

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE
DULCE DE LECHE EN LA PLANTA PIL TARIJA S.A. PARA
EVITAR LA CRISTALIZACIÓN DE AZÚCARES**

POR:

JOSUE CHIRI QUISPE

**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.**

Septiembre del 2019

ADVERTENCIA:

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.

DEDICATORIAS:

El presente trabajo se lo dedico con mucho amor a mis Padres, hermanos (as), porque han sido mi inspiración y fuerza para seguir adelante. La educación y el amor que he recibido a su lado no se comparan con ningún logro que pudiera alcanzar en esta vida, sin embargo les dedico cada momento de triunfo en mi vida, como señal de gratitud por todo lo que me han dado.

También se lo dedico a todas las personas que creyeron y confiaron en mí, en todo momento.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco de corazón en primera instancia a Jehová Dios, por bendecirme con unos maravillosos padres Serapio Chiri y Valentina Quispe, por el gran y enorme sacrificio que hicieron para que yo alcance esta meta, a mi hermana Mabel, por acompañarme en mis años de estudios y en mi formación, a una persona muy especial Marisol Beitez, por todo su apoyo incondicional y sincero.

A todos mis compañeros de la carrera de Ingeniería Química, porque de cada uno me llevo buenos recuerdos al compartir juntos largas jornadas de trabajo y estudio.

A la Universidad Juan Misael Saracho, por abrirme sus puertas para mi formación.

A todos mis docentes que a lo largo de mi carrera universitaria me han sabido transmitir sus conocimientos.

A PIL Tarija S.A. por abrir sus puertas y permitirme realizar este trabajo.

Al Ing. Iban Olivares jefe de producción de PIL Tarija, por brindarme todo su apoyo.

PENSAMIENTO:

“No te canses, sigue adelante;
porque la victoria que te espera es
grande”

Mario Benedetti

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
ADVERTENCIA	i
DEDICATORIAS	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
PENSAMIENTO	iv
RESUMEN :	iv
NOMENCLATURA, ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA UTILIZADA	v

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Pág.
ANTECEDENTES.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	5
1.2.1. Objetivos General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	6
1.3.1. Justificación Tecnológica.....	7
1.3.2. Justificación Económica.....	7
1.3.3. Justificación Social.....	8
1.3.4. Justificación Ambiental.....	8

CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA PIL TARIJA S.A.

2.1. ANTECEDENTES DE LA ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL DE PIL TARIJA S.A.	9
2.1.1. Localización de PIL Tarija S.A.....	9

2.1.2. Organización Industrial.....	13
2.1.2.1. Departamento de Administración y Contabilidad.....	13
2.1.2.2. Departamento de Producción.....	14
2.1.2.3. Departamento de Comercialización.....	14
2.1.2.4. Departamento de Mantenimiento.....	14
2.1.3. Descripción de las salas o secciones de PIL Tarija S.A.....	16
2.1.3.1. Sala de procesos.....	17
2.2. CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DE LA PLANTA PIL TARIJA S.A. .	17
2.2.1. Materia Prima de la Planta PIL Tarija S.A.	18
2.2.1.1. Parámetros Fisicoquímicos.....	18
2.2.1.2. Composición Química.....	19
2.2.1.3. Parámetros Microbiológicos.....	20
2.2.2. Controles organolépticos de la materia prima en la planta PIL Tarija S.A.....	22
2.2.2.1. Color:.....	22
2.2.2.2. Olor:.....	22
2.2.2.3. Sabor:.....	22
2.2.3. Controles fisicoquímicos de la materia prima en la planta PIL Tarija S.A.....	22
2.2.3.1. Acidez.....	23
2.2.3.1.1. Prueba de alcohol.....	23
2.2.3.2. Porcentaje de Materia Grasa.....	23
2.2.3.3. Porcentaje de Sólidos no Grasos.....	23
2.2.4. Determinación de Mastitis.....	23
2.2.5. Control de Calidad de la Recepción de leche en PIL Tarija S.A.....	24
2.3. CARACTERIZACIÓN DEL DULCE DE LECHE PRODUCIDO POR PIL TARIJA S.A.	25
2.3.1. Definición.....	25
2.3.2. Sub Productos del dulce de leche.....	25
2.3.3. Requisitos físicos y químicos del dulce de leche según la Norma Boliviana 445-81.....	26
2.3.4. Análisis físico y químico del dulce de leche en la planta PIL Tarija S.A.....	26

2.3.5. Requisitos Microbiológicos del dulce de leche según la Norma Boliviana 445-81	27
2.3.6. Análisis Microbiológico del dulce de leche en la planta PIL Tarija S.A.	28
2.3.7. Valor Nutricional del dulce de leche en la PIL Tarija S.A.	29
2.4. PRODUCCIÓN DE DULCE DE LECHE ACTUAL EN LA PLANTA PIL TARIJA S.A.	30
2.4.1. Cantidades de los insumos y materia prima en porcentaje masa/masa.	32
2.4.2. Descripción de cada una de las etapas del proceso actual de elaboración de dulce de leche en PIL Tarija S.A.	33
2.5. INSUMOS Y MATERIALES	36
2.5.1. Glucosa.....	37
2.5.2. Almidones	38
2.5.3. Bicarbonato de Sodio	38
2.5.3.1. Reacción de Maillard “Oscurecimiento no Enzimático”	39
2.5.4. Leche en Polvo Descremada	44
2.5.4.1. Ventajas de usar leche en polvo en la fabricación de dulce de leche.....	44
2.5.5. Sorbato de Potasio.....	44
2.5.6. Espesante CMC.....	45
2.5.7. Esencia de Vainilla.....	45
2.6. PROBLEMA ACTUAL DEL DULCE DE LECHE EN LA PLANTA PIL TARIJA S.A.	45
2.7. SERVICIOS AUXILIARES	46
2.8. ELIMINACIÓN DE EFLUENTES	46
2.8.1. Efluentes Líquidos	47
2.8.2. Efluentes Gaseosos	47
2.9. CUESTIONES DE HIGIENE Y SEGURIDAD	47

CAPÍTULO III

CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.1. CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA DE CRISTALIZACIÓN DE AZÚCARES EN EL DULCE DE LECHE	48
3.1.1. Consideraciones generales (fundamentos) acerca de la cristalización de los azúcares.....	49
3.1.1.1. Hidrolisis de Lactosa.....	50
3.1.1.2. Sacarosa.....	52
3.1.1.2.1. Porcentaje de sacarosa con relación al grado de concentración del dulce de leche.....	54
3.1.1.2.2. Porcentaje de sacarosa con relación a la materia grasa de la leche.....	54
3.1.1.2.3. Porcentaje de sacarosa con relación al almacenamiento del dulce de leche.....	54
3.1.1.2. Causas de la cristalización de los azúcares en el dulce de leche.....	55
3.1.1.3. Soluciones al problema de la cristalización de azúcares en el dulce de leche.....	56
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL PROCESO DE OPTIMIZACIÓN	60
3.2.1. Diseño Experimental.....	60
3.2.2. Optimización en PIL Tarija S.A. en el proceso de elaboración de dulce de leche para evitar la cristalización de sus azúcares en el producto terminado.	63
3.2.2. Alternativa “A”: Utilización de leche cruda en el proceso de elaboración de dulce de leche, con la actual formulación de la planta PIL Tarija S.A. en los parámetros de tiempo, temperatura y porcentajes de lactosa, materia grasa y sacarosa.....	66
3.2.2.1. Descripción de cada una de las etapas del proceso “A” de optimización.....	67
3.2.3. Alternativa “B”: “Utilización de leche Pasteurizada en el proceso de elaboración de dulce de leche, con una nueva formulación en los parámetros de tiempo y temperatura de concentrado y enfriado en el envasado, y porcentajes de lactosa, materia grasa y sacarosa”	70
3.2.3.1. Descripción de cada una de las etapas del proceso “B” de optimización ...	71
3.2.4. Alternativa “C”: “Utilización de leche Pasteurizada en el proceso de elaboración de dulce de leche, con la misma formulación de la alternativa “B”, modificando la adición de la glucosa en polvo en el proceso de concentración en la marmita”	75

3.2.4.1. Descripción de cada una de las etapas del proceso “C” de optimización	76
3.2.5. Alternativa “D”: “Utilización de leche Pasteurizada con la implementación de una enzima Lactasa (Beta Galactosidasa), en el actual proceso de elaboración de dulce de leche en PIL Tarija S.A.	80
3.2.5.1. Descripción de cada una de las etapas del proceso “D” de optimización	81
3.3. MÉTODOS Y MATERIALES	84
3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	85
3.4.1. Resultados Visuales	85
3.4.2. Resultados del Análisis Sensorial	87
3.4.2.1. Calificaciones de los 10 jueces para la evaluación del olor del dulce de leche Optimizado	88
3.4.2.2. Calificaciones de los 10 jueces para la evaluación del color del dulce de leche Optimizado	89
3.4.2.3. Calificaciones de los 10 jueces para la evaluación del sabor del dulce de leche Optimizado	91
3.4.2.4. Calificaciones de los 10 jueces para la evaluación de la textura del dulce de leche Optimizado	93
3.4.3. Resultados del crecimiento de sólidos solubles en las pruebas experimentales (A, B, C, D) del dulce de leche expuestas a temperaturas críticas en la cámara de cuarentena en la planta PIL Tarija (40-50) ° C y también a temperatura ambiente (20-25) ° C.....	96
3.5. SELECCIÓN	97
3.5.1. Conclusiones de la selección de alternativa de solución al proceso de optimización de dulce de leche en PIL Tarija S.A.	99
3.6. DEFINICIÓN DE CONDICIONES Y CAPACIDAD DE TRABAJO	99
3.6.1. Condiciones de operación de control de elaboración de dulce de leche en la planta PIL Tarija S.A.	99
3.7. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS PARA LA ELABORACIÓN DE DULCE DE LECHE EN PIL TARIJA S.A.	101
3.7.1. Agitador ancla	101
3.7.2. Homogeneizador	102
3.7.3. Pasteurizador por placas.....	103
3.7.4. Tanque de agitación	104

3.7.5. Marmita o Paila.....	104
-----------------------------	-----

CAPÍTULO IV
ESPECIFICACIONES DE LOS PARAMETROS DE LOS EQUIPOS DE
ELABORACIÓN DE DULCE DE LECHE EN PIL TARIJA S.A.

4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE OPTIMIZADO DE DULCE DE LECHE EN LA PLANTA PIL TARIJA S.A.....	105
4.2. BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA DEL PROCESO OPTIMIZADO....	110
4.2.1. Balance de Materia.....	110
4.2.1.1. Balance de Materia en el proceso de mezclado	110
4.2.1.2. Balance de Materia en el proceso de Concentrado “Marmita”	113
4.2.2. Balance de Energía del proceso optimizado	115
4.2.2.1. Diagrama de flujo general de los equipos donde se realiza los balances de energía.....	115
4.2.2.2. Balances de energía en cada equipo del proceso optimizado	116
4.2.2.2.1. Balance de energía en el Tanque de Agitación	116
4.2.2.2.2. Balance de energía en la marmita de concentrado	118
4.2.2.2.3. Balance de energía en el enfriado de la marmita	120
4.3. ESPECIFICACIONES DE CADA EQUIPO DEL PROCESO OPTIMIZADO	122
4.3.1. Balanza de pesado y tina de recepción de leche cruda.....	122
4.3.2. Pasteurizador de Placas	123
4.3.3. Centrifuga (descremado de la leche precalentada).....	124
4.3.4. Homogenización de la leche descremada (pre calentado)	125
4.3.5. Tanque de Mezcla con agitador ancla (insumos y materia prima).....	126
4.3.6. Marmita de Concentrado.....	126
4.3.7. Cámara de Almacenamiento	127
4.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO OPTIMIZADO.	128
4.4.1. Bombas centrifugas	128
4.4.2. Homogeneizador	129

4.4.3. Pasteurizador por Placas	129
4.4.4. Tanque de agitación	130
4.4.5. Agitador Ancla.....	130
4.4.6. Marmita.....	130

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1. COSTO DE PRODUCCIÓN	131
5.1.1 Costo de producción actual	132
5.1.1.1 Ingreso actual	133
5.1.2 Costo de producción optimizada.....	134
5.1.2.1 Ingreso Optimizado.....	134
5.2. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD.....	135
5.2.1. Análisis de Rentabilidad sin Proyecto (Actual)	135
5.2.2. Análisis de Rentabilidad con Proyecto	135

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.....	136
6.2. RECOMENDACIONES.....	137
BIBLIOGRAFÍA.....	138

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla I-1: Producción de Dulce de Leche en PIL Tarija S.A., en los últimos siete Años.....	2
Tabla I-2: Abastecimiento de dulce de leche de PIL Tarija a los mercados; comercial, licitación, subsidio y lactancia de la ciudad de Tarija-Bolivia, Gestión 2018 (Unidades de ¼ kg).....	3
Tabla I-3: Abastecimiento de dulce de leche de PIL Tarija a los mercados; comercial, licitación, subsidio y lactancia de la ciudad de Tarija-Bolivia, Gestión 2018 (Unidades de ½ kg).....	4
Tabla I-4: Valor Nutricional de Dulce de Leche en la Planta PIL Tarija S.A.	5
Tabla I-5: Análisis del Mercado Nacional de las empresas más importantes en competencia en el producto de Dulce de Leche.....	7
Tabla II-1: Estandarización % MG de la leche en PIL Tarija S.A.	16
Tabla II-2: Composición de la leche de diferentes especies (*).....	17
Tabla II-3: Composición Promedio.	18
Tabla II-4: Requisitos Fisicoquímicos.....	19
Tabla II-5: Composición Química de la leche de Vaca (*)	20
Tabla II-6: Principales Tipos de Microorganismos	21
Tabla II-7: Requisitos Microbiológicos de la leche Cruda	22
Tabla II-8: Resultados de control de Calidad de la Estandarización de leche en PIL Tarija S.A.	24
Tabla II-9: Requisitos Físicos y Químicos del dulce de leche según la Norma Boliviana 445-81	26
Tabla II-10: Análisis Fisicoquímico del dulce de leche en la planta PIL Tarija S.A..	27
Tabla II-11: Características Microbiológicas del dulce de leche según la Norma Boliviana 445-81	28
Tabla II-12: Análisis Microbiológico del dulce de leche en PIL Tarija S.A.....	29
Tabla II-13: Análisis Nutricional del dulce de leche en PIL Tarija S.A.....	30
Tabla II-14: Cantidades en %(m/m), por kilogramo de leche fresca.	32
Tabla II-15: Parámetros Fisicoquímicos de la leche cruda con los que se trabajó en PIL Tarija para el proceso de Dulce de leche.....	33

Tabla II-16: Tiempos de obtención de concentrado y producto final de dulce de leche en la planta PIL Tarija S.A.	36
Tabla II-17: Insumos y Materiales empleados para el Dulce de Leche en PIL Tarija S.A.	37
Tabla III-1: Porcentaje de los componentes de la leche cruda de vaca.....	49
Tabla III-2: Cantidad de Azúcar a agregarse según la composición de la leche	53
Tabla III-3: Grado de Dulzura de los EducOLORANTES.....	58
Tabla III-4: Cantidades máximas permitidas de aditivos según la cantidad de leche utilizada	60
Tabla III-5: Factores y Nivel de experimentación en la optimización del dulce de leche en PIL Tarija S.A.	61
Tabla III-6: Plan de experimentación primera repetición	62
Tabla III-7: Plan de experimentación segunda repetición	62
Tabla III-8: Matriz de diseño primera repetición	63
Tabla III-9: Matriz de diseño segunda repetición	63
Tabla III-10: Hipótesis del diseño de Optimización planteado para evitar la cristalización de azúcares en PIL Tarija S.A.....	65
Tabla III-11: Parámetros Fisicoquímicos de control de la leche cruda de vaca.....	67
Tabla III-12: Parámetros Fisicoquímicos de control de la leche cruda de vaca, Alternativa B.....	71
Tabla III-13: Parámetros Fisicoquímicos de control de la leche cruda de vaca, Alternativa C.....	76
Tabla III-14: Parámetros Fisicoquímicos de control de la leche cruda de vaca, Alternativa D	81
Tabla III-15: Ponderación de cada parámetro realizado en el análisis sensorial, para el cálculo evaluador de las muestras experimentales realizadas de dulce de leche.....	87
Tabla III-16: Evaluación del olor del dulce de leche de la muestra “A y B”	88
Tabla III-17: Evaluación del olor del dulce de leche de la muestra “C y D”	89
Tabla III-18: Evaluación del color del dulce de leche de la muestra “A y B”	90
Tabla III-19: Evaluación del color del dulce de leche de la muestra “C y D”	91
Tabla III-20: Evaluación del sabor del dulce de leche de la muestra “A y B”	92
Tabla III-21: Evaluación del sabor del dulce de leche de la muestra “C y D”	93

Tabla III-22: Evaluación de la textura del dulce de leche de la muestra “A y B”	94
Tabla III-23: Evaluación de la textura del dulce de leche de la muestra “C y D”	95
Tabla III-24: Resumen de los resultados sensoriales realizados a las muestras de Dulce de leche Experimentales	96
Tabla III-25: Resultados del crecimiento de solidos solubles de las pruebas experimentales en PIL Tarija S.A.....	97
Tabla III-26: Ventajas y Desventajas de la alternativa “A”	98
Tabla III-27: Ventajas y Desventajas de la alternativa “B”	98
Tabla III-28: Ventajas y Desventajas de la alternativa “C”	98
Tabla III-29: Ventajas y Desventajas de la alternativa “D”	99
Tabla III-30: Condiciones de trabajo para la elaboración de dulce de leche en PIL Tarija S.A.	100
Tabla III-31: Nuevas Condiciones de trabajo para la optimización en la elaboración de dulce de leche en PIL Tarija S.A.	101
Tabla III-32: Equipos y materiales para la Elaboración de dulce leche en PIL Tarija S.A.	106
Tabla IV-1: Descripción de los Equipos	108
Tabla IV-2: Descripción de las Condiciones de los Flujos.....	109
Tabla IV-3: Cantidades de materia prima, Insumos utilizados para la elaboración del proceso optimizado de dulce de leche en PIL Tarija S.A.....	111
Tabla IV-4: Control de la leche cruda	123
Tabla IV-5: Control del Pasteurizador de Placas	123
Tabla IV-6: Control de la leche descremada saliendo de la centrífuga.....	125
Tabla IV-7: Control de la homogenización de la leche descremada (pre calentado)	125
Tabla IV-8: Control del Mezclador de insumos y leche pasteurizada	126
Tabla IV-9: Control de la Marmita de concentrado y enfriado del dulce de leche....	127
Tabla IV-10: Control del Almacenamiento refrigerado del dulce de leche.....	128
Tabla IV-11: Características de las bombas centrífugas	129
Tabla IV-12: Características del Homogeneizador.....	129
Tabla IV-13: Características del Pasteurizador por Placas	130

Tabla IV-14: Características del Tanque de almacenamiento con agitador tipo ancla .	130
Tabla IV-15: Características del agitador Ancla.....	131
Tabla IV-16: Características de la marmita	132
Tabla V-1; Proyección de Costo Mensual para la elaboración de dulce de leche en PIL Tarija S.A.	133
Tabla V-2; Ingreso (Bs), en PIL Tarija por cada mes de producción de dulce de leche	134
Tabla V-3; Proyección de Costo Mensual para la elaboración de dulce de leche con optimización elaborada en PIL Tarija S.A.	135
Tabla V-4; Ingreso (Bs), en PIL Tarija con la optimización del proceso de elaboración, por cada mes de producción de dulce de leche.....	136
Tabla V-5; Análisis de Rentabilidad de la Producción Actual por mes, de dulce de leche en PIL Tarija S.A.	136
Tabla V-6; Análisis de Rentabilidad del proceso de producción optimizado por mes, de dulce de leche en PIL Tarija S.A.	137
Tabla V-7; Tabla Comparativa c/s, proyecto.....	137

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2-1: Macro Localización de PIL Tarija S.A.....	10
Figura 2-2: Micro Localización de PIL Tarija S.A.....	11
Figura 2-3: Organización Industrial PIL Tarija S.A.....	12
Figura 2-4: Productos Elaborados en PIL Tarija S.A.....	15
Figura 2-5: Diagrama de Bloque de la Elaboración del Dulce de Leche en la Planta PIL Tarija S.A.	31
Figura 2-6: Volcado del dulce de leche 24 horas en la planta PIL Tarija S.A.....	36
Figura 2-7: Primer Mecanismo de la reacción “Condensación de Maillard”	40
Figura 2-8: Segundo Mecanismo de la reacción “Condensación de Maillard”	41
Figura 2-9: Resumen Literal de las dos vías de la reacción de Maillard	42
Figura 2-10: Reacción de la Oxidación del Ácido Ascórbico.....	43
Figura 2-11: Dulce de leche con cristales de azúcares formados, en la planta PIL Tarija S.A.	46
Figura 3-1: Estructura Molecular de Lactosa.....	55
Figura 3-2: Origen de la Glucosa.....	55
Figura 3-3: Reacción Enzimática de la Lactasa	60
Figura 3-4: Diseño experimental Literal de Optimización para evitar la cristalización de azúcares en el dulce de leche de la planta PIL Tarija S.A basados en fundamentos Literarios acerca de este problema.....	64
Figura 3-5: Diagrama de bloque “Alternativa A”.....	66
Figura 3-6: Equipo de Medición de Parámetros Físicoquímicos de la leche cruda de Vaca “Lactoscan”.....	67
Figura 3-7: Muestras de dulce de leche para someterlas a temperaturas de(40-50) ° C, “Alternativa A”	69
Figura 3-8: Diagrama de bloques “Alternativa B”	70
Figura 3-9: Muestras de dulce de leche para someterlas a temperaturas de(40-50) ° C, “Alternativa B”.....	74
Figura 3-10: Diagrama de bloques “Alternativa C”	75
Figura 3-11: Muestras de dulce de leche para someterlas a temperaturas de (40-50) ° C, “Alternativa C”	79

Figura 3-12: Diagrama de bloques “Alternativa D”	80
Figura 3-13: Muestras de dulce de leche para someterlas a temperaturas de (40-50) ° C, “Alternativa D”	84
Figura 3-14: Alternativa “A” 90 días en cámara de cuarentena.....	85
Figura 3-15: Alternativa “B” 90 días en cámara de cuarentena.....	86
Figura 3-16: Alternativa “C” 90 días en cámara de cuarentena.....	86
Figura 3-17: Alternativa “D” 90 días en cámara de cuarentena.....	87
Figura 3-18: Agitador ancla PIL Tarija S.A.	102
Figura 3-19: Homogeneizador de PIL Tarija S.A.....	103
Figura 3-20: Pasteurizador por Placas de PIL Tarija S.A.....	103
Figura 3-21: Tanque de agitación de PIL Tarija S.A.	104
Figura 3-22: Marmita o Paila de PIL Tarija S.A.....	105
Figura 4-1: Diagrama de Flujo del proceso optimizado de elaboración de dulce de leche para que no forme cristales de azúcares en PIL Tarija S.A.....	107
Figura 4-2: Balanza de pesado y tina de recepción de la leche fresca en PIL Tarija S.A.	122
Figura 4-3: Centrífuga de PIL Tarija S.A.	124
Figura 4-4: Cámara de almacenamiento de PIL Tarija S.A.....	128

NÓMINA DE ANEXOS

ANEXO 1

ÁRBOL DE PROBLEMAS

ANEXO 2

PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA PIL TARIJA S.A.

ANEXO 3

NORMA BOLIVIANA NB 33013; PRODUCTOS LÁCTEOS- LECHE CRUDA Y FRESCA- REQUISITOS

ANEXO 4

PRUEBA DE ALCOHOL EN LA LECHE CRUDA EN PIL TARIJA S.A.

ANEXO 5

DETERMINACIÓN DE LA MATERIA GRASA EN LA LECHE CRUDA EN PIL TARIJA S.A.

ANEXO 6

DETERMINACIÓN DE MASTITIS EN PIL TARIJA S.A.

ANEXO 7

CONTROL DE CALIDAD DE LA LECHE CRUDA EN PIL TARIJA S.A

ANEXO 8

DEFINICIÓN DEL DULCE DE LECHE SEGÚN LA NORMA BOLIVIANA 445-81

ANEXO 9

REQUISITOS FÍSICOS Y QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PARA EL DULCE DE LECHE SEGÚN LA NORMA BOLIVIANA 445-81

ANEXO 10

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL DULCE DE LECHE EN PIL TARIJA S.A.

ANEXO 11

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL DULCE DE LECHE EN PIL TARIJA S.A.

ANEXO 12

ANÁLISIS NUTRICIONAL DEL DULCE DE LECHE EN PIL TARIJA S.A.

ANEXO 13

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA LECHE CRUDA UTILIZADA, EN LA ELABORACIÓN DE DULCE DE LECHE EN PIL TARIJA S.A.

ANEXO 14

TABLA DE PRESIONES ABSOLUTAS DE VAPOR

ANEXO 15

SERVICIOS AUXILIARES EN LA PLANTA PIL TARIJA S.A.

ANEXO 16

CUESTIONES DE HIGIENE EN LOS EQUIPOS DE ELABORACIÓN DE DULCE DE LECHE EN PIL TARIJA S.A.

ANEXO 17

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA LECHE CRUDA UTILIZADA, EN LA PARTE EXPERIMENTAL EN LA ELABORACIÓN DE DULCE DE LECHE EN PIL TARIJA S.A.

ANEXO 18

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL DULCE DE LECHE

ANEXO 19

INFORME DE LA REALIZACIÓN DE LA PARTE EXPERIMENTAL EN LA PLANTA PIL TARIJA S.A. REDACTADO POR EL JEFE DE PRODUCCIÓN ING. IVAN OLIVARES

ANEXO 20

MARMITA CON SUS COMPONENTES DE ENSAMBLE

ANEXO 21

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO “LACTOSCAN” DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO DE LA LECHE CRUDA DE VACA DE PIL TARIJA S.A.

ANEXO 22

FOTOGRAFÍAS DE LA PARTE EXPERIMENTAL REALIZADA EN PIL TARIJA S.A.