

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA
“PROYECTO DE GRADO”



**RECUPERACIÓN DE EXTRACTO DE LEVADURA A DESCARTE
PARA PODER MEJORAR LA MERMA TOTAL DE
CERVECERÍA BOLIVIANA NACIONAL PLANTA TARIJA**

Por:

JOSE ALFREDO ZEBALLOS PEREZ

**Modalidad de graduación: 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.**

Octubre de 2024

TARIJA-BOLIVIA

V°B°

Ing. Marcelo Segovia

DECANO

Ing. Fernando Cortez Michel

VICEDECANO a.i.

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Héctor Quiroga

Ing. Mario Sfarcich Varas

Ing. Jakeline Aramayo

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.

Dedicatoria

Dedicado a mis padres, por guiarme con amor y valores; esposa, por ser mi apoyo constante y compañera de vida; hijos, por llenar mis días de alegría y propósito. Cada uno de ustedes son mi mayor tesoro, y esta dedicatoria es una pequeña muestra de mi profundo amor y gratitud. Con todo mi amor.

José Alfredo Zeballos Pérez

Agradecimiento

Agradezco a Dios por su guía y a mi trabajo por las oportunidades de crecimiento. Un especial agradecimiento al ingeniero Héctor Quiroga, cuyo apoyo y experiencia fueron esenciales para sacar adelante este proyecto. Su confianza y orientación fueron clave para superar los desafíos y lograr el éxito.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES -----	1
OBJETIVOS-----	5
OBJETIVO GENERAL -----	5
OBJETIVO ESPECÍFICOS -----	5
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL TEMA PROPUESTO -----	5
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	7
1.1.1 Materias Primas.....	7
1.1.1.1 Agua	7
1.1.1.2 Cebada.....	8
1.1.1.3 Adjuntos	9
1.1.1.4 Lúpulo	9
1.1.1.5 Levadura.....	9
1.1.2 Localización de la Planta	10
1.1.3 Distribución de la planta	11
1.1.3.1 Silos:.....	12
1.1.3.2 Cocimiento:	12
1.1.3.2.1 Principales Objetivos del Área de Cocimiento:	12
1.1.3.3 Fermentación:.....	13
1.1.3.3.1 Objetivo de la Fermentación:.....	13
1.1.3.4 Filtración	14
1.1.3.4.1 Objetivos del Área de Filtración:	15
1.1.3.5 Envasado:	15
1.1.3.5.1 Objetivos del Área de Envasado:	16
1.1.3.6 Almacén de Producto Terminado:	16
1.1.3.7 Servicios:.....	16

1.1.3.7.1 Objetivos del Área de Servicios:	16
1.1.3.8 Ingeniería y Mantenimiento:	17
1.1.3.8.1 Objetivos del Área de Mantenimiento e Ingeniería:	17
1.1.3.9 Calidad:	18
1.1.3.9.1 Objetivos del Área de Calidad:	18
1.1.3.10 Almacén de Insumos:	19
1.1.3.10.1 Objetivos del Área de Almacén de Insumos:	19
1.1.3.11 Playa de Vacíos:	20
1.1.3.12 Planta de Tratamiento de Efluentes:	21
1.1.3.12.1 Objetivos del Área de Tratamiento:	21
1.1.3.13 Administración:	22
1.1.3.13.1 Objetivos del Área de Administración:	22
1.1.3.14 Comedor:	23
1.1.4 Servicios auxiliares	23
1.1.4.1 Agua	23
1.1.4.2 Vapor	24
1.1.4.3 Frío	24
1.1.4.4 Energía eléctrica	25
1.1.4.5 Aire comprimido	25
1.1.4.6 Recuperación de CO ₂	25
1.1.5 Manejo de materiales	26
1.1.6 Operación y control	28
1.1.6.1 Recepción de Materias Primas	28
1.1.6.2 Molienda y Maceración	28
1.1.6.3 Cocción y Adición de Lúpulo	28
1.1.6.4 Fermentación:	29
1.1.6.5 Maduración y Filtración	29
1.1.6.6 Carbonatación y Envasado:	29
1.1.6.7 Control de Calidad:	29
1.1.6.8 Gestión de Inventarios:	30

1.1.6.9 Cumplimiento Normativo	30
1.1.6.10 Sostenibilidad:	30
1.1.7 Eliminación de efluentes	30

CAPÍTULO II

2.1 CONCEPTO DE MERMA.....	32
2.2 MERMA DE EXTRACTO	32
2.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	33
2.3.1 Bloque caliente.....	35
2.3.1.1 Silos.....	35
2.3.1.2 Sala de cocimiento	36
2.3.2 Bloque frío.....	36
2.3.2.1 Fermentación.....	36
2.3.2.2 Filtración	37
2.3.3 Envasado	37
2.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	39
2.5 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE SOLUCIÓN	40
2.5.1 Recuperación Convencional o Decantación.....	41
2.5.1.1 Descripción:	41
2.5.1.2 Proceso:	41
2.5.1.3 Ventajas:.....	42
2.5.1.4 Desventajas:	42
2.5.2 Recuperación Barm Beer	42
2.5.2.1 Descripción:	42
2.5.2.2 Proceso:	42
2.5.2.3 Ventajas:.....	43
2.5.2.4 Desventajas:	43
2.5.3 Recuperación por Filtración Tangencial o Flujo Cruzado	43
2.5.3.1 Descripción:	44
2.5.3.2 Proceso:	44
2.5.3.3 Ventajas:.....	45

2.5.3.4 Desventajas:	45
2.5.4 <i>Recuperación en Centrífugas de Boquilla</i>	45
2.5.4.1 Descripción:	45
2.5.4.2 Proceso:	45
2.5.4.3 Ventajas:.....	46
2.5.4.4 Desventajas:	46
2.6 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN MÁS APROPIADA DE ACUERDO CON CRITERIOS APROPIADOS	47
2.6.1 <i>Factores de Elección:</i>	47
2.6.1.1 Tamaño y Escala de la Operación:.....	47
2.6.1.2 Costos y Recursos Disponibles:	48
2.6.1.3 Calidad del Producto:	48
2.6.1.4 Simplicidad y Operación:.....	48
2.6.1.5 Tiempo y Eficiencia:	49
2.6.1.6 Conclusión:	49
2.7 DEFINICIÓN DE CONDICIONES Y CAPACIDAD	49
2.7.1 <i>Condiciones Operativas:</i>	49
2.7.1.1 Temperatura:	49
2.7.1.2 pH del Medio:	50
2.7.1.3 Dilución Inicial:	50
2.7.1.4 Tiempo de Sedimentación:.....	51
2.7.2 <i>Capacidad del Sistema:</i>	51
2.7.2.1 Volumen del Depósito:	51
2.7.2.2 Tasa de Recuperación:	51
2.7.2.3 Manejo del Sobrenadante:.....	52
2.7.2.4 Conclusión:	52
2.8 SELECCIÓN DEL O LOS EQUIPOS NECESARIOS	52
2.8.1 <i>Introducción:</i>	52
2.8.2 <i>Equipos Necesarios:</i>	53
2.8.3 <i>Sistema de Control de Temperatura:</i>	53

2.8.4	<i>Medidores de pH:</i>	54
2.8.5	<i>Sistemas de Dilución:</i>	54
2.8.6	<i>Sistemas de Sifonamiento y Válvulas:</i>	54
2.8.7	<i>Equipos de Almacenamiento y Tratamiento de Sobrenadante:</i> ..	55
2.9	CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS:	55
2.9.1	<i>Calidad y Durabilidad:</i>	55
2.9.2	<i>Facilidad de Operación y Mantenimiento:</i>	55
2.9.3	<i>Compatibilidad y Flexibilidad:</i>	55
2.9.4	<i>Conclusión:</i>	56

CAPÍTULO III

3.1	RECUPERACIÓN DE RESTOS DE LEVADURA	57
3.2	BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA	58
3.2.1	<i>Balance de Materia</i>	58
	Fuente: <i>Elaboración Propia</i>	59
3.2.2	<i>Datos de Levadura Inicial:</i>	60
3.2.3	<i>Datos de Levadura Producida:</i>	60
3.2.4	<i>Balance de energía</i>	63
	3.2.4.1 Balance de energía para poder alcanzar la temperatura de llenado	64
	3.2.4.2 Balance de energía para poder alcanzar la temperatura de fermentación principal 12°C	66
	3.2.4.3 Balance de energía para poder mantener la temperatura de fermentación principal 12°C	68
	3.2.4.4 Balance de energía para poder llegar a guarda caliente de 14°C	70
	3.2.4.5 Balance de energía para poder llevar a guarda fría de 14 °C a -1 °C...	72

CAPÍTULO IV

4.1	SELECCIÓN Y DISEÑO DE LOS EQUIPOS.	75
4.1.1	<i>Compatibilidad con el Proceso de Decantación:</i>	75
4.2	CAPACIDAD Y DISEÑO.....	75
4.2.1	<i>Capacidad adecuada:</i>	75

4.2.2	<i>Forma y Diseño:</i>	76
4.2.3	<i>Sistemas de Drenaje:</i>	76
4.2.4	<i>Material:</i>	76
4.3	<i>DISTRIBUCIÓN DEL PROCESO:</i>	76
4.4	<i>VENTAJAS OPERATIVAS:</i>	77

CAPÍTULO V

5.1	<i>CÁLCULO DE COSTO DE CAPITAL</i>	78
5.1.1	<i>Costos de Capacitación:</i>	78
5.1.2	<i>Costos de Mantenimiento Preventivo Inicial:</i>	78
5.1.3	<i>Contingencias y Otros Gastos:</i>	79
5.1.4	<i>Resumen de Costos de Capital Estimados:</i>	79
5.2	<i>COSTO DE OPERACIÓN</i>	79
5.2.1	<i>Mano de Obra:</i>	80
5.2.2	<i>Costos de Insumos:</i>	80
5.2.3	<i>Mantenimiento y Repuestos:</i>	80
5.2.4	<i>Resumen de Costos de Operación Estimados:</i>	80
5.2.5	<i>Total, Costo de Operación Estimado:</i>	81
5.3	<i>OPTIMIZACIÓN TÉCNICA</i>	81
5.3.1	<i>Aprovechamiento de Equipos Existentes:</i>	81
5.3.2	<i>Control de Temperatura:</i>	82
5.3.3	<i>Monitoreo y Control de Procesos:</i>	82
5.3.4	<i>Capacitación del Personal:</i>	82
5.3.5	<i>Mejoras en la Eficiencia Energética:</i>	83
5.3.6	<i>Optimización de Procesos:</i>	83
5.3.7	<i>Análisis de Costos y Rentabilidad:</i>	83
5.4	<i>OPTIMIZACIÓN ECONÓMICA</i>	84
5.4.1	<i>Aprovechamiento de Recursos Existentes:</i>	84
5.4.2	<i>Control de Costos Operativos:</i>	84
5.4.3	<i>Análisis de Costos y Beneficios:</i>	84
5.4.4	<i>Incremento de la Productividad:</i>	85

5.4.5	<i>Reducción de Pérdidas y Desperdicios:</i>	85
5.4.6	<i>Establecimiento de Alianzas Estratégicas:</i>	85
5.4.7	<i>Monitoreo y Ajustes Continuos:</i>	86
5.5	ANÁLISIS DE RENTABILIDAD.	86
5.5.1	<i>Cuantificación de la Merma Previa:</i>	87
5.5.2	<i>Recuperación Semanal de Extracto:</i>	87
5.5.3	<i>Impacto Económico de la Reducción de Merma:</i>	87
CAPÍTULO VI		
6.1	CONCLUSIONES	90
6.2	RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA		92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-1 <i>Cálculo de merma Mensual gestión 2022</i>	39
Tabla II-2 <i>Resumen de métodos</i>	48
Tabla III-3 <i>Cantidad de levadura utilizada y producida semanalmente</i>	60
Tabla III-4 <i>Cantidad de levadura cosechada por tipo de TCC</i>	61
Tabla III-5 <i>Kilogramos de extracto por hl de cerveza recuperada</i>	64
Tabla V-6 <i>Costo Capital</i>	70
Tabla V-7 <i>Costo Operación</i>	72
Tabla V-8 <i>Kilogramos de extracto producidos en un mes de producción</i>	79
Tabla V-9 <i>Ahorro por recuperar 2% de extracto</i>	79
Tabla V-10 <i>Ahorro neto anual por recuperar 2% de extracto</i>	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 0-1 <i>Merma de extracto por mes gestión 2022</i>	44
Figura I-3 <i>Ubicación CBN S.A. Planta Tarija</i>	11
Figura I-4 <i>Distribución de la planta</i>	12
Figura II-5 <i>Balance de Materia</i>	33
Figura II-6 <i>Cálculo de Merma</i>	34
Figura II-7 <i>Diagrama de elaboración del sistema de elaboración de Cerveza</i>	35
Figura II-8 <i>Diagrama de bloques del extracto</i>	35
Figura II-9 <i>Fórmula de la Merma mensual</i>	39
Figura II-10 <i>Pérdida por sector</i>	40
Figura III-11 <i>Curva de temperatura Tcc de 3 cocimientos</i>	66
Figura V-13 <i>Pérdida de extracto por mes gestión 2022</i>	79

