día
kg/h	Kilogramo por hora
kg/m s	Kilogramo por metro segundo
kg/m ² s	Kilogramo por metro cuadrado segundo
kg/m ³	Kilogramo por metro cúbico
kg/s	Kilogramo por segundo
kgf/cm ²	Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado
kgf/m ²	Kilogramo fuerza por metro cuadrado

$\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$	Kilojoule por kilogramo grados centígrados
kW	Kilowatt
$\text{kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$	Kilowatt por metro cuadrado grado centígrado
L	Litro
L/d	Litro por día
L/h	Litro por hora
m	Metro
min	Minutos
mm	Milímetro
m^2	Metro cuadrado
m^3/d	Metro cúbico por día
s	Segundo
UFC/ml	Unidades Formadoras de Colonia por mililitro
$\text{W/m } ^\circ\text{C}$	Watt por metro grado centígrado

