



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR DE LA PLANTA DE QUITO DE LA EMPRESA CERVECERÍA NACIONAL

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECANICO

JUAN PABLO VILLALVA VELASTEGUI

juan.villalva@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. MIGUEL DARÍO ORTEGA. M.Sc.

miguel.ortega@epn.edu.ec

CO-DIRECTOR: ING. CARLOS ÁNDRES NARANJO. Ph.D.

carlos.naranjo@epn.edu.ec

QUITO, MAYO 2022

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por **Juan Pablo Villalva Velastegui**,
bajo supervisión de:

ING. MIGUEL DARÍO ORTEGA. M.Sc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. CARLOS ÁNDRES NARANJO. Ph.D.
CO-DIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo, **Juan Pablo Villalva Velastegui**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



JUAN PABLO VILLALVA VELASTEGUI

ÍNDICE DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
Capítulo 1	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	3
1.3.1. Misión, visión, reseña histórica	3
1.3.2. Descripción del proceso de elaboración de la cerveza	4
1.3.2.1. Producción del Mosto	5
1.3.2.2. Fermentación y maduración	7
1.3.2.3. Filtración	9
1.3.2.4. Envasado.....	9
1.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE VAPOR DE LA PLANTA QUITO	12
1.4.1. Sistema de generación de vapor	12
1.4.1.1. Sistema de alimentación de agua.....	12
1.4.1.2. Sistema de dosificación de combustible.....	16
1.4.1.3. Calderas del cuarto de máquinas	18
1.4.1.4. Distribución del vapor	21
1.4.2. Usos del vapor en la planta.....	23
1.5. PROCEDIMIENTO REFERENCIAL DE OPERACIÓN DE LOS CALDEROS DE BÚNKER Y BIOGÁS	28
Capítulo 2	29
2. METODOLOGÍA	29
2.1. METODOLOGÍA PDCA	29

2.2.	PLANEAR	30
2.2.1.	Análisis del indicador de Energía Térmica Comprada	30
2.2.2.	Establecimiento de metas de consumo de búnker de acuerdo al escenario de producción.....	31
2.2.3.	Diagrama de Pareto de los escenarios de producción con mayor variabilidad de consumo de búnker con respecto a un valor medio.....	33
2.2.4.	Diagrama de Pareto de las principales afectaciones al consumo de combustible en el sistema de vapor en base a repetitividad.	34
2.2.5.	Diagrama de causa-efecto de incremento de consumo de combustible para los dos escenarios de consumo con mayor variabilidad con respecto a un valor medio. 35	
2.2.6.	Análisis 5 por qué de las causas identificadas en la espina de pescado.....	37
2.2.7.	Establecimiento de la matriz de impacto de las acciones resultantes de los análisis 5 por qué.	41
2.2.8.	Verificación del estado de las trampas de vapor	43
2.2.9.	Verificación del estado de los aislamientos de las tuberías de vapor y condensó.....	45
2.2.10.	Revisión del correcto funcionamiento de los totalizadores.....	45
2.2.11.	Cálculo de pérdidas de calor por tuberías de vapor y condensó sin aislamiento	46
2.2.11.1	Metodología de cálculo de pérdida de calor por convección externa forzada y radiación en un elemento de transferencia de calor.	47
2.2.11.2	Metodología de cálculo de pérdida de calor por convección natural y radiación en un elemento de transferencia de calor.....	49
2.2.12	Cálculo de pérdidas de calor por fugas de vapor y trampas en mal estado	51
2.2.13	Cálculo de eficiencia de los calderos	52
2.2.13.1	Determinación de la eficiencia de los calderos mediante el método directo.....	53
2.2.13.2	Determinación de la eficiencia de los calderos mediante el método indirecto.....	55
2.2.14	Cálculo de precio de pérdidas de calor.....	60
2.3.	HACER	62
2.3.1.	Inspección visual del sistema de vapor.....	62
2.3.1.1	Identificación de fuga de combustible.....	62

2.3.1.2	Identificación de fugas de vapor y condensos.....	63
2.3.1.3	Revisión del estado físico de los calderos.....	64
2.3.1.4	Verificación de humedad en el combustible.	66
2.3.1.5	Revisión del correcto funcionamiento de los totalizadores.....	67
2.3.2.	Modulación de los calderos en base a escenarios de producción.....	67
2.3.2.1	Modulación del caldero 4 para un escenario de producción de una línea de envasado y elaboración.....	68
2.3.2.2	Modulación del caldero 6 para un escenario de producción de dos líneas de envasado y elaboración.....	76
2.3.3.	Reemplazo de la válvula de desfogue del desaireador y restricción del orificio de desfogue.....	77
2.3.4.	Actualización del poder calorífico inferior para cálculo del indicador.....	78
2.4.	REVISAR.....	79
2.4.1.	Generación de cartillas de control SIC.....	79
2.4.2.	Procedimiento para correcto deshollinado de los calderos.....	81
2.4.3.	Evaluación de la curva de combustión del caldero 6.....	85
2.4.4.	Consumo adicional en paila de hervir.....	86
2.5.	ACTUAR.....	88
2.5.1.	Instalación de un transmisor de presión para control remoto del set point del caldero 4.....	88
2.5.2.	Instalación de un transmisor de temperatura para monitoreo de la temperatura del agua de alimentación en el sistema SCADA.....	89
2.5.3.	Elaboración de estándares operativos (SOP).....	90
Capítulo 3	92
3.1	Resultados y Discusión.....	92
3.1	Eficiencia de los Calderos.....	92
3.2	Pérdidas por aislamientos incompletos.....	97
3.3	Pérdidas por fugas.....	98
3.4	Costo de pérdidas de calor.....	98
3.5	Pérdidas por trampas de vapor en mal estado.....	99
3.6	Indicador de Energía Térmica.....	99
3.7	Reducción de consumo de vapor en el desaireador y seguimiento a la concentración de oxígeno.....	103

Capítulo 4	107
CONCLUSIONES.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Historia de la empresa Cervecería Nacional desde 1887 hasta 1995.....	3
Figura 1.2. Historia de la empresa Cervecería Nacional desde 2000 hasta 2019.....	4
Figura 1.3. Clasificación de la cerveza según su tipo de fermentación.	4
Figura 1.4. Principales ingredientes para elaboración de la cerveza.	5
Figura 1.5. Esquema de la sala de cocimiento, proceso de elaboración del mosto.	7
Figura 1.6. Esquema del proceso de fermentación del mosto.....	8
Figura 1.7. Esquema del proceso de maduración del mosto.....	8
Figura 1.8. Esquema del proceso de filtración del mosto.	9
Figura 1.9. Diagrama de flujo del proceso de embotellado de la cerveza.	11
Figura 1.10. Tanques de agua ablandada para generación de vapor.	13
Figura 1.11. Tanque de agua desaireador antiguo.....	13
Figura 1.12. Partes del desaireador de agua de alimentación de calderos.	15
Figura 1.13. Desaireador de agua de alimentación a calderos.	15
Figura 1.14. Esquema de funcionamiento del sistema de alimentación de agua de calderos.	16
Figura 1.15. Esquema del sistema de almacenamiento y dosificación de búnker.	18
Figura 1.16. Caldero 4, 800 BHP.....	19
Figura 1.17. Caldero 5, 400 BHP.....	20
Figura 1.18. Caldero 6, 1304 BHP.....	20
Figura 1.19. Caldero 7, 100 BHP.....	20
Figura 1.20. Distribuidor de vapor.....	21
Figura 1.21. Esquema de entrada y salida de tuberías del distribuidor de vapor, Ver tabla 1.2.....	21
Figura 1.22. Tubería de vapor caldero 7 – desaireador.....	22
Figura 1.23. Distribución de los equipos consumidores de vapor en las líneas de envío del distribuidor.	24
Figura 1.24. Distribución del consumo de vapor desde el mes de octubre hasta diciembre de 2021.	25
Figura 1.25. Consumos de vapor promedio por área de consumo y turno de trabajo desde el mes de octubre hasta diciembre de 2021.	26
Figura 2.1. Tendencia del indicador de Energía térmica Comprada desde enero hasta mayo del 2021.	31

Figura 2.2. Diagrama de cajas y bigotes, distribución del consumo de búnker por escenario de producción.....	32
Figura 2.3. Pareto de los escenarios de producción con mayor variabilidad de consumo de búnker con respecto a un valor medio.....	33
Figura 2.4. Pareto de afectaciones más frecuentes al consumo de combustible, mes de julio 2021.	34
Figura 2.5. Pareto de afectaciones más frecuentes al consumo de combustible, mes de agosto 2021.	34
Figura 2.6. Diagrama causa-efecto de las principales causas del incremento de consumo de combustible en el sistema de vapor.	36
Figura 2.7. Métodos de inspección de trampas de vapor.	44
Figura 2.8. Evaluación de aislamiento térmico de superficies del sistema de vapor.	46
Figura 2.9. Ejemplo de medición de temperatura superficial de una tubería sin aislamiento.....	47
Figura 2.10. Información de entrada para el cálculo de eficiencia con el método directo.	52
Figura 2.11. Información de entrada para el cálculo de eficiencia con el método directo.	52
Figura 2.12. Definición y causas de incremento de pérdidas de calor en calderas.....	53
Figura 2.13. Análisis de gases en caldero pirotubular.	56
Figura 2.14. Valores de pérdida por inquemados sólidos en función del índice de Bacharach.....	57
Figura 2.15. Medición del Índice de Bacharach de la caldera 6.	57
Figura 2.16. Medición de la temperatura de la pared frontal del caldero 4.....	60
Figura 2.17. Muestras de búnker de tanques de almacenamiento.	67
Figura 2.18. Correlación de la curva de elevación de temperatura del mosto para la marca Pilsener y el histórico de consumo en el sistema scada.	70
Figura 2.19. Flujo de modulación del caldero 4 según los tiempos de elevación de temperatura para Pilsener.	71
Figura 2.20. Cambio del porcentaje del punto de la curva de combustión del caldero 4 manualmente.	72
Figura 2.21. Presión de recirculación de búnker en el caldero 4.	73
Figura 2.22. Temperatura del aire de atomización en el caldero 4.....	73
Figura 2.23. Presión del aire de atomización en el caldero 4.	73

Figura 2.24. Presión de la bomba de búnker en el caldero 4.	74
Figura 2.25. Temperatura de búnker de ingreso al quemador del caldero 4.	74
Figura 2.26. Comparación de consumo de búnker usando la caldera 4 con modulación de carga con días de consumo de vapor similar.	75
Figura 2.27. Comparación en indicador de Energía Térmica Comprada por turno de trabajo entre caldero 6 y caldero 4 con procedimiento de modulación de carga.	75
Figura 2.28. Cambio del set point de trabajo del caldero 6.	76
Figura 2.29. Historial de presión del sistema de vapor.	76
Figura 2.30. Válvula de 1 1/2"NPT en la tubería de venteo oxidada y sin cierre hermético.	77
Figura 2.31. Comparación de vapor emitido al ambiente después del cambio de la válvula de cierre.	78
Figura 2.32. Carta SIC de la presión del desaireador, resumen del mes de diciembre. .	80
Figura 2.33. Carta SIC de la temperatura de búnker antes del quemador de las calderas, resumen del mes de noviembre.	81
Figura 2.34. Procedimiento de deshollinado para calderos de búnker 4, 5 y 6.	82
Figura 2.35. Ceniza de la parte trasera de la cámara de combustión, caldera 4.	83
Figura 2.36. Ceniza de la parte trasera de la cámara de combustión, caldera 4.	83
Figura 2.37. Ceniza de la parte delantera de la cámara de combustión, caldera 4.	83
Figura 2.38. Ceniza de la parte delantera de la cámara de combustión, caldera 4.	84
Figura 2.39. Ceniza de la parte delantera de la cámara de combustión, caldera 4.	84
Figura 2.40. Ceniza de la parte trasera de la cámara de combustión, caldera 4.	84
Figura 2.41. Ceniza de la chimenea del caldero 6.	85
Figura 2.42. Exceso de aire recomendado para la combustión, en función del tipo de combustible.	85
Figura 2.43. Comparación del porcentaje de oxígeno actual con respecto a la recomendación del fabricante.	86
Figura 2.44. Consumo de vapor ideal en paila de hervir.	87
Figura 2.45. Histórico en el sistema scada de un consumo de vapor adicional en paila de hervir.	87
Figura 2.46. Instalación de un transmisor de presión en el caldero 4.	88
Figura 2.47. Modificación del control del caldero 4.	89
Figura 2.48. Control del caldero 4 desde estación de trabajo.	89

Figura 2.49. Visualización de la temperatura de agua de alimentación a los calderos en el sistema scada.	90
Figura 2.50. Instalación de un transmisor de temperatura a la salida de las bombas de agua de alimentación de calderos.	90
Figura 2.51. Capacitación en utilización del equipo medidor de gases de calderas.	91
Figura 2.52. Capacitación en tratamiento de agua de calderas y purga de fondo por parte del proveedor Nalco.	91
Figura 3.1. Indicador de Energía Térmica Comprada comparado con el consumo de vapor en la planta	100
Figura 3.2. Indicador de Energía Térmica Comprada comparado con la eficiencia consumo/generación de vapor en la planta.	101
Figura 3.3. Daño en la manguera de ingreso de búnker del caldero 4 por retorcimiento.	102
Figura 3.4. Descolocación en la leva del sistema de combustión del caldero 4	102
Figura 3.5. Eficiencia consumo/generación de vapor en la planta comparada con la cantidad de cerveza envasada por mes.	103
Figura 3.6. Eficiencia consumo/generación de vapor en la planta comparada con el consumo de vapor por mes.	103
Figura 3.7. Consumo promedio del Desaireador por turno de trabajo.....	104
Figura 3.8. Comprobación de reducción de consumo en el desaireador.	105
Figura 3.9. Verificación de concentración de oxígeno en el desaireador.	105
Figura 3.10. Medición de concentración de oxígeno en el agua de alimentación de calderas.	106

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Datos técnicos de los calderos de la Planta Quito de Cervecería Nacional	18
Tabla 1.2. Identificación de válvulas en el distribuidor de vapor.	22
Tabla 1.3. Equipos consumidores de vapor en la planta.	27
Tabla 2.1. Resumen de Análisis de cajas y bigotes por escenario de producción.	32
Tabla 2.2. Análisis 5 por qué de las causas del problema para la categoría método.	37
Tabla 2.3. Análisis 5 por qué para de las causas del problema para la categoría material.	37
Tabla 2.4. Análisis 5 por qué para de las causas del problema para la categoría medida.	38
Tabla 2.5. Análisis 5 por qué para de las causas del problema para la categoría hombre.	38
Tabla 2.6. Análisis 5 por qué para de las causas del problema para la categoría máquina.	39
Tabla 2.7. Análisis 5 por qué para de las causas del problema para la categoría máquina.	40
Tabla 2.8. Matriz de priorización de las acciones para solventar el problema de alto consumo de combustible.	41
Tabla 2.9. Resumen de fugas de combustible en el sistema de vapor.	62
Tabla 2.10. Resumen de fugas de vapor y condensa en el sistema de vapor.	63
Tabla 2.11. Resumen de la revisión del estado físico de los calderos.	65
Tabla 2.12. Valores actuales de exceso de aire de la caldera 6.	85
Tabla 3.1. Eficiencia de los calderos de búnker con el método directo.	92
Tabla 3.2. Eficiencia del caldero de biogás con el método directo.	92
Tabla 3.3. Pérdidas por calor sensible en los calderos de búnker.	92
Tabla 3.4. Pérdidas por combustión incompleta.	93
Tabla 3.5. Pérdidas por combustible no quemado.	93
Tabla 3.6. Calor perdido por purgas de fondo en los calderos de búnker.	93
Tabla 3.7. Pérdidas por purga de fondo en los calderos de búnker.	93
Tabla 3.8. Coeficiente de transferencia de calor por radiación en la caldera 4.	93
Tabla 3.9. Coeficiente de transferencia de calor por convección en la caldera 6.	94
Tabla 3.10. Calor perdido por convección y radiación en la caldera 4.	94
Tabla 3.11. Coeficiente de transferencia de calor por radiación en la caldera 6.	94
Tabla 3.12. Coeficiente de transferencia de calor por convección en la caldera 6.	94

Tabla 3.13. Calor perdido por convección y radiación en la caldera 6.....	95
Tabla 3.14. Pérdidas por convección y radiación en calderas de búnker.	95
Tabla 3.15. Eficiencia de los calderos de búnker con el método indirecto.....	95
Tabla 3.16. Comparación de eficiencia de Calderos método Directo e Indirecto	96
Tabla 3.17. Pérdidas por aislamientos incompletos.....	97
Tabla 3.18. Pérdidas por fugas de vapor.	98
Tabla 3.19. Costo de generación de vapor.	98
Tabla 3.20. Costo de pérdidas de calor	98

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un estudio energético del sistema de vapor de la planta de Quito de la empresa Cervecería Nacional. Este estudio se enfocó en identificar las pérdidas de energía en los equipos y la modulación de la generación de vapor para la reducción del consumo de combustible.

El estudio energético del sistema de vapor se llevó a cabo utilizando la metodología PDCA en dos fases: una inspección visual de todo el sistema y un estudio detallado del mismo. En la inspección visual se identificaron fugas de condensado, búnker y vapor en las tuberías del sistema, así como condiciones de las calderas que afectan a su correcto funcionamiento. En el estudio detallado se determinó la eficiencia de los calderos mediante el método directo e indirecto, obteniéndose en todos los casos eficiencias superiores al 80%, las pérdidas de calor por superficies sin aislar, pérdidas por fugas de vapor y pérdidas por trampas de vapor en mal estado se determinaron en 1651, 718 y 40 267 USD/año respectivamente. Con el procedimiento de modulación de generación de vapor según los escenarios de producción se incrementó la eficiencia consumo/generación de vapor en al menos 2,3% por mes. Con la modificación del orificio de la salida del desfogue del desaireador se redujo la utilización de vapor en 1200 kg por día manteniendo la calidad del agua de alimentación a las calderas.

Finalmente, como parte de la metodología PDCA para asegurar la continuidad de las mejoras implementadas se realizaron estándares operativos para estandarizar los nuevos procedimientos resultado de este estudio.

Palabras clave: PDCA, vapor, calderas, eficiencia, pérdidas de calor.

ABSTRACT

This thesis aims to carry out an energy study of the steam system of the Quito brewery of the Cervecería Nacional Company. This study is focused on identifying energy losses in the equipment and the modulation of steam generation to reduce fuel consumption.

The energy study of the steam system was carried out using the PDCA methodology in two phases: a visual inspection of the entire system and a detailed study of it. The aim of visual inspection is to identify condensate, bunker and steam leaks in the system pipes, as well as conditions in the boilers that affect their correct operation. In the detailed study, the efficiency of the boilers was determined by the direct and indirect method, obtaining in all cases efficiencies greater than 80%, heat losses through uninsulated surfaces, economic losses due to steam leaks and losses due to steam traps in poor condition were determined at 1651, 718 and 40 267 USD/year respectively. With the steam generation modulation procedure according to the production scenarios, the steam consumption/generation efficiency increased by at least 2.3% per month. With the modification of the outlet hole of the deaerator, the use of steam was reduced by 1200 kg per day, maintaining the quality of the water fed to the boilers.

Finally, as a part of the PDCA methodology to ensure the continuity of the implemented improvements, operating standards were created to standardize the new procedures resulting from this study.

Keywords: PDCA, steam, boilers, efficiency, heat losses.

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

Cervecería Nacional CN S.A. es una empresa dedicada a la elaboración y comercialización de bebidas de moderación y refrescos, pertenece a la multinacional Anheuser-Busch InBev. Sus productos son elaborados en dos plantas cerveceras ubicadas en Guayaquil y Quito.

La planta de Quito tiene una capacidad de producción instalada de 2,81 M HL/año. Actualmente elabora 5 marcas de bebidas de moderación (pilsener, pilsener light, club premium, suprema y nuestra siembra) y una marca de refrescos (agua manantial). Los servicios industriales necesarios en la planta son proveídos por el área de Servicios Auxiliares que cuenta con 2 sistemas de refrigeración por amoníaco (NH_3), 4 compresores de aire, una planta de recuperación de CO_2 y un sistema de vapor compuesto por 2 calderas piro tubulares de búnker de capacidades de 500 y 800 BHP (Boiler house power), una caldera acuotubular dual de búnker y biogás de 1200 BHP y una caldera piro tubular de biogás de 100 BHP.

Ab-Inbev mide el desempeño de sus plantas con indicadores claves de rendimiento, KPI (Key performance indicator). Los KPI se calculan en base a datos brutos que son información básica que se puede medir de la misma manera en todas sus operaciones a nivel mundial. Uno de estos indicadores es el indicador de energía térmica comprada (MJ/HL), cuyo método de cálculo para la planta Quito es mediante los galones de búnker consumidos en las calderas por su poder calorífico inferior, dividido para los hectolitros envasados en sus líneas de producción. El indicador de cierre del año 2020 fue de 49,36 MJ/HL, la meta para el año 2021 es de 49,30 MJ/HL teniendo un indicador acumulado hasta el mes de mayo de 50,17 MJ/HL. Esta información demuestra la necesidad de identificar oportunidades de mejora para reducir la cantidad de búnker utilizado en las calderas y posteriormente alcanzar la meta al cierre de año.

Al analizar el comportamiento diario del indicador en energía térmica comprada desde el 1 de enero hasta el 29 de abril del presente año, se puede observar que este indicador varía en función de los hectolitros envasados y por ende del consumo de vapor en las áreas. Los días en los que este indicador tiende a un valor menor evidenciamos que a la par existen consumos de vapor en las principales áreas productivas (línea de envasado 1, línea de envasado 2, área de elaboración). De la misma manera, al analizar los días

en los que este indicador tiende a incrementarse se evidencia que se debe a que una línea de envasado finalizó su producción o solamente existen consumos en el área de elaboración. Esta información demuestra la necesidad de identificar oportunidades de mejora en eficiencia energética en el sistema de vapor con el fin de reducir el consumo de búnker y alcanzar un indicador más estable al reducirse los consumos de las áreas de envasado.

Para identificar las oportunidades de mejora en eficiencia energética el presente trabajo tiene como finalidad realizar un estudio de los factores que provocan un alto consumo de combustible en las calderas y por ende un mayor indicador de proceso. Estos factores incluyen un estudio de la eficiencia de generación de vapor por turno de trabajo para la elaboración de estándares de operación definiendo las condiciones de operación óptimas de las calderas de acuerdo a los diferentes escenarios de producción, estudio de las tendencias de consumo de vapor por parte de las áreas mediante el uso del sistema scada para identificar pérdidas de vapor por parte de los consumidores, estudio de los aislamientos térmicos en tuberías y calderos, estudio de la eficiencia de las calderas, desaireador y economizador.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar la eficiencia energética del sistema de generación de vapor de la Planta Quito de la empresa Cervecería Nacional.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la tendencia del comportamiento del indicador de energía térmica comprada desde el inicio de año hasta la fecha de inicio del proyecto en conjunto con los datos de consumo de vapor y consumo de búnker por turnos de trabajo para establecer metas de consumo de acuerdo al escenario de producción.
- Definir planes de acción en base a los resultados de los análisis de espina de pescado y 5 por qué de las principales causas del problema identificadas en base a los análisis de eficiencia de los equipos y eficiencia de generación de vapor.
- Calcular la eficiencia de generación de cada caldera en base al método indirecto y definir condiciones de operación óptimas de acuerdo a los escenarios de producción.
- Calcular las pérdidas de calor al ambiente por fugas de vapor y pérdidas de calor por tuberías de vapor y retorno de condensado sin aislamiento.

- Definir condiciones de operación que servirán como guía para reducir los consumos de combustible.

1.3. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Cervecería Nacional CN S.A., es una empresa dedicada a la elaboración y comercialización de bebidas de moderación y refrescos en Ecuador. Sus productos son elaborados en dos plantas cerveceras ubicadas en Guayaquil y Quito. Pertenece a la multinacional Anheuser-Busch InBev.

1.3.1. Misión, visión, reseña histórica

Misión: Poseer y desarrollar marcas en los segmentos elegidos de bebidas que sean la primera de los consumidores y clientes en Ecuador.

Visión: Ser la compañía más admirada en el Ecuador.

Reseña histórica: Planta Quito inició sus operaciones como Cervecería Andina en el año 1974, en el año 2005 pasó a ser parte de SabMiller y en el 2007 se consolidó con Compañía de Cervezas Nacionales de Guayaquil, pasando a denominarse Cervecería Nacional hasta la actualidad. Sin embargo, la historia de Cervecería Nacional empieza desde mucho antes viviendo desde entonces varios hitos importantes como se muestra en la figura 1.1. y figura 1.2.

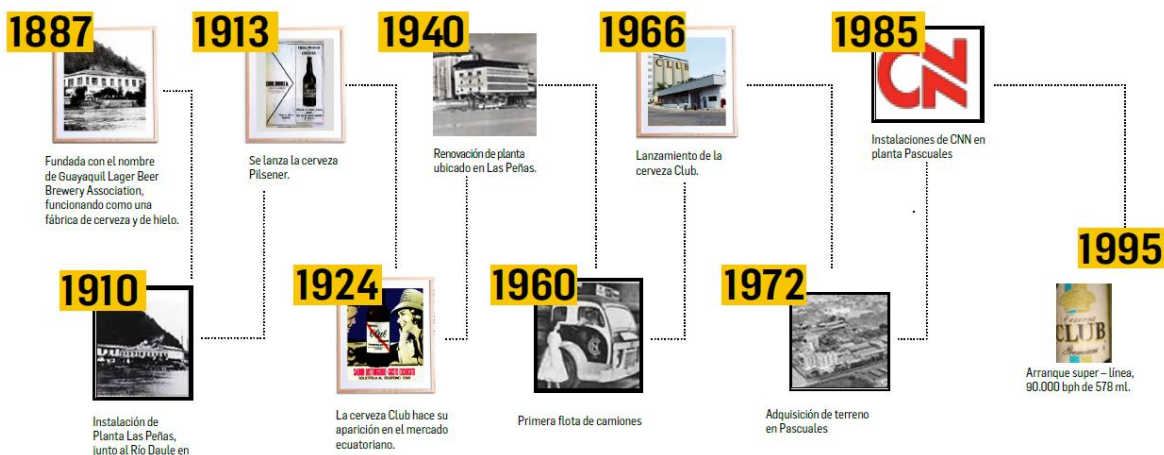


Figura 1.1. Historia de la empresa Cervecería Nacional desde 1887 hasta 1995 (Fuente: Cervecería Nacional)

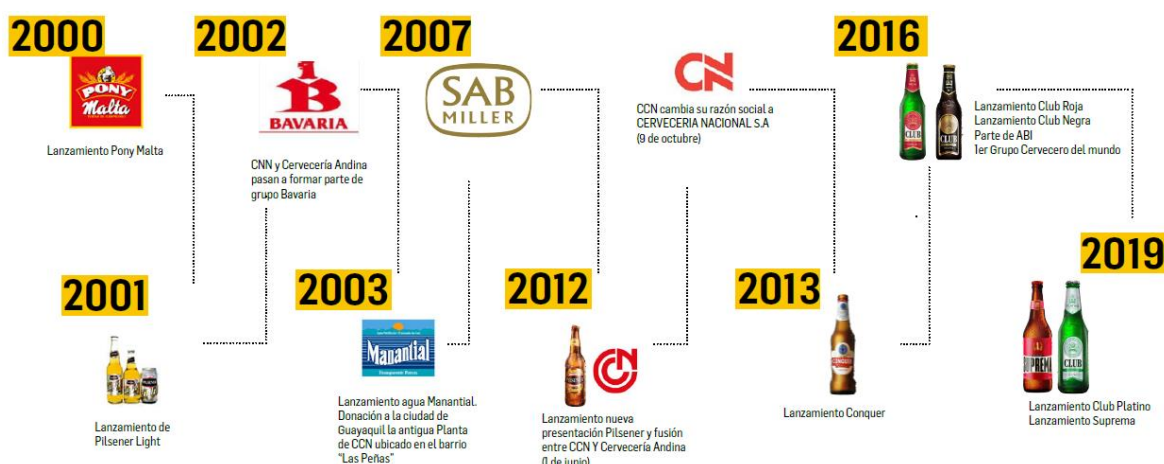


Figura 1.2. Historia de la empresa Cervecería Nacional desde 2000 hasta 2019.
(Fuente: Cervecería Nacional)

1.3.2. Descripción del proceso de elaboración de la cerveza

La cerveza es una bebida obtenida de la fermentación alcohólica de mosto de malta de cebada en agua potable por acción de levaduras cerveceras, con adición de lúpulos o sus extractos, pudiendo parte de la malta ser substituida por cereales malteados o no, o por carbohidratos de origen vegetal.

Hay una gran cantidad de tipos de cervezas, pero todas ellas se pueden clasificar en dos grandes grupos, las cervezas de fermentación alta cuyas levaduras se ubican en la superficie de la cerveza al final de la fermentación, y las cervezas de fermentación baja cuyas levaduras se ubican en el fondo de los tanques cuando termina la fermentación. Una clasificación más amplia se muestra en la figura 1.3.

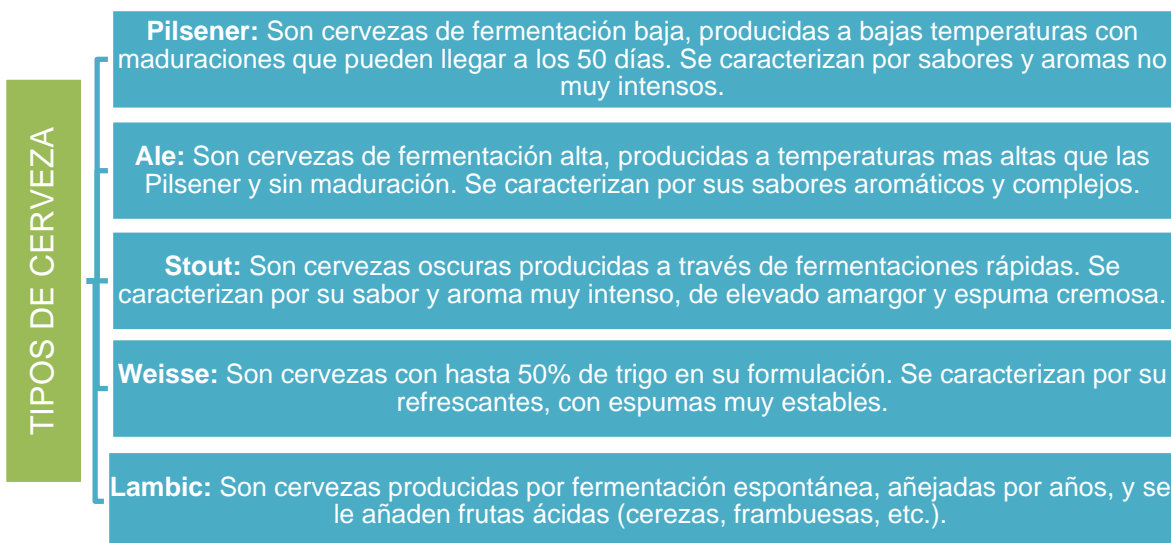


Figura 1.3. Clasificación de la cerveza según su tipo de fermentación.
(Fuente: Cervecería Nacional)

El proceso de elaboración de cerveza comienza con sus tres ingredientes principales, que se muestran en la figura 1.4.



Figura 1.4. Principales ingredientes para elaboración de la cerveza.
(Fuente: Autor)

El proceso de producción de la cerveza puede definirse en tres grandes procesos:

1. Producción del Mosto: Extracción de los compuestos solubles de las maltas, adjuntos y lúpulos.
2. Fermentación y Maduración: Transformación del mosto en cerveza por la acción de levaduras.
3. Filtración: Estabilización y apariencia final (limpidez) a las cervezas.
4. Envasado: Embotellado de la cerveza.

1.3.2.1. Producción del Mosto

Las operaciones realizadas en la sala de cocimiento tienen como intención básica la obtención del mosto, líquido que será transformado en cerveza por la acción de las levaduras durante la fermentación.

Los granos de malta son molidos para exponer su contenido a la acción de las enzimas, permitiendo que todos los componentes solubles de su contenido pasen a una solución acuosa.

En el autoclave la malta molida es mezclada con agua cervecera a 52 °C. A partir de este momento se controlan tiempos y temperaturas de cocción para favorecer una serie de reacciones bioquímicas, entre las cuales:

- Almidón se transforma en azúcares simples.
- Proteínas se rompen en aminoácidos.

A esta mezcla se le añaden los adjuntos sólidos en el macerador para que también sufran el ataque de las enzimas de la malta. A este proceso bioquímico se le conoce como sacarificación. El resultado de esta etapa del proceso es un líquido dulce, rico en azúcares, vitaminas, proteínas y minerales, mezclado con los residuos sólidos de la malta molida (restos de granos, cáscaras, etc.). La etapa siguiente del proceso, la filtración, tiene la finalidad de separar la fase líquida de esta mezcla (el mosto) de la fase sólida (afrecho). Al mosto obtenido de la filtración y previamente calentado en un intercambiador de placas que funciona con vapor condensado resultante de la ebullición de la paila de hervir, se le añaden los lúpulos y se lo hierve por aproximadamente 60 minutos para concentrarlo, esterilizarlo, ajustar su color, isomerizar los lúpulos y coagular proteínas. Una vez terminado el hervido, el mosto caliente se transfiere al “Whirlpool” donde se hará la separación del “hot trub”, retirándose del mosto proteínas coaguladas y residuos insolubles del lúpulo.

El mosto será ahora enfriado con agua a 8-10°C en un intercambiador de calor de placas, se le realizará un proceso de aireación y será enviado a los tanques de fermentación, el cual está listo para convertirse en cerveza. Una representación del proceso de obtención del mosto se ilustra en la figura 1.5.

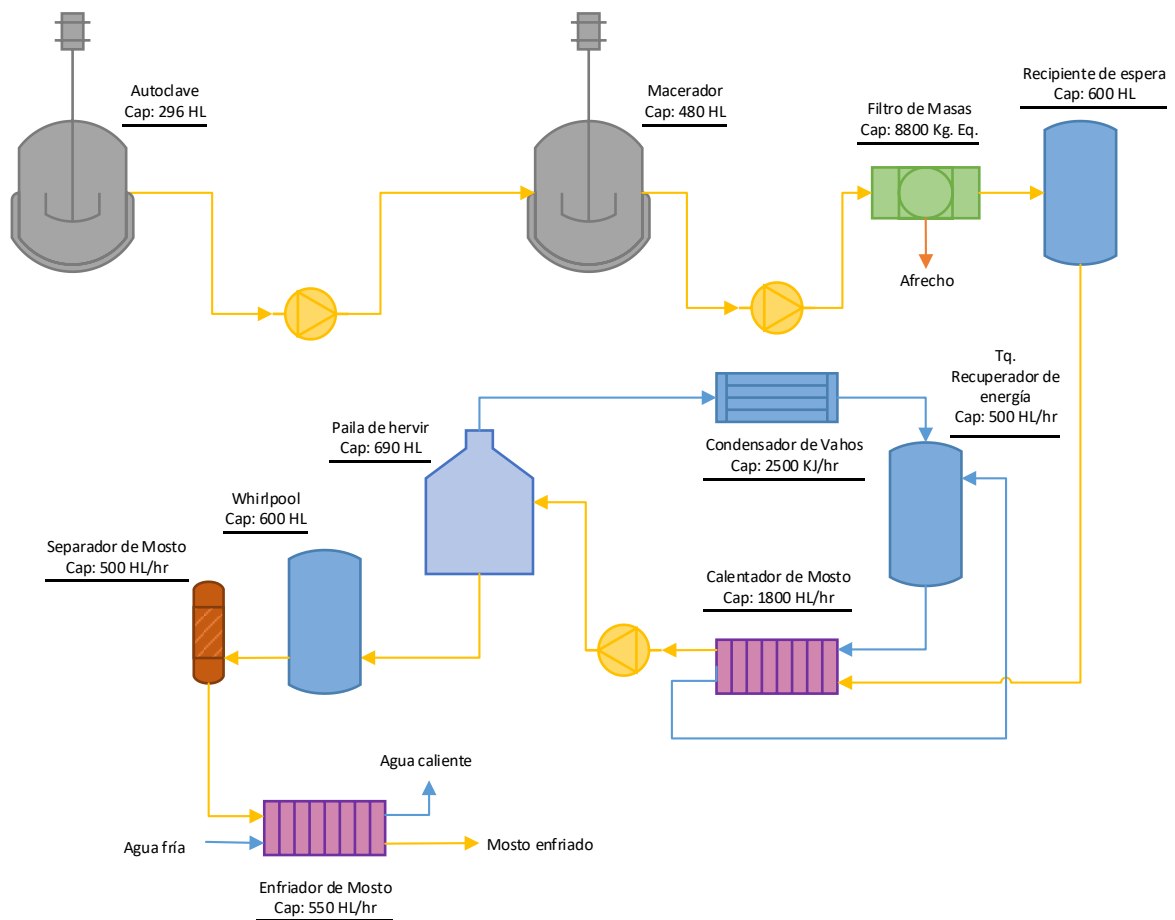


Figura 1.5. Esquema de la sala de cocimiento, proceso de elaboración del mosto.
(Fuente: Autor)

1.3.2.2. Fermentación y maduración

La fermentación consiste en la conversión de los azúcares del mosto por acción la levadura en alcohol, gas carbónico y energía térmica. En los tanques de fermentación el mosto será transformado en cerveza por la acción de las levaduras. La fermentación se divide en dos fases:

- Una fase aeróbica (en presencia de oxígeno).
- Una fase anaeróbica (sin oxígeno).

Para la realización de la fase aeróbica el mosto recibe oxígeno durante su enfriamiento (8 a 10 ppm), como se muestra en la figura 1.6. Todo este oxígeno es consumido en las primeras 8 horas de la fermentación. En esta fase y en las primeras horas de la fase anaeróbica se genera una gran cantidad de energía (calor), compuestos volátiles (diacetilo, ésteres, etc.) y de CO₂. La reproducción celular en esta fase del proceso es muy intensa. Durante la fase anaeróbica se producen los alcoholes y se sigue generando CO₂ y energía, pero con menor intensidad.

Con la disminución del extracto (azúcares), la levadura pasa a utilizar otros compuestos como fuente de energía, entre ellos el diacetilo generado durante las primeras fases de la fermentación. Para favorecer la eliminación del diacetilo, compuesto indeseado en las cervezas tipo Pilsen, se deja subir la temperatura de los tanques a 15,5 °C y se mantiene la misma hasta que todo el extracto fermentable haya sido consumido. En esta fase la levadura presente en el tanque se recoge y se envía a los tanques de levadura para su utilización en una nueva fermentación. Una fermentación genera de 2 a 3 veces la cantidad de levadura inyectada al mosto.

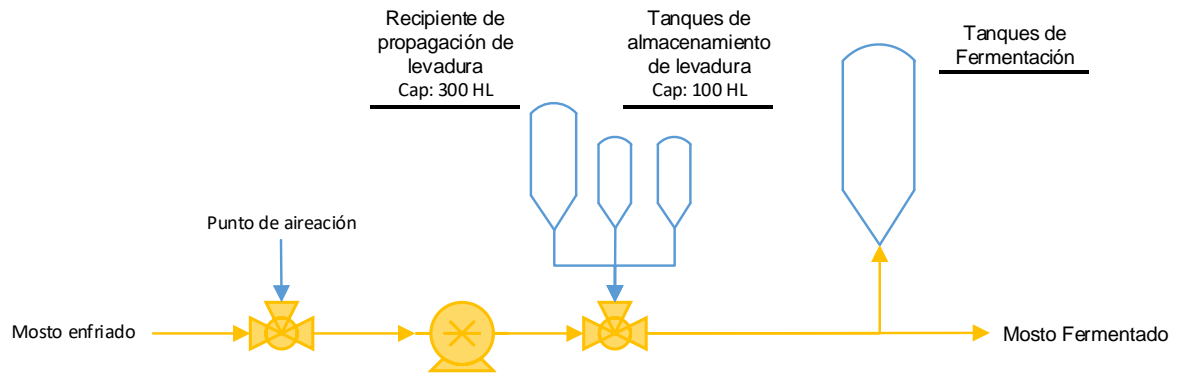


Figura 1.6. Esquema del proceso de fermentación del mosto.
(Fuente: Autor)

El mosto que se ha convertido en cerveza y esta ahora será transferido a los tanques de maduración. Su temperatura se baja de los 15.5 °C a -1 °C y se mantiene a esta temperatura por 3 días (mínimo). La finalidad de la maduración es la decantación de las levaduras aún presentes en la cerveza, la incorporación de CO₂ a la cerveza y la precipitación de proteínas coagulables en frío. Una representación del proceso se ilustra en la figura 1.7.

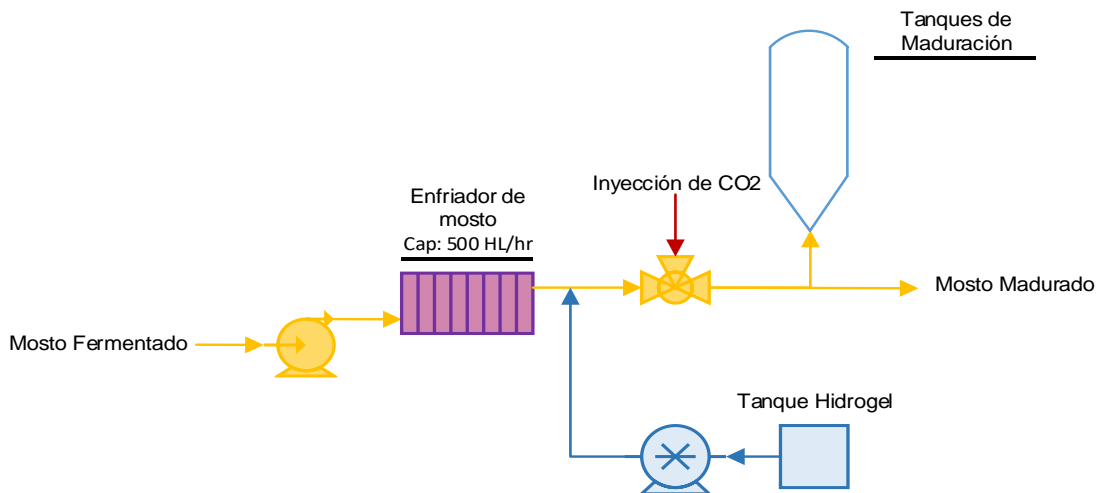


Figura 1.7. Esquema del proceso de maduración del mosto.
(Fuente: Autor)

1.3.2.3. Filtración

La filtración tiene por finalidad retirar las levaduras aún en suspensión en la cerveza y darle brillo y transparencia, su proceso se esquematiza en la figura 1.8. Durante este proceso se ajusta su contenido de CO₂ (inyección de CO₂ recuperado y purificado después de la fermentación), su concentración (dilución con agua cervecera des oxigenada) y su estabilidad coloidal. La cerveza filtrada es enviada a los tanques de almacenamiento, tratando de minimizar el tiempo de residencia de la cerveza en dichos tanques. Esta será analizada por el control de calidad y, teniendo todos sus parámetros dentro de especificaciones, será enviada a las líneas de envase.

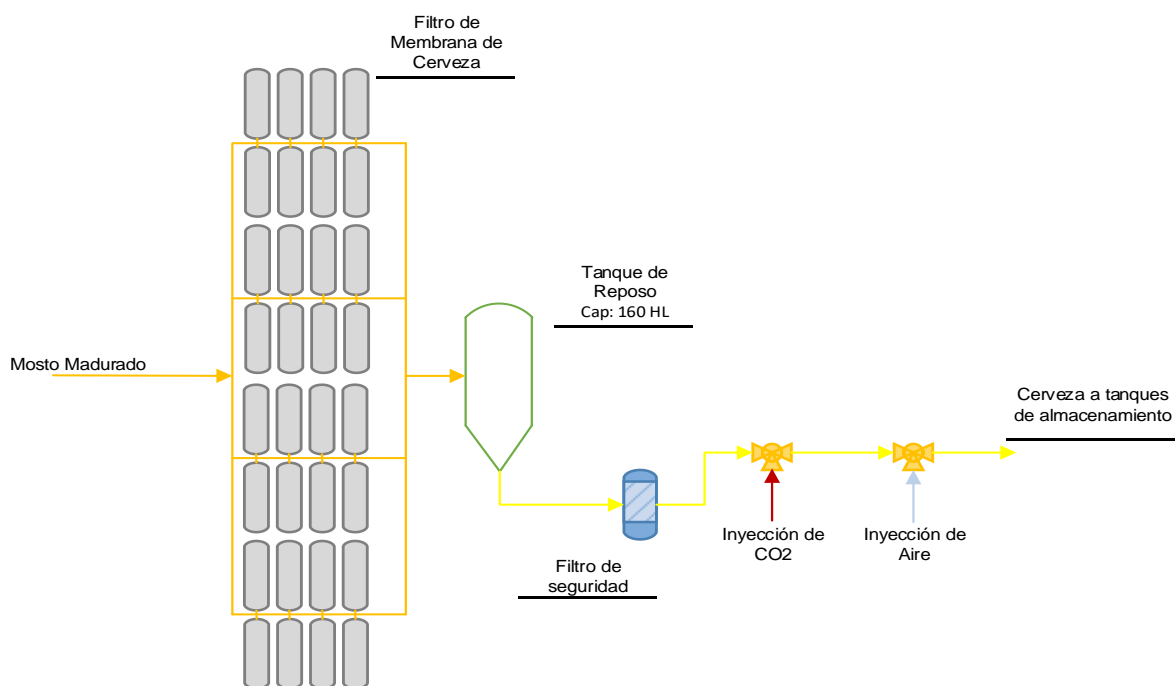


Figura 1.8. Esquema del proceso de filtración del mosto.
(Fuente: Autor)

1.3.2.4. Envasado

El envasado tiene por finalidad pasteurizar la cerveza para colocar el producto en botellas aptas para el consumo. Los principales equipos que componen esta área son:

- **Depaletizadora:** separa las cajas de los pallets, poniéndolas sobre los transportadores. Los pallets son enviados a la paletizadora.
- **Desencajonadora:** Saca las botellas de las cajas, poniéndolas en transportadores independientes. Las botellas van a la lavadora y las cajas vacías a la encajonadora, pasando antes por la lavadora de cajas.

- **Lavadora de botellas:** Tiene por objetivo retirar de las botellas las etiquetas aplicadas y toda suciedad interna y externa proveniente del mercado.
El proceso de lavado de botellas incluye las siguientes etapas: pre-enjuague, enjuague, inmersión en soluciones cáusticas a concentraciones y temperaturas diversas (2% a 80°C) para limpieza de las botellas y remoción de etiquetas, finalmente enjuague con agua.
- **Inspector de botellas vacías:** Tiene por objetivo evaluar la calidad de las botellas en cuanto a su limpieza e integridad. Consta de un Scanner que toma 6 fotografías por segundo a cada botella para asegurarse que la botella no esté quebrada, rajada o que tenga algún elemento dentro. Las botellas no aptas para el llenado son rechazadas y posteriormente trituradas.
- **Llenadora:** Tiene por finalidad llenar las botellas con cerveza sin alterar calidad ni incorporar oxígeno. Las etapas del proceso son: vacío, presurización con CO₂, llenado y alivio.
- **Coronadora:** Las botellas que dejan la llenadora son inmediatamente tapadas con tapas corona. Durante esta etapa del proceso la cerveza es forzada a espumar para que se retire el aire del cuello de la botella.
- **Pasteurización:** Pasterización tiene por objetivo la inactivación de microorganismos eventualmente presentes en la cerveza. Dos son las tecnologías disponibles para pasteurización. Pasteurización flash, se realiza a la cerveza antes de ser envasada. Pasteurización túnel, se realiza a la cerveza luego de ser envasada. En la planta se tiene en las dos líneas de producción la pasteurización flash.
- **Etiquetadora:** Etiquetas que identifican el producto e informan al consumidor sobre el contenido del envase son aplicadas a las botellas.
- **Inspectores de botellas llenas:** Se inspeccionan las botellas para garantizar el nivel adecuado de llenado, ausencia de fugas y presencia de etiquetas.
- **Encajonadora:** Las botellas llenas, pasteurizadas y etiquetadas son colocadas en el interior de cajas previamente lavadas.
- **Paletizadora:** Las cajas llenas son paletizadas en arreglos de 72 y 84 cajas/pallet, y enviadas al depósito. En el depósito son almacenadas de forma ordenada según lotes de producción para ser distribuidas correctamente.

El diagrama de proceso del área de envasado se detalla a continuación, en la Figura 1.9.

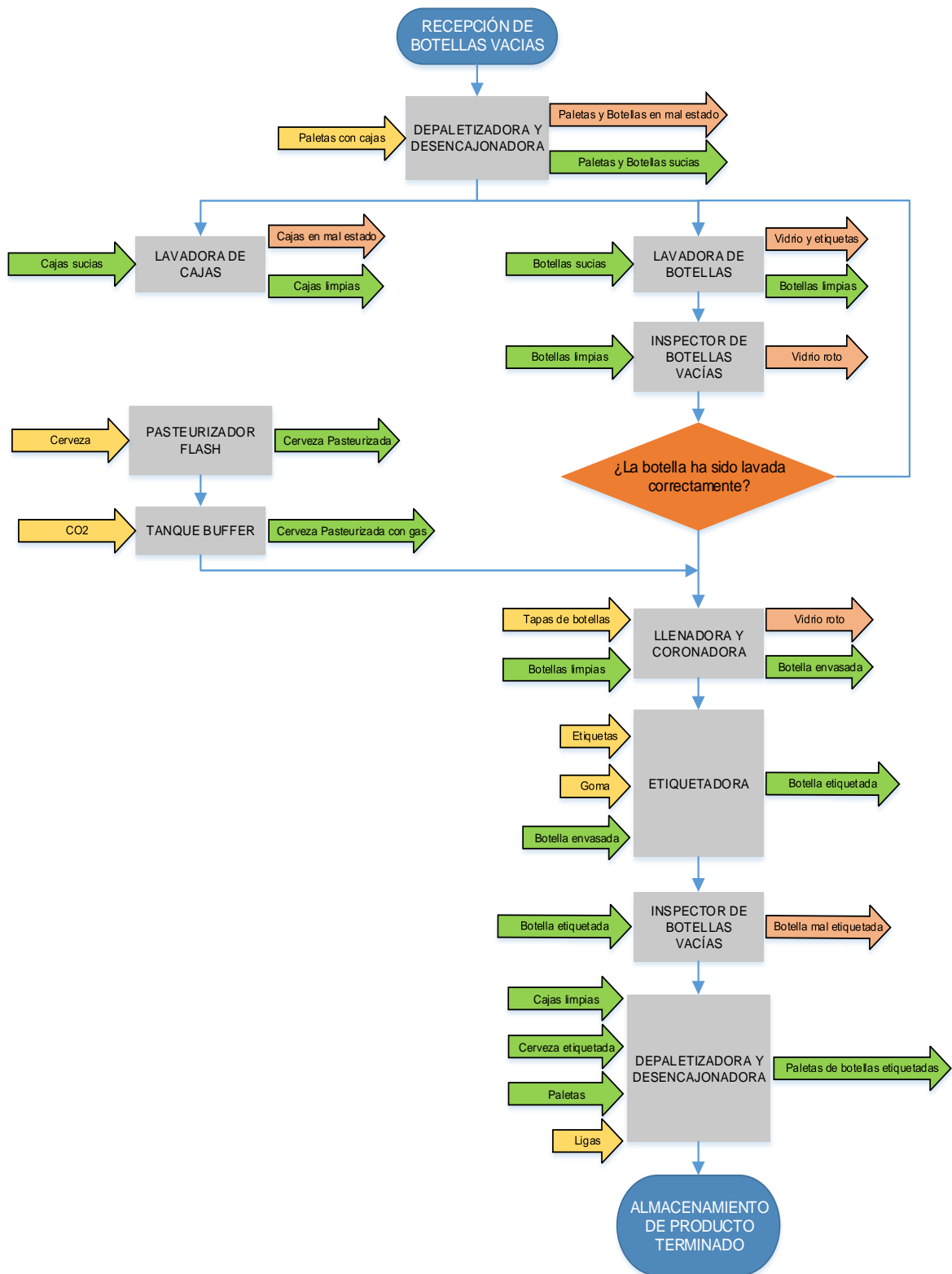


Figura 1.9. Diagrama de flujo del proceso de embotellado de la cerveza.
(Fuente: Autor)

1.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE VAPOR DE LA PLANTA QUITO

1.4.1. Sistema de generación de vapor

El vapor de agua es uno de los medios de transmisión de energía calórica de mayor efectividad en la industria, se estima que este servicio es utilizado por el 95% de las industrias como medio de calentamiento, por su fácil generación, manejo y bajo costo comparado con otros sistemas.

En la planta Quito de Cervecería Nacional es precisamente el vapor utilizado como medio de calentamiento para los diferentes procesos. El vapor es generado en calderas a partir de la utilización de un combustible, búnker o biogás, como medio aportante de energía, para transformar el agua en vapor a 70 psig aproximadamente.

1.4.1.1. Sistema de alimentación de agua

Tanques de agua blanda: Estos tanques son dos, con una capacidad de 100 HI cada uno, interconectados entre sí, el control de nivel de agua mantiene siempre el nivel entre 80 % y 95 % del volumen del tanque.

La alimentación de agua a estos tanques se puede realizar de tres maneras:

- Con la recuperación de condensado de las líneas elaboración, subproductos y líneas de envasado 1 y 2.
- Del tanque elevado de silos, esta agua previamente es tratada por medio de ablandadores en la planta de tratamiento de agua. Este ingreso de agua es controlado automáticamente por una válvula solenoide.
- Agua que se recupera de la BTS (Planta de tratamiento de aguas residuales) por medio de la planta de Pulimento. Al igual que el agua blanda, este ingreso de agua a los tanques es controlado automáticamente por una válvula solenoide y un sensor de nivel.

La única alimentación actual de agua a estos tanques es con agua blanda de los tanques elevados de los silos. De ahí su nombre de tanques de agua ablandada. Estos tanques pueden verse en la figura 1.10.



Figura 1.10. Tanques de agua ablandada para generación de vapor.
(Fuente: Autor)

Desaireador antiguo: Este equipo actualmente solamente funciona como un tanque de almacenamiento elevado, ya que no cumple la función de desairar el agua, ver figura 1.11.

La alimentación de agua a este tanque se puede realizar de dos maneras:

- Con la recuperación de condensado de las líneas elaboración, subproductos y líneas de envasado 1 y 2.
- El agua almacenada en los tanques de agua ablandada mediante dos bombas centrífugas ubicadas en la parte inferior.



Figura 1.11. Tanque de agua desaireador antiguo.
(Fuente: Autor)

Desaireador nuevo (Ver figura 1.13.): Una vez que se tiene un nivel adecuado de agua para alimentación de los calderos en los tanques de agua blanda y desaireador antiguo, esta agua es enviada al desaireador nuevo por medio de unas bombas que funcionan alternadamente desde una caseta, ubicada en el exterior del área de servicios auxiliares. El desaireador es un equipo utilizado para el tratamiento mecánico de aguas de calderas. Su función es reducir los gases disueltos en el agua de alimentación de la caldera, oxígeno a menos de 7 ppb y CO₂ a prácticamente 0 ppb. Uno de los gases más problemáticos que se encuentra disuelto en el agua de alimentación es el oxígeno, causante potencial de corrosión por picadura en los tubos de las calderas.

El desaireador también elimina gran parte del CO₂ disuelto previniendo de la formación del corrosivo ácido carbónico, asociado a los condensos de baja temperatura. La desaireación del agua de alimentación no elimina por completo los gases disueltos por lo que después de este proceso debe llevarse a cabo un proceso químico para eliminar las trazas de O₂. Para llevar a cabo la desaireación se aprovecha la propiedad que la solubilidad del agua en distintos gases decrece con el aumento de temperatura, por lo que el proceso debe contar con el calentamiento del agua de admisión. Cerca del 98% del punto de saturación gaseosa del agua, el CO₂ y el O₂ se separan prácticamente por completo del agua. El agua se calienta mediante vapor de la caldera de biogás.

Al equipo le ingresa agua de una manera controlada por medio de una válvula, la misma que abrirá de acuerdo al nivel de agua que tenga el equipo y que detecte el control de nivel. En la Figura 1.12 se esquematizan las partes del desaireador. El agua ingresa al equipo por medio de una válvula de atomización (6) a una atmósfera de vapor en el pre calentador (12). Esta agua calentada y parcialmente desairada cae en un banco de bandejas (14), en donde en contra flujo circula vapor de manera controlada a 15 psig (13), este vapor al salir de las bandejas ingresa en la zona de precalentamiento (5) donde el vapor se pone en contacto con el agua "fría" que ingresa al equipo y se condensa, las temperaturas del agua en esta zona y las bandejas llega a la temperatura de saturación, los gases remanentes incluidos los no condensables salen por el venteo (2). El agua desairada se acumula en el tanque (21), la temperatura en este tanque es ligeramente menor a la temperatura de saturación. Luego de este proceso el agua es enviada por medio de unas bombas centrífugas (31) hacia cada una de las calderas, según el requerimiento de las mismas. Estas bombas funcionan de manera alternada.

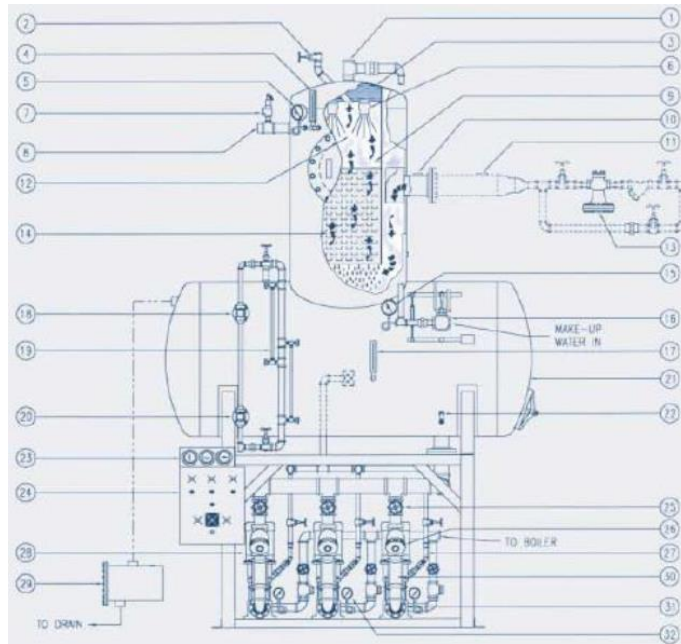


Figura 1.12. Partes del desaireador de agua de alimentación de calderos.
(Fuente: [14])



Figura 1.13. Desaireador de agua de alimentación a calderos.
(Fuente: Autor)

El esquema de funcionamiento actual del sistema de alimentación de agua se explica a continuación en la Figura 1.14.

es el control de nivel el encargado de encender y apagar la bomba de envío al tanque diario. Se enciende cuando el tanque está en 600 (gal) y se apaga cuando llega a 900 (gal). De este tanque se envía búnker para la combustión, esto se logra por acción de las bombas de combustible (bunker) de cada caldera y un filtrado mediante mallas de acero.

El calentamiento del búnker en los tanques se realiza mediante vapor del distribuidor que se envía a los tanques y circula en los serpentines internos para intercambiar calor y salir del tanque en forma de condensado. El tanque de consumo diario además del calentamiento con búnker también se realiza con resistencias eléctricas. El operador debe tener la precaución de tener siempre en calentamiento el combustible (bunker) en dos tanques, el tanque que está en servicio y el tanque que en secuencia le corresponde luego consumirse (como medida de respaldo), esta habilitación de los tanques se realiza de forma manual. La temperatura en los tanques debe mantenerse entre 70 y 90°C. Un diagrama de los tanques de almacenamiento de búnker y tanque de dosificación se ilustra en la figura 1.15.

Sistema de combustible biogás: Este combustible se puede utilizar en las calderas N°6 o N°7, además del bunker se aprovecha el Biogás que se recupera de la planta de tratamiento de aguas residuales BTS, este gas es enviado desde el reactor anaerobio por medio de un soplador centrífugo de Biogás, pasando por un sistema de drenaje de aguas para remover el condensado generado en las tuberías, hasta llegar al tren de distribución en ingreso a las calderas N°6 y N°7, en el cual mediante un selector y un cambio de válvulas manuales se puede elegir el equipo en el que se va a consumir biogás.

Sistema de Gas GLP: Este gas combustible es utilizado para generar la llama inicial. Se cuenta con dos cilindros en la parte exterior de la sala de máquinas que debe permanecer con cadena para evitar caída de los mismos por tema de seguridad. El gas se distribuye por un sistema de tuberías mediante la presión del cilindro e ingresa a las calderas después de pasar por una válvula reguladora.

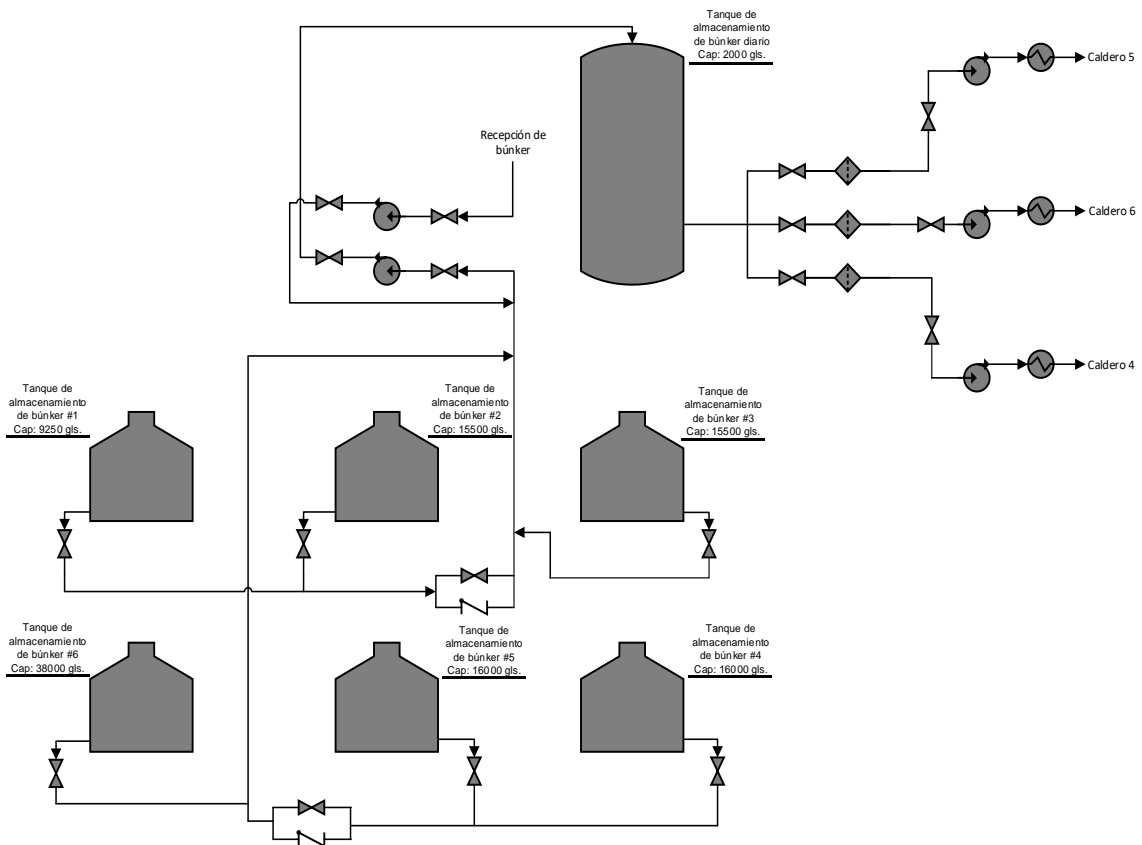


Figura 1.15. Esquema del sistema de almacenamiento y dosificación de búnker.
(Fuente: Autor)

1.4.1.3. Calderas del cuarto de máquinas

Tabla 1.1. Datos técnicos de los calderos de la Planta Quito de Cervecería Nacional

	Caldero 4	Caldero 5	Caldero 6	Caldero 7
Combustible	Búnker	Búnker	Búnker, Biogás	Biogás
Marca	York-Shipley	Distral	Cleaver Brooks	VR Ingeniería
Modelo	SPHC-850-6	C3B-400- 150	NB-2000-50- 250	No se indica en la placa
Número de serie	C31- 37N/8315404/H86472	A3188	CP-4161	No se indica en la placa
Capacidad [BHP]	800	400	1.304	100
Presión máxima de operación [Psig]	150	150	250	No se indica en la placa
Año de fabricación	1983	1990	2011	No se indica en la placa

(Fuente: Autor)

La planta cuenta para la generación de vapor saturado con 4 calderas numeradas del 4 al 7, sus datos técnicos se muestran en la tabla 1.1. La presión de trabajo promedio de estas calderas es 75 psig.

El mantenimiento de las calderas consiste en lo siguiente:

- Mantenimiento anual: limpieza de tubos en el lado de agua, limpieza y deshollinado de la caldera, baqueteado de los tubos, revisión de instrumentos, prueba hidrostática de válvulas de seguridad a 150 psig, pintura del caldero, limpieza de filtros de agua y cambio de empaques de las puertas frontal y trasera de la caldera.
- Mantenimiento semanal: limpieza del quemador, limpieza de filtros de búnker en la salida del tanque diario y revisión de electrodos.
- Mantenimiento diario: deshollinado mediante encendido del ventilador del caldero en manual durante 5 minutos.



Figura 1.16. Caldero 4, 800 BHP.
(Fuente: Autor)



Figura 1.17. Caldero 5, 400 BHP.
(Fuente: Caldero 5)



Figura 1.18. Caldero 6, 1304 BHP.
(Fuente: Autor)



Figura 1.19. Caldero 7, 100 BHP.
(Fuente: Autor)

1.4.1.4. Distribución del vapor

Una vez que se ha generado vapor saturado en las calderas este se dirige a un distribuidor (Ver figura 1.20.), aquí se regula el envío a las diferentes áreas por medio de las válvulas de ingreso de vapor, desde donde el operador de servicios auxiliares en coordinación con los líderes y operadores de los diferentes procesos procederá a habilitar el flujo de vapor.



Figura 1.20. Distribuidor de vapor.
(Fuente: Autor)

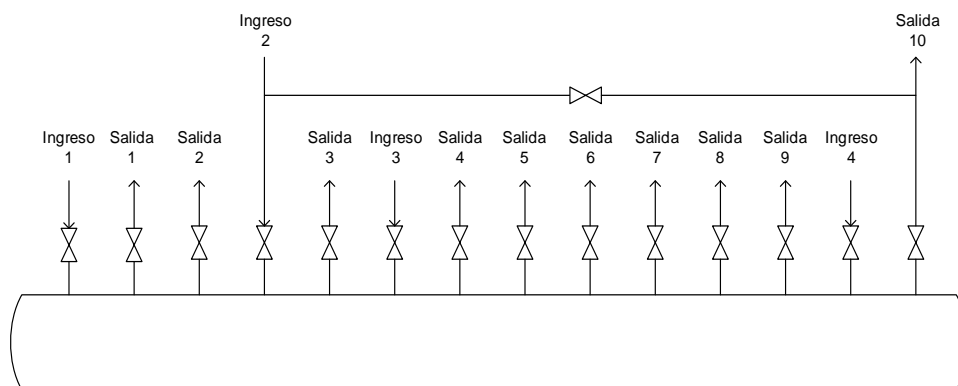


Figura 1.21. Esquema de entrada y salida de tuberías del distribuidor de vapor, Ver tabla 1.2.
(Fuente: Autor)

El equipo distribuidor de vapor tiene una tubería adicional que regula el vapor que se envía desde la caldera 7, el ingreso #2, hasta la tubería de salida hacia el desaireador nuevo, salida 10 (Ver figura 1.22.). Esta tubería permite conectar directamente el ingreso de vapor de la caldera 7 generado con biogás con el distribuidor, además en caso de que no se tenga la suficiente cantidad de biogás se mantienen abiertas las dos válvulas de vapor al

mismo tiempo, la válvula en la tubería de salida 10 y la válvula en el bypass del ingreso 2, esto para impedir que la presión en el desaireador descienda y con esto su efectividad en la remoción de O₂ y reducción en la temperatura de agua de alimentación a las calderas.



Figura 1.22. Tubería de vapor caldero 7 – desaireador.
(Fuente: Autor)

En la tabla 1.2 se detallan cada una de las líneas de vapor que entran y salen del distribuidor de vapor.

Tabla 1.2. Identificación de válvulas en el distribuidor de vapor.

	Nombre	Estado de la línea
Ingreso 1	Caldero 6	Normalmente abierta
Salida 1	Cocina nueva	Normalmente abierta
Salida 2	Calentador de búnker – Caldero 5	Normalmente cerrada
Ingreso 2	Caldero 7	Normalmente cerrada en el distribuidor – Normalmente abierta en el bypass
Salida 3	Calentador de búnker – Caldero 4	Normalmente cerrada
Ingreso 3	Caldero 5	Normalmente cerrada
Salida 4	Calentador de búnker – Atomización Caldero 6	Normalmente cerrada
Salida 5	Cocina antigua	Normalmente abierta
Salida 6	Calentamiento de tanques de búnker	Normalmente abierta
Salida 7	Desaireador antiguo	Normalmente cerrada
Salida 8	Línea 1	Normalmente abierta
Salida 9	Línea 2	Normalmente abierta
Ingreso 4	Caldero 4	Normalmente abierta
Salida 10	Desaireador nuevo	Normalmente cerrada

(Fuente: Autor)

En el distribuidor existen varias líneas de vapor cuya válvula en el distribuidor está normalmente cerrada, por ejemplo; el calentador de búnker del caldero 4 y 5, esta línea de vapor se usaría solamente en caso de que las resistencias eléctricas que se usan para calentamiento de búnker en el caldero llegaran a fallar. La válvula del desaireador nuevo también permanece cerrada ya que la alimentación a este equipo se realiza directamente con vapor de la caldera 7. Finalmente también permanecen cerradas las válvulas del caldero 5 debido a que este equipo no es frecuentemente utilizado y la válvula del desaireador antiguo que actualmente solo se utiliza como tanque de almacenamiento de agua de alimentación a los calderos (Ver figura 1.21.).

1.4.2. Usos del vapor en la planta

No todos los equipos consumidores de vapor en la planta cuentan con flujómetro de vapor independiente, en algunas derivaciones se tiene un flujómetro para varios equipos y existen consumos de vapor que no se contabilizan ya que se consideran despreciables. Así por ejemplo:

- El flujómetro de cocina antigua mide el consumo de vapor de todos los equipos que están después de la línea principal.
- El flujómetro de cocina nueva contabiliza los consumos de paila de hervir, cip centralizado y tanques de agua caliente.
- El flujómetro de subproductos contabiliza el consumo de planta de agua y el vapor consumido en el área de subproductos.
- El flujómetro de bodega de frío contabiliza los consumos de las dos torres, aldox y pentair.
- El flujómetro de línea 1 mide el consumo de vapor de todos los equipos que están después de la línea principal.
- El flujómetro de lavadora L2 y el flujómetro de pasteurizador L2 contabilizan el vapor de cada equipo.
- El consumo de vapor para calentamiento de búnker en los tanques de almacenamiento y dosificación de químicos en línea 2, utilizado únicamente cuando se realiza limpieza de equipos no se contabiliza con ningún flujómetro.

Los datos de estos flujómetros son registrados por el operador de turno en un archivo de Excel cada 8 horas, para su posterior análisis y cálculo del indicador de Energía Térmica. En la figura 1.23., se identifican los equipos en funcionamiento de la planta que son consumidores de vapor y la ubicación de flujómetros en cada una de las líneas que salen del distribuidor.

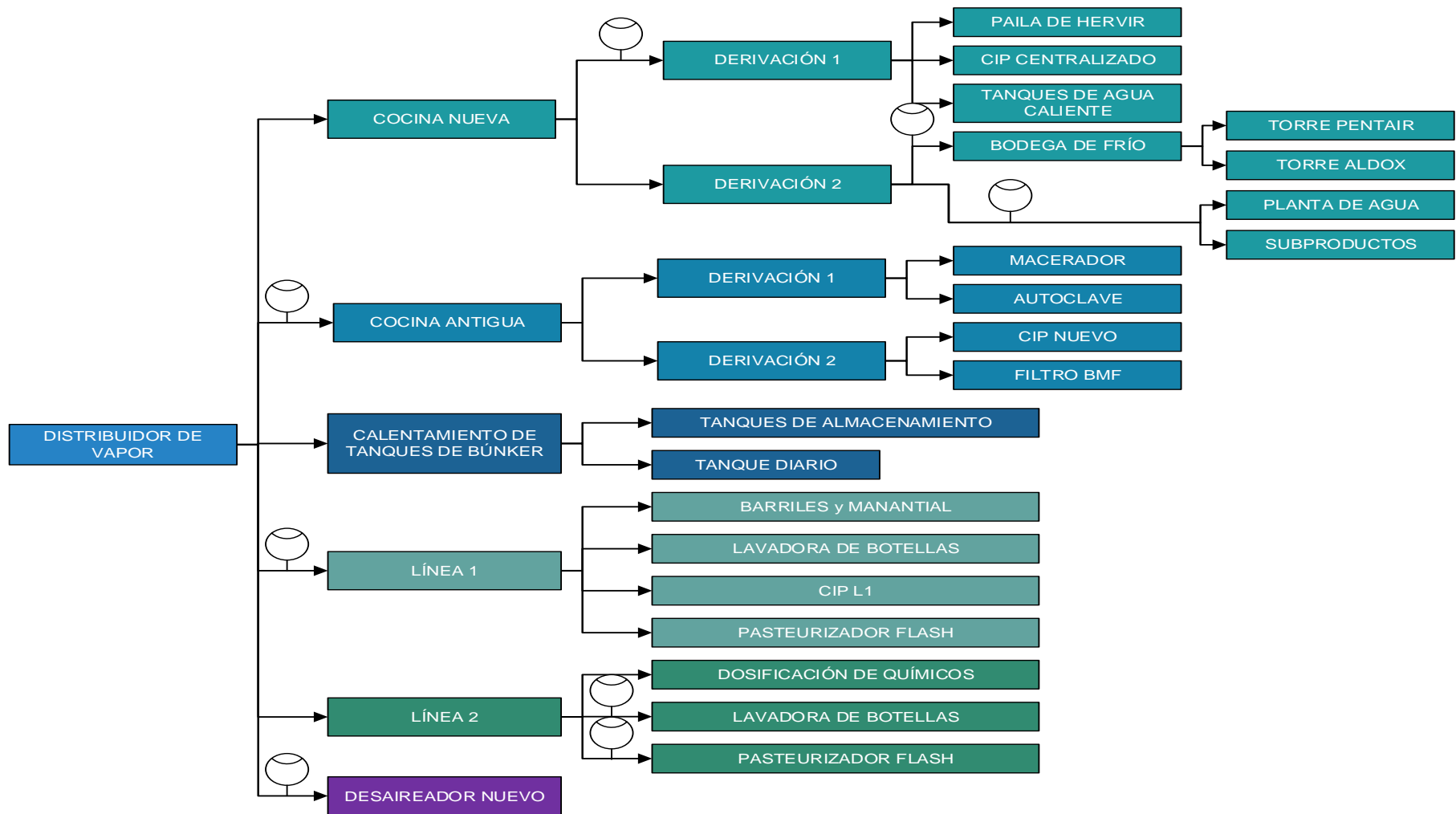


Figura 1.23. Distribución de los equipos consumidores de vapor en las líneas de envío del distribuidor.
(Fuente: Autor)

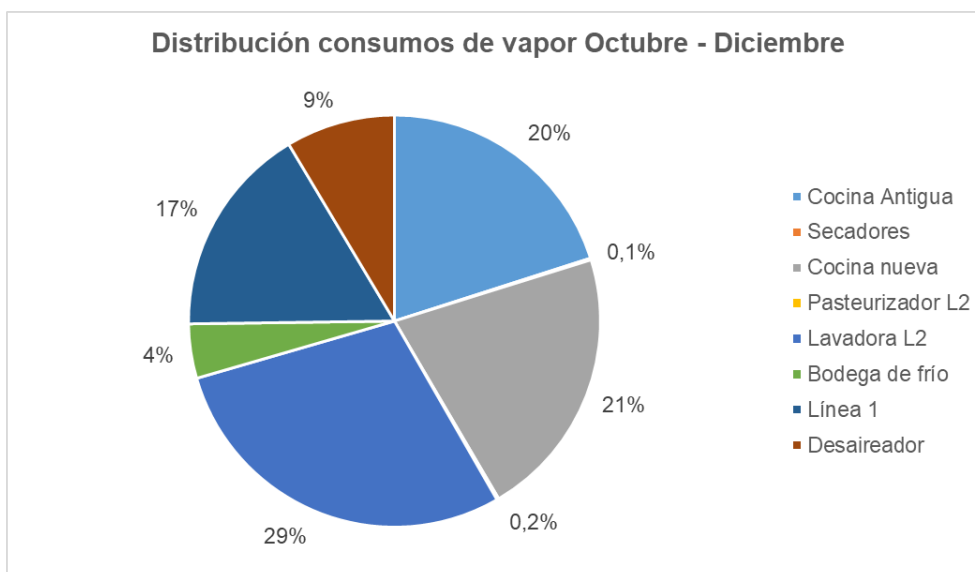


Figura 1.24. Distribución del consumo de vapor desde el mes de octubre hasta diciembre de 2021. (Fuente: Autor)

En la figura 1.24. se muestra la distribución real de consumos de vapor por parte de las áreas desde el 1 octubre hasta el 31 de diciembre del 2021, se utilizó este periodo de tiempo debido a que en el apartado 2.2.10. se explica el error que tenía el flujómetro de vapor de ingreso al desaireador. Esta gráfica se obtuvo sumando todos los consumos de vapor registrados por turno de trabajo en el histórico de datos del sistema de vapor y obteniendo su porcentaje con respecto al consumo de vapor total (ver Anexo1). Aquí se puede observar que los principales consumidores de vapor son la lavadora de botellas de línea 2, cocina nueva, cocina antigua y línea 1. La diferencia de consumo entre línea dos y línea uno se debe principalmente a los planes de producción. Por ejemplo, durante este mismo periodo de tiempo línea 2 trabajó un total de 86 días mientras línea 1 un total de 55 días.

Los turnos de trabajo de Cervecería Nacional se dividen en 3:

- Turno 1: 11pm a 7 am
- Turno 2: 7 am a 3 pm
- Turno 3: 3pm a 11 pm

En cuanto a los planes de producción en las líneas de envasado, estos son definidos por el área de producción en una reunión semanal según la proyección de demanda para las siguientes semanas. Estos planes son susceptibles a cambios por factores de ajuste de proyecciones de demanda, cantidad de retorno de botellas vacías, etc. Sin embargo, a partir de este plan de producción el área de Servicios Industriales coordina el arranque y

parada de equipos según la demanda de servicios de las áreas, de igual manera lo realiza el área de elaboración con respecto a la producción del mosto.

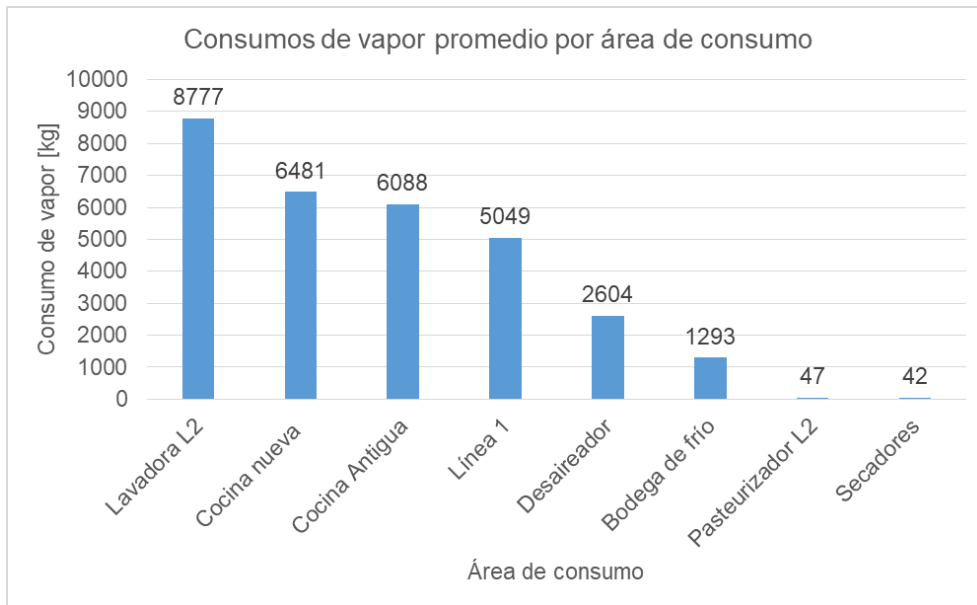


Figura 1.25. Consumos de vapor promedio por área de consumo y turno de trabajo desde el mes de octubre hasta diciembre de 2021.
(Fuente: Autor)

En la figura 1.25 se muestran los consumos de vapor promedio por turno de trabajo durante el mismo periodo de tiempo de octubre a diciembre. En esta gráfica se observa nuevamente que el mayor consumidor de vapor es la lavadora de botellas de línea 2, seguido de las líneas de vapor hacia el área de elaboración. Los factores que influyen en la diferencia de consumo con la línea de envasado son: el tipo de calentamiento y las condiciones operativas según el tipo de marca que se esté envasando. Por ejemplo, el set point de calentamiento del agua con soda en los tanques de la lavadora de botellas es de 76 °C para Pilsener 1000 cc y 85 °C para Club 850 cc. Esta diferencia en temperaturas hace que los consumos de vapor incrementen dependiendo de la marca.

En la tabla 1.3. se detallan todos los equipos consumidores de vapor actuales en la planta, así como sus presiones de trabajo.

Tabla 1.3. Equipos consumidores de vapor en la planta.

Línea de Vapor	Equipo	Tipo de calentamiento	Función	P.Trabajo [Psi]
Cocina Nueva, Derivación 1	Paila de hervir	Intercambiadores de chaqueta	Elevación de temperatura del malta con agua de 74 a 92 °C	45
	Cip centralizado	2 Intercambiadores de placas	Calentamiento de agua para mezclado con soluciones de limpieza	40
	Tanques de agua caliente	2 Intercambiadores de placas	Calentamiento de agua desalcalinizada a 65 °C	40
Cocina Nueva, Derivación 2	Torre pentair	Intercambiador de placas	Pasteurización de agua desaireada y carbonatada de 25 a 75 °C	65
	Torre aldox	Intercambiador de placas	Pasteurización de agua desaireada y carbonatada de 25 a 75 °C	65
Cocina Nueva, Derivación 2	Esterilizadores, planta de agua	Contacto directo	Calentamiento para regeneración de filtros de carbón activado	40
	Autolisis, Subproductos	Intercambiadores de chaqueta	Elevación de temperatura de levadura	40
Cocina Antigua	Macerador	Intercambiadores de chaqueta	Elevación de temperatura malta con agua y adjuntos de 65 a 99 °C	45
	Autoclave	Intercambiadores de chaqueta	Elevación de temperatura del mosto de 63 a 77 °C	45
	CIP Nuevo	2 Intercambiadores de placas	Calentamiento de agua para mezclado con soluciones de limpieza	65
	Filtro BMF	Intercambiador de placas	Calentamiento de soluciones para limpieza de filtros de cerveza	65
Calentamiento de tanques de búnker	Tq. almacenamiento de búnker #2	Intercambiador por serpentín	Mantenimiento de temperatura de búnker a 90 °C	70
	Tq. almacenamiento de búnker #3	Intercambiador por serpentín	Mantenimiento de temperatura de búnker a 90 °C	70
	Tq. almacenamiento de búnker #4	Intercambiador por serpentín	Mantenimiento de temperatura de búnker a 90 °C	70
	Tq. almacenamiento de búnker #6	Intercambiador por serpentín	Mantenimiento de temperatura de búnker a 90 °C	70
	Tq. almacenamiento de búnker diario	Intercambiador por serpentín	Mantenimiento de temperatura de búnker a 90 °C	70
Línea 1	Pasteurizador, llenadora de barriles	Intercambiador de placas	Calentamiento de agua para pasteurización a 80 °C	60
	Lavadora de botellas L1	6 Intercambiadores - serpentín	Mantenimiento de temperatura de tanques de lavadora, 76 o 85 °C	70
	CIP L1	2 Inter. Coraza y tubos	Calentamiento de agua para mezclado con soda cáustica	40
	Pasteurizador Flash L1	Intercambiador de placas	Calentamiento de agua para pasteurización a 80 °C	60
	Filtros de carbón y arena, planta manantial	Contacto directo	Calentamiento para regeneración de filtros de carbón activado	40
Línea 2	Lavadora de Botellas L2	2 Intercambiadores de placas	Mantenimiento de temperatura de tanques de lavadora, 76 o 85 °C	70
	CIP L2	2 Inter. Coraza y tubos	Calentamiento de agua para mezclado con soda cáustica	40
	Pasteurizador Flash L2	Intercambiador de placas	Calentamiento de agua para pasteurización a 80 °C	60
Desaireador	Desaireador nuevo	Contacto directo	Eliminación de CO2 y O2 del agua, temperatura de salida a 115 °C	15

(Fuente: Autor)

1.5. PROCEDIMIENTO REFERENCIAL DE OPERACIÓN DE LOS CALDEROS DE BÚNKER Y BIOGÁS

La operación de los calderos en la planta hasta el mes de junio del 2021 consistía en lo siguiente:

- La generación de vapor para procesos con las calderas se realizaba con las calderas 4, 5 y 6.
- La generación de vapor para consumos de dos líneas de envasado y el área de elaboración se realizaba con la caldera 6.
- La generación de vapor para consumos de una línea de envasado y el área de elaboración se realizaba trabajando con la caldera 4 y 5 al mismo tiempo. Posteriormente desde la última semana de febrero del 2021 se empezó a trabajar con la caldera 6 en este escenario de producción. Las razones fueron que la caldera 5 salió fuera de servicio debido a problemas constantes con la atomización del combustible, arranque automático y debido a que su capacidad permite ocuparla únicamente para procesos de bajo consumo de vapor representaba un gasto de combustible innecesario encender la caldera para pocas horas de operación y luego apagarla nuevamente.
- La caldera 7 generaba vapor para envío al desaireador mediante una tubería de bypass en el distribuidor de vapor.
- La presión de trabajo promedio en el distribuidor de vapor era de 75 psig por acuerdo con las demás áreas.
- Los calderos que estén en espera por más de 48 horas se llenaban de agua hasta un nivel de 4/4 para evitar afectación por exposición de los tubos.

Capítulo 2

2. METODOLOGÍA

2.1. METODOLOGÍA PDCA

La metodología PDCA fue creada y definida por primera vez en la década de 1930 por el experto estadístico estadounidense Walter A. Shewart. Luego, en la década de 1950, fue desarrollado por W. Edwards Deming y se convirtió en uno de los métodos más conocidos del mundo para orientar la mejora [6]. El ciclo PDCA es un método de Kaizen para implementar un sistema de mejora continua. El ciclo está relacionado a normas ISO 9001 donde se menciona como un principio elemental para la mejora continua de la calidad de los sistemas [8]. En este trabajo, la metodología a seguir es precisamente el PDCA, ya que esta herramienta es el método estándar de Ab-Inbev para resolver problemas grandes, complejos o crónicos. Consta de cuatro pasos para la solución de un problema:

- **Planificar:** En esta etapa se identifica el problema, el recurso humano a ser utilizado. Además, mediante el análisis de datos y el uso de herramientas diagramas de Pareto y espinas de pescado a partir de las cuales se obtendrán las causas raíz del problema se determinan los planes de acción para actuar frente al problema. En esta etapa también se puede hacer uso de buenas prácticas operativas desplegadas por Ab-Inbev a nivel mundial.
- **Hacer:** En esta etapa se realiza un análisis más amplio de los planes de acción resultantes, se prioriza las actividades evaluando cada acción en una matriz de impacto, además es posible designar responsables para las pruebas iniciales de los planes de acción y fortalecer el trabajo en equipo, también se puede disponer de recurso humano externo para acelerar la ejecución de una acción con alto nivel de prioridad.
- **Comprobar:** En esta etapa se realiza seguimiento a las acciones implementadas mediante cartillas de control o mediante la definición de un punto crítico de control en el proceso.
- **Actuar:** En esta etapa final se estandarizan los procedimientos ejecutados y se realiza el análisis de riesgo presente para que la mejora implementada se sostenga en el tiempo.

La herramienta PDCA ha demostrado ser eficaz para trabajar en mejora de sistemas energéticos. La ISO 50001 es la primera norma reconocida internacionalmente que

establece un conjunto integrado de procesos y herramientas para ayudar a las empresas a implementar un sistema de gestión de energía eficaz. ISO 50001 comienza con la necesidad de tener una estrategia de alto nivel y pasa a actividades de nivel operativo como el monitoreo y la focalización del uso de energía. Esta utiliza el enfoque Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA) [6].

2.2. PLANEAR

2.2.1. Análisis del indicador de Energía Térmica Comprada

Un KPI (Key-Indicator-Process) es una métrica que mide qué tan bien la organización o un individuo realiza una actividad operativa, táctica o estratégica que es crítica para el éxito actual y futuro de la organización [15]. Definir correctamente estos indicadores permite su seguimiento y evaluación periódica para posterior comparación interna y externa con otras plantas similares de Ab-Inbev. El objetivo de los indicadores, o KPI's, es mejorar la gestión y los resultados de la empresa. Por tanto son herramientas de evaluación, diagnóstico, comunicación, información, motivación y de mejora continua [16].

El indicador utilizado por Cervecería Nacional asociado al proceso que se estudia en este caso que es el de generación de vapor es el indicador de Energía Térmica Comprada, obtenido en Mj/HL. Este indicador puede ser calculado según el periodo de tiempo que se desee analizar y puede ser obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$KPI_{Térmica} = \frac{PCI \times (\sum_{i=1}^n C_{combustible_i})}{\sum_{i=1}^n HL_{envasados_i}}$$

$C_{combustible_i}$: Cantidad búnker utilizado en un periodo determinado, [gls].

PCI : Poder calorífico inferior del combustible, $\left[\frac{MJ}{gls}\right]$.

$HL_{envasados_i}$: Cantidad de cerveza envasada en un periodo determinado, [HL].

Al analizar la tendencia del indicador en energía térmica comprada Mj/HL diariamente (Ver figura 2.1.), se evidencia que varía en función de los hectolitros envasados y por ende de los consumos de vapor en las áreas. Los días en los que este indicador tiende a descender se evidencia que a la par existen consumos de vapor en todas las áreas productivas (L1, L2, Elaboración), de la misma manera al analizar los días en los que este indicador tiende a salirse fuera de meta (línea celeste) se evidencia que se debe a que una línea de envasado salió fuera de servicio o solamente existen consumos en el área de elaboración. Además se evidencia días con valores muy altos en el indicador que corresponden a días con consumos únicamente en el área de elaboración pero no en el área de envasado.

Esta información demuestra la necesidad de identificar oportunidades de mejora en eficiencia energética en el sistema de vapor para tener un indicador más estable al reducirse los consumos de las áreas.

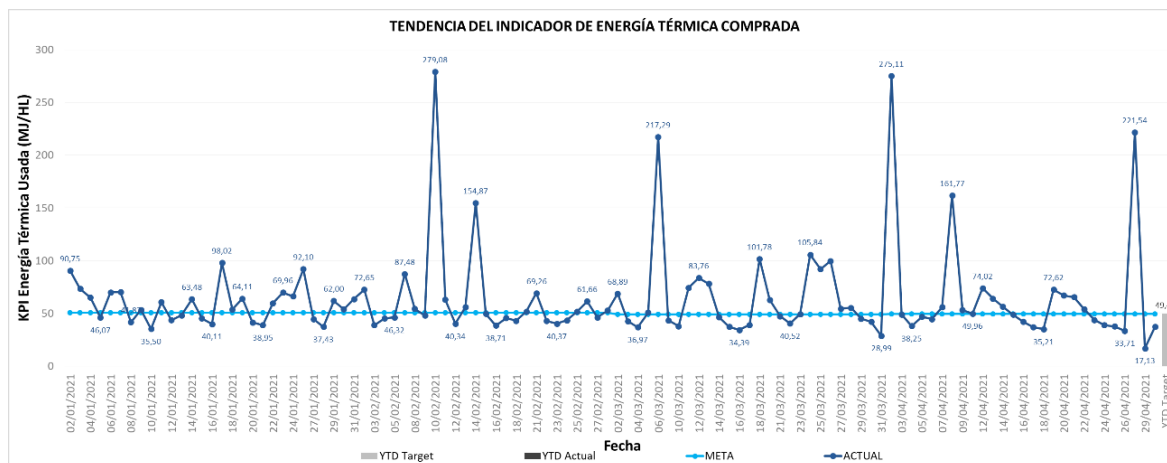


Figura 2.1. Tendencia del indicador de Energía térmica Comprada desde enero hasta mayo del 2021. (Fuente: Autor)

2.2.2. Establecimiento de metas de consumo de búnker de acuerdo al escenario de producción.

Los indicadores de rendimiento (PI, performance indicator) son una medida del desempeño de un proceso clave y que afectan a un KPI de una organización. La diferencia entre los indicadores de rendimiento y los KPI es que estos últimos se consideran fundamentales para el bienestar de la organización. Los indicadores de desempeño, aunque importantes, no son cruciales para el negocio. Los indicadores de desempeño ayudan a los equipos a alinearse con la estrategia de su organización. Los indicadores de rendimiento complementan los KPI [17].

Por esta razón, es de vital importancia definir un PI que pueda ser rastreado por el personal de planta para llevar un mejor control del consumo de búnker. El anterior PI de consumo de búnker era una meta de consumo de 850 galones de búnker por turno de trabajo para todos los escenarios de producción. En base a un análisis de cajas y bigotes (ver Figura 2.2.) el análisis puede concentrarse en el 50% de los valores centrales para una lista de consumos de búnker por cada escenario de producción. Los consumos deseados para cada escenario de consumo de vapor, en este caso el valor del primer cuartil, se ha determinado en base a los históricos del año 2021 (ver Anexo 1) hasta el mes de abril y se obtienen los siguientes consumos por turno considerando producción normal y sin tomar en cuenta turnos en los que se realicen CIP (clean in place, aseo de máquinas) y cambios de formato (detenimiento de la producción para envasar una marca de cerveza diferente).

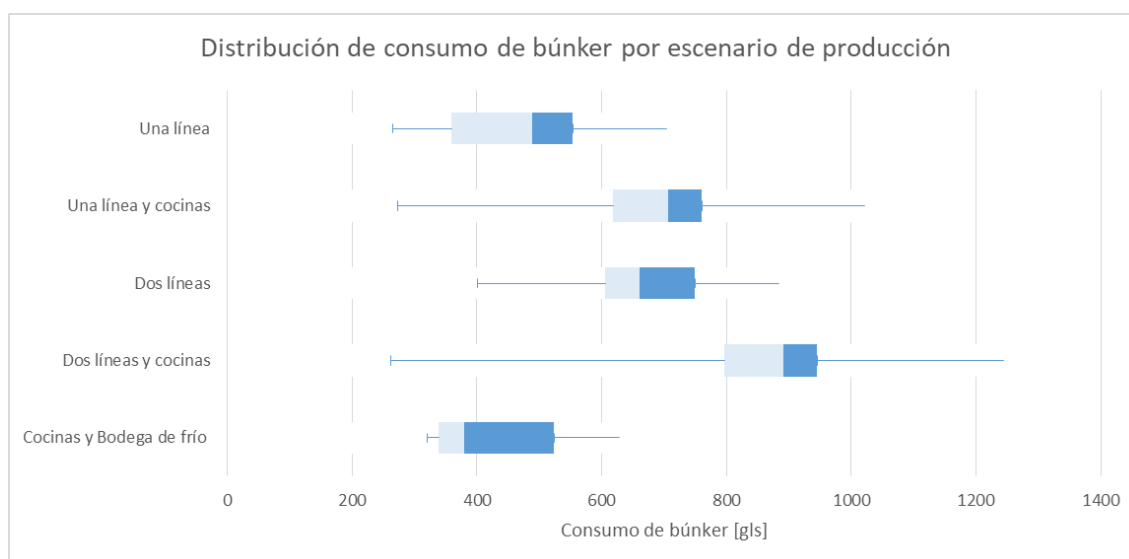


Figura 2.2. Diagrama de cajas y bigotes, distribución del consumo de búnker por escenario de producción. (Fuente: Autor)

Un diagrama de cajas y bigotes es muy útil para procesar una gran cantidad de información en conjuntos de datos, además permite aislar los valores atípicos para evitar afectación en el análisis. De la figura 2.2. se puede inferir que dentro del 50% de los valores centrales de los datos, existe una dispersión mayor en el 25% de los datos menores que la mediana, esto aplica para el escenario de producción de una línea, dos líneas y cocinas, una línea y cocinas. De igual manera se observa que la distancia entre el valor máximo menos el valor mínimo es mayor para el escenario de dos líneas de envasado y cocinas que para cualquier otro escenario. El objetivo de este nuevo punto de control es disminuir la amplia dispersión de valores que se pueden ver en la figura 2.2. En la tabla 2.1. se encuentra el resumen del análisis de cajas de bigotes por escenario de producción.

Tabla 2.1. Resumen de Análisis de cajas y bigotes por escenario de producción.

	Cocinas y bodega de frío	Dos líneas y cocinas	Dos líneas	Una línea y cocinas	Una línea
Límite inferior	321	609	401	489	395
Primer cuartil	338,75	814,25	627,25	641	465
Mediana	380,5	895,5	665,5	710	517
Tercer cuartil	560,5	948	767,25	769	573,5
Límite superior	628	1245	885	1021	705

(Fuente: Autor)

2.2.3. Diagrama de Pareto de los escenarios de producción con mayor variabilidad de consumo de búnker con respecto a un valor medio.

En cada escenario tenemos variación con respecto a los valores de consumos deseados, por lo que para realizar un análisis de Pareto a partir del cual se puede determinar los escenarios de producción en los que se deben enfocar los esfuerzos de estandarización se determinó el número de veces que el consumo de búnker es mayor al consumo medio de búnker, según los registros del sistema de vapor de la empresa (anexo1). El resultado del análisis disponible en la figura 2.3., es que tenemos más variación en el consumo de búnker cuando tenemos escenarios de consumo de una línea y cocinas, y dos líneas de producción y cocinas. Esta información nos permitirá establecer metas de consumo por escenario para estandarizar estrategias de modulación de las calderas para hacer que este consumo deseado sea más regular.

Este enfoque está limitado a tomar en cuenta únicamente turnos con consumos de vapor en producción normal por parte de las áreas. No se puede analizar si durante ese turno existió un incremento en consumo de búnker debido a problemas de operación de las calderas o de los diversos equipos consumidores de vapor porque no se lleva un histórico de esta información. De igual manera no se toma en cuenta turnos con bajo consumo de vapor debido a que esto indicaría que el proceso se detuvo durante el turno, se realizó CIP o sucedió una eventualidad en la operación.

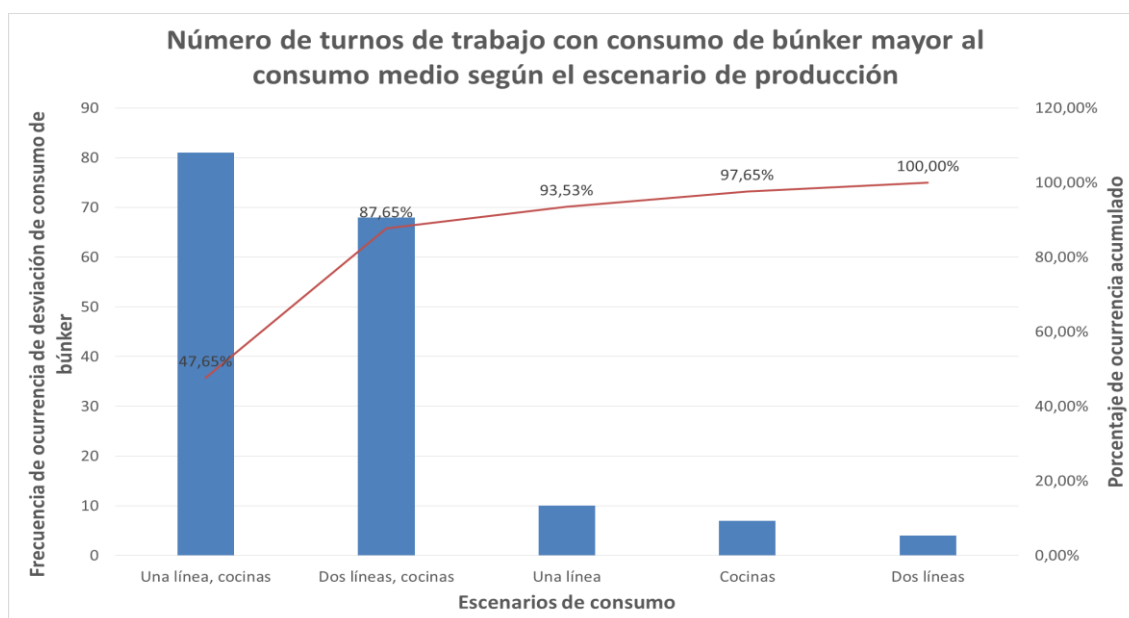


Figura 2.3. Pareto de los escenarios de producción con mayor variabilidad de consumo de búnker con respecto a un valor medio.
(Fuente: Autor)

2.2.4. Diagrama de Pareto de las principales afectaciones al consumo de combustible en el sistema de vapor en base a repetitividad.

Un diagrama de Pareto permite conocer las causas más frecuentes de un problema. En la sección anterior se realizó un diagrama de Pareto en base al número de veces que se tiene una desviación con respecto a un consumo deseado en cada escenario de producción debido a que no se tenía información disponible de un histórico de fallas en calderas o el sistema de vapor. Para conocer cuáles son las causas más frecuentes de un alto consumo de combustible se realizó el seguimiento durante el mes de julio y agosto para determinar cuáles han sido las afectaciones más recurrentes en el sistema de vapor.

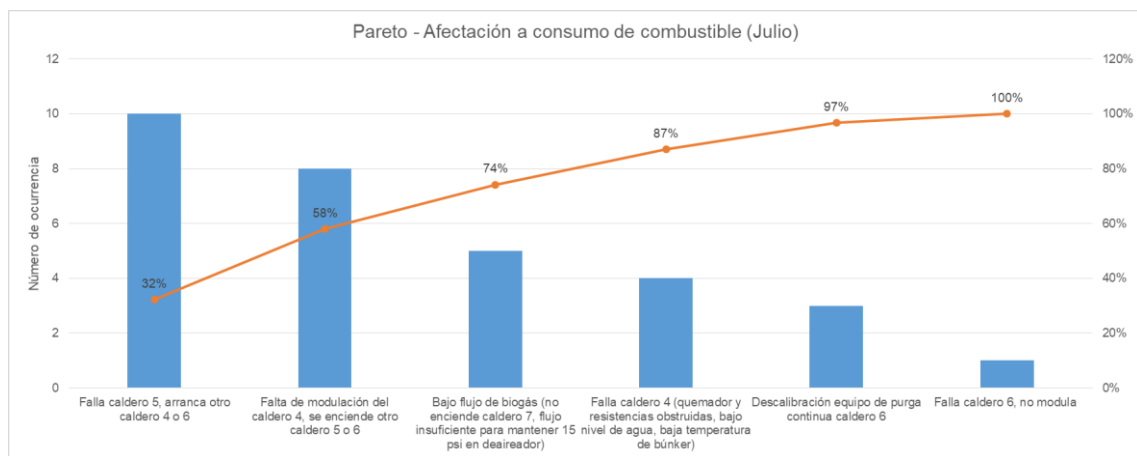


Figura 2.4. Pareto de afectaciones más frecuentes al consumo de combustible, mes de julio 2021. (Fuente: Autor)

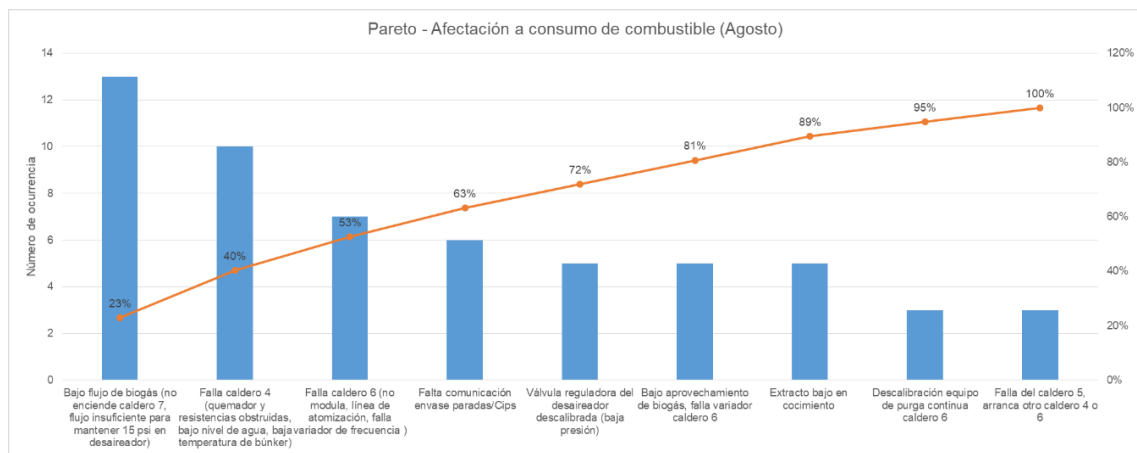


Figura 2.5. Pareto de afectaciones más frecuentes al consumo de combustible, mes de agosto 2021. (Fuente: Autor)

De la figura 2.4 y figura 2.5 se observa que una de las principales afectaciones que está dentro del 80% de afectaciones más recurrentes en los dos meses ha sido fallas en los calderos 4 y 5, debido a estas fallas ha sido necesario encender un caldero diferente lo que

provoca un consumo adicional. La principal falla en el caldero 4 ha sido un error operativo durante el trabajo del caldero en el que no se genera la cantidad de vapor necesaria para los procesos, provocando caída presión y la necesidad de encender otro caldero. Otra falla recurrente en el caldero 4 ha sido en sistema de control de nivel de agua que provoca un apagado del caldero por bajo nivel y una falla en la llama durante el encendido, en este caso el caldero no enciende después del apagado por alta presión. De la misma manera otra afectación recurrente ha sido el bajo flujo de biogás que impide el correcto funcionamiento del caldero 7. Para estas afectaciones más recurrentes se añadió planes de acción en la matriz de priorización.

2.2.5. Diagrama de causa-efecto de incremento de consumo de combustible para los dos escenarios de consumo con mayor variabilidad con respecto a un valor medio.

Los diagramas causa-efecto, también llamados diagramas de Ishikawa o diagramas de espina de pescado fueron desarrollados por Kaoru Ishikawa en 1943. Los diagramas de causa-efecto son usados para y enlistar sistemáticamente una lista de varias causas que pueden ser atribuidas a un problema [18]. Esta herramienta ha sido utilizada para representar las causas del alto consumo de combustible en el sistema de vapor en varios enfoques, máquina, medida, material, hombre, método y ambiente. Las causas enlistadas han sido producto de la realización de una lluvia de ideas con el equipo del área de servicios industriales y se pueden ver en la figura 2.5.

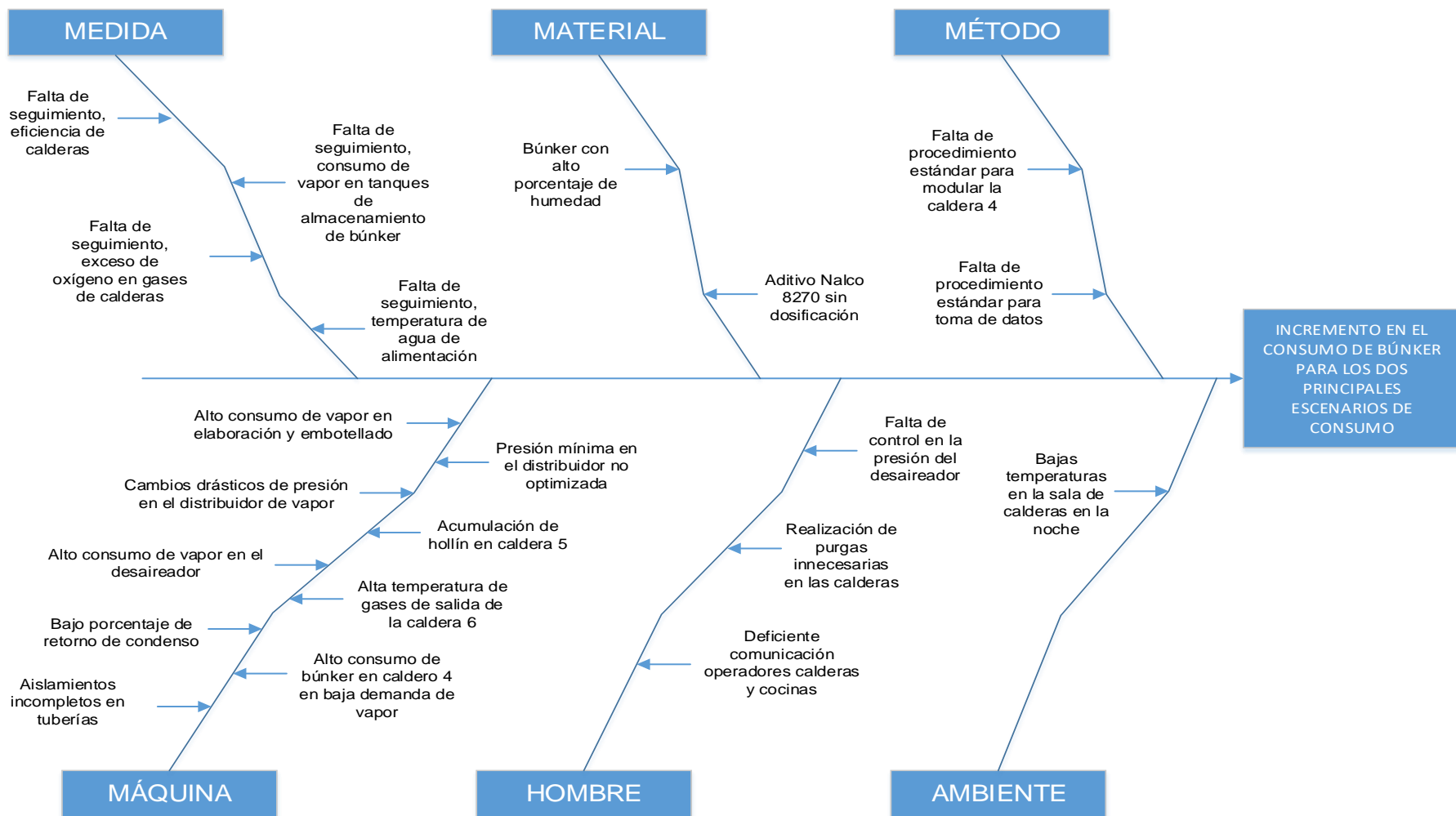


Figura 2.6. Diagrama causa-efecto de las principales causas del incremento de consumo de combustible en el sistema de vapor.
(Fuente: Autor)

2.2.6. Análisis 5 por qué de las causas identificadas en la espina de pescado.

El método de análisis de causa raíz de los 5 por qué requiere que se investigue cómo surgieron las causas secuenciales de un evento de falla e identificar la ruta de falla causa-efecto [19]. Este método es ampliamente utilizado como una herramienta eficaz de solución de problemas para identificar el origen de una causa del problema que se investiga, este origen que muchas veces puede ser evidente o puede requerir una mayor investigación. Evidentemente no es mandatorio que se investigue hasta el quinto por qué, la causa raíz de un problema muchas de las veces puede ser hallado en el segundo o tercer por qué. Los 5 porqués se pueden usar individualmente o como parte del diagrama de espina de pescado. El diagrama de espina de pescado permite determinar causas potenciales, a partir de ahí se puede usar la técnica de los 5 por qué para profundizar en las causas fundamentales.

Las tablas con los análisis 5 por qué para cada uno de los campos en los cuáles se buscaron las causas del problema de alto consumo de combustible y su acción ya sea correctiva o preventiva se muestran a continuación:

Tabla 2.2. Análisis 5 por qué de las causas del problema para la categoría método.

1er POR QUÉ	2do POR QUÉ	3er POR QUÉ	4to POR QUÉ	5to POR QUÉ	ACCION(ES)
Falta de procedimiento estándar para modular la caldera 4 en un escenario de una línea y cocinas.	Desconocimiento de la tendencia de los picos de consumo en elaboración dificultan la modulación de la caldera.	Desconocimiento de las curvas de elevación de temperatura de autoclave, macerador y paila de hervir.	Falta de intercambio de conocimiento entre las áreas productivas.		*Creación de un SOP para modular la caldera 4 en un escenario de producción de una línea de envasado y cocinas.
Falta de procedimiento estándar para la correcta utilización del histórico del sistema scada para la toma de datos del archivo de vapor.	Falta de seguimiento a la toma de datos del sistema scada.	Ingresar datos tomados fuera de la hora establecida provoca que se registren consumos de búnker adicionales.			*Creación de un SOP para la correcta utilización del histórico del sistema scada para la toma de datos del archivo de vapor.

(Fuente: Autor)

Tabla 2.3. Análisis 5 por qué para de las causas del problema para la categoría material.

1er POR QUÉ	2do POR QUÉ	3ro POR QUÉ	4to POR QUÉ	5to POR QUÉ	ACCION(ES)
Falta de control de dosificación de Nalco 8270.	Desconocimiento de la utilidad del químico Nalco 8270 en el sistema de vapor.	Desconocimiento del impacto de la utilización del químico Nalco 8270 en la combustión y consumo de combustible.			*Verificar la factibilidad de aumentar la dosificación de químico Nalco 8270.

Búnker para utilización en las calderas con alto porcentaje de agua.	Búnker que se almacena en los tanques de almacenamiento con porcentaje de agua.	Baja calidad del búnker que se recibe de los tanqueros.	Falta de seguimiento a la calidad del búnker en el momento de la recepción.		*Solicitar una ficha técnica de la calidad del búnker a la empresa proveedora y comparar los resultados con un análisis en un laboratorio externo. *Realizar limpieza del tanque de almacenamiento # 6.
--	---	---	---	--	--

(Fuente: Autor)

Tabla 2.4. Análisis 5 por qué para de las causas del problema para la categoría medida.

1er POR QUÉ	2do POR QUÉ	3ro POR QUÉ	4to POR QUÉ	5to POR QUÉ	ACCION(ES)
Falta de seguimiento al exceso de oxígeno en los gases de combustión.	Falta de determinación de las pérdidas por exceso de aire en la chimenea.	Falta de determinación de exceso de oxígeno en operación normal de la caldera.	Falta de equipo para la determinación de exceso de oxígeno en la chimenea de las calderas.		*Analizar la instalación de un equipo medidor de oxígeno en las calderas que se usan con mayor frecuencia o la compra de un analizador de gases.
Falta de seguimiento al consumo de vapor para calentamiento de tanques de búnker y regeneración de filtros de carbón.	Falta de optimización de los consumos de vapor en calentamiento de tanques de búnker y calentamiento de agua en desaireador antiguo.	Falta de determinación de consumo de vapor en calentamiento de tanques de búnker y calentamiento de agua en desaireador antiguo.			*Estimación de consumo de vapor para calentamiento de tanques de búnker.
Falta de seguimiento a la eficiencia de las calderas.	Falta de cálculo de pérdidas por calor sensible de los gases de salida, pérdidas de calor por combustión incompleta.	Falta de análisis de gases en operación normal de los calderos.			*Determinación y seguimiento periódico de las eficiencias de los principales equipos de generación de vapor.

(Fuente: Autor)

Tabla 2.5. Análisis 5 por qué para de las causas del problema para la categoría hombre.

1er POR QUÉ	2do POR QUÉ	3ro POR QUÉ	4to POR QUÉ	5to POR QUÉ	ACCION(ES)
Deficiente comunicación entre operadores de diferentes áreas para modular las calderas.	Operadores reportan tiempos de arranque de los equipos de cocinas diferentes a los reales.	Falta de conocimiento de los operadores de sala de fuerza y elaboración de los impactos que genera una mala comunicación en los procesos.	Falta de conocimiento de los operadores de sala de fuerza y elaboración de los procesos de las áreas que están en comunicación.		*Capacitación a los operadores de sala de fuerza sobre los procesos de cocimiento.

Deficiente presión y flujo de biogás para aprovechamiento en las calderas 6 y 7.	Falta de comunicación del operador de BTS del flujo de biogás que se tendrá en el turno.	Desconocimiento del operador de BTS de la planificación para modulación de las calderas.			*Elaborar un plan semanal en conjunto con la BTS para programar la cantidad diaria de envío de biogás a sala de fuerza.
Falta de control en la calibración de la presión del desaireador según la caldera que se esté utilizando y el flujo de biogás.	Falta de un procedimiento estándar para la regulación del desaireador según las condiciones operativas.	Falta de cálculo del impacto de enviar vapor del distribuidor al desaireador.			*Elaborar una cartilla de control de presión en el desaireador.
Realización de purgas innecesarias en las calderas.	Falta de seguimiento a los resultados de los análisis de agua de los calderos.	Falta de seguimiento a la dosificación de químicos y purgas de fondo.	Falta de un estándar de operación para control de purgas de fondo en los calderos.		*Creación de un estándar de operación de purga de fondo de los calderos.

(Fuente: Autor)

Tabla 2.6. Análisis 5 por qué para de las causas del problema para la categoría máquina.

1er POR QUÉ	2do POR QUÉ	3ro POR QUÉ	4to POR QUÉ	5to POR QUÉ	ACCION(ES)
Alto consumo de vapor en elaboración y embotellado.	Alto consumo de vapor en el macerador y autoclave	La válvula de purga de la trampa de vapor se encuentra abierta al 50% enviando vapor al ambiente.	Exceso de acumulación de condensa incrementa los tiempos de elevación de temperatura.	La trampa de vapor en el desalojo de condensa no funciona correctamente.	*Coordinar con el líder de elaboración el cambio de las trampas defectuosas en el área de elaboración.
Alto consumo de vapor en elaboración y embotellado.	Picos de consumo adicionales en paila de hervir al finalizar el proceso normal de cocción.	El extracto ingresa a la paila con una cantidad de agua mayor a la requerida.	Falta de control en los tiempos y caudales de ingreso de agua en el Filtro Mash durante los riegos	El proceso de ingreso de agua no está automatizado de acuerdo al extracto.	*Cotizar la automatización del proceso de ingreso de agua instalando un medidor de extracto de cerveza en línea.
Cambios drásticos de presión en el distribuidor durante picos de consumos en cocinas.	Rápida reducción de presión en el sistema cuando se tiene consumos en autoclave, macerador y paila de hervir.	Picos de consumo de vapor repentinos y de poca duración en el área de elaboración.	Desconocimiento de las curvas de elevación de temperatura en el macerador, autoclave y paila de hervir.		*Análisis de la implementación de alarmas de predicción de alto consumo de vapor o a su vez mejora de la comunicación de picos de consumo en elaboración.
Alto consumo de vapor en el desaireador.	Falta de control de la cantidad de vapor que se envía al ambiente por el desfogue del desaireador.	Imposibilidad de regulación de la cantidad de vapor que se envía al ambiente por el desfogue del desaireador.	Válvula de compuerta dañada en el desfogue del desaireador.		*Gestionar el cambio de la válvula de la tubería de desfogue del desaireador.

Presión de vapor mínima en el sistema no ha sido optimizada de acuerdo al mayor consumidor.	Falta de determinación de la presión mínima en las lavadoras de botellas de acuerdo al manual del fabricante y las condiciones del proceso.	No se ha realizado el ejercicio de prueba y error en la determinación de la presión mínima del sistema.	Falta de implementación de esta buena práctica de operación.		*Realizar la reducción de presión en el sistema un Psi a la vez.
Aislamientos incompletos de las tuberías de vapor y retorno de condensado.	Falta de plan de mantenimiento autónomo: ruta de inspección de tuberías, trampas y desfuegos	Falta de capacitación de operadores en uso de cámara termográfica			*Capacitar a los operadores en el uso de la cámara termográfica. *Determinación de pérdidas por aislamientos incompletos y cotización para su instalación.
Acumulación de hollín en el lado de fuego de la caldera pirotubular 5.	Deficiente combustión de la caldera.	La curva de combustión de la caldera no ha sido periódicamente revisada.	En alta llama el porcentaje de ingreso de búnker al quemador es mayor que el porcentaje de aire.		*Calibración de la curva de combustión del caldero 5. *Implementar la GOP 262 para asegurar el correcto deshollinado de los calderos.
Baja temperatura de ingreso de agua al economizador de la caldera 6.	Baja temperatura de agua en la salida del desaireador.	Imposibilidad de mayor calentamiento de agua en el desaireador debido a que la máxima temperatura de trabajo de las bombas es de 120 °C.	Baja temperatura de agua en el ingreso al desaireador.		*Analizar la conexión directa del retorno de condensado de cocinas y L2 al desaireador.
Alto consumo de búnker en el caldero 4 al trabajar en baja carga.	El flujo de ingreso de búnker al caldero en un porcentaje de 10% de carga es 80 gls/hr.	La curva de combustión se calibró para rangos de ingreso de búnker altos.	La leva actual no permite calibrar exactamente el ingreso de búnker al caldero en baja carga.		*Realizar un SOP para modular el caldero 4 en baja carga de acuerdo a la apertura de la válvula de recirculación.
Alta temperatura de salida de gases en la chimenea de la caldera 6.	Bajo aprovechamiento de los gases de combustión de la caldera.	Ensuciamiento de los tubos del economizador de la caldera.	Falta de un plan de mantenimiento para la limpieza del economizador.		*Implementación de la GOP 277 Crear plan de mantenimiento preventivo para el economizador.

(Fuente: Autor)

Tabla 2.7. Análisis 5 por qué para de las causas del problema para la categoría máquina.

1er POR QUÉ	2do POR QUÉ	3ro POR QUÉ	4to POR QUÉ	5to POR QUÉ	ACCION(ES)
Bajas temperaturas en la noche reducen la eficiencia de la caldera	Las puertas de la sala permanecen abiertas en la noche.	Falta de control de cerrado de puertas.	Dificultad para cerrar correctamente las puertas.	Bisagras en mal estado.	*Reparar las bisagras de las puertas en mal estado y llevar un control de cerrado de puertas de la sala de calderos al final del turno 3.

(Fuente: Autor)

2.2.7. Establecimiento de la matriz de impacto de las acciones resultantes de los análisis 5 por qué.

Después de encontradas las causas raíz de los diferentes factores que producen el incremento de consumo de combustible en el sistema de vapor e indicadas las acciones recomendadas para solventar el problema se procede a realizar una matriz para priorizar las acciones de acuerdo a su impacto en: seguridad, calidad, costo, medio ambiente y servicio. El impacto en cada campo se evalúa de la siguiente manera:

- Bajo o nulo impacto del criterio de evaluación en la solución del problema: 1
- Medio impacto del criterio de evaluación en la solución del problema: 3
- Alto impacto del criterio de evaluación en la solución del problema: 5

El objetivo de este ejercicio es determinar las acciones que tendrán mayor impacto en la solución del problema (las acciones de mayor puntaje) para ejecutarlas con prioridad y determinar aquellas acciones que tendrán un bajo o nulo impacto en la solución del problema para descartarlas (acciones con puntaje menor a 15).

La matriz de priorización se muestra en la tabla 2.8.

Tabla 2.8. Matriz de priorización de las acciones para solventar el problema de alto consumo de combustible.

ACCIÓN	NIVEL DE IMPACTO						PRIORIZAR SÍ/NO
	SEGURIDAD	CALIDAD/ HIGIENE	COSTO	MEDIO AMBIENTE	SERVICIO	RESULTADO DE IMPACTO	
Creación de un SOP para modular la caldera 4 en un escenario de consumo de una línea de envasado y cocinas.	1	1	1	3	5	15	SI
Creación de un SWI para la correcta utilización del histórico del sistema scada para la toma de datos del archivo de vapor.	1	1	1	1	5	5	No
Verificar la factibilidad de aumentar la dosificación de químico Nalco 8270.	1	1	3	3	3	27	SI
Solicitar una ficha técnica de la calidad del búnker a la empresa proveedora y comparar los resultados con un análisis en un laboratorio externo.	1	1	1	5	3	15	SI
Realizar limpieza del tanque de búnker #6.	1	1	3	3	3	27	SI
Realizar la instalación de un equipo medidor de oxígeno en las calderas que se usan con mayor frecuencia o compra de un medidor de gases digital.	1	3	3	3	3	81	SI

Estimación de consumo de vapor para calentamiento de tanques de búnker.	1	1	1	3	3	9	No
Determinación y seguimiento periódico de las eficiencias de los principales equipos de generación de vapor.	1	1	1	5	5	25	SI
Capacitación a los operadores de sala de fuerza sobre los procesos de cocimiento.	1	1	1	1	5	5	No
Implementar un sistema de control de nivel de cada uno de los bidones de químicos de las calderas.	1	3	3	1	1	9	No
Crear el SOP de purga de los calderos.	1	3	3	3	3	81	SI
Análisis de la implementación de alarmas de predicción de alto consumo de vapor o a su vez mejora de la comunicación de picos de consumo en elaboración.	1	1	3	1	3	9	No
Realizar el cambio de la válvula de compuerta de la tubería de desfogue del desaireador.	1	1	5	3	5	125	SI
Realizar la reducción de presión en el sistema un Psi a la vez para determinar la presión de operación mínima.	1	1	1	3	5	15	SI
Capacitar a los operadores en el uso de la cámara termográfica.	1	1	1	1	3	3	No
Definición de un periodo de tiempo estándar para la extracción manual de ceniza de los calderos, aplicación de GOP 262.	1	1	1	5	5	25	SI
Analizar la conexión directa del retorno de condensa de cocinas y L2 al desaireador.	1	1	1	1	5	5	No
Gestionar la visualización de la pantalla de control del caldero 4 en la computadora de sala de fuerza.	3	1	1	1	5	15	SI
Implementación de la GOP 277 Crear plan de mantenimiento preventivo para el economizador.	1	1	3	1	5	45	SI
Cotizar con un proveedor la instalación de aislamientos en tuberías de vapor y retorno de condensa.	5	1	3	1	3	45	SI

Instalación de un transmisor de presión en el caldero 4 para que el set point del caldero pueda ser modificado desde las computadoras del cuarto de control.	3	1	5	1	5	75	SI
Seguimiento del escape irregular de vapor por la tubería de desfogue del caldero #6	1	1	1	3	5	15	SI
Revisión de la curva de combustión de la caldera #5 durante el mantenimiento anual de la caldera.	1	1	5	5	3	75	SI
Elaborar un plan semanal en conjunto con la BTS para programar la cantidad diaria de envío de biogás a sala de fuerza y realizar seguimiento al cumplimiento de este parámetro.	1	1	1	1	5	5	NO
Elaborar una cartilla de control cada 4 horas de la presión del desaireador y temperatura del búnker.	1	1	1	3	5	15	SI
Coordinar con el líder de elaboración el cambio de las trampas de vapor en mal estado.	1	1	5	1	5	25	SI
Aumentar el seguimiento a los consumos adicionales en la línea de cocina nueva con el líder de elaboración si es factible la automatización.	1	3	1	1	5	15	SI
Reparar las bisagras de las puertas en mal estado y llevar un control de cerrado de puertas de la sala de calderos al final del turno 3.	3	1	3	1	1	9	NO
Modificación del Árbol del KPI de Energía Térmica	1	3	1	3	3	27	SI
Determinación del número de trampas de vapor que se encuentran con falla en el sistema de vapor.	3	1	5	1	5	75	SI

(Fuente: Autor)

2.2.8. Verificación del estado de las trampas de vapor

Un punto importante en el estudio de la eficiencia de un sistema de vapor es la revisión periódica del sistema de trampas de vapor para determinar su correcto funcionamiento. El correcto funcionamiento del sistema de trampas de vapor depende de muchos factores,

como correcta selección e instalación de las trampas de vapor, verificación de la no existencia de golpes de ariete en las líneas de retorno de condensado y su programa de mantenimiento.

En la práctica se ha visto que se alcanzan ahorros desde un 0.01% hasta un 3.8% con respecto al consumo de combustible de la caldera, teniendo en promedio un ahorro de la energía utilizada en vapor verificable del 1.3%. El costo de implementación tiene un periodo simple de recuperación de la inversión de 0.6 años en promedio [11].

Independientemente del tipo de trampa, sus fallas se pueden encasillar en dos campos:

- Falla en la posición de abierta: Ocasiona pérdida de vapor debido a su mal funcionamiento al momento de evacuar el condensado.
- Falla en la posición de cerrada: Ocasiona arrastre de condensado y pérdida de capacidad de transferencia de calor al equipo en el cual ocurre el intercambio.

Una de las maneras para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de trampas de vapor es su revisión periódica, para esto se disponen de 4 métodos de inspección que se detallan en la figura 2.7.

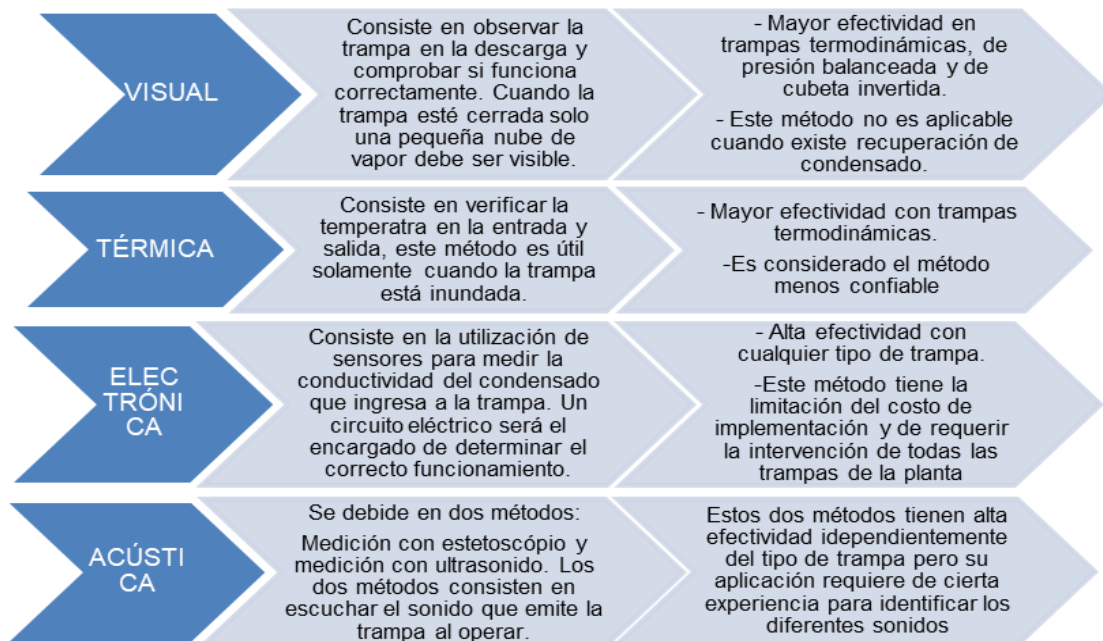


Figura 2.7. Métodos de inspección de trampas de vapor.
(Fuente: Autor)

La inspección de trampas de vapor en la planta se realizó haciendo uso de la facultad de utilización de personal externo en los proyectos PDCA. Esta inspección se la realizó con un proveedor certificado debido a los siguientes motivos:

- Debido a que el método de inspección visual no permite inspeccionar las trampas de vapor que se encuentran conectadas a la recuperación de condensado.
- Debido a que el método térmico es confiable únicamente en trampas termodinámicas.
- Debido a que la planta no tiene un programa de inspección regular de sus trampas por lo que se desconoce su estado de funcionamiento.
- Debido a que no existe un personal calificado dentro de la planta para inspeccionar las trampas de vapor con el método de ultrasonido.
- Debido al periodo de tiempo que tomaría recibir capacitación en inspección de trampas de vapor e inspeccionar las 123 trampas que tiene el sistema.

2.2.9. Verificación del estado de los aislamientos de las tuberías de vapor y condensado.

La revisión del estado del aislamiento térmico de las tuberías de vapor, tuberías y tanques de retorno de condensado es un punto importante a revisar en un sistema de vapor. Un buen aislamiento térmico puede reducir las pérdidas de energía entre un 70% a un 90% [11]. Sin embargo, la importancia de estudiar los aislamientos térmicos no es solamente energética sino también de seguridad, una superficie a alta temperatura expuesta al ambiente presenta un riesgo de quemadura para el personal de planta.

El procedimiento para evaluar el estado de los aislamientos en la planta se divide en dos partes, ver figura 2.8. La primera, identificación de superficies sin aislar, la segunda, revisión de las superficies con aislante térmico.

En el caso de tuberías calientes con temperaturas superiores a 100 °C la instalación de aislamientos es altamente rentable con un tiempo de recuperación de inversión menor a un año. En el caso de tuberías calientes con temperaturas menores a 100 °C, pero superiores a 60 °C, la instalación de aislamiento térmico es medianamente rentable, ya que presenta periodos simples de recuperación de la inversión superior a los dos años [11]. La instalación de aislamientos térmicos en superficies con temperaturas menores a 60 °C es poco rentable económicamente, Otro aspecto importante de la presencia del aislante, además de disminuir las pérdidas de calor, es que mantiene una temperatura de superficie tal que no representa peligro alguno para las personas que laboran muy cerca de estas, siendo la temperatura de superficie recomienda menor o igual a 60 °C [12].

2.2.10. Revisión del correcto funcionamiento de los totalizadores.

Una parte fundamental de cualquier proyecto en el cual se deba analizar información obtenida a partir de medidores o toma de datos de forma manual es verificar la calidad de

la información. En este punto se realizó el seguimiento a los datos de todos los medidores para identificar si existen datos que no guarden lógica con respecto a la información que se procesa en la planta.

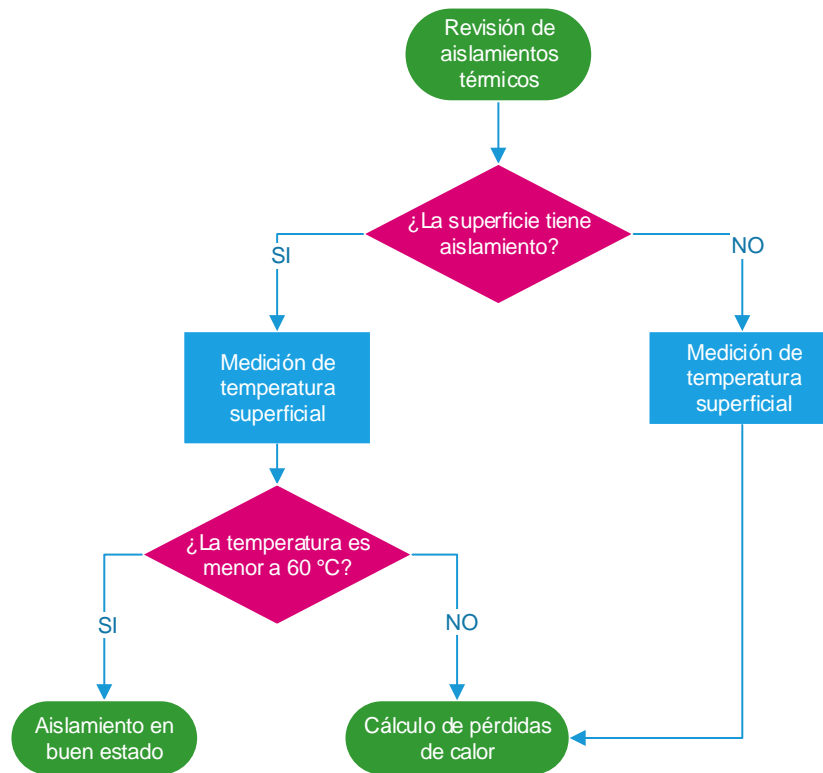


Figura 2.8. Evaluación de aislamiento térmico de superficies del sistema de vapor.
(Fuente: Autor)

2.2.11. Cálculo de pérdidas de calor por tuberías de vapor y condensado sin aislamiento

Una tubería de vapor y una tubería de retorno de condensado sin aislamiento que contiene un fluido caliente y en movimiento en su interior pueden transferir calor de tres maneras:

- Convección externa natural: En este tipo de transferencia de calor el aire está en movimiento alrededor de la tubería.
- Convección externa forzada: En este tipo de transferencia de calor el movimiento del aire alrededor de la tubería se produce únicamente por cambios de densidad resultantes del calentamiento y enfriamiento del aire.
- Radiación: En este tipo de transferencia de calor la energía se emite en forma de ondas electromagnéticas sin presencia de un medio interpuesto.

2.2.11.1 Metodología de cálculo de pérdida de calor por convección externa forzada y radiación en un elemento de transferencia de calor.

El procedimiento utilizado se detalla a continuación:

1. Medición de la longitud y diámetro del elemento.
2. Medición de la temperatura del elemento superficial del elemento utilizando una cámara termográfica, como se muestra en la figura 2.9.



Figura 2.9. Ejemplo de medición de temperatura superficial de una tubería sin aislamiento.
(Fuente: Autor)

3. Obtención de la emisividad utilizando la tabla de emisividades de las superficies del libro de Transferencia de calor y masa de Cengel, tercera edición [20]. Todas las superficies son de acero inoxidable recubierto con pintura.
4. Obtención de la velocidad del viento, temperatura ambiente promedio y presión atmosférica de Cumbayá utilizando como referencia los datos obtenidos en la tesis Estación de Mediciones Atmosféricas en la Universidad San Francisco de Quito (EMA): Instalación de instrumentación de meteorología física de la estación terrena y evaluación de los tres primeros meses de datos [21]. Los valores a utilizarse son 76,2 kPa de presión atmosférica, 2 m/s de velocidad del viento y 21 °C de temperatura ambiente.
5. Cálculo del área de transferencia de calor.

$$A = \pi \times D_{ext} \times L$$

Donde:

D_{ext} : Diámetro externo del elemento de transferencia de calor, [m].

L : Longitud del elemento de transferencia de calor, [m].

6. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por radiación.

$$h_{rad} = \varepsilon \sigma (T_{sup}^2 + T_{amb}^2)(T_{sup} + T_{amb})$$

Donde:

ε : Emisividad del elemento de transferencia de calor.

σ : Constante de Stefan Boltzmann, $5,67 \times 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4} \right]$.

T_{sup} : Temperatura superficial del elemento de transferencia de calor, [K].

T_{amb} : Temperatura ambiente, [K].

7. Cálculo de la temperatura de película.

$$T_p = \frac{T_{sup} + T_{amb}}{2}$$

T_{sup} : Temperatura superficial del elemento de transferencia de calor, [K].

T_{amb} : Temperatura ambiente, [K].

8. Determinación de las propiedades del aire a la temperatura de película. Para la determinación de la conductividad térmica, viscosidad dinámica, número de Prandtl son obtenidos a partir de la tabla A-15 del libro de Transferencia de calor y masa de Cengel, tercera edición [20].

9. Cálculo del número de Reynolds.

$$Re_D = \frac{V \times D_{ext}}{\nu}$$

Donde:

V : Velocidad del viento, $\left[\frac{m}{s} \right]$.

D_{ext} : Diámetro externo del elemento de transferencia de calor, [m].

ν : Viscosidad Cinemática, $\left[\frac{m^2}{s} \right]$.

10. Cálculo del número de Nusselt utilizando la ecuación de Churchill y Bernstein, evaluándola con la condición $Re_D Pr > 0,2$

$$Nu_D = 0,3 + \frac{0,62 Re_D^{1/2} Pr^{1/3}}{[1 + (0,4/Pr)^{2/3}]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re_D}{282000} \right)^{5/8} \right]^{4/5}$$

Donde:

Re_D : Número de Reynolds

Pr : Número de Prandtl

11. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección.

$$h_{conv} = \frac{K \times Nu_D}{D_{ext}}$$

Donde:

K : Conductividad térmica $\left[\frac{W}{m K}\right]$.

Nu_D : Número de Nusselt

D_{ext} : Diámetro externo del elemento de transferencia de calor, $[m]$.

12. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor global.

$$h_{cr} = h_{rad} + h_{conv}$$

h_{rad} : Coeficiente de transferencia de calor por radiación $\left[\frac{W}{m^2 K}\right]$.

h_{conv} : Coeficiente de transferencia de calor por convección $\left[\frac{W}{m^2 K}\right]$.

13. Cálculo del calor perdido en el elemento de transferencia de calor

$$Q = h_{cr} \times A \times (T_{sup} - T_{amb})$$

h_{cr} : Coeficiente de transferencia de calor global $\left[\frac{W}{m^2 K}\right]$.

A : Área de transferencia de calor $[m^2]$.

T_{sup} : Temperatura superficial del elemento de transferencia de calor, $[K]$.

T_{amb} : Temperatura ambiente, $[K]$.

2.2.11.2 Metodología de cálculo de pérdida de calor por convección natural y radiación en un elemento de transferencia de calor.

El procedimiento utilizado se detalla a continuación:

1. El procedimiento utilizado para el cálculo del calor perdido por convección natural y radiación para elementos horizontales y verticales es igual al utilizado para el cálculo de calor perdido por convección forzada y radiación hasta el paso 8. Debido a que este método también puede ser utilizado para cálculo de transferencia de calor en placa vertical como las paredes del caldero piro tubular 4, se debe tomar en cuenta el correcto uso de la longitud característica.

Cilindro vertical: Longitud característica es la longitud vertical del cilindro.

Cilindro horizontal: Longitud característica es el diámetro externo.

Placa vertical: Longitud característica es la longitud vertical de la placa.

2. Cálculo del coeficiente de expansión volumétrica

$$\beta = \frac{1}{T_p}$$

Donde:

T_p : Temperatura de película, [K].

3. Cálculo del número de Grashof.

$$Gr_{L_c} = \frac{g \times \beta \times (T_{sup} - T_{amb}) \times L_c^3}{\nu^2}$$

Donde:

g : Constante de gravedad, $9,806 \left[\frac{m}{s^2} \right]$.

β : Coeficiente de expansión de volumétrica, $\left[\frac{1}{K} \right]$.

T_{sup} : Temperatura superficial del elemento de transferencia de calor, [K].

T_{amb} : Temperatura ambiente, [K].

L_c : Longitud característica del elemento de transferencia de calor, [m].

ν : Viscosidad Cinemática, $\left[\frac{m^2}{s} \right]$.

4. Cálculo del número de Rayleigh.

$$Ra = Gr_{L_c} \times Pr$$

Donde:

Gr : Número de Grashof.

Pr : Número de Prandtl.

5. Cálculo del Número de Nusselt.

El número de Nusselt dependerá del caso de transferencia de calor.

Número de Nusselt utilizado para tubería horizontal:

$$Nu = \left[0,6 + \frac{0,387 Ra^{1/6}}{[1 + (0,559/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right]^2$$

Número de Nusselt utilizado para placa vertical:

$$Nu = \left[0,825 + \frac{0,387 Ra^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right]^2$$

Donde:

Ra : Número de Rayleigh

Pr : Número de Prandtl

El número de Nusselt para tubería vertical puede calcularse con la ecuación para placa vertical siempre y cuando cumpla con la siguiente condición:

$$D_{ext} \geq \frac{35 \times L}{Gr^{\frac{1}{4}}}$$

Donde:

D_{ext} : Diámetro externo del elemento de transferencia de calor, [m].

L: Longitud vertical del elemento de transferencia de calor, [m].

Gr : Número de Grashof

6. Para el cálculo del coeficiente de calor por convección, el coeficiente global de transferencia de calor y el calor transferido al ambiente se repiten los pasos del 11 al 13 de la metodología para el cálculo de pérdida de calor por convección forzada y radiación

2.2.12 Cálculo de pérdidas de calor por fugas de vapor y trampas en mal estado

Para obtener el flujo de salida de vapor se utiliza la ecuación de Napier. La ecuación de Napier es válida para el flujo de vapor a través de un orificio cuando la presión de descarga es inferior al 58 % de la presión del vapor [22]. Al resultado de la multiplicación se debe multiplicar por 0,67 para tener en cuenta el hecho de que el flujo real será menor que el flujo teórico [22]. Las unidades en las cuales se obtiene la cantidad de vapor que se emite por el orificio son kg/hr.

$$m_{fuga\ vapor} = 0,413 \times (D_{fuga}^2) \times P_{equipo}$$

Donde:

D_{fuga} : Diámetro de la fuga de vapor, [cm].

P_{equipo} : Presión del equipo desde el cual se tiene la fuga de vapor, [KPa_a].

$$Q_{fuga\ vapor} = (m_{fuga\ vapor} \times 0,67) \times (h_{g@P_{equipo}} - h_{g@T_{amb}})$$

Donde:

$m_{fuga\ vapor}$: Flujo másico de la fuga de vapor, $\left[\frac{kg}{hr}\right]$.

$h_{g@P_{equipo}}$: Entalpía del vapor a la presión del equipo desde el cual se tiene la fuga, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$.

$h_{g@T_{amb}}$: Entalpía de líquido saturado a la temperatura ambiente, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$.

2.2.13 Cálculo de eficiencia de los calderos

La medida de la capacidad de una caldera para transferir calor proporcionado por un quemador al agua y al vapor es la eficiencia de la caldera [1]. La eficiencia de una caldera es un parámetro que se reduce en el tiempo, debido a factores como mala combustión, ensuciamiento de las superficies de transferencia de calor, deficiente operación y mantenimiento. Determinar la eficiencia de una caldera permite identificar cuáles son sus mayores pérdidas e identificar la acción correctiva para mantener la caldera en óptimas condiciones.

La eficiencia de una caldera se puede determinar en base a dos métodos:

Método Directo: El valor de la eficiencia es obtenido mediante una comparativa de la energía que obtiene el agua para transformarse en vapor con la energía contenida en el combustible que se utiliza en la caldera.



Figura 2.10. Información de entrada para el cálculo de eficiencia con el método directo.
(Fuente: Autor)

Método Indirecto: El valor de la eficiencia es obtenido mediante la determinación de las pérdidas de calor en la caldera expresadas en porcentaje.

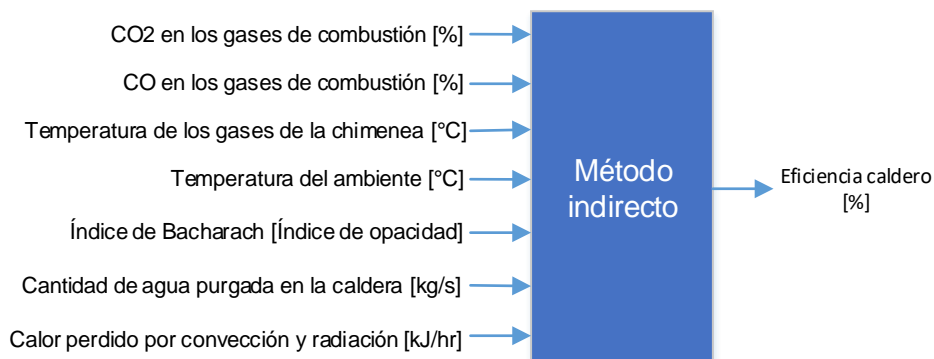


Figura 2.11. Información de entrada para el cálculo de eficiencia con el método indirecto.
(Fuente: Autor)

Las pérdidas de calor que se determinarán posteriormente, su significado y sus principales causas se detallan en la figura 2.12.

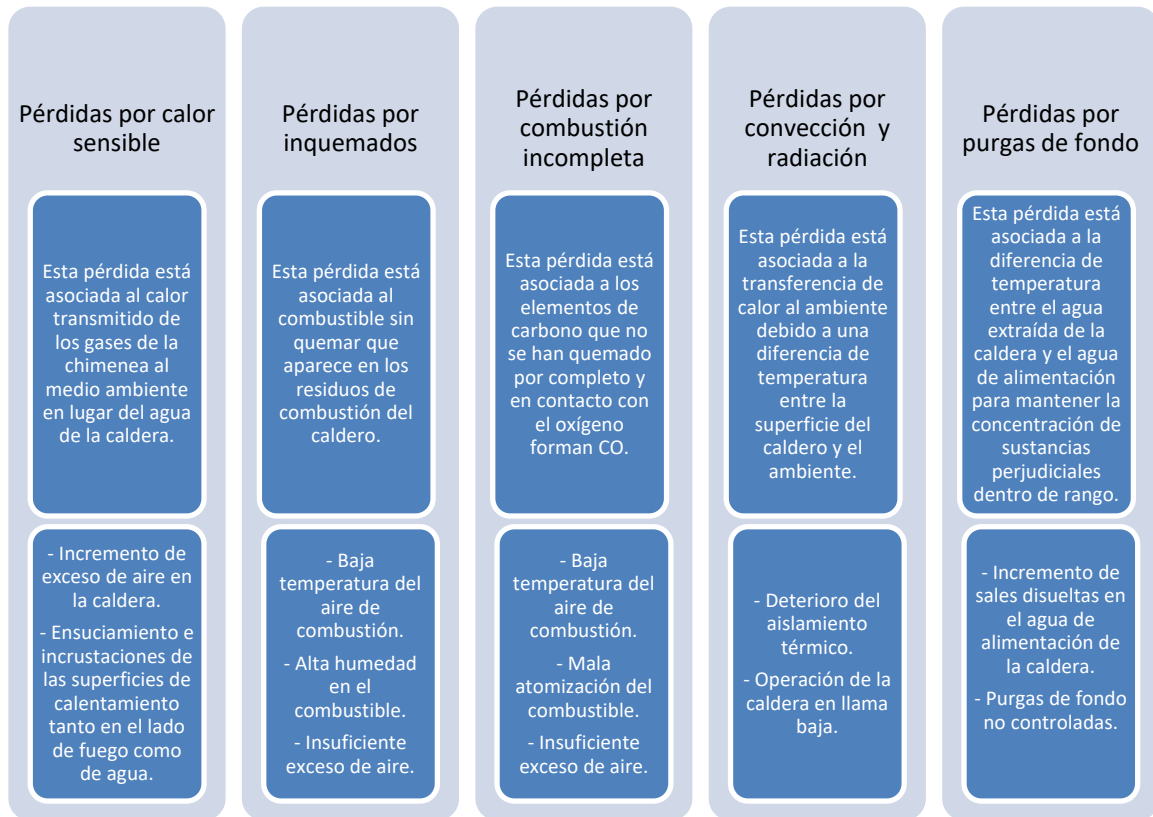


Figura 2.12. Definición y causas de incremento de pérdidas de calor en calderas. (Fuente: Autor)

2.2.13.1 Determinación de la eficiencia de los calderos mediante el método directo

El procedimiento utilizado para el cálculo de la eficiencia de los calderos utilizando el método directo y en llama media, se comenta a continuación:

1. Determinación del flujo másico de combustible. En el caso de la caldera 4 y 6 el operador actualiza los archivos de seguimiento de consumo de combustible dos veces por turno permitiendo conocer el consumo de búnker en un turno de trabajo de 8 horas. Se dispone de registros de stock de los tanques de búnker y tanque diario, que para el caso del tanque 6 que es el más utilizado y el tanque diario son medidos con un medidor digital y se tiene la visualización del nivel en el sistema scada para facilitar la toma de datos. Al dividir este consumo de búnker en un turno de trabajo por 8 horas, se dispondrá del flujo másico de búnker promedio en gls/hr. Para el caso de la caldera 7 la producción de vapor dependerá de la cantidad de biogás producida por la BTS, el

flujo másico de igual manera puede ser determinado en base a la diferencia de totalizadores de ingreso de biogás al caldero dividido para el tiempo entre toma de datos. Los datos de consumo de combustible en la caldera 4 y 6 se determinó como un promedio de los consumos de turno de trabajo en el mes de octubre de 2021.

2. Cálculo del flujo másico de búnker.

$$m_{combustible} = C_{combustible} \times factor\ de\ conversi3n_{gls-m^3} \times \rho_{búnker}$$

Donde:

$C_{combustible}$: Consumo de combustible en 8 horas, $\left[\frac{gls}{hr}\right]$.

$factor\ de\ conversi3n_{gls-m^3}$: Factor de conversión de galones a metros cúbicos, 0,0037841, $\left[\frac{m^3}{gls}\right]$.

$\rho_{búnker}$: Densidad relativa del búnker, ver Anexo 2, 957,7 $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$.

3. Determinación del flujo másico de vapor. De manera similar a la determinación del consumo de búnker se dispone de totalizadores en la salida de los calderos y el operador de la sala de máquinas registra este valor dos veces por turno. Al dividir la diferencia del totalizador inicial y el valor final para el lapso de tiempo entre los dos valores se puede obtener el flujo másico de vapor en cada caldera en kg/hr. Los datos de generación de vapor por cada caldera se determinó como un promedio del vapor generado por turno de trabajo en el mes de octubre de 2021.
4. Determinación de la temperatura del agua y presión de vapor. Estos valores son fijos en el tiempo y son obtenidos mediante termómetros instalados en la entrada del agua de alimentación del caldero 6 y manómetros para la presión en cada una de las calderas. La presión de vapor promedio que maneja la planta es de 70 psi.
5. Determinación de la entalpía de vapor. Para la determinación de la entalpía de vapor se utiliza la tabla A-5 del libro de Termodinámica de Cengel, séptima edición [23]. Para utilizar esta tabla previamente se debe determinar la presión de vapor absoluta utilizando la siguiente ecuación:

$$P_{abs} = P_{mn} + P_{atm}$$

Donde:

P_{mn} : Presión manométrica, $[psi]$.

P_{atm} : Presión atmosférica en Cumbayá [21], $[psi]$.

6. Determinación de la entalpía del agua de alimentación. Para la determinación de la entalpía de vapor se utiliza la tabla A-4 del libro de Termodinámica de Cengel, séptima edición [23], utilizando como dato de entrada la temperatura de ingreso de agua al caldero.
7. Determinación de la eficiencia. La ecuación a utilizarse es la siguiente:

$$Eficiencia_{Directa} = \frac{m_{vapor} \times (h_g - h_f)}{m_{combustible} \times (PCI)} \times 100\%$$

Donde:

m_{vapor} : Flujo másico de vapor generado por la caldera, $\left[\frac{kg}{hr}\right]$.

$m_{combustible}$: Flujo másico de combustible consumido por la caldera, $\left[\frac{kg}{hr}\right]$.

h_g : Entalpía de vapor saturado a la presión de la caldera, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$.

h_f : Entalpía del agua de alimentación a la temperatura de ingreso a la caldera, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$.

PCI : Poder calorífico inferior del combustible, ver Anexo 2, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$.

2.2.13.2 Determinación de la eficiencia de los calderos mediante el método indirecto

El procedimiento ejecutado toma como referencia los resultados de la medición de gases de la chimenea de los calderos en llama media, ya que experimentalmente se observó que los flujos másicos de consumo de combustible y generación de vapor son similares en llama media a los valores utilizados para el cálculo de la eficiencia con el método directo, esto permite la comparación de resultados entre los dos métodos. Además, se observó que llama media es el estado más frecuente de las calderas.

1. Determinación del contenido de CO_2 , CO y temperatura de los gases de la chimenea. Para la determinación de estos valores se utilizó un equipo analizador de gases de combustión Bacharach PCA 400 adquirido como uno de los puntos de mejora en este proyecto para controlar de manera continua la combustión. Los resultados de la medición de gases de todas las calderas se pueden revisar en el anexo 3.



Figura 2.13. Análisis de gases en caldero pirrotubular.
(Fuente: Autor)

2. Cálculo de pérdidas de calor sensible. Para la determinación

$$Q_{calor\ sensible, \%} = K \times \left(\frac{T_{gases} - T_{aire}}{CO_2 - CO} \right)$$

Donde:

T_{gases} : Temperatura de los gases de combustión, [K].

T_{amb} : Temperatura ambiente, [K].

CO_2 : Contenido de CO_2 en los gases de combustión, [%].

CO : Contenido de CO en los gases de combustión, [%].

K : Constante de proporcionalidad para el búnker, $\left[\frac{\%^2}{K} \right]$.

3. Cálculo de pérdidas por combustión incompleta.

$$Q_{combustión\ incompleta, \%} = 60 \times \left(\frac{CO}{CO_2 + CO} \right) \times 100\%$$

Donde:

CO_2 : Contenido de CO_2 en los gases de combustión, [%].

CO : Contenido de CO en los gases de combustión, [%].

4. Cálculo de pérdidas por combustible no quemado. Para el cálculo de estas pérdidas se utilizó un opacímetro para determinar el índice de escala de humo y mediante la figura 2.14 obtener un valor aproximado del porcentaje de pérdida por combustible no quemado.

Índice de Bacharach	Pérdidas por inquemados, %
1-2	0.2
3-4	0.4
5-7	0.8
8-10	0.9

Figura 2.14. Valores de pérdida por inquemados sólidos en función del índice de Bacharach. (Fuente: [24])

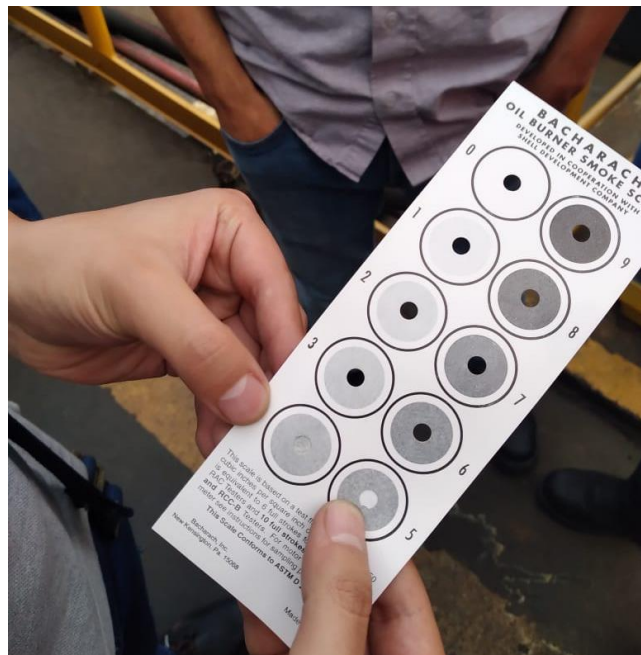


Figura 2.15. Medición del Índice de Bacharach de la caldera 6. (Fuente: Autor)

5. Cálculo de pérdidas por purgas.

Determinación de la velocidad de salida del caudal de agua purgado de la caldera utilizando la ecuación de presión dinámica:

$$v_{purga} = \sqrt{\frac{2 \times P_{caldera}}{\rho_{@P_{caldera}}}}$$

Donde:

$P_{caldera}$: Presión absoluta de la caldera al momento de la purga, [psi].

$\rho_{@P_{caldera}}$: Densidad del agua a la presión de la caldera. $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$.

La densidad del agua en la caldera puede ser obtenida a partir de la presión de la caldera en la tabla A-5 del libro de Termodinámica de Cengel, séptima edición [23]. Luego, con la temperatura de saturación se puede determinar la densidad del agua de la caldera A-9 del libro de Transferencia de calor y masa de Cengel, tercera edición [20].

Cálculo del flujo másico purgado de la caldera

$$\dot{m}_{purga} = \rho_{@P_{caldera}} \times \left(\frac{\pi \times D_{tuberia}^2}{4}\right) \times v_{purga}$$

Donde:

$\rho_{@P_{caldera}}$: Densidad del agua a la presión de la caldera. $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$.

v_{purga} : Velocidad de salida del caudal de agua purgado, $\left[\frac{m}{s}\right]$.

$D_{tuberia}$: Diámetro de la tubería de purga de fondo, [m].

Cálculo del calor perdido por purga de fondo de los calderos

$$Q_{purga} = \dot{m}_{purga} \times (h_{agua,caldero} - h_f) \times t_{purga}$$

Donde:

\dot{m}_{purga} : Flujo másico purgado de la caldera, $\left[\frac{kg}{s}\right]$.

$h_{agua,caldero}$: Entalpía de líquido saturado del agua en el caldero, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$. Se obtiene de la tabla A-5 de tabla A-5 del libro de Termodinámica de Cengel, séptima edición [23].

h_f : Entalpía del agua de alimentación a la temperatura de ingreso a la caldera, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$.

Se obtiene de la tabla A-4 del libro de Termodinámica de Cengel, séptima edición [23].

t_{purga} : Tiempo total de purga efectiva en un lapso de una hora, $\left[\frac{s}{hr}\right]$. El tiempo y frecuencia actual de purga es el recomendado por la empresa proveedora de químicos del sistema de vapor. El tiempo total de purga efectiva es de 30 segundos cada hora. Este procedimiento se realiza cada hora con dos purgas de fondo de 15 segundos separadas con un tiempo de reposo de 5 segundos entre cada una.

Determinación del porcentaje de pérdida de calor por purga

$$Q_{purga,\%} = \frac{Q_{purga}}{m_{combustible} \times (PCI)} \times 100\%$$

Donde:

Q_{purga} : Calor perdido por purgas de fondo de los calderos, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$.

$m_{combustible}$: Flujo másico de combustible consumido por la caldera, $\left[\frac{kg}{hr}\right]$.

PCI : Poder calorífico inferior del combustible, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$.

6. Cálculo de pérdidas de calor por convección y radiación.

Las calderas se encuentran en un cuarto cerrado, sin influencia del aire exterior. Para el cálculo de la pérdida de calor por convección y radiación en porcentaje se necesita saber el calor perdido en W.

Para el caso de la caldera 4 la pérdida de calor de la pared lateral y las pérdidas en las paredes verticales se pueden determinar usando el procedimiento descrito en el apartado 2.3.2.2. De igual manera para el caso de la caldera 6 la pérdida de calor de las paredes verticales se puede determinar usando el procedimiento del apartado 2.3.2.2. La diferencia está en el cálculo del área de transferencia de calor en las paredes de la caldera 6. La fórmula a utilizarse es la siguiente considerando paredes rectangulares planas:

$$A = L_c \times H$$

Donde:

L_c : Longitud característica del elemento de transferencia de calor, [m].

H : Ancho del elemento de transferencia de calor, [m].

En la pared frontal debe restarse el área del quemador que se encuentra a temperatura cercana a la temperatura ambiente ($2,5384 \text{ m}^2$), en la pared lateral izquierda debe restarse el área de la chimenea ($2,31 \text{ m}^2$).

Determinación del calor perdido por pérdidas de convección y radiación

$$Q_{conv y rad,\%} = \frac{Q_{conv y rad}}{m_{combustible} \times (PCI)} \times 100\%$$

Donde:

Q_{purga} : Calor perdido por convección y radiación en las paredes de los calderos, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$.

$m_{combustible}$: Flujo másico de combustible consumido por la caldera, $\left[\frac{kg}{hr}\right]$.

PCI : Poder calorífico inferior del combustible, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$.



Figura 2.16. Medición de la temperatura de la pared frontal del caldero 4
(Fuente: Autor)

7. Determinación de la eficiencia del caldero

$$Eficiencia_{Indirecta}: Q_{calor\ sensible, \%} - Q_{combustión\ incompleta, \%} - Q_{no\ quemado, \%} - Q_{purga, \%} - Q_{conv\ y\ rad, \%}$$

Donde:

$Q_{calor\ sensible, \%}$: Pérdida de calor por calor sensible, [%].

$Q_{combustión\ incompleta, \%}$: Pérdida de calor por combustión incompleta, [%].

$Q_{no\ quemado, \%}$: Pérdida de calor por combustible no quemado, [%].

$Q_{purga, \%}$: Pérdida de calor por purgas de fondo, [%].

$Q_{conv\ y\ rad, \%}$: Pérdidas de calor por convección y radiación en las paredes del caldero, [%].

2.2.14 Cálculo de precio de pérdidas de calor.

En el informe de trampas de vapor, las pérdidas de calor por trampas en mal estado se cuantifican en dólares por año. De la misma manera, es necesario obtener una relación que permita expresar las pérdidas de calor por superficies sin aislar y fugas de vapor en unidades monetarias.

Para obtener esta relación de manera práctica primero se debe considerar que no todo el combustible que ingresa a la caldera es transformado en vapor debido a que está limitado por la eficiencia de una caldera para aprovechar el combustible. En este sentido obtenemos la siguiente relación:

$$Eficiencia_{caldera} = \frac{Precio_{búnker}}{Precio_{vapor}}$$

Donde:

$Precio_{búnker}$: Precio del búnker utilizado para la generación de vapor, $\left[\frac{USD}{kg_{combustible}}\right]$.

$Precio_{vapor}$: Precio de generación de vapor, $\left[\frac{USD}{kg_{combustible}}\right]$.

Luego, al precio de generación de vapor se multiplica por el consumo específico de energía y lo dividimos para la entalpía del vapor para obtener el costo de generación de vapor por unidad de energía.

$$Precio_{vapor} = \frac{Precio_{búnker}}{Eficiencia_{caldera}} \times \frac{h_g - h_f}{PCI} \times \frac{1}{h_g}$$

Donde:

$Precio_{vapor}$: Precio de generación de vapor, $\left[\frac{USD}{kJ}\right]$.

$Precio_{búnker}$: Precio del búnker utilizado para la generación de vapor, $\left[\frac{USD}{kg_{combustible}}\right]$.

$Eficiencia_{caldera}$: Eficiencia de la caldera, [%].

h_g : Entalpía de vapor saturado a la presión de la caldera, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$.

h_f : Entalpía del agua de alimentación a la temperatura de ingreso a la caldera, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$.

PCI : Poder calorífico inferior del combustible, ver Anexo 2, $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$.

Finalmente, la expresión que permite expresar las pérdidas de calor en unidades monetarias en la siguiente:

$$Costo_{pérdidas} = Q_{pérdidas} \times Precio_{vapor} \times \frac{31536000 [s]}{año}$$

Donde:

$Costo_{pérdidas}$: Costo de pérdidas de calor, $\left[\frac{USD}{año}\right]$.

$Precio_{vapor}$: Precio de generación de vapor, $\left[\frac{USD}{kJ}\right]$.

$Q_{pérdidas}$: Calor perdido en el sistema de vapor, [kW].





2.3. HACER

2.3.1. Inspección visual del sistema de vapor

2.3.1.1 Identificación de fuga de combustible

Durante una inspección visual al sistema de combustión de las calderas se evidenció que existen varias fugas de búnker que no son casos aislados, sino que están presentes de manera constante en cada uno de los puntos identificados. Este tipo de fugas representan una contaminación al suelo, un riesgo ambiental y de seguridad para la operación. El resumen de estas fugas se muestra en la tabla 2.9.

Tabla 2.9. Resumen de fugas de combustible en el sistema de vapor.

Ubicación de la fuga	Evidencia Fotográfica	Comentario
Filtro de peinilla del caldero 4		La fuga de búnker se ubica en la parte superior del filtro de peinilla ubicado después de la bomba de búnker. Su solución radica en limpiar internamente el filtro y cambiar los empaques.
Ingreso de búnker al caldero 4		La fuga de búnker se encuentra en el cabezal de ingreso y recirculación de búnker en el caldero. Su solución radica en el cambio de válvula de recirculación ya que se ajustó previamente la prensa estopa y la fuga de búnker continúa.
Ingreso al quemador del caldero 5		La fuga de búnker se ubica en el acople universal antes del manómetro de presión de combustible. Su solución radica en realizar un correcto ajuste de este acople.
Bomba de dosificación de combustible del caldero 5		La fuga de búnker se ubica en la parte baja de la bomba, en la unión con el motor. Su solución radica en realizar el cambio de sellos y retenedores.



Filtro de búnker del caldero 6		<p>La fuga de búnker se ubica en la parte superior del filtro de peinilla ubicado después de la bomba de búnker.</p> <p>Su solución radica en limpiar internamente el filtro y cambiar los empaques.</p>
--------------------------------	---	--




(Fuente: Autor)

2.3.1.2 Identificación de fugas de vapor y condensa

Durante una inspección visual al sistema de vapor de la planta se evidenció que existen varias fugas de vapor y condensado que no son casos aislados, sino que están presentes de manera constante en cada uno de los puntos identificados. Este tipo de fugas representan una pérdida de energía en el sistema que de no corregirse a tiempo pueden incrementarse y representar una condición insegura para la operación. El resumen de estas fugas se muestra en la tabla 2.10.

Tabla 2.10. Resumen de fugas de vapor y condensa en el sistema de vapor.

Ubicación de la fuga	Evidencia Fotográfica	Comentario
Tubería de desfogue del desaireador		<p>El desaireador al cumplir con su función de calentar el agua de alimentación a las calderas y remover gases disueltos como el oxígeno y el dióxido de carbono arrastra una cantidad excesiva de vapor al ambiente.</p> <p>Su solución radica en revisar el estado de la válvula de cierre de la tubería de desfogue.</p>
Tubería de despresurización del caldero 6		<p>El caldero 6 está provisto de una tubería de despresurización de vapor con desfogue al ambiente. Este vapor puede ser emitido únicamente si se abre la válvula de compuerta conectada a la tubería de salida de vapor del caldero, sin embargo, esta válvula está emitiendo vapor al ambiente.</p> <p>Su solución radica en desmontar la válvula y revisar el estado de sus asientos.</p>






<p>Tubería de desfogue de la válvula de seguridad en el distribuidor.</p>		<p>La fuga de vapor se ubica en la tubería de desfogue de la válvula de seguridad del distribuidor de vapor, esta válvula se apertura en 150 Psi, la máxima presión tubería de registrada en el distribuidor es 105 Psi. Su solución radica en revisar la última fecha de cambio de esta válvula y desmontarla para revisar su estado interno.</p>
<p>Tubería de retorno de condensa en subproductos</p>		<p>La fuga de condensa se ubica en la tubería de retorno de condensa en subproductos. Esta fuga es producto de una picadura en la tubería que se encuentra oxidada. Su solución radica en reemplazar los tramos de tubería oxidados.</p>
<p>Tubería de retorno de condensa en tanques de agua caliente.</p>		<p>La fuga de condensa se ubica en la tubería de retorno de condensa en tanques de agua caliente. Esta fuga es producto de una picadura en la tubería que se encuentra oxidada. Su solución radica en reemplazar los tramos de tubería oxidados.</p>


(Fuente: Autor)

2.3.1.3 Revisión del estado físico de los calderos.

Durante una inspección visual a las calderas del sistema de vapor de la planta se evidenció que existen varias novedades en las calderas no solamente en temas de seguridad, sino también que afectan a la eficiencia del caldero y presentan un riesgo a la disponibilidad de la presión de vapor en el sistema. El resumen de estas fugas se muestra en la tabla 2.11.

Tabla 2.11. Resumen de la revisión del estado físico de los calderos.

Descripción del hallazgo	Evidencia Fotográfica	Comentario
Fuga de gas GLP en caldero 5		<p>Al momento del ingreso de GLP para generar la llama piloto existe una fuga de gas por el orificio de ingreso del electrodo, ese gas está presente en forma de llama cuando se genera la llama principal.</p> <p>Su solución radica en cambiar la tubería interna del porta electrodo que presenta un holgura excesiva con el orificio de ingreso del electrodo.</p>
Tubería de gas del caldero 4 retorcida		<p>La tubería de ingreso de gas GLP en la parte interna del caldero se encuentra retorcida, lo que provoca que de manera aleatoria el caldero falle en el arranque debido a que no se forma la llama piloto por la baja presión de GLP.</p> <p>Su solución radica en el reemplazo de la tubería que se encuentra en mal estado.</p>
Empaque de la puerta trasera del caldero 4 desgastado		<p>El empaque de la puerta trasera del caldero 4 presenta un daño que provoca un ligero escape de gases de combustión hacia el interior de la sala de calderos.</p> <p>Su solución radica en el reemplazo del empaque.</p>
Acumulación de hollín en cámara delantera y trasera del caldero 4		<p>En la cámara de combustión delantera y trasera del caldero se evidenció acumulación de hollín.</p> <p>Su solución radica en revisar el procedimiento actual de deshollinado y revisión de los parámetros de combustión del caldero.</p>
Acumulación de hollín en cámara delantera y trasera del caldero 5		<p>En la cámara de combustión delantera y trasera del caldero se evidenció excesiva acumulación de hollín.</p> <p>Su solución radica en revisar el procedimiento actual de deshollinado y revisión de los parámetros de combustión del caldero.</p>

<p>Acumulación de hollín en chimenea del caldero 6</p>		<p>En la cámara de combustión delantera y trasera del caldero se evidenció excesiva acumulación de hollín.</p> <p>Su solución radica en revisar el procedimiento actual de deshollinado y revisión de los parámetros de combustión del caldero.</p>
--	---	---

(Fuente: Autor)

2.3.1.4 Verificación de humedad en el combustible.

El contenido de humedad de un combustible es la cantidad de agua, expresada como un porcentaje del peso que tiene con respecto al peso seco del mismo [13]. Es importante la verificación de este parámetro debido a que ocasiona problemas como reducción de la energía específica del combustible, incremento de pérdidas por combustión incompleta y combustible no quemado. El procedimiento de inspección consiste en tomar muestras del combustible en cada uno de los tanques de almacenamiento, esperar hasta que la muestra tenga un tiempo de asentamiento adecuado y verificar la existencia de agua o sedimentos en el fondo del recipiente de muestra, (ver figura 2.17.). Este procedimiento es aceptable para una inspección rápida en el que se pueda evidenciar alto contenido de humedad a simple vista. Si se desea obtener un contenido de agua más exacto se puede realizar mediante la norma NTE INEN 1994:2013 Productos de Petróleo, Determinación de agua y Sedimento por centrifugación.

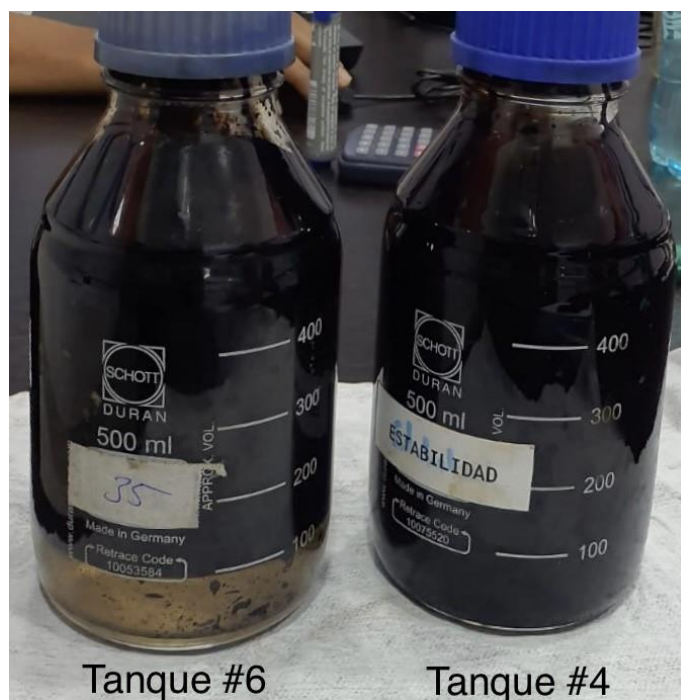


Figura 2.17. Muestras de búnker de tanques de almacenamiento.
(Fuente: Autor)

2.3.1.5 Revisión del correcto funcionamiento de los totalizadores

Como parte fundamental del procedimiento de cálculo de eficiencias se procedió a realizar una revisión de los totalizadores involucrados en los cálculos para asegurar la fiabilidad de la información, durante esta inspección aparte de que el flujómetro de la caldera 4 no estaba funcionando debido a un desperfecto en el mismo se encontró las siguientes novedades:

- El flujómetro de ingreso de vapor al desaireador se encontró descalibrado. Durante la inspección se evidenció que la cantidad de vapor que se utilizaba en el desaireador proveniente únicamente de la caldera 7 era mayor que el vapor generado por la caldera, al revisar los dos flujómetros se encontró que el flujómetro de ingreso de vapor al desaireador era el medidor con el desperfecto.
- El flujómetro de salida del caldero 5 marca generación de vapor aún con la caldera apagada.

2.3.2. Modulación de los calderos en base a escenarios de producción.

El procedimiento de trabajo de los calderos que se tenía hasta mayo del 2021 no había sido revisado en el último año y no se ajustaba a las necesidades de producción y ahorro de combustible de la operación, especialmente bajo el escenario de producción de una

línea de envasado y cocinas. Además, anteriormente no se tenía disponible la visualización del vapor generado por la caldera 4 debido a un desperfecto del flujómetro, el mismo que fue instalado el 2 de agosto debido a retrasos en las importaciones de repuestos. Finalmente, antes del procedimiento desarrollado la presión promedio del distribuidor era de 75 psig, esta presión fue optimizada para ser reducida a 70 psig según las pruebas para encontrar la presión mínima a la que puede funcionar el sistema. Esto realizó debido a que la reducción de la presión tiene el potencial de ahorrar combustible consumido por un sistema de vapor [25]. Las condiciones bajo las cuales se realizaron las pruebas de reducción de presión fueron las siguientes:

- Pruebas de 8 horas de duración para revisión de resultados.
- Verificación de no tener afectación en la transferencia de calor en los equipos que consumen vapor.
- Verificación de no tener golpes de ariete debido al incremento de porcentaje de condensado al reducirse la presión de vapor en el sistema.
- La decisión de reducción de presión del sistema se tomó en base a los datos previamente levantados sobre el estado de las tuberías, el aislamiento y las trampas de vapor.
- La decisión de reducción de presión del sistema se tomó en base a que en las tuberías de entrada de vapor principales se tienen estaciones de reducción de presión alrededor de 45 a 55 psig, por lo que la presión mínima la determinan los equipos de las líneas de envasado.

2.3.2.1 Modulación del caldero 4 para un escenario de producción de una línea de envasado y elaboración

Basado en la premisa que los equipos del área de elaboración son los que dictaminan los cambios de presión en el distribuidor de vapor debido a su característica de consumo por cortos periodos de tiempo. El objetivo de este procedimiento es trabajar con el caldero 4 para un escenario de consumos de una línea de envasado y elaboración, asegurando la disponibilidad del servicio de vapor a las áreas en valores de 70 psig y además obteniendo consumos de búnker menores comparados con los consumos al trabajar con el caldero 6 en un mismo escenario de producción.

El procedimiento se basa en ajustar la producción de vapor al mínimo necesario de acuerdo a un estudio de los consumos de vapor en las áreas. Para obtener el procedimiento de modulación el procedimiento realizado fue el siguiente:

- Identificación de los equipos que sean responsables de los cambios drásticos de presión en el distribuidor de vapor de acuerdo a su naturaleza de consumo, en este caso es el macerador y el autoclave.
- Estudio del consumo de vapor en estos dos equipos. El consumo de vapor en estos equipos no es constante debido a que la elevación de temperatura del fluido a calentar se realiza por cortos periodos de tiempo seguidos de tiempos de reposo, por lo que el ingreso de vapor se realiza únicamente al momento del calentamiento.
- Elaboración de las curvas de elevación de temperatura del mosto para las marcas Pilsener, Pilsener Light, Club y Nuestra Siembra, debido a que los tiempos de elevación de temperatura varían en función de la marca que se elabora.
- Correlacionar las curvas de elevación de temperatura del mosto con los históricos del sistema scada para obtener los principales puntos de modulación del caldero. En la Figura 2.18. se muestra la tendencia de consumo de vapor del macerador y autoclave en el sistema scada (línea blanca) relacionada con los puntos en los cuales se tiene el consumo de vapor para elevación de temperatura en autoclave (línea roja) y macerador (línea amarilla). La línea verde corresponde al consumo de vapor en la línea 2, y la línea amarilla en el sistema scada corresponde a la línea de cocina nueva.

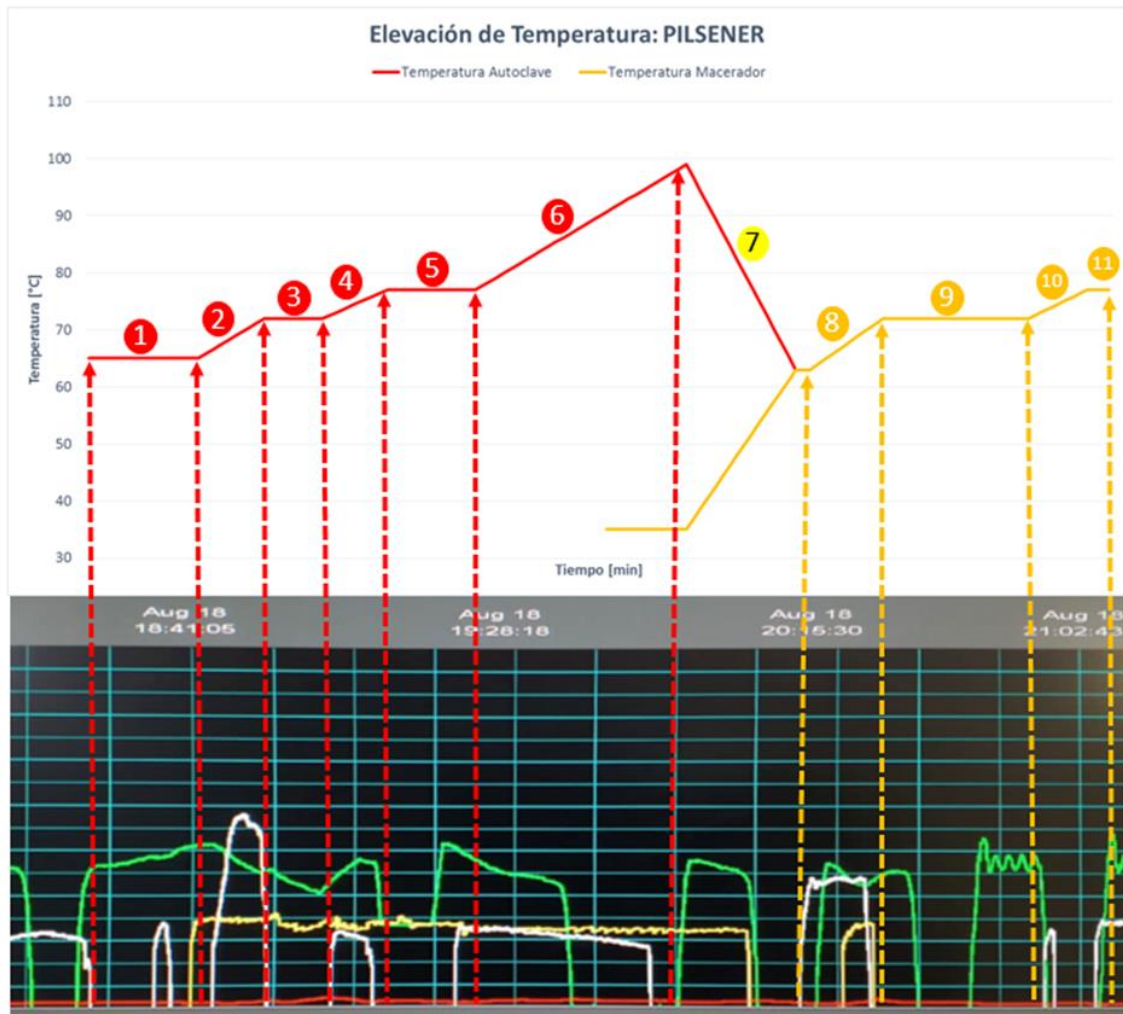


Figura 2.18. Correlación de la curva de elevación de temperatura del mosto para la marca Pilsener y el histórico de consumo en el sistema scada.
(Fuente: Autor)

- Elaboración de un flujo de modulación del caldero de acuerdo a los puntos de modulación identificados en la figura 2.18. Este flujo describe el procedimiento a realizarse desde antes del inicio de consumo de vapor en el autoclave hasta el final de consumo en el macerador. El procedimiento de la figura 2.19. corresponde a un ciclo de cocimiento y deberá repetirse cada vez que el operador del área de cocimiento notifique el inicio de un cocimiento.

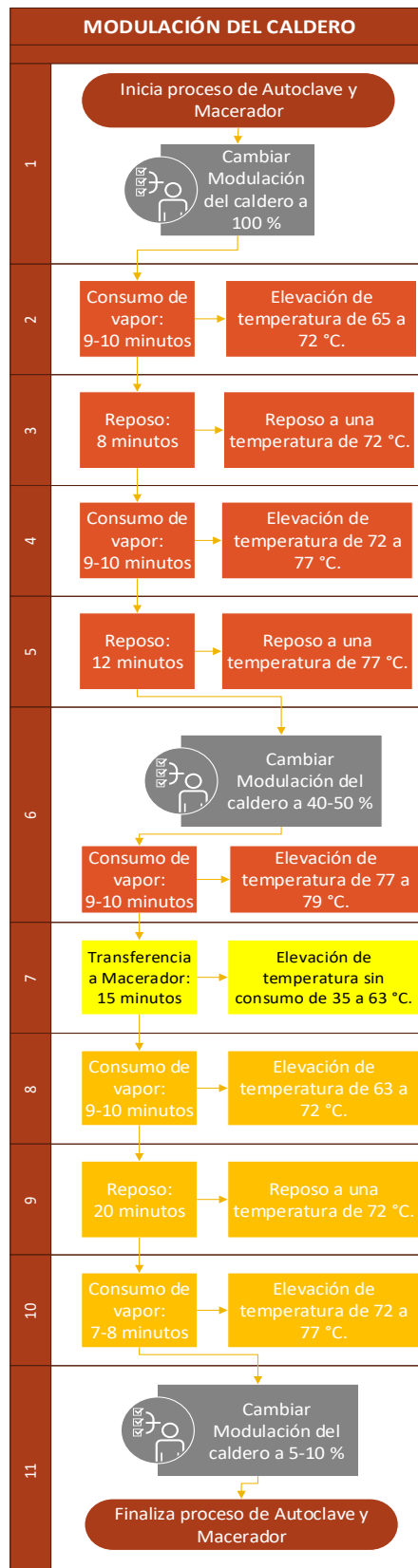


Figura 2.19. Flujo de modulación del caldero 4 según los tiempos de elevación de temperatura para Pilsener. (Fuente: Autor)

Las consideraciones para que el procedimiento de modulación sea ejecutado correctamente son las siguientes:

- Se considera una tendencia normal de consumos en línea de envasado.
- Se considera una tendencia normal de consumos en paila de hervir, principal consumidor de la línea nueva de vapor a elaboración.
- Se considera que entre el operador de calderas y el operador de cocinas deberá mantenerse un canal que permita la comunicación efectiva del inicio y final del ciclo de cocimiento, que será usando la radio Motorola proporcionada por la empresa o su teléfono móvil.
- El control del caldero no se basa en fijar una presión sino en fijar un punto de la curva de combustión que se mantiene fijo, el operador deberá acercarse al caldero para cambiar los tres puntos de modulación en cada ciclo de cocimiento.



Figura 2.20. Cambio del porcentaje del punto de la curva de combustión del caldero 4 manualmente.
(Fuente: Autor)

- Se considera que los flujos de combustible que ingresan al quemador de acuerdo al porcentaje del modulación del caldero son:
Modulación 100%: 124 a 130 gls/hr
Modulación: 40-50%: 98-105 gls/hr
Modulación: 5-10%: 70-85 gls/hr
- Se considera que el caldero trabaja bajo los siguientes parámetros:
Presión de recirculación de búnker: 10-30 psi.



Figura 2.21. Presión de recirculación de búnker en el caldero 4.
(Fuente: Autor)

Temperatura de aire de ingreso al quemador: 80-90 °C.



Figura 2.22. Temperatura del aire de atomización en el caldero 4.
(Fuente: Autor)

Presión de ingreso de aire al quemador: 15-23 psi.



Figura 2.23. Presión del aire de atomización en el caldero 4.
(Fuente: Autor)

Presión de la bomba de búnker: 40 psi.



Figura 2.24. Presión de la bomba de búnker en el caldero 4.
(Fuente: Autor)

Temperatura de búnker de ingreso al quemador: 95-100 °C.



Figura 2.25. Temperatura de búnker de ingreso al quemador del caldero 4.
(Fuente: Autor)

En la figura 2.26. se muestra una comparación entre un turno trabajando con el caldero 4 ajustando su modulación a la carga del sistema versus turnos con consumos similares de vapor en los cuales se empleó el caldero 6 para un mismo escenario de producción.

La fila verde representa un turno trabajando con el caldero 4 con modulación de carga, se puede observar que para días de consumo similar se obtiene un ahorro de 20 galones por turno comparado con el consumo superior más cercano que es de 744 galones, 142 galones comparado con el consumo más alto y 46 galones con el consumo promedio.

Fecha	Turno	Cocina Antigua Indicador [Kg]	Cocina nueva [Kg]	Línea 2 [Kg]	Bodega de frío [Kg]	Consumo Total [Kg]	Deaireador [Kg]	Caldera 4 [Kg]	Caldera 5 [Kg]	Caldera 6 [Kg]	Caldera 7 [Kg]	Consumo de Búnker [gls]	Biogás [m3]	Hectolitros envasados [HL]	Indicador por turno [MJ/HL]
23/07/21	1	7535	9589	9672	2301	29097	11006	0	10502	3024	3496	866	413	2131,2	63,5
11/03/21	2	6541	10266	10076	2309	29192	8021	0	11286	29208	1892	797	230	2160,0	57,7
13/04/21	2	7758	10711	8054	2869	29392	4916	0	2458	33032	1334	745	173	1323,4	88,0
22/04/21	1	7217	9088	12098	1123	29526	6608	0	2222	40384	2801	759	339	2066,4	57,4
23/05/21	2	6544	9689	11884	1603	29720	0	0	4788	29528	2763	709	237	1480,2	74,8
05/04/21	3	7149	10800	9340	2491	29780	4924	0	24486	19520	2990	744	348	2073,6	56,1
24/08/21	2	9082	8444	9701	2852	30079	2708	44040	0	0	2163	724	272	2174,4	52,0
20/03/21	2	7145	11133	9535	2518	30331	2782	0	74	38672	959	746	107	2080,8	56,0
20/03/21	2	7145	11133	9535	2518	30331	2782	0	74	38672	959	746	107	2080,8	56,0
19/01/21	1	6448	11577	9785	2714	30524	6325	0	16252	0	2008	852	177	2196,0	60,6
16/05/21	1	7821	9722	10424	2601	30568	7646	0	22608	19296	4065	778	477	2160,0	56,3
28/03/21	2	7092	9922	11303	2311	30628	8512	0	970	37584	3024	777	354	2304,0	52,7
06/04/21	1	7912	10011	10257	2464	30644	6716	0	7958	31144	3689	744	416	2160,0	53,8
29/07/21	2	9431	10378	8360	2658	30827	2770	0	3496	40144	291	797	80	1795,1	69,4
12/03/21	1	6570	12267	9468	2541	30846	8458	0	24	36816	2789	777	349	1092,2	111,2

Figura 2.26. Comparación de consumo de búnker usando la caldera 4 con modulación de carga con días de consumo de vapor similar.
(Fuente: Autor)

De igual manera, si calculamos el indicador de energía térmica comprada por turno de trabajo en base a la tabla anteriormente mostrada, observamos en la figura 2.27 que el menor indicador se obtiene al trabajar con el caldero 4 con modulación de carga, este valor está marcado con verde.

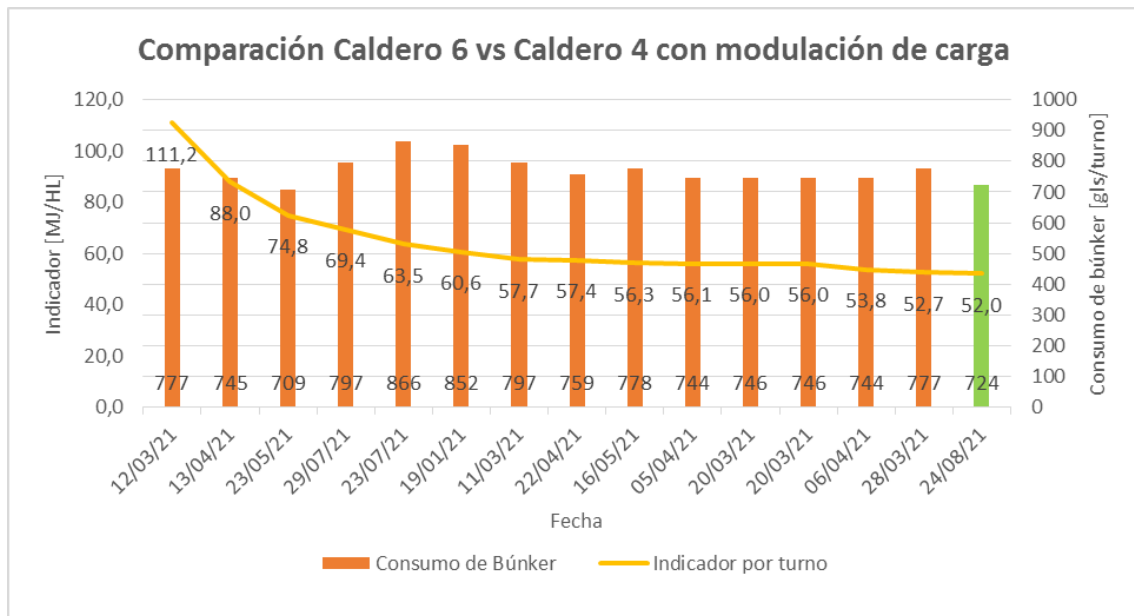


Figura 2.27. Comparación en indicador de Energía Térmica Comprada por turno de trabajo entre caldero 6 y caldero 4 con procedimiento de modulación de carga.
(Fuente: Autor)

2.3.2.2 Modulación del caldero 6 para un escenario de producción de dos líneas de envasado y elaboración

En cuanto al escenario de producción de dos líneas de envasado y elaboración la única caldera con la capacidad de abastecer vapor al proceso es la caldera 6, en este escenario la única modificación que se realizó es el set point de control de presión del caldero de 79,4 a 76,5 psi, como se muestra en la figura 2.28. Este nuevo valor de set point de presión en el caldero permite mantener la presión de 70 psig en el distribuidor. En la figura 2.29 se puede ver el cambio en la presión del sistema (línea Cian).



Figura 2.28. Cambio del set point de trabajo del caldero 6.
(Fuente: Autor)



Figura 2.29. Historial de presión del sistema de vapor.
(Fuente: Autor)

2.3.3. Reemplazo de la válvula de desfogue del desaireador y restricción del orificio de desfogue

Mediante la programación de una inspección en un día en que se tenga el detenimiento total del sistema de vapor y se pueda despresurizar el desaireador, se revisó la válvula de cierre en el venteo, ver Anexo 4, se encontró que existe un daño en la rosca del vástago de la válvula de compuerta lo que no permitía su correcto cierre y provocaba un mayor escape de vapor al ambiente. Reducir este escape de vapor en conjunto con un correcto seguimiento de la concentración de oxígeno permitirá ocupar menos vapor en este equipo, por lo que se reemplaza la válvula de salida del desaireador y se reduce el diámetro del orificio de $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$ pulgadas.



Figura 2.30. Válvula de 1 1/2"NPT en la tubería de venteo oxidada y sin cierre hermético.
(Fuente: Autor)



Figura 2.31. Comparación de vapor emitido al ambiente después del cambio de la válvula de cierre.
(Fuente: Autor)

2.3.4. Actualización del poder calorífico inferior para cálculo del indicador.

El combustible utilizado en la generación de vapor en la planta es el fuel oil 6 cuyo costo es muy bajo y requiere calentarse antes de su encendido, es considerado de baja calidad si se compara con el fuel oil 2 por ejemplo, que se considera un combustible generador de vapor de primera por su limpieza y facilidad de manejo [28]. Debido a que la composición del combustible juega un papel importante en la evaluación de su valor calorífico y en el cálculo de la eficiencia de la caldera [27], se realizó mediante un análisis de laboratorio externo una prueba mediante el método en la norma ASTM D287 y obtenido mediante cálculo para conocer el valor real del poder calorífico inferior del combustible debido a que este valor no ha sido actualizado en más de 5 años.

El poder calorífico de un combustible es la cantidad de calor obtenido por kilogramo, para combustibles sólidos o líquidos, o por metro cúbico, para combustibles gaseosos, cuando se quema con un exceso de oxígeno en un calorímetro.

Si H₂O está presente en los productos de la combustión en forma líquida, se obtiene el poder calorífico superior, y si H₂O está presente como vapor, se obtiene el poder calorífico inferior. El valor estándar de Ab-Inbev para el cálculo de sus indicadores es el PCI (poder calorífico inferior), debido a que se asume que el calor latente de la vaporización del agua en el combustible no es aprovechado.

El poder calorífico es una de las propiedades importantes del combustible con respecto a la eficiencia de la combustión [26], cuanto más alto es más energía tendrá. Este valor juega un papel importante también en la determinación del indicador de Energía Térmica ya que si el poder calorífico del combustible es más bajo que el utilizado actualmente menor será la energía utilizada para envasar una determinada cantidad de cerveza.

El poder calorífico utilizado por la cervecería hasta septiembre del 2021 era 156,2628 MJ/kg, valor que se tenía como referencia del último análisis de combustible. El valor actualizado según el análisis realizado el 7 de septiembre de 2021 es 148,5017 MJ/kg, ver Anexo 2.

2.4. REVISAR

2.4.1. Generación de cartillas de control SIC

Las cartillas de intervalo corto de control SIC (short-interval-control) representan una metodología para identificar y actuar sobre oportunidades para mejorar la eficiencia de la operación. Este proceso consiste en generar una cartilla de control sobre un parámetro identificado con alta variabilidad, que tenga un tiempo corto de revisión, y para que pueda ser revisada dos o tres veces por turno para poder estabilizar el parámetro con la ayuda de acciones correctivas y preventivas. Esta cartilla va a tener tres franjas de diferentes colores:

- Franja verde: El parámetro está dentro del rango de operación.
- Franja amarilla: El parámetro está próximo a salirse del rango de operación y deben ejecutarse acciones preventivas.
- Franja roja: El parámetro está fuera del rango de operación y deben ejecutarse acciones correctivas.

Todas las cartillas son registradas en digital para guardar un histórico de la evolución del parámetro y en caso de registrarse el problema en la zona roja se debe resolver mediante la metodología 5 por qué para estandarizar la acción que permitió corregir la desviación. Una vez que el PI (Performance indicator) está controlado se puede utilizar otra metodología para vigilar este PI y se puede realizar una nueva cartilla para otro punto de control.

2.4.1.1. Cartilla de control para seguimiento a la presión del desaireador

La cartilla de control de presión SIC del desaireador ha permitido estandarizar el valor de la presión del equipo en 15 psig, ya que anteriormente este valor era cambiado por los operadores en cada turno de trabajo para obtener diferentes consumos de vapor en el desaireador y temperatura del agua a la salida del desaireador, experimentalmente se observó que variaba entre 5 y 17 psig. Al desplegar la carta de control de la presión del desaireador indirectamente también se está controlando la temperatura del agua de alimentación que se envía a las calderas, 15 psig permite mantener la presión del agua en 115 °C. Esta carta permite registrar el valor de la presión cada dos horas de trabajo y

obtener al final del mes un resumen por día para evidenciar la evolución del PI como se puede ver en la Figura 2.32. En este caso la desviación del 17 de diciembre permitió evidenciar un daño en los vástagos de la válvula reguladora, al realizar el cambio de los vástagos la presión se estabiliza entre 14 y 15 psig.

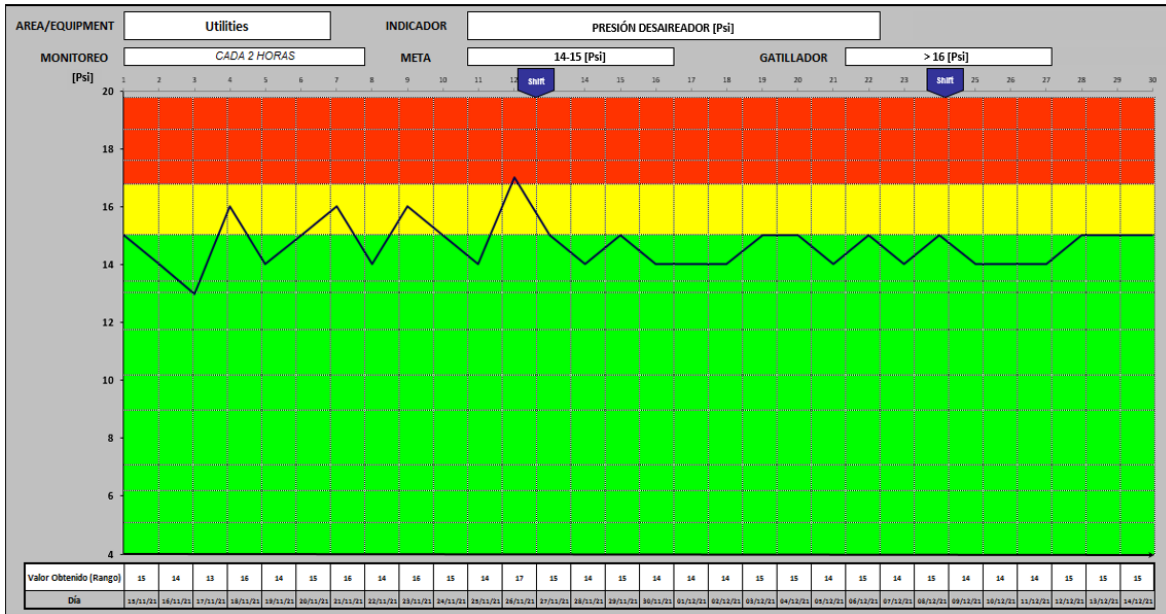


Figura 2.32. Carta SIC de la presión del desaireador, resumen del mes de diciembre. (Fuente: Autor)

2.4.1.2. Cartilla de control para seguimiento a la temperatura de búnker

La cartilla de control de presión SIC (Short Interval Control) de temperatura de búnker después del calentador eléctrico, ha permitido estandarizar el valor de precalentamiento de búnker, anteriormente este valor era modificado por los operadores para evitar emisión de humo por bajas temperaturas del combustible, sin embargo, una temperatura muy alta en el búnker puede ocasionar que este se gasifique antes del ingreso del quemador. Esto se logró estandarizando el control de temperatura en un set point de 103 °C y reduciendo el offset del control de 5 a 2 °C, de esta manera se logró estabilizar el valor en el rango de operación aceptable, de 100 a 105 °C, como se muestra en la Figura 3.17.

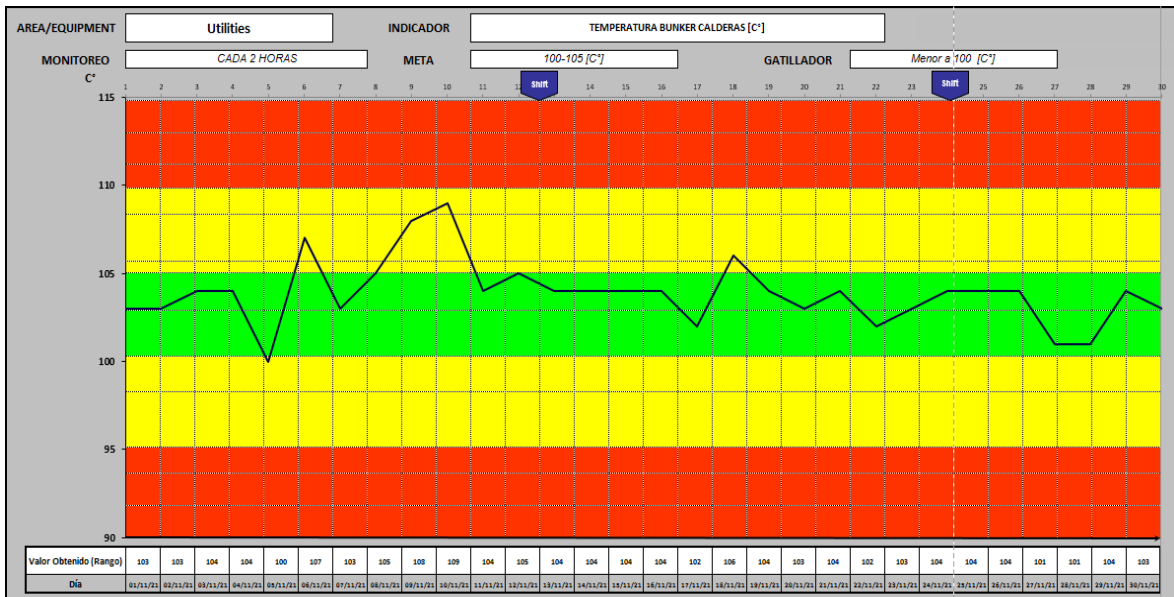


Figura 2.33. Carta SIC de la temperatura de búnker antes del quemador de las calderas, resumen del mes de noviembre.
(Fuente: Autor)

2.4.2. Procedimiento para correcto deshollinado de los calderos.

El anterior procedimiento de deshollinado de los calderos consistía en encender el ventilador para forzar la salida de las partículas a través de la chimenea. Este procedimiento no lograba extraer todo el material particulado ya que se acumulaba en los costados de la cámara de combustión. El procedimiento resumido para extracción de ceniza en los calderos de búnker puede revisarse en la Figura 2.34.

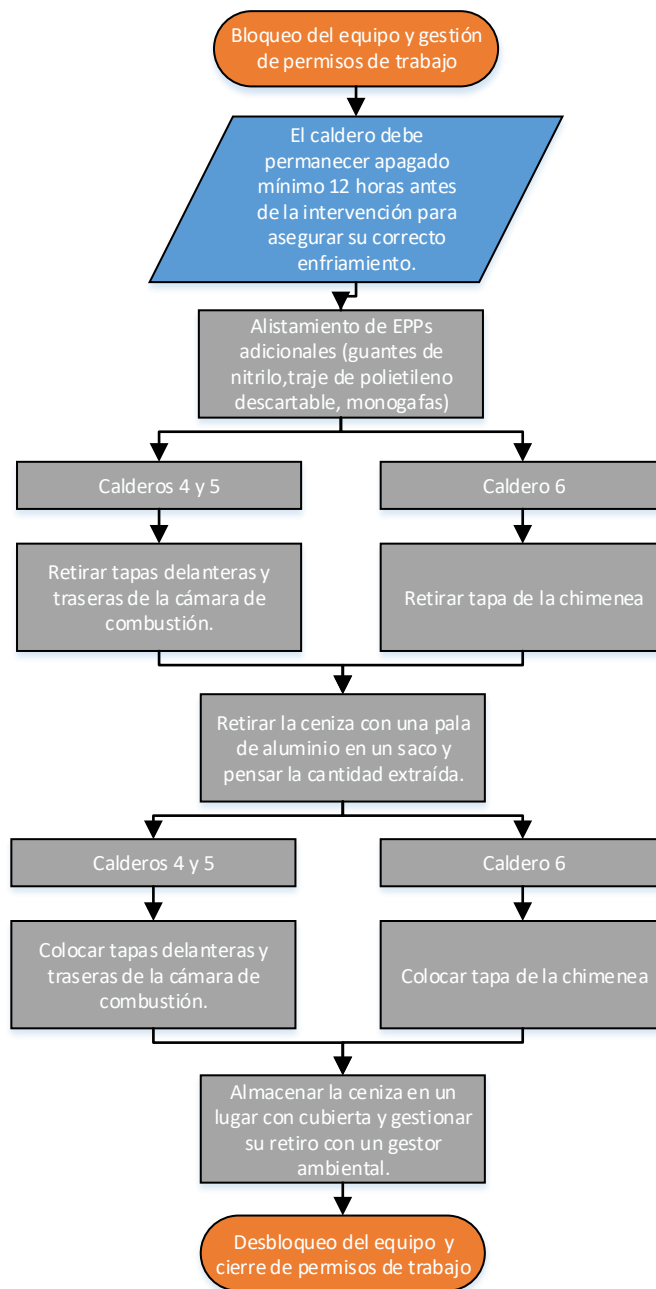


Figura 2.34. Procedimiento de deshollinado para calderos de búnker 4, 5 y 6.
(Fuente: Autor)

El nuevo procedimiento de extracción de ceniza va acompañado de un plan de mantenimiento con una frecuencia de un mes por cada caldero para asegurar su cumplimiento. Cabe recalcar que para la caldera 6 se necesita un procedimiento especial para ingreso a espacios confinados por lo que solamente se puede extraer la ceniza de manera superficial, el resto se recomienda realizar en el mantenimiento anual de la caldera. Los resultados de la extracción de ceniza pueden verse en las siguientes figuras:



Antes



Después

Figura 2.35. Ceniza de la parte trasera de la cámara de combustión, caldera 4.
(Fuente: Autor)



Antes



Después

Figura 2.36. Ceniza de la parte trasera de la cámara de combustión, caldera 4.
(Fuente: Autor)



Antes



Después

Figura 2.37. Ceniza de la parte delantera de la cámara de combustión, caldera 4.
(Fuente: Autor)



Figura 2.38. Ceniza de la parte delantera de la cámara de combustión, caldera 4.
(Fuente: Autor)

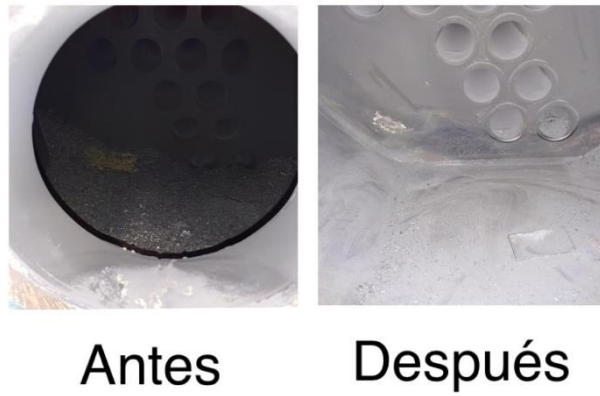


Figura 2.39. Ceniza de la parte delantera de la cámara de combustión, caldera 4.
(Fuente: Autor)



Figura 2.40. Ceniza de la parte trasera de la cámara de combustión, caldera 4.
(Fuente: Autor)

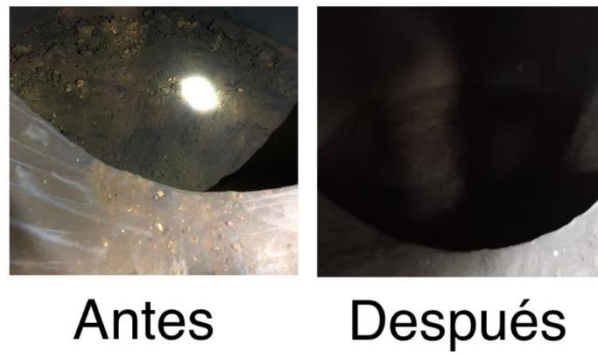


Figura 2.41. Ceniza de la chimenea del caldero 6.
(Fuente: Autor)

2.4.3. Evaluación de la curva de combustión del caldero 6

En la realización de análisis de gases de las calderas se evidenció un alto porcentaje de oxígeno en las mediciones de gases que está relacionado con un exceso de oxígeno en los gases de combustión. Esto se hace más evidente en el caso de la caldera 6 debido a que se tiene como referencia una simulación con los parámetros recomendados para los gases de combustión, ver Anexo 5. Los resultados del porcentaje de oxígeno recomendado por el fabricante comparado se pueden ver en la figura 2.43, teniendo que el porcentaje de oxígeno actual de la caldera se encuentra entre 8,6 y 11,7 %, lo recomendado por otra parte varía entre 2,8 y 7,2 % dependiendo de la carga del caldero. Este exceso de aire para la combustión también es evidente en el exceso de aire, en la tabla 2.12 se tienen los valores actuales de exceso de aire de la caldera, en la figura 2.42 se exponen los valores recomendados para el combustible fuel oil.

Tabla 2.12. Valores actuales de exceso de aire de la caldera 6.

Estado de caldera	Exceso de aire [%]
Llama baja	125
Llama media	81
Llama alta	69

(Fuente: Autor)

Exceso de aire recomendado	
Combustible	Exceso de aire recomendado (%)
Gas natural	5 – 10
Propano	5 – 10
Gas de coque	5 – 10
Combustóleo (Fuel Oil 6)	10 – 15

Figura 2.42. Exceso de aire recomendado para la combustión, en función del tipo de combustible.
(Fuente: Autor)

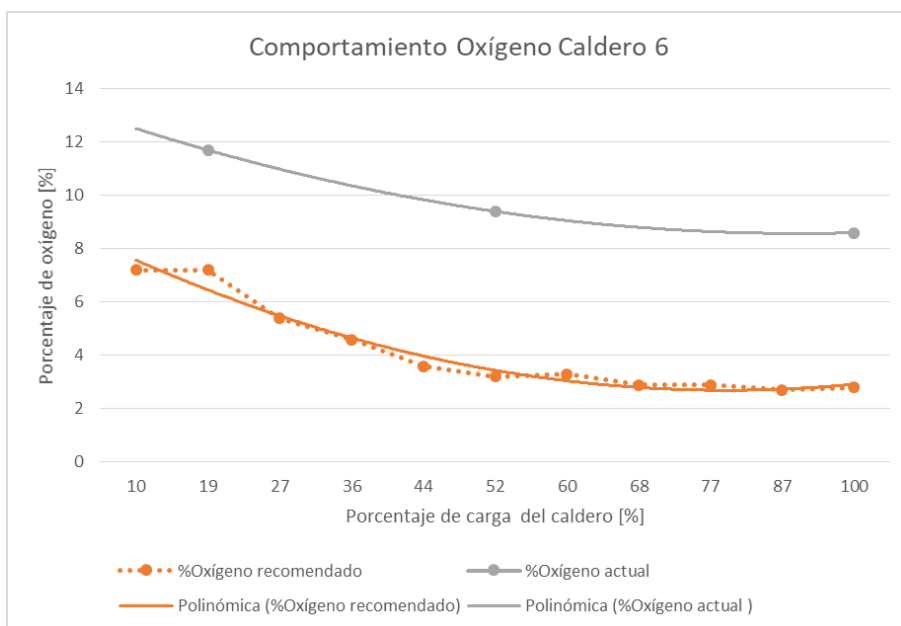


Figura 2.43. Comparación del porcentaje de oxígeno actual con respecto a la recomendación del fabricante. (Fuente: Autor)

2.4.4. Consumo adicional en paila de hervir

Dentro de la resolución de problemas mediante 5 porqué se determinó que en el equipo paila de hervir existe un consumo adicional debido a que el operador ingresa de forma manual mayor cantidad agua en la etapa de filtrado, etapa de la producción del mosto explicada en el apartado. El filtrado es realizado por el filtro mash, cuyo objetivo es obtener un mosto claro y separar la parte sólida y de la líquida mediante procesos de compresión y enjuague con agua. Para arrancar la filtración es necesario tener el tanque de riego en posición de arranque y el tanque de agua de riego con un nivel superior al 40 %. Las etapas de la filtración son: llenado, precompresión 1 y precompresión 2, riegos 1, 2 y 3, compresión 1 y 2 (en este paso se coge la muestra de última agua a analizar en el laboratorio), vaciados 1, 2 y 3 y finalmente descarga de bagazo.

La causa raíz del problema de consumos adicionales es que el operador ingresa de forma manual la cantidad de agua que considere necesaria y en base a su experiencia para asegurar un correcto filtrado, este exceso de agua es corregido con una ebullición adicional en la paila de hervir después de haber tomado una muestra cuando el mosto llegue a 95 °C y determinado el extracto del mosto.

La cantidad de vapor por este consumo adicional se determinó en base a un seguimiento junto con el operador de cocimiento identificando la hora de inicio y finalización del cocimiento adicional, así como su consumo promedio para obtener el consumo total

adicional por ciclo de cocimiento, esta información puede revisarse en el Anexo 6. En 10 días de seguimiento se logró determinar que existe un 14000 kg de vapor que pueden ser reducidos automatizando este ingreso de agua. En la figura 2.44 puede verse el perfil de consumo ideal de paila de hervir y en la figura 2.45 puede verse reflejado en los históricos del sistema scada un cocimiento con un consumo adicional de vapor por extracto bajo en la paila de hervir.

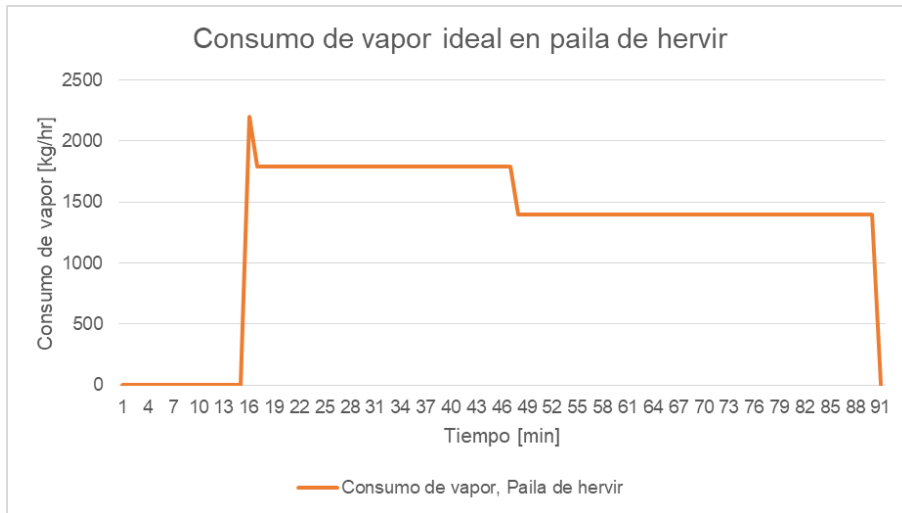


Figura 2.44. Consumo de vapor ideal en paila de hervir.
(Fuente: Autor)

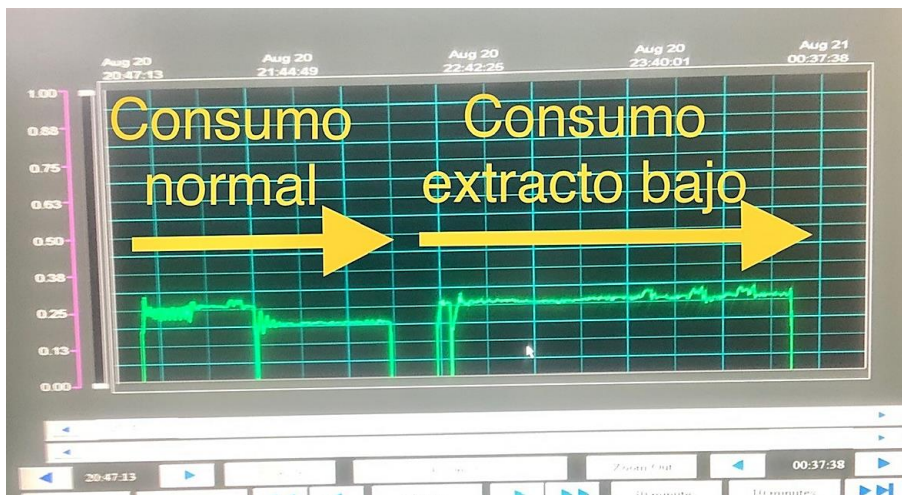


Figura 2.45. Histórico en el sistema scada de un consumo de vapor adicional en paila de hervir.
(Fuente: Autor)

2.5. ACTUAR

En este capítulo se describen las acciones necesarias de modificación de equipo, capacitación o estandarización para mantener los cambios implementados en los anteriores pasos de la metodología PDCA.

2.5.1. Instalación de un transmisor de presión para control remoto del set point del caldero 4

Para que el caldero trabaje satisfactoriamente en un escenario de una línea y cocinas se identificó la oportunidad de mejora en el control de presión del caldero y a la par hacer que el proceso de modulación sea más efectivo. Con un proveedor externo se instaló un transmisor de presión en la parte superior del caldero, como se puede ver en la figura 2.46 y se modificó la programación del controlador del caldero como se puede ver en la figura 2.47 , que es de tipo PLC SLATE de la marca Honeywell, para que el control ya no se haga fijando un punto en la curva de combustión del caldero sino fijando un valor de presión para que el caldero se ajuste a ese valor variando los puntos en la curva de combustión del caldero automáticamente. Finalmente se realizó la configuración para que la pantalla de control del caldero pueda ser visualizada en una de las computadoras de la estación de trabajo, así el operador puede controlar la presión del caldero sin necesidad de trasladarse físicamente al tablero de control, como se puede ver en la figura 2.48.



Figura 2.46. Instalación de un transmisor de presión en el caldero 4.
(Fuente: Autor)



Figura 2.47. Modificación del control del caldero 4.
(Fuente: Autor)

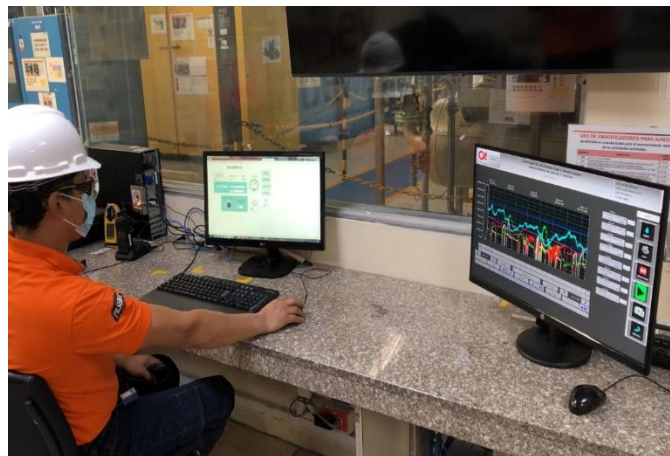


Figura 2.48. Control del caldero 4 desde estación de trabajo.
(Fuente: Autor)

2.5.2. Instalación de un transmisor de temperatura para monitoreo de la temperatura del agua de alimentación en el sistema SCADA

Uno de los puntos importantes de control en un sistema de vapor es la temperatura de agua de alimentación de las calderas, así como un incremento en la temperatura de 5 °C que se incremente la temperatura del agua la eficiencia de la caldera aumentará en 1% una disminución en la temperatura del agua tendrá el mismo efecto de forma negativa. Por este motivo se instaló un transmisor de temperatura a la salida de las bombas de envío de agua a los calderos para controlar este parámetro, como se muestra en la Figura 4.5. Anteriormente la única manera de verificar la temperatura del agua de alimentación era con un termómetro en el ingreso de agua de la caldera 6. Finalmente, se configuró la visualización de este parámetro en la pantalla de totalizadores de vapor para que sea de fácil control, como se puede ver en la figura 2.49.

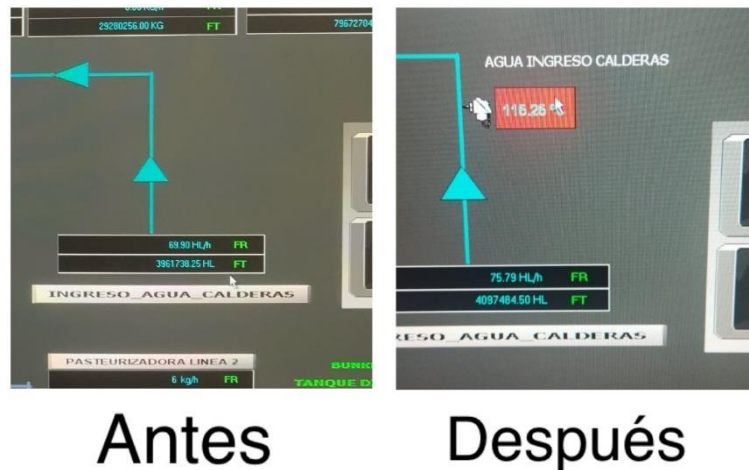


Figura 2.49. Visualización de la temperatura de agua de alimentación a los calderos en el sistema scada.
(Fuente: Autor)



Figura 2.50. Instalación de un transmisor de temperatura a la salida de las bombas de agua de alimentación de calderos.
(Fuente: Autor)

2.5.3. Elaboración de estándares operativos (SOP)

Para estandarizar los procedimientos implementados se entregó a la planta 3 estándares operativos para que se mantengan los cambios y nuevos procedimientos, además que se complementó la realización de estos estándares con capacitación por parte de personal calificado como se puede ver en la figura 2.51. y figura 2.52. Los procedimientos realizados son:

- Procedimiento de modulación del caldero 4 para un escenario de producción de una línea de envasado y cocinas.
- Procedimiento de utilización del medidor de gases Bacharach PCA400.

- Procedimiento de purga de fondo de los calderos: Este procedimiento se realizó debido a la diferencia de criterios de los operadores para realizar las purgas de fondo. En la práctica se ha visto que se alcanzan ahorros de 0.4% al 6.1% con respecto al consumo de combustible de la caldera, teniendo en promedio un ahorro de la energía utilizada en vapor verificable del 2.1% [11]. El procedimiento de purga de fondo aplicado es el recomendado por la empresa que realiza análisis mensuales del agua de calderos y proveedora de químicos del sistema de vapor.



Figura 2.51. Capacitación en utilización del equipo medidor de gases de calderas.
(Fuente: Autor)



Figura 2.52. Capacitación en tratamiento de agua de calderas y purga de fondo por parte del proveedor Nalco.
(Fuente: Autor)

Capítulo 3

3.1 Resultados y Discusión

3.1 Eficiencia de los Calderos

En la tabla 3.1 se muestran los resultados del cálculo de eficiencia con el método directo para los calderos 4 y 6 que funcionan con fuel oil. La eficiencia obtenida en el caldero 4 es superior a la eficiencia del caldero 6 a pesar de ser un caldero más antiguo. Sin embargo, ambos calderos mantienen eficiencias elevadas. El cálculo de eficiencia del caldero 5 no se realizó debido a la falta de datos para calcular su eficiencia y poder compararlo en los dos métodos, además este caldero dejó de ser utilizado por la planta a inicios del año 2021 debido a su baja capacidad y continuas fallas.

Tabla 3.1. Eficiencia de los calderos de búnker con el método directo.

Caldero	m_{vapor} [$\frac{kg}{hr}$]	$m_{combustible}$ [$\frac{kg}{hr}$]	P_{abs} [psi_g]	P_{abs} [psi_a]	h_g [$\frac{kJ}{kg}$]	$T_{agua,alimentación}$ [$^{\circ}C$]	h_f [$\frac{kJ}{kg}$]	PCI [$\frac{kJ}{kg}$]	$Eficiencia_{Directa}$ [%]
Caldero 4	4972,1	301,23	70	81	2753	115	532,5	40962,7	89,48
Caldero 6	6200	418,10	70	81	2753	130	546,4	40962,7	79,88

(Fuente: Autor)

En la tabla 3.2 se muestran los resultados del cálculo de eficiencia con el método directo para el caldero 7 que funcionan con biogás. La eficiencia obtenida en este caso es menor que los calderos de búnker debido a que este caldero aprovecha el biogás generado en la BTS y la mayor parte del tiempo trabaja en llama baja.

Tabla 3.2. Eficiencia del caldero de biogás con el método directo.

Caldero	m_{vapor} [$\frac{kg}{hr}$]	$m_{combustible}$ [$\frac{m^3}{hr}$]	P_{abs} [psi_g]	P_{abs} [psi_a]	h_g [$\frac{kJ}{kg}$]	$T_{agua,alimentación}$ [$^{\circ}C$]	h_f [$\frac{kJ}{kg}$]	PCI [$\frac{kJ}{m^3}$]	$Eficiencia_{Directa}$ [%]
Caldero 7	264,89	28,13	21,5	32,6	2711,7	115	532,5	27300	75,16

(Fuente: Autor)

En las tablas 3.3 a 3.15 se muestran los resultados de los cálculos de eficiencia de los calderos de búnker con fuel oil. En la tabla 5.3 se tiene los resultados de las pérdidas por calor sensible de los calderos, la pérdida de calor sensible es mayor en el caldero 6 que el caldero 4 debido al porcentaje de O₂ y CO₂ es mayor en el caldero 6.

Tabla 3.3. Pérdidas por calor sensible en los calderos de búnker.

Caldero	T_{gases} [K]	T_{aire} [K]	CO_2 [%]	CO [%]	K [$\frac{\%^2}{K}$]	$Q_{calor\ sensible, \%}$ [%]
Caldero 4	468,15	294,15	7,9	0,0013	0,57	12,56
Caldero 6	508,15	294,15	8,7	0,0018	0,57	14,02

(Fuente: Autor)

Tabla 3.4. Pérdidas por combustión incompleta.

Caldero	CO_2 [%]	CO [%]	$Q_{combustión\ incompleta, \%}$ [%]
Caldero 4	7,9	0,0013	0,98
Caldero 6	8,7	0,0018	1,24

(Fuente: Autor)

Tabla 3.5. Pérdidas por combustible no quemado.

Caldero	Índice de Bacharach	$Q_{no\ quemado, \%}$ [%]
Caldero 4	4	0,4
Caldero 6	4	0,4

(Fuente: Autor)

Tabla 3.6. Calor perdido por purgas de fondo en los calderos de búnker.

Caldero	$P_{caldera}$ [Psi _a]	$\rho_{@P_{caldera}}$ [$\frac{kg}{m^3}$]	$D_{tubería}$ [m]	m_{purga} [$\frac{kg}{s}$]	$h_{agua, caldero}$ [$\frac{kJ}{kg}$]	h_f [$\frac{kJ}{kg}$]	t_{purga} [$\frac{s}{hr}$]	Q_{purga} [$\frac{kJ}{kg}$]
Caldero 4	81	934,6	0,0762	137	658,4	532,5	15	258641
Caldero 6	81	934,6	0,0762	137	658,4	546,4	15	229943

(Fuente: Autor)

Tabla 3.7. Pérdidas por purga de fondo en los calderos de búnker.

Caldero	Q_{purga} [$\frac{kJ}{kg}$]	$m_{combustible}$ [$\frac{kg}{hr}$]	PCI [$\frac{kJ}{kg}$]	$Q_{purga, \%}$ [%]
Caldero 4	258641	301,2	40962,7	2,09
Caldero 6	229943	418,10	40962,7	1,34

(Fuente: Autor)

En las tablas 3.8 a 3.14 se muestran los resultados del calor perdido por radiación y convección en las paredes de los calderos. El resultado obtenido es que el calor perdido en el caldero 4 mayor a pesar de tener menor área de transferencia de calor debido a que se detectaron puntos calientes en la pared delantera y trasera con temperaturas de 150 °C. En el caldero 6 la temperatura superficial de todas las paredes no superó los 32 °C.

Tabla 3.8. Coeficiente de transferencia de calor por radiación en la caldera 4.

Pared del caldero	L_c [m]	A_{restar} [m ²]	A [m ²]	T_{sup} [K]	T_{amb} [K]	e	h_{rad} [$\frac{W}{m^2K}$]
Pared frontal	3	7,068	6,03	424,2	297,15	0,8	8,77
Pared trasera	3	0	7,069	417,2	297,15	0,8	8,49
Pared lateral	7,25	0	68,33	318,2	297,15	0,8	5,28

(Fuente: Autor)

Tabla 3.9. Coeficiente de transferencia de calor por convección en la caldera 6.

Pared del caldero	T_p [K]	P_r	k [$\frac{W}{mK}$]	v [$\frac{m^2}{s}$]	β [$\frac{1}{K}$]	Gr_{Lc}	Ra	Nu	h_{conv} [$\frac{W}{m^2K}$]
Pared frontal	424,2	0,7142	0,03006	0,00002891	0,00277	$1,11 \times 10^{11}$	$7,96 \times 10^{10}$	489	4,90
Pared trasera	357,2	0,7149	0,02981	0,00002843	0,00280	$1,01 \times 10^{11}$	$7,87 \times 10^{10}$	487	4,84
Pared lateral	307,7	0,7258	0,02621	0,00002194	0,00325	$3,75 \times 10^{10}$	$2,76 \times 10^{10}$	333	2,91

(Fuente: Autor)

Tabla 3.10. Calor perdido por convección y radiación en la caldera 4.

Pared del caldero	h_{rad} [$\frac{W}{m^2K}$]	h_{conv} [$\frac{W}{m^2K}$]	h [$\frac{W}{m^2K}$]	A [m^2]	T_{sup} [K]	T_{amb} [K]	$Q_{conv \text{ y } rad}$ [W]
Pared frontal	8,77	4,90	13,68	6,03	424,2	297,15	10473
Pared trasera	8,49	4,84	13,34	7,069	417,2	297,15	11316
Pared lateral	5,28	2,91	8,20	68,33	318,2	297,15	11768

(Fuente: Autor)

Tabla 3.11. Coeficiente de transferencia de calor por radiación en la caldera 6.

Pared del caldero	L_c [m]	H [m]	A_{restar} [m^2]	A [m^2]	T_{sup} [K]	T_{amb} [K]	e	h_{rad} [$\frac{W}{m^2K}$]
Pared frontal	2,54	3,20	2,53	5,59	304,1	297,15	0,8	4,92
Pared lateral izquierda	2,54	4,97	2,31	10,31	304,85	297,15	0,8	4,94
Pared trasera	2,54	3,20	0	8,128	309,6	297,15	0,8	5,06
Pared lateral derecha	2,54	4,97	0	12,62	304,9	297,15	0,8	4,94

(Fuente: Autor)

Tabla 3.12. Coeficiente de transferencia de calor por convección en la caldera 6

Pared del caldero	T_p [K]	P_r	k [$\frac{W}{mK}$]	v [$\frac{m^2}{s}$]	β [$\frac{1}{K}$]	Gr_{Lc}	Ra	Nu	h_{conv} [$\frac{W}{m^2K}$]
Pared frontal	300,6	0,7275	0,0256	0,00002106	0,0033	$8,31 \times 10^9$	$6,04 \times 10^9$	216	2,18

Pared lateral izquierda	301	0,7274	0,0257	0,00002111	0,0033	9,22x10 ⁹	6,70x10 ⁹	223,2	2,26
Pared trasera	303,4	0,7268	0,0259	0,0000214	0,0032	1,43x10 ¹⁰	1,04x10 ¹⁰	256,4	2,61
Pared lateral derecha	301	0,7274	0,0257	0,00002111	0,0033	9,22x10 ⁹	6,70x10 ⁹	223,2	2,26

(Fuente: Autor)

Tabla 3.13. Calor perdido por convección y radiación en la caldera 6.

Pared del caldero	h_{rad} [$\frac{W}{m^2K}$]	h_{conv} [$\frac{W}{m^2K}$]	h [$\frac{W}{m^2K}$]	A [m^2]	T_{sup} [K]	T_{amb} [K]	$Q_{conv y rad}$ [W]
Pared frontal	4,92	2,185	7,114	5,59	304,1	297,15	274,4
Pared lateral izquierda	4,94	2,26	7,209	10,31	304,85	297,15	572,5
Pared trasera	5,06	2,61	7,68	8,128	309,6	297,15	774,2
Pared lateral derecha	4,94	2,26	7,209	12,62	304,9	297,15	700,7

(Fuente: Autor)

Tabla 3.14. Pérdidas por convección y radiación en calderas de búnker.

Caldero	$Q_{conv y rad}$ [W]	$Q_{conv y rad}$ [$\frac{kJ}{hr}$]	$m_{combustible}$ [$\frac{kg}{hr}$]	PCI [$\frac{kJ}{kg}$]	$Q_{conv y rad, \%}$ [%]
Caldero 4	33557	120805	301,23	40962,7	0,97
Caldero 6	2321,8	8358,48	418,10	40962,7	0,04

(Fuente: Autor)

Tabla 3.15. Eficiencia de los calderos de búnker con el método indirecto.

Caldero	$Q_{calor\ sensible, \%}$ [%]	$Q_{combustión\ incompleta, \%}$ [%]	$Q_{no\ quemado, \%}$ [%]	$Q_{purga, \%}$ [%]	$Q_{conv y rad, \%}$ [%]	$Eficiencia_{Indirecta}$ [%]
Caldero 4	12,56	0,98	0,4	2,09	0,97	82,98
Caldero 6	14,02	1,24	0,4	1,34	0,04	82,94

(Fuente: Autor)

En la tabla 3.16 se muestra una comparación de los resultados de los métodos de cálculo con el método directo e indirecto, los valores de eficiencia de los calderos son similares, mayores a 80%, sin embargo, en el método directo en el caldero 6 se obtuvo la eficiencia

más baja. En ambos casos la pérdida de energía más grande se debe a pérdidas de calor sensible en los gases de combustión.

Tabla 3.16. Comparación de eficiencia de Calderos método Directo e Indirecto

Caldero	<i>Eficiencia_{Indirecta}</i>	<i>Eficiencia_{Directa}</i>
Caldero 4	82,98	89,48
Caldero 6	82,94	79,88

(Fuente: Autor)

3.2 Pérdidas por aislamientos incompletos

Tabla 3.17. Pérdidas por aislamientos incompletos.

Tramo	Ubicación	Longitud [m]	Diámetro [m]	Temperatura Superficial [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Caso de Estudio	h_{rad} [$\frac{W}{m^2K}$]	h_{conv} [$\frac{W}{m^2K}$]	$Q_{pérdida}$ [W]
Tramo 1	Ingreso de vapor al desaireador	2	0,15	110	24	Convección natural – tubería horizontal	7,255	5,196	1009
Tramo 2	Ingreso de vapor a línea 2	3,1	0,05	91	24	Convección natural – tubería horizontal	6,626	5,77	404,4
Tramo 3	Cabezal de distribución de vapor de lavadora de botellas, línea 2	2,5	0,11	118	24	Convección natural – tubería horizontal	7,534	5,508	1059
Tramo 4	Ingreso de vapor a intercambiador de calor #1 lavadora de botellas, línea 2	1,8	0,11	118	24	Convección natural – tubería vertical	7,255	4,584	633,3
Tramo 5	Ingreso de vapor a intercambiador de calor #2 lavadora de botellas, línea 2	1,8	0,11	118	24	Convección natural – tubería vertical	7,255	4,584	633,3
Tramo 6	Ingreso de retorno de condensa de L2 al desaireador antiguo	15,5	0,076	88	21	Convección forzada	6,449	15,16	5358
Tramo 7	Ingreso de retorno de condensa de L1 al desaireador antiguo	5,5	0,076	75	21	Convección forzada	6,052	15,19	1507
Tramo 8	Ingreso de retorno de condensa de cocinas al desaireador antiguo	12,5	0,05	93	21	Convección forzada	6,607	18,42	3538

(Fuente: Autor)

En la tabla 3.17 se tiene los resultados de las pérdidas de calor por superficies sin aislar, obteniéndose una pérdida de calor de 14142 W.

3.3 Pérdidas por fugas

En la tabla 3.18 se muestra los resultados de las pérdidas de calor por la cuantificación de fugas de vapor. Estas pérdidas provienen de válvulas conectadas a una tubería de salida con un defecto en su cierre por lo que tienen una fuga de vapor constante al ambiente. El diámetro de salida de la fuga de vapor fue aproximado mediante inspección visual de la cantidad de vapor perdido ya que el orificio de salida no es accesible para su inspección visual.

Tabla 3.18. Pérdidas por fugas de vapor.

Fuga	$D_{tubería\ equipo}$ [cm]	D_{fuga} [cm]	P_{equipo} [KPa]	$m_{fuga\ vapor}$ [$\frac{kg}{hr}$]	$h_{g@P_{equipo}}$ [$\frac{kJ}{kg}$]	T_{amb} [°C]	$h_{g@T_{amb}}$ [$\frac{kJ}{kg}$]	$Q_{fuga\ vapor}$ [$\frac{kJ}{hr}$]	$Q_{fuga\ vapor}$ [W]
Válvula de seguridad desaireador	7,62	0,3	482,6	59,8	2746,46	21	2539,22	8303	2306,38
Caldero 6	11,43	0,5	482,6	99,6	2746,46	21	2539,22	13838	3843,88

(Fuente: Autor)

3.4 Costo de pérdidas de calor

En la tabla 3.19 se muestra los resultados del cálculo del costo de generación de vapor, para este cálculo se utilizó la eficiencia de las calderas determinada con el método directo y para calcular el costo de las pérdidas de calor se toma un promedio de estos dos valores.

Tabla 3.19. Costo de generación de vapor.

Caldera	$Precio_{búnker}$ [$\frac{USD}{g_{combustible}}$]	$Precio_{búnker}$ [$\frac{USD}{kg_{combustible}}$]	$Eficiencia_{caldera}$ [%]	h_g [$\frac{kJ}{kg}$]	h_f [$\frac{kJ}{kg}$]	PCI [$\frac{kJ}{kg}$]	$Precio_{vapor}$ [$\frac{USD}{kJ}$]
Caldera 4	1,2	0,33	89,48	2753	532,5	40962,7	7,4079E-06
Caldero 6	1,2	0,33	79,88	2753	546,4	40962,7	8,2462 E-06

(Fuente: Autor)

En la tabla 3.20 se muestra el costo de las pérdidas de calor por tuberías sin aislamiento y fugas de vapor. Este valor representa \$2369,93 en pérdidas de calor anualmente.

Tabla 3.20. Costo de pérdidas de calor

Caldera	$Q_{pérdida}$ [W]	$Q_{pérdida}$ [kW]	$Precio_{vapor}$ [$\frac{USD}{kJ}$]	$Costo_{pérdidas}$ [$\frac{USD}{año}$]
Ingreso de vapor al desaireador	1009	1,009	3,7038E-06	117,85
Ingreso de vapor a línea 2	404,4	0,404	3,7038E-06	47,18

Cabezal de distribución de vapor de lavadora de botellas, línea 2	1059	1,059	3,7038E-06	123,69
Ingreso de vapor a intercambiador de calor #1 lavadora de botellas, línea 2	633,3	0,633	3,7038E-06	73,93
Ingreso de vapor a intercambiador de calor #2 lavadora de botellas, línea 2	633,3	0,633	3,7038E-06	73,93
Ingreso de retorno de condensa de L2 al desaireador antiguo	5358	5,358	3,7038E-06	625,83
Ingreso de retorno de condensa de L1 al desaireador antiguo	1507	1,507	3,7038E-06	176,02
Ingreso de retorno de condensa de cocinas al desaireador antiguo	3538	3,538	3,7038E-06	413,24
Fuga de vapor en válvula de seguridad desaireador	2306,38	2,306	3,7038E-06	269,34
Fuga de vapor en caldero 6	3843,88	3,843	3,7038E-06	448,87

(Fuente: Autor)

3.5 Pérdidas por trampas de vapor en mal estado

En el reporte del servicio de inspección de trampas de vapor contratado con un proveedor externo se tiene que en la planta de Quito existen 123 trampas registradas, de las cuales 63 están en operación, de estas 63 trampas 41 presentan falla debido a que están mal instaladas, con fuga o bloqueadas. La pérdida de vapor calculada por este número de trampas de vapor en mal estado es 1 014 528,09 kg por año, teniendo pérdidas económicas de \$40 267,93 por año.

3.6 Indicador de Energía Térmica

La comparación de la efectividad de la ejecución del procedimiento de modulación de calderos tanto 4 como 6 debe realizarse comparando los resultados con turnos de consumo de vapor similar por parte de las áreas. Esta manera de revisión de resultados supone un procedimiento exhaustivo de revisión turno por turno, una manera más práctica de comprobación de resultados es la revisión del Indicador de Energía Térmica Comprada, el consumo de vapor en la planta, la eficiencia de consumo/generación de vapor y la cantidad de cerveza envasada por mes en donde la reducción de consumo de búnker deben deber reflejados.

En la figura 3.1 se muestra en línea celeste el Indicador de Energía Térmica Comprada con el Poder Calorífico del búnker modificado y en la línea azul se muestra el Indicador de Energía Térmica Comprada con el Poder Calorífico del búnker modificado. A partir del mes de octubre, mes en que se modificó este parámetro se observa una reducción en este

indicador clave de rendimiento de 2,55, 2,47 y 2,63 MJ/HL en los meses de octubre, noviembre y diciembre correspondientemente, esto debido al estudio que se realizó de la calidad del combustible determinándose el valor de la cantidad de energía del contenida en el búnker es menor al utilizado por la empresa hasta octubre del 2021.

En la figura 3.1 también se muestra una reducción drástica del Indicador de Energía Térmica comprada del mes de agosto al mes de septiembre, mes en el que se empezó a utilizar los procedimientos de modulación. En este mes se alcanzó la mayor eficiencia de consumo de búnker por hectolitros de cerveza envasada, alcanzando el indicador más bajo del año utilizando el PCI antiguo, 48,41 MJ/HL. Esta mejora en el indicador puede notarse incluso si la demanda de toneladas de vapor (línea verde) de la planta aumenta.

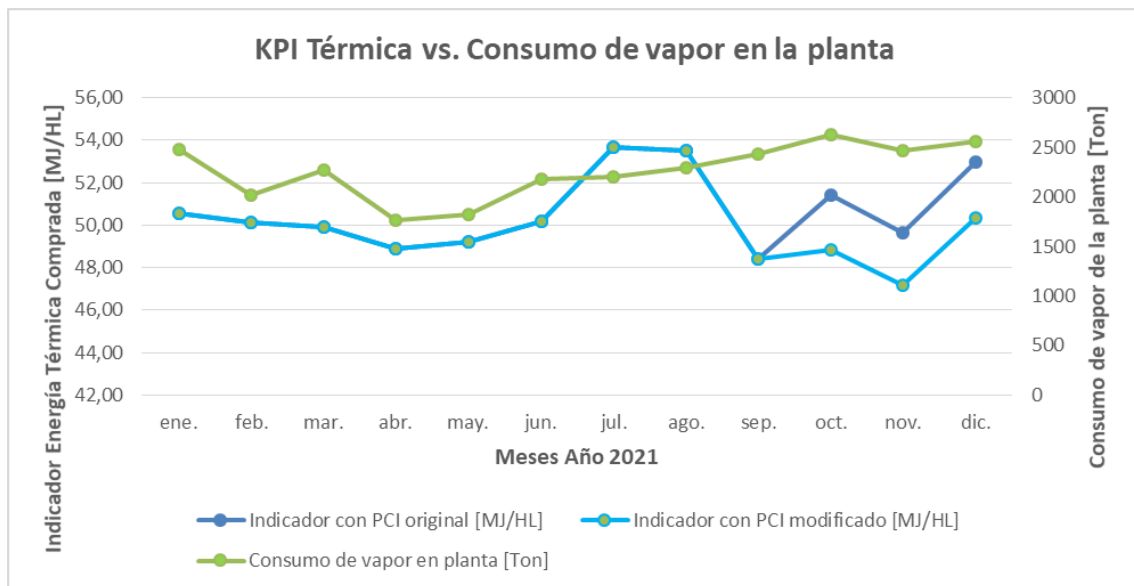


Figura 3.1. Indicador de Energía Térmica Comprada comparado con el consumo de vapor en la planta (Fuente: Autor)

En la figura 3.1 se evidenció la mejoría en la utilización del búnker por hectolitro de cerveza envasada. Ahora bien debido a que el indicador de Energía Térmica puede verse beneficiado por la cantidad de cerveza envasada, en la figura 3.2 se muestra el comportamiento del KPI de Térmica comparado con la eficiencia consumo/generación de vapor para mostrar que la efectividad de los procedimientos de modulación es independiente de la cantidad de cerveza envasada. Los procedimientos de modulación de los calderos 4 y 6 se resumen a generar la cantidad mínima suficiente de vapor para los procesos de la planta, de manera que si se genera menos vapor en las calderas a la par de la reducción de consumo de combustible la eficiencia consumo/generación debe verse incrementada independientemente de la demanda de vapor en la planta. Precisamente

esto se ve reflejado en los meses de septiembre y octubre, que es cuando se utilizó los procedimientos de modulación de manera efectiva, a la par de la mejora en el KPI se observa un incremento en la eficiencia de consumo/generación de vapor de al menos 2,36% en estos dos meses y una reducción en la eficiencia en los meses de noviembre y diciembre que es cuando se dejó de utilizar el procedimiento de modulación de la caldera 4 debido a problemas constantes por descolocación en la leva del sistema de combustión (ver Figura 5.4) y disminución del flujo de ingreso de búnker al quemador debido a daño en la manguera de ingreso de búnker por retorcimiento (ver Figura 5.3).

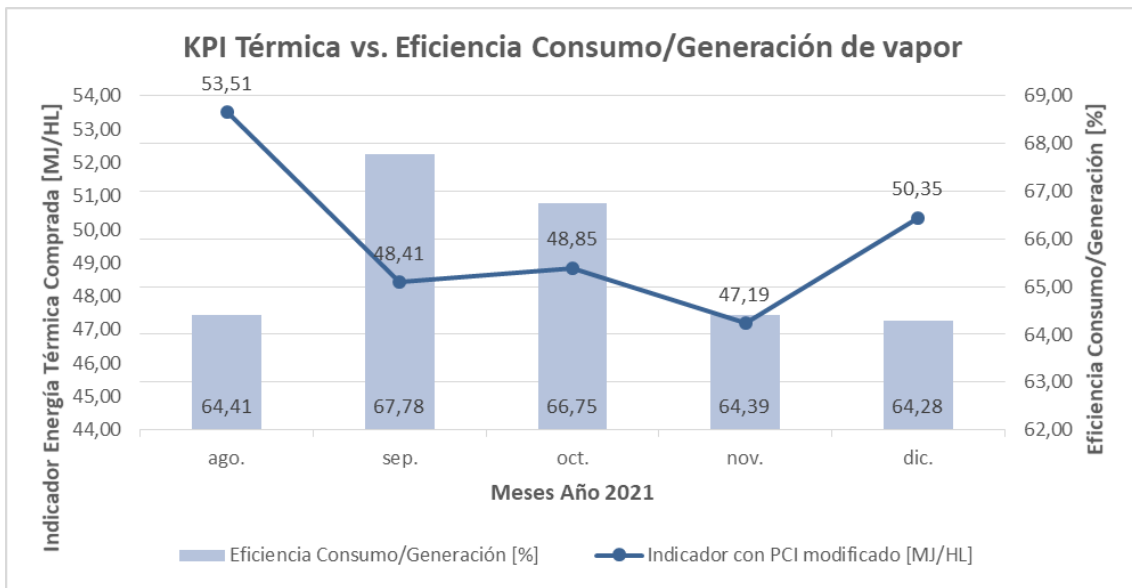


Figura 3.2. Indicador de Energía Térmica Comprada comparado con la eficiencia consumo/generación de vapor en la planta.
(Fuente: Autor)



Figura 3.3. Daño en la manguera de ingreso de búnker del caldero 4 por retorcimiento.
(Fuente: Autor)



Figura 3.4. Descolocación en la leva del sistema de combustión del caldero 4
(Fuente: Autor)

Finalmente en la Figura 5.5 y Figura 5.6 se muestra la independencia del incremento en la eficiencia consumo/generación de vapor de la cantidad de cerveza en envasada y del normal incremento de consumo de vapor en las áreas debido al incremento de la producción.

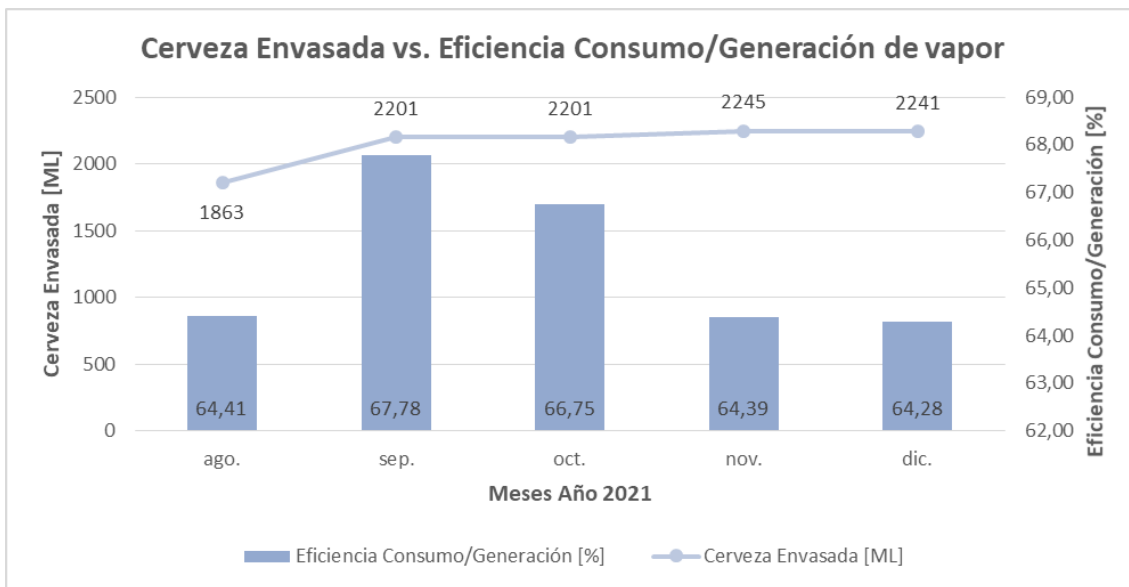


Figura 3.5. Eficiencia consumo/generación de vapor en la planta comparada con la cantidad de cerveza envasada por mes.
(Fuente: Autor)

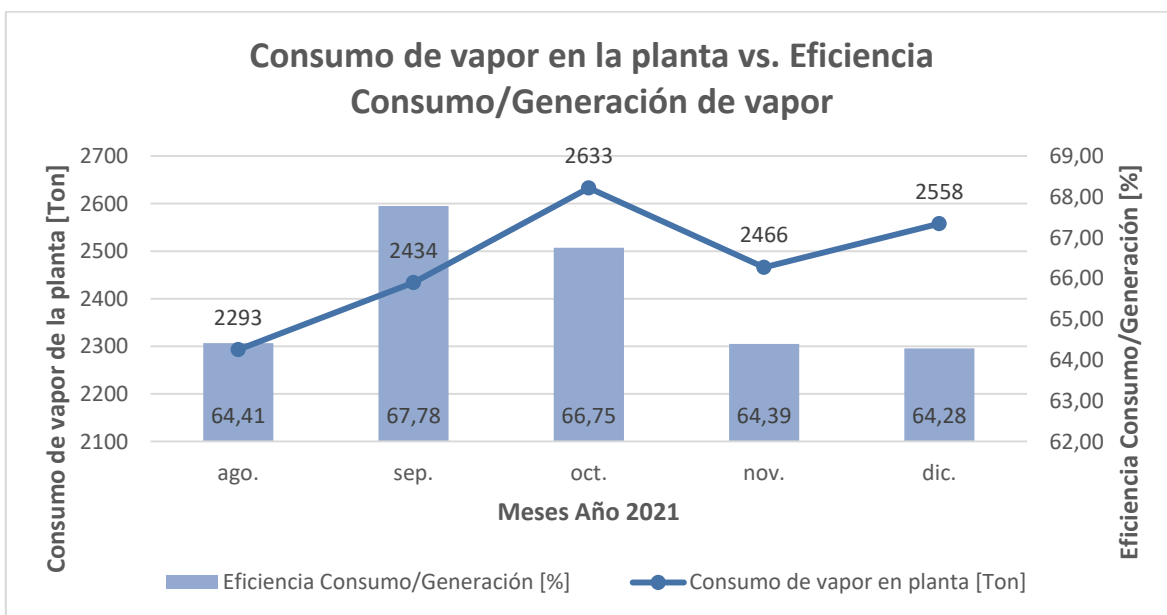


Figura 3.6. Eficiencia consumo/generación de vapor en la planta comparada con el consumo de vapor por mes.
(Fuente: Autor)

3.7 Reducción de consumo de vapor en el desaireador y seguimiento a la concentración de oxígeno

En la figura 3.7 se puede ver la diferencia de consumo promedio del desaireador por turno de trabajo en los meses del año 2021, se puede observar que a partir del mes de octubre cuando se aplicaron los cambios en la válvula de desfogue del desaireador y se corrigió el factor de densidad del flujómetro del equipo el consumo de vapor se ha mantenido

alrededor de 2600 kg por turno de trabajo, comparado con los meses anteriores que se tenían consumos desproporcionados.

Debido a que estos dos cambios se realizaron al mismo tiempo porque se requería que el equipo esté despresurizado para su intervención, se realizó la simulación del estado en el que se encontraba anteriormente el escape de vapor por el desfogue del desaireador abriendo la válvula del desfogue el 1 de marzo de 2022 que se tenía una parada de producción y se cuantificó el consumo de vapor por turno de trabajo simulando el escape de vapor antes de reducir el orificio de desfogue de la válvula y de cambiar el elemento en mal estado.

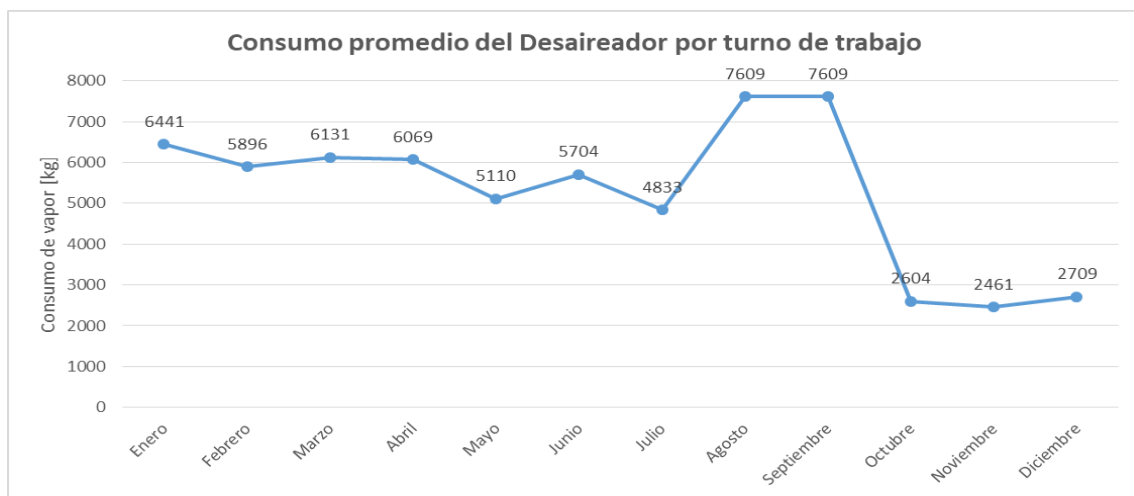


Figura 3.7. Consumo promedio del Desaireador por turno de trabajo.
(Fuente: Autor)

En la figura 3.8 se observa que el consumo del desaireador se venía reduciendo desde el 27/02/2022 debido a que la línea de envasado 2 terminó su producción ese día y al día siguiente terminó su producción el área de cocimiento, el día 1 de marzo se ajusta la posición de la válvula de desfogue para simular el escape antes de su arreglo y en los dos días posteriores una vez que inicia la producción nuevamente se observan consumos promedio por turno de trabajo superiores a 3100 kg. Finalmente, se cierra completamente la válvula de desfogue y se observa que el consumo de vapor nuevamente regresa a un valor menor a 2700 kg que fue lo registrado como máximo en el mes de diciembre del 2021. Se observa una reducción de consumo de vapor de 400 kg por turno de trabajo al realizar las modificaciones mencionadas.

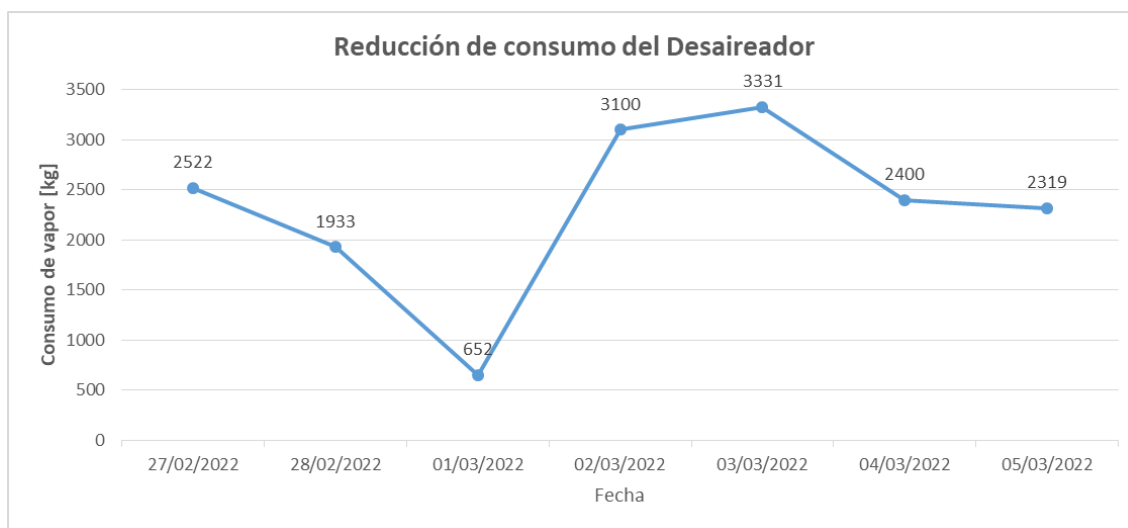


Figura 3.8. Comprobación de reducción de consumo en el desaireador.
(Fuente: Autor)

En la figura 3.9 se puede observar que la concentración de oxígeno en el desaireador se mantiene siempre por debajo del valor máximo de concentración de oxígeno disuelto en el agua de alimentación de calderas establecido como norma interna en Ab-Inbev. Estas mediciones son realizadas diariamente por el personal operativo del área de Servicios y es registrada en un archivo de Excel para poder realizar el seguimiento a las mediciones. La eliminación de oxígeno en el desaireador está soportada por la eliminación de oxígeno química ya que se dosifica el químico Nalco 780, secuestrante de oxígeno, que se dosifica después del desaireador.

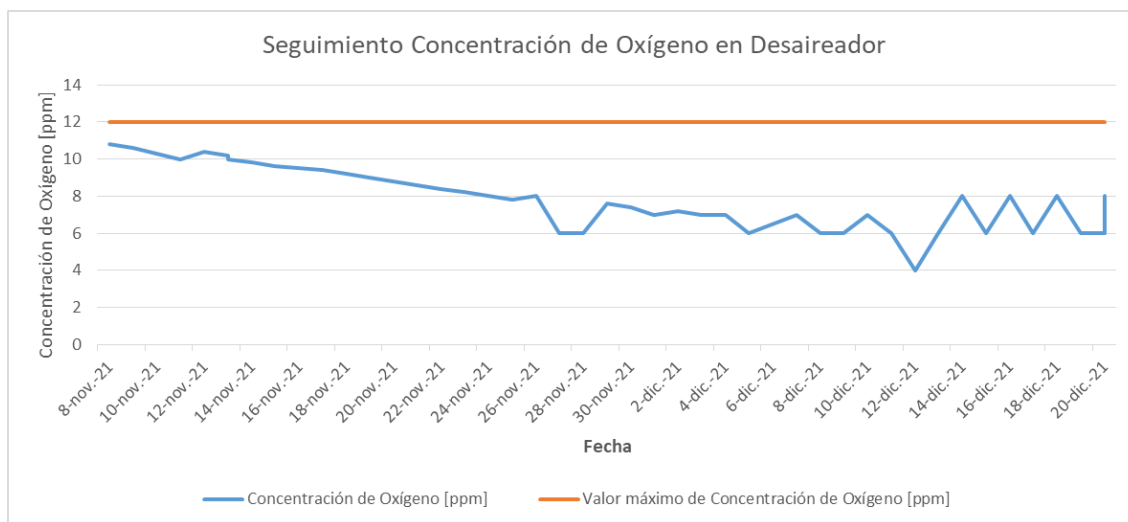


Figura 3.9. Verificación de concentración de oxígeno en el desaireador.
(Fuente: Cervecería Nacional)

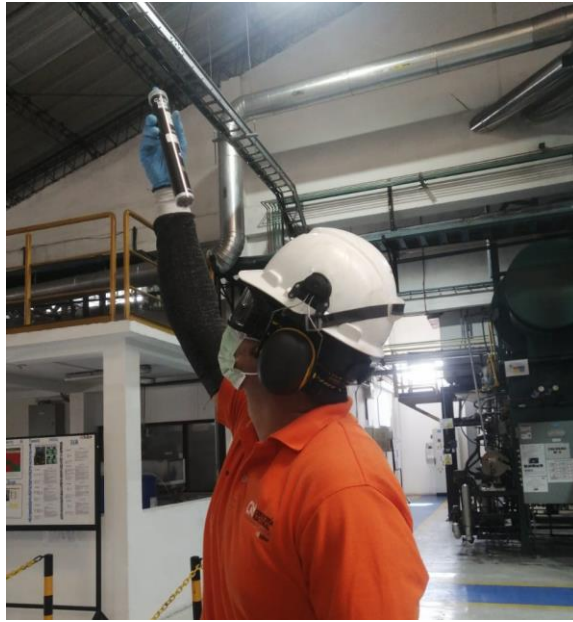


Figura 3.10. Medición de concentración de oxígeno en el agua de alimentación de calderas.
(Fuente: Autor)

Capítulo 4

CONCLUSIONES

A partir del estudio de la eficiencia energética del sistema de generación de vapor de la planta de Quito de la empresa Cervecería Nacional se obtienen las siguientes conclusiones:

- Se realizó la adquisición de un medidor de gases portátil para monitorear los parámetros de los gases de combustión y la eficiencia de los calderos. Se determinó la eficiencia del caldero 4 y 6 en 89,48 y 79,88 % respectivamente con el método directo, como poca variación respecto al método indirecto. La principal pérdida de eficiencia en los calderos es la pérdida de calor sensible, afectando entre el 12 y el 14 % en la eficiencia. Esta pérdida de eficiencia se debe principalmente a la relación aire-combustible para la combustión, en ambos calderos el parámetro de oxígeno está actualmente en 11% en llama baja y 9% en llama alta, la recomendación del fabricante para la caldera 6 es 7% en llama baja y 3% en llama alta.
- Se realizó una inspección a los aislamientos de las tuberías de vapor y retorno de condensado, encontrándose que todas las tuberías aisladas tienen una temperatura superficial menor a 60 °C, lo que demuestra el buen estado del aislamiento. Sin embargo, existen 44,7 metros de tubería con aislamientos incompletos en los cuales se tiene una pérdida de calor de 14,14 kW equivalentes a una afectación económica de \$1651 por año.
- Se realizó una inspección al sistema de vapor de la planta, encontrándose dos puntos con fuga de vapor al ambiente. Se determinó la cantidad de calor perdida asumiendo un valor del diámetro de fuga debido a que estos dos puntos no son físicamente accesibles para realizar una inspección visual. Debido a esta fuga de vapor se tiene una pérdida de calor de 6,15 kW equivalentes a una afectación económica de \$718 por año.
- Se contrató el servicio de un proveedor calificado para la determinación de las pérdidas de calor por trampas en mal estado debido a la cantidad de trampas registradas y debido a que la planta no cuenta con los instrumentos necesarios para su inspección. En el sistema de vapor existen 123 trampas de vapor, de las cuales 41 presentan falla debido a que están mal instaladas, con fuga o bloqueadas. Esto

representa una pérdida de 1 014 528,09 kg de vapor por año, equivalentes a una afectación económica de \$40 267 por año.

- Se realizó un estudio de la demanda de vapor en la planta para ajustar la generación de vapor al mínimo requerido identificando puntos de mayor y menor consumo de vapor en un ciclo de cocimiento. Los meses de septiembre, octubre y parte de noviembre en los que se utilizó este procedimiento son los que tienen el indicador de energía térmica más bajos del año, 48,41, 48,85 y 47,19 MJ/HL respectivamente. Además, la eficiencia de utilización del vapor también incrementó, obteniéndose 67,78, 66,75 y 64,39 % respectivamente, lo que demuestra la independencia del procedimiento de modulación de la cantidad de cerveza envasada por mes.
- Se realizó el arreglo de la válvula de desfogue del desaireador que presentaba fuga y se redujo el diámetro del orificio de salida de $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$ pulgadas para disminuir la cantidad de vapor emitida al ambiente. Esta modificación permite reducir el consumo de vapor en 400 kg por turno de trabajo. Además, se evidenció que las modificaciones realizadas no afectaron al oxígeno disuelto en el agua de alimentación de las calderas ya que se mantiene inferior a 12 ppm, que es el valor máximo exigido por los estándares de la compañía.
- Se realizó 3 estándares operativos como parte del ciclo PDCA para asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas y la estandarización de procesos. Estos estándares se refieren al procedimiento y frecuencia correctos de purga de fondo en los calderos según las recomendaciones del proveedor de químicos para calderos y así evitar pérdidas de energía. Un procedimiento para la realización de análisis de gases con el equipo bacharach PCA400 y un procedimiento para la modulación del caldero 4 en un escenario de producción de una línea de envasado y cocinas.

RECOMENDACIONES

A partir del estudio de la eficiencia energética del sistema de generación de vapor de la planta de Quito de la empresa Cervecería Nacional se obtienen las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda automatizar el ingreso de agua durante los riegos del mosto en el filtro mash y así evitar un consumo adicional en la paila de hervir por un mayor tiempo de cocción. Estos consumos adicionales se cuantificaron en 14000 kg durante 10 días de seguimiento.
- Se recomienda adquirir un instrumento de ultrasonido y capacitar al personal operativo para monitoreo de las trampas de vapor usando este método. La planta dispone de termografía pero este método de inspección es aplicable solamente para trampas termostáticas.
- Se recomienda incluir en el plan de mantenimiento anual de las calderas la calibración de los parámetros de combustión para reducir las pérdidas por calor sensible de los gases de combustión.
- Se recomienda aislar las tuberías identificadas sin aislamiento térmico, reparar los puntos calientes en las paredes frontal y trasera del caldero 4 y corregir las fugas de vapor en el distribuidor y en el caldero 6.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Shields, C.D. (1961). Boilers: types, characteristics, and functions. New York: F.W. Dodge Corp.
- [2] *Energy Usage, GHG Reduction, Efficiency and Load Management Manual*. [Ebook] (pp. 6,7). Retrieved from https://www.brewersassociation.org/attachments/0001/1530/Sustainability_Energy_Manual.pdf
- [3] U.S. Environmental Protection Agency's Climate Protection. (2003). *Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Breweries* (p. 16). Berkeley: University of California.
- [4] Brewers Association of Canada. (2011). *Guide to energy efficiency opportunities in the Canadian Brewing Industry* (p. 1). Ottawa: Natural Resources Canada.
- [5] Jasch, C. (2000). Environmental performance evaluation and indicators. *Journal Of Cleaner Production*, 8(1), 79-88. doi: 10.1016/s0959-6526(99)00235-8
- [6] Nguyen, V., Nguyen, N., Schumacher, B., & Tran, T. (2020). Practical Application of Plan–Do–Check–Act Cycle for Quality Improvement of Sustainable Packaging: A Case Study. *Applied Sciences*, 10(18), 6332. doi: 10.3390/app10186332.
- [7] Fawkes, S., Oung, K., Thorpe, D., 2016. *Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement – An Introduction for Policy Makers*. Copenhagen: UNEP DTU Partnership.
- [8] Bernal, J. (2013) "Ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar): El ciclo de Demin de mejora continua". Recuperado de: pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/
- [9] Martínez, J. U. (2012). "*Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes*". (pp. 71-96) Fundación de la Energía de la comunidad en Madrid, Madrid.
- [10] Owuor, O. (2021). Impact of Lean Manufacturing Practices and Operational Performance of beer brewing Process: a case of study of Kenya Breweries limited. *University Of Nairobi*, 39.
- [11] Vega, S. and Arze, C., 2011. *GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS EN EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS DE VAPOR*. 1st ed. [ebook] Estados Unidos: USAID, pp.10-15. Available at: http://cnpml-honduras.org/wp-content/uploads/docu_tecnicos/OTROS/Guia_Sistemas_de_Vapor.pdf [Accessed 1 March 2022].
- [12] Aristizábal, C., Schäfer, G., & Barrera Zapata, R. (2014). ANÁLISIS DE PÉRDIDAS ENERGÉTICAS Y ECONÓMICAS POR TRANSPORTE DE VAPOR EN TUBERÍAS

- SIN UN ADECUADO AISLAMIENTO TÉRMICO. *Redes de Ingeniería*, 5(1), 17–25.
<https://doi.org/10.14483/2248762X.6358>
- [13] Wong González, Julio César, & Villers Ruiz, María de Lourdes. (2007). Evaluación de combustibles y su disponibilidad en incendios forestales: un estudio en el Parque Nacional La Malinche. *Investigaciones geográficas*, (62), 87-103. Recuperado en 02 de marzo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112007000100006&lng=es&tlng=es.
- [14] Bfs-ind.com. 2022. ZER-O-PAC Deaerating Systems. [online] Available at: <https://bfs-ind.com/wp-content/uploads/2017/06/ZeroPac_Class_T.pdf> [Accessed 6 January 2022].
- [15] Wayne W. Eckerson, *Performance Dashboards: Measuring, Monitoring and Managing Your Business*, Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2006, pp. 294.
- [16] Vázquez, J. and Prieto, M., 2013. *Indicadores de evaluación de la implementación del Lean Manufacturing en la industria*. 1st ed. Valladolid: Universidad de Valladolid, pp.37-38.
- [17] Parmenter, D., 2022. *Key Performance Indicators*. 3rd ed. New Jersey: Wiley, p.7.
- [18] Mitra, A., 2016. *Fundamentals of Quality Control and Improvement*. 4th ed. New Jersey: Wiley, p.126.
- [19] Arums.ac.ir. 2022. *Understanding How to Use The 5-Whys for Root Cause Analysis*. [online] Available at: <<https://www.arums.ac.ir/file/download/page/1564893974-how-to-use-the-5-whys-for-root-cause-analysis.pdf>> [Accessed 8 March 2022].
- [20] Cengel, Y., Perez Castellanos, J. and Enríquez Brito, J., 2007. *Transferencia de calor y masa*. 3rd ed. México: Mcgraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., pp.841-867.
- [21] Tamayo, E. (2014). *Estación de Mediciones Atmosféricas en la Universidad San Francisco de Quito (EMA): Instalación de instrumentación de meteorología física de la estación terrena y evaluación de los tres primeros meses de datos* (pp. 71-74). Universidad San Francisco de Quito. Hall, S. (2012). *Preview View on ScienceDirect*
- [22] *Rules of Thumb for Chemical Engineers* (5th ed., p. 379). Butterworth-Heinemann.
- [23] Cengel, Y., & Boles, M. (2011). *Termodinámica* (7th ed., pp. 907-956). McGraw-Hill.
- [24] Barroto, A., & Rubio, A. (2007). *Combustión y Generación de Vapor* (pp. 65-115). Universo Sur.

- [25] U.S. Department of Energy. (2005). *Steam Pressure Reduction: Opportunities and Issues* (pp. 1-3). Washington: U.S. Department of Energy.
- [26] Speight, J. (2018). Fuels: Oil-Based. *Reference Module In Chemistry, Molecular Sciences And Chemical Engineering*, 104. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409547-2.14561-5>
- [27] Wienese, A. (2001). Boilers, Boiler fuel and Boiler Efficiency. *Sugar Milling Research Institute*, 3. Retrieved 8 March 2022, from <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.381.4927&rep=rep1&type=pdf>.
- [28] Carvill, J. (1993). Thermodynamics and heat transfer. *Mechanical Engineer's Data Handbook*, 102-145. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-051135-1.50008-x>
- [29] Kerzner, H. (2013). *Project management metrics, KPIs, and dashboards* (2nd ed., pp. 117-142). John Wiley & Sons, Inc.
- [30] Hidalgo Diaz, V. H., Palacios Encalada, J. L., & Peña, A. P. (2015). Técnicas de Gestión Energética en Sistemas de Vapor. *Revista Politécnica*, 35(3), 11. Recuperado a partir de https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/348

ANEXO 1

HISTÓRICO DEL SISTEMA DE VAPOR

Fecha	Turno	Cocina Antigua	Secadores	Cocina nueva	Pasteurizador L2	Lavadora L2	Bodega de frío	Línea 1	Deaireador	Caldera 4	Caldera 5	Caldera 6	Caldera 7	Búnker	Biogás 7
01/01/2021	1	0	0	0	3	0	1	0	670	0	722	0	0	24	0
01/01/2021	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
01/01/2021	3	630	11	1533	0	0	0	0	2127	0	20324	0	0	340	0
02/01/2021	1	4671	0	9822	19	2648	2472	0	5670	0	41460	0	0	676	0
02/01/2021	2	5189	0	9123	276	9884	2458	0	4425	0	5484	0	1404	719	173
02/01/2021	3	5753	0	8444	342	9356	2002	0	8929	0	3934	0	2760	712	290
03/01/2021	1	6682	0	11055	407	8600	1641	0	8507	0	5692	0	2254	716	262
03/01/2021	2	5857	0	9722	422	9152	2678	0	6833	0	6876	0	2045	778	206
03/01/2021	3	5868	0	8300	326	8144	718	3006	9334	0	8712	0	2426	655	249
04/01/2021	1	6069	0	11211	322	10756	3170	14344	14664	0	19124	0	3257	1095	369
04/01/2021	2	4618	0	9934	323	9576	2699	8250	10848	0	13056	0	2656	990	311
04/01/2021	3	3340	0	4722	285	7160	1631	8825	7713	0	5914	0	2492	719	286
05/01/2021	1	5624	0	13711	248	8820	2632	9819	6231	0	17968	0	2607	1105	280
05/01/2021	2	6449	0	9833	265	8348	2323	3969	8883	0	8816	0	2308	564	224
05/01/2021	3	4349	0	11045	257	8820	1158	0	5118	0	5206	0	1675	687	191
06/01/2021	1	714	0	4222	254	8572	2201	0	3826	0	19446	0	190	640	0
06/01/2021	2	0	8	11	61	1264	6	0	1237	0	2982	0	53	165	0
06/01/2021	3	2855	34	6600	12	0	613	0	664	0	20748	0	30	515	0
07/01/2021	1	5596	0	11645	25	536	2609	0	5818	0	30996	0	15	547	0
07/01/2021	2	5485	0	12388	167	9016	2923	3250	7907	0	8310	0	0	396	0
07/01/2021	3	5238	0	10812	284	9044	2140	10731	9005	0	7238	26824	0	995	0
08/01/2021	1	3924	0	9277	316	9424	2540	9987	6451	0	762	52272	15	1167	0
08/01/2021	2	3081	0	8645	377	8952	2120	8507	7611	0	1066	46952	501	953	84
08/01/2021	3	5964	0	9033	280	8332	1679	6556	7858	0	2426	48456	233	946	0
09/01/2021	1	3860	0	11934	295	8476	1345	1937	9250	0	0	37064	2831	848	319
09/01/2021	2	3817	0	10011	377	8992	2866	10594	8202	0	1578	48928	2768	936	334
09/01/2021	3	5120	311	8989	224	5644	2236	8819	9434	0	44	42184	4314	892	441
10/01/2021	1	3494	0	9066	157	9360	2033	5987	12048	0	10	40576	3374	691	359
10/01/2021	2	3227	0	9133	226	8832	2143	0	6655	0	80	34112	2827	666	336
10/01/2021	3	3222	0	10367	277	9740	2097	0	7408	0	26	32968	2957	689	302
11/01/2021	1	2281	0	10256	181	9328	2667	0	10809	0	58	32064	2721	721	296
11/01/2021	2	0	177	3266	275	8780	1415	4988	5002	0	56	31376	223	557	16
11/01/2021	3	3230	158	156	283	7976	1961	5594	5290	0	96	38768	1491	746	193
12/01/2021	1	7031	0	12911	164	6308	2794	10356	9888	0	440	46952	2538	1017	264
12/01/2021	2	6004	0	10556	258	9308	2800	10062	10099	0	370	51056	1119	1122	110
12/01/2021	3	4902	0	10711	232	7684	1837	8363	7771	0	50	47416	1570	842	175
13/01/2021	1	5575	0	11989	279	10520	3267	10362	10714	0	38	55216	2251	1041	253
13/01/2021	2	4799	0	10322	294	9056	3196	719	7799	0	218	38888	3074	720	322
13/01/2021	3	3553	0	6422	292	9084	2178	6	5048	0	206	31400	2924	775	322
14/01/2021	1	5839	0	12733	292	10036	2295	0	8626	0	38	40776	2797	667	279
14/01/2021	2	5514	0	9123	206	5064	1575	0	7259	0	508	28376	2538	601	332
14/01/2021	3	6583	0	10122	195	9604	2396	0	4926	0	902	34616	3232	769	321
15/01/2021	1	5540	0	8755	342	9308	2484	950	5391	0	70	34800	3103	677	334
15/01/2021	2	6307	0	10623	396	9420	1978	10682	8734	0	168	51592	3389	971	385
15/01/2021	3	6669	0	18189	326	8676	1263	7893	8597	0	122	46680	4146	931	426
16/01/2021	1	6164	0	344	240	8000	1735	7894	10415	0	54	45968	2845	813	343
16/01/2021	2	6593	0	10244	345	10508	2371	8044	10447	0	118	50840	3566	1001	410
16/01/2021	3	5936	0	8900	353	9396	2513	4206	11104	0	222	42392	2824	827	321
17/01/2021	1	5235	0	8567	274	6276	3111	0	7020	0	274	29144	2007	591	241
17/01/2021	2	6952	0	9967	9	80	3027	0	4767	0	11376	8624	2631	661	286
17/01/2021	3	3089	1	11144	232	8944	63	0	6863	0	18	32320	2021	597	213
18/01/2021	1	929	0	6400	297	9188	478	0	6661	0	8154	17224	1894	602	206
18/01/2021	2	0	0	45	242	9116	1093	31	3946	0	30628	0	1771	514	201
18/01/2021	3	1925	0	0	304	8980	2951	0	2947	0	28348	0	2047	635	203
19/01/2021	1	6448	0	11577	277	9508	2714	0	6325	0	16252	0	2008	852	177
19/01/2021	2	7133	0	9667	268	8404	2182	8694	7195	0	6738	33632	2371	943	272
19/01/2021	3	6923	0	9300	166	5036	2135	6288	5196	0	0	39776	4153	663	430
20/01/2021	1	6671	0	9389	402	9716	2955	6743	6947	0	8	50152	3565	934	390
20/01/2021	2	6854	0	10855	229	6868	2044	8594	7159	0	1182	48200	3356	986	376
20/01/2021	3	6121	0	9089	249	8208	2117	9081	9187	0	1350	45264	2448	796	263
21/01/2021	1	4684	0	11200	355	9912	2284	10000	10869	0	1440	52248	1960	1007	215
21/01/2021	2	6577	0	9089	347	9756	2909	8945	10052	0	2262	52776	2024	959	216
21/01/2021	3	6000	0	10322	344	9476	2860	8880	10281	0	1916	46032	1898	959	197
22/01/2021	1	6508	249	10223	393	9624	2569	2007	9766	0	8	41928	3174	853	354
22/01/2021	2	4273	0	9589	364	9508	647	0	5475	0	0	33872	3581	711	384
22/01/2021	3	4339	0	11200	228	6536	1509	0	7194	0	5010	29272	2507	616	283
23/01/2021	1	5734	0	8855	296	10144	2568	0	6861	0	116	36840	2915	727	334
23/01/2021	2	5828	266	9745	271	9172	3066	0	4731	0	168	36536	2877	815	311
23/01/2021	3	5875	0	7944	272	7848	1921	0	3695	0	148	29600	2578	309	284
24/01/2021	1	5442	0	11478	416	10692	2848	0	4134	0	396	39272	3554	669	395
24/01/2021	2	5030	0	5300	364	9904	2251	0	3542	0	198	34040	3245	673	364
24/01/2021	3	6004	0	9478	41	240	15	0	2103	0	20284	4552	2285	487	245
25/01/2021	1	8197	5	10100	0	0	199	0	1945	0	19826	0	2023	551	230
25/01/2021	2	6892	0	8911	0	0	274	0	3939	0	168	0	2239	446	234
25/01/2021	3	0	0	5789	1	0	583	0	2977	0	0	0	1231	321	105
26/01/2021	1	0	0	977	3	1784	820	0	2084	0	150	2544	138	404	0
26/01/2021	2	5190	0	5412	197	12776	147	43	2373	0	196	39576	340	828	64
26/01/2021	3	7178	0	9500	296	9424	1109	0	4057	0	748	35072	1191	708	142
27/01/2021	1	7804	0	8833	213	7688	2985	3663	5917	0	142	39816	1140	805	149
27/01/2021	2	7955	0	10500	296	9752	2796	7337	5992	0	304	44008	1763	596	205
27/01/2021	3	6730	0	7733	331	9468	3124	10863	5552	0	6152	44024	2847	893	343
28/01/2021	1	7051	0	9078	335	9220	2144	9594	6222	0	130	50024	2494	917	308
28/01/2021	2	5396	0	8267	362	9900	2076	9950	8080	0	48	41240	2806	913	304
28/01/2021	3	7018	0	9333	242	5716	2402	8437	4631	0	74	48256	1420	847	183
29/01/2021	1	7104	0	10367	44	0	2574	11269	3682	0	5370	34408	1847	792	227
29/01/2021	2	7160	0	8100	25	1040	2199	9306	3759	0	3122	21496	1632	718	189
29/01/2021	3	6726	0	10166	125	6960	1605	6181	3514	0	134	40376	2398	779	294
30/01/2021	1	4301	0	8134	3										

30/01/2021	3	4754	0	8644	294	9344	2577	0	5587	0	11270	0	1581	780	142
31/01/2021	1	432	0	4511	364	10680	2503	0	2834	0	28598	0	1679	542	256
31/01/2021	2	0	0	11	326	9548	1808	0	1257	0	29884	0	658	663	72
31/01/2021	3	5992	0	767	276	6616	61	0	1923	0	25262	0	857	813	100
01/02/2021	1	7792	0	13822	29	0	430	0	2611	0	37390	0	47	298	10
01/02/2021	2	4880	0	8534	0	40	538	0	1892	0	27078	0	211	241	50
01/02/2021	3	4431	0	8677	0	0	523	0	7553	0	27676	0	1954	260	216
02/02/2021	1	5711	0	10556	58	4476	1978	6800	3230	0	34744	8	953	401	148
02/02/2021	2	5794	0	10022	260	10472	2562	7482	6046	0	22116	16544	2270	1245	260
02/02/2021	3	4938	0	6722	265	9412	3042	4387	5879	0	22	47104	1672	1168	174
03/02/2021	1	5772	0	7100	349	9628	2588	3988	5121	0	0	48000	2317	864	287
03/02/2021	2	2854	0	10467	319	8760	2283	6218	6233	0	6	49768	660	901	54
03/02/2021	3	8622	0	10500	367	10244	1176	5969	4194	0	4	53456	0	901	0
04/02/2021	1	7985	0	9700	145	3412	1995	8213	3687	0	22	44480	0	536	0
04/02/2021	2	4369	0	9556	192	6960	2985	5993	3947	0	36	45848	0	673	0
04/02/2021	3	8079	0	10877	28	164	1740	6819	2642	0	14	39328	0	638	0
05/02/2021	1	6821	0	9500	249	9096	3087	7838	5816	0	38	51912	0	897	0
05/02/2021	2	6116	256	8711	259	8744	2726	7525	5778	0	0	51168	0	922	0
05/02/2021	3	6401	0	9778	327	9428	986	731	3082	0	62	39128	0	692	0
06/02/2021	1	5027	0	8967	339	9828	221	0	2117	0	160	34392	0	666	0
06/02/2021	2	0	0	855	99	1608	676	0	416	0	10648	3384	0	332	0
06/02/2021	3	0	0	2323	0	144	3	0	4	0	22150	0	0	263	0
07/02/2021	1	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	44	0
07/02/2021	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/02/2021	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/02/2021	1	2	3	2766	43	3600	20	0	2975	0	16058	0	0	419	0
08/02/2021	2	0	0	545	198	11052	1292	0	2373	0	33304	0	147	553	68
08/02/2021	3	0	274	44	271	9088	1328	0	2386	0	25412	0	0	328	0
09/02/2021	1	0	0	356	155	5752	1296	0	2322	0	26266	0	0	463	0
09/02/2021	2	0	0	0	293	9628	1409	0	1603	0	32250	0	0	547	0
09/02/2021	3	2722	0	4644	294	8944	1730	0	3528	0	23150	0	712	704	119
10/02/2021	1	4649	0	11478	55	724	1217	0	4204	0	25202	0	837	546	156
10/02/2021	2	5304	0	9844	0	68	1591	9737	4884	0	28190	0	1337	424	151
10/02/2021	3	6140	0	10667	0	0	2333	7275	7450	0	24146	0	2536	829	265
11/02/2021	1	4000	0	10500	0	0	2147	6326	10047	0	29408	0	1352	711	238
11/02/2021	2	4750	0	8478	15	4464	2218	9087	9229	0	16772	11200	2898	851	278
11/02/2021	3	4798	0	8744	199	7992	638	7375	4978	0	92	43168	2741	758	328
12/02/2021	1	3636	0	9211	284	8896	1330	9431	7239	0	348	45192	2394	876	303
12/02/2021	2	5127	0	11712	277	8676	2641	9675	9115	0	12	52488	2736	948	301
12/02/2021	3	5077	0	10588	318	8916	2580	7269	10343	0	62	47072	2792	919	327
13/02/2021	1	5788	0	8634	308	8816	2176	0	8341	0	14484	4888	1948	750	244
13/02/2021	2	7128	0	10100	292	9148	1795	0	8277	0	17858	0	2408	788	299
13/02/2021	3	6203	0	9978	330	9932	1662	0	9846	0	17756	0	2120	669	216
14/02/2021	1	4371	0	9033	209	6572	2330	0	6875	0	23634	0	1645	841	239
14/02/2021	2	441	0	5922	56	1204	2031	0	2877	0	20946	0	2013	256	234
14/02/2021	3	5	0	2089	19	1592	528	0	1001	0	21186	0	2336	216	294
15/02/2021	1	194	0	111	170	7852	2	0	1654	0	31206	0	1169	568	149
15/02/2021	2	0	0	0	296	11172	140	0	5822	0	25506	0	1746	467	186
15/02/2021	3	0	8	67	257	10156	3083	0	5154	0	40338	0	73	615	0
16/02/2021	1	0	3	0	281	10368	2268	0	2900	0	31658	0	0	550	0
16/02/2021	2	0	0	0	340	10592	1935	9575	6393	0	10886	0	375	705	0
16/02/2021	3	1238	0	1089	287	9916	1976	7437	4565	0	28396	0	58	798	45
17/02/2021	1	4049	0	6966	369	10744	494	8088	7704	0	1992	47888	3433	965	388
17/02/2021	2	5534	0	12300	206	7912	3170	7044	13949	0	0	50704	3300	992	379
17/02/2021	3	5898	0	10345	225	8620	2620	9556	12164	0	24	48456	3014	890	372
18/02/2021	1	6024	0	10222	336	9820	2984	10737	10681	0	434	51352	4126	1015	495
18/02/2021	2	6487	0	9911	344	9820	2724	6400	9763	0	206	48624	3136	964	478
18/02/2021	3	4370	0	10267	296	9204	1191	8082	9891	0	0	46608	5251	831	484
19/02/2021	1	3807	0	10211	213	6504	3064	6937	8297	0	0	43088	4915	847	555
19/02/2021	2	4489	0	10011	372	10348	2363	5556	8408	0	0	48096	3861	941	452
19/02/2021	3	3526	0	5778	340	9520	2059	0	4655	0	0	32776	1929	653	186
20/02/2021	1	6637	0	12255	63	740	2735	0	4061	0	16174	14080	2485	573	337
20/02/2021	2	5085	0	8878	0	0	2165	0	2311	0	25776	0	4378	382	425
20/02/2021	3	6107	0	8789	0	0	277	0	2759	0	25688	0	2512	421	394
21/02/2021	1	7589	0	10933	52	2672	1812	0	6080	0	26228	7320	2476	611	286
21/02/2021	2	1028	0	10945	102	6096	1726	0	7772	0	36	30200	2194	650	248
21/02/2021	3	1257	0	9822	275	9360	565	2632	7963	0	526	30176	1660	609	230
22/02/2021	1	135	0	0	370	11256	1761	11993	7104	0	9768	6024	2598	885	311
22/02/2021	2	371	0	0	286	8568	2920	5163	659	0	24894	0	2271	623	314
22/02/2021	3	0	325	0	219	9352	1201	5550	238	0	33320	0	2749	589	360
23/02/2021	1	6303	0	4978	260	7592	2345	9219	1263	0	7268	40344	2280	901	298
23/02/2021	2	7978	0	11478	345	10080	1777	11156	7326	0	0	56528	2816	809	323
23/02/2021	3	4175	335	9711	260	6928	2609	10112	10579	0	0	44168	2383	831	284
24/02/2021	1	5762	0	6933	268	8900	2491	10182	11120	0	0	47672	1846	992	246
24/02/2021	2	4571	0	10122	284	9252	3029	9337	11384	0	0	40592	2327	885	308
24/02/2021	3	2538	0	9600	285	8696	2292	0	6136	0	1026	31960	569	672	28
25/02/2021	1	4521	0	9323	320	9072	2757	0	8249	0	0	34224	1578	712	240
25/02/2021	2	2153	0	13222	338	10276	2942	0	9562	0	0	44408	2867	582	374
25/02/2021	3	0	0	9622	310	9132	2447	0	5955	0	0	31856	3250	590	375
26/02/2021	1	0	0	9200	342	9876	2649	0	7466	0	8156	27048	3350	711	373
26/02/2021	2	0	2	7944	209	6568	2220	0	3688	0	35362	864	2974	621	385
26/02/2021	3	14708	0	10234	304	9564	1226	6038	6311	0	6972	38824	3394	850	396
27/02/2021	1	6059	0	7200	287	8984	1869	6956	12130	0	0	44572	3345	827	397
27/02/2021	2	6347	0	11155	290	9212	813	3556	3803	0	0	43676	3028	938	374
27/02/2021	3	8760	0	10734	318	9744	2646	4931	7639	0	0	47776	3885	850	439
28/02/2021	1	8696	0	10233	282	8744	1883	9113	11150	0	0	49024	3581	941	451
28/02/2021	2	5928	0	9656	213	6220	250	5775	5143	0	0	40872	3043	752	379
28/02/2021	3	2818	0	12300	1	96	215	19	1714	0	18360	10080	1616	507	210
01/03/2021	1	0	13	22	0	0	444	0	1	0	4328	0	2805	96	351
01/03/2021	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3388	0	668	88	61
01/03/2021	3	1932	30	1978	32</										

02/03/2021	1	5109	0	10900	217	10500	2950	0	4468	0	5804	39632	0	843	0
02/03/2021	2	4893	0	9922	275	9620	3177	1037	8193	0	126	41192	1180	791	197
02/03/2021	3	4873	0	9955	254	9384	2069	0	11005	0	70	36744	3044	725	343
03/03/2021	1	4448	0	10756	311	8368	2171	6588	7839	0	0	44496	3732	861	461
03/03/2021	2	2832	0	8311	285	8960	2493	7168	6247	0	0	45032	3917	867	465
03/03/2021	3	3141	0	9089	327	9816	2965	5757	8048	0	0	44384	4310	902	485
04/03/2021	1	5424	0	10255	353	9952	1887	7181	13788	0	0	50968	3144	1018	395
04/03/2021	2	4288	0	10378	205	5872	1468	9494	10231	0	0	45576	2743	705	353
04/03/2021	3	3809	0	6934	293	9708	1300	8562	10067	0	0	40888	3135	768	380
05/03/2021	1	4144	0	9666	264	8796	2151	8644	11591	0	0	47976	3073	915	364
05/03/2021	2	4648	0	10834	267	18984	2812	2437	12152	0	0	35952	1977	1120	144
05/03/2021	3	3395	2	8144	303	380	2226	0	7805	0	0	25328	1952	657	82
06/03/2021	1	6665	0	9778	205	5508	1459	0	11263	0	0	14272	2324	753	288
06/03/2021	2	5297	0	7766	0	0	1	0	4497	0	0	8048	1349	628	179
06/03/2021	3	2520	0	8778	1	0	145	0	5070	0	0	6040	2588	288	317
07/03/2021	1	2632	0	10067	0	0	425	0	2745	0	0	0	2055	415	279
07/03/2021	2	4714	0	8333	0	0	573	0	4463	0	81972	0	1643	379	164
07/03/2021	3	1855	0	7434	0	0	2584	0	3511	0	24588	0	1188	341	159
08/03/2021	1	1	0	2077	0	0	756	7	32	0	6836	0	1590	122	197
08/03/2021	2	0	40	0	0	0	152	0	347	0	540	0	194	0	42
08/03/2021	3	246	63	345	32	3716	518	6356	2888	0	13590	6952	436	455	89
09/03/2021	1	4311	0	1689	251	11728	2281	8763	1674	0	0	50816	750	905	67
09/03/2021	2	6610	0	14433	274	9344	167	3481	2498	0	0	48112	2501	646	334
09/03/2021	3	7669	0	16122	361	10324	3055	8050	6341	0	0	53120	2761	1086	332
10/03/2021	1	6075	0	10289	315	9520	2895	8406	9848	0	0	46584	4100	890	462
10/03/2021	2	6937	277	10078	323	9820	2339	10206	7887	0	0	47800	3078	964	327
10/03/2021	3	4538	0	11589	322	9576	2220	4819	4856	0	0	42392	3168	870	410
11/03/2021	1	8052	314	7911	314	9560	1393	0	5999	0	0	36128	2395	762	309
11/03/2021	2	6541	0	10266	316	9760	2309	0	8021	0	11286	29208	1892	797	230
11/03/2021	3	3672	0	8978	118	6192	1743	0	8976	0	28908	3512	2880	582	348
12/03/2021	1	6570	0	12267	136	9332	2541	0	8458	0	24	36816	2789	777	349
12/03/2021	2	4759	0	10689	166	9740	1697	0	8147	0	18818	16808	3065	416	366
12/03/2021	3	6992	0	9022	185	10328	1612	0	12080	0	20022	16848	2952	714	375
13/03/2021	1	6591	0	10255	183	11176	410	0	6198	0	36	34528	2301	750	293
13/03/2021	2	6618	0	10211	147	6004	734	0	7068	0	16072	17064	3192	599	359
13/03/2021	3	5639	0	8245	194	9036	463	0	10348	0	13882	16136	2805	659	361
14/03/2021	1	7805	0	8167	222	8872	1496	0	6940	0	19074	15680	2890	683	356
14/03/2021	2	2054	0	6177	292	9252	2065	0	2484	0	16920	14208	978	570	91
14/03/2021	3	1	0	0	251	8604	806	0	1498	0	19902	192	1696	395	250
15/03/2021	1	0	3	2289	248	8300	1784	0	5758	0	23796	0	2452	472	293
15/03/2021	2	347	8	0	328	10256	1044	8319	6608	0	25154	0	2463	557	293
15/03/2021	3	420	8	122	218	6336	2040	8475	8022	0	41776	1280	2330	401	267
16/03/2021	1	2039	0	0	239	8868	2142	6918	6536	0	5870	34128	1956	764	272
16/03/2021	2	1093	0	34	315	9928	2101	10744	3892	0	3706	39144	2525	772	290
16/03/2021	3	7164	0	8278	290	8900	2526	7981	8934	0	8760	43776	2675	959	336
17/03/2021	1	7195	0	11922	325	9264	2709	8669	5072	0	0	51600	3014	950	379
17/03/2021	2	5782	0	10311	300	9312	2736	8725	6842	0	0	48040	3893	853	516
17/03/2021	3	4668	0	8878	277	8468	2331	6425	4624	0	36	41696	3390	904	352
18/03/2021	1	5744	0	8889	215	6056	1294	5975	3458	0	18900	16600	2462	791	298
18/03/2021	2	726	0	5900	35	0	3053	0	892	0	18034	912	403	335	10
18/03/2021	3	0	0	1433	0	0	2540	0	14	0	25392	0	9	328	20
19/03/2021	1	207	0	200	0	0	1340	0	538	0	14960	0	696	238	80
19/03/2021	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/03/2021	3	0	5	3600	44	4576	30	0	0	0	12928	0	37	288	100
20/03/2021	1	5648	3	5800	283	10256	1361	0	3650	0	15570	9960	696	772	144
20/03/2021	2	7145	0	11133	247	9288	2518	0	2782	0	74	38672	959	746	107
20/03/2021	3	5394	5	12878	295	8760	1293	0	3764	0	160	37296	2279	734	281
21/03/2021	1	6748	5	9656	352	9760	2178	6900	7678	0	0	45352	2578	889	316
21/03/2021	2	6575	0	8722	290	9404	2407	7400	10762	0	16	46728	3053	859	340
21/03/2021	3	6766	0	9911	289	8456	2406	7506	9060	0	16	47144	2622	901	332
22/03/2021	1	4504	0	9278	345	9524	3142	9057	7888	0	0	48488	3030	898	386
22/03/2021	2	6840	0	10855	176	5628	2427	9143	5496	0	0	48024	2619	862	323
22/03/2021	3	7325	0	9100	330	10000	2624	8213	9602	0	0	49512	3075	922	364
23/03/2021	1	7605	0	10522	318	9144	2140	7906	9438	0	0	46840	3720	885	446
23/03/2021	2	7575	0	8645	330	9608	1271	1	6030	0	0	33440	2853	710	316
23/03/2021	3	6686	0	10122	304	9584	1210	0	2962	0	5126	30240	732	729	111
24/03/2021	1	285	0	5200	110	2348	561	0	1388	0	10068	7408	1075	273	143
24/03/2021	2	0	0	811	0	40	515	0	960	0	15868	0	1742	42	168
24/03/2021	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/03/2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/03/2021	2	0	27	2334	26	4196	412	0	1198	0	12352	0	0	92	43
25/03/2021	3	2148	21	6744	54	12936	608	0	1330	0	36656	3224	4	714	42
26/03/2021	1	4780	0	12622	79	23016	2564	0	1338	0	15514	24488	4	522	19
26/03/2021	2	5869	0	11078	40	5404	2973	0	6072	0	6938	27616	1465	586	147
26/03/2021	3	3209	757	8767	91	5404	1069	0	3962	0	22000	9184	965	1021	126
27/03/2021	1	6141	0	10922	208	10204	166	0	4946	0	16142	22160	1609	743	195
27/03/2021	2	5664	0	8755	155	8848	1796	0	6236	0	224	29640	1572	748	240
27/03/2021	3	6089	269	9778	170	9696	1558	0	4082	0	500	29880	3184	641	366
28/03/2021	1	6749	0	9889	139	6856	1145	0	3284	0	2060	26248	2815	653	342
28/03/2021	2	7092	0	9922	175	11128	2311	0	8512	0	970	37584	3024	777	354
28/03/2021	3	7368	0	8045	126	8404	958	0	5316	0	740	30320	2153	627	272
29/03/2021	1	7488	0	10433	123	9248	2158	0	3022	0	1222	47640	791	943	49
29/03/2021	2	5189	0	5300	177	9756	2377	15855	1174	0	6514	37264	1	892	239
29/03/2021	3	6120	0	9711	169	8880	2707	5907	14092	0	398	50288	45	651	263
30/03/2021	1	6850	0	10078	173	9344	2263	9737	7046	0	628	52024	0	1020	0
30/03/2021	2	6339	0	7233	118	8340	2469	7025	7908	0	196	46440	0	899	0
30/03/2021	3	4323	0	11311	87	6108	2553	6825	9394	0	13372	33496	0	640	0
31/03/2021	1	3139	0	8934	178	10512	2732	10188	8442	0	3010	47328	0	929	0
31/03/2021	2	5148	0	10244	146	9052	1357	7987	7158	0	2828	46784	0	262	0
31/03/2021	3	5697	0	13556	143										

01/04/2021	2	3749	0	6689	0	0	2189	0	1742	0	19612	800	1605	354	198
01/04/2021	3	407	0	4267	0	0	1990	0	1406	0	22448	0	1677	312	189
02/04/2021	1	0	0	144	0	0	3	0	1208	0	7146	0	1062	120	122
02/04/2021	2	0	0	0	0	0	0	0	440	0	6	0	0	0	0
02/04/2021	3	0	3	1656	22	3116	27	0	2	0	1546	5184	773	170	442
03/04/2021	1	2563	0	477	109	10648	1207	0	5062	0	68	32576	1756	718	182
03/04/2021	2	6675	0	12489	128	6880	2458	15850	8966	0	648	53144	2260	995	247
03/04/2021	3	6674	0	10034	76	6188	2280	9025	9878	0	244	42952	2534	799	292
04/04/2021	1	6099	0	8511	161	8640	2174	5887	8218	0	0	41584	2129	927	253
04/04/2021	2	8492	0	10311	170	9848	1969	9175	8420	0	0	52920	3489	899	430
04/04/2021	3	8288	0	9300	133	9524	3315	5075	5100	0	3562	44944	3760	886	430
05/04/2021	1	7023	0	8922	178	9732	2493	5819	5692	0	293	45032	3012	859	341
05/04/2021	2	4804	0	7967	92	5972	2430	5862	4768	0	10489	27368	3189	725	392
05/04/2021	3	7149	0	10800	132	9208	2491	0	4924	0	24486	19520	2990	744	348
06/04/2021	1	7912	0	10011	161	10096	2464	0	6716	0	7958	31144	3689	744	416
06/04/2021	2	6379	0	8500	136	8980	2056	0	4372	0	418	31984	3097	428	339
06/04/2021	3	6388	0	7922	115	8956	1674	0	6156	0	9920	24984	1521	677	188
07/04/2021	1	5690	0	9145	117	9628	2156	0	4804	0	10370	24424	3533	685	429
07/04/2021	2	4031	0	1622	142	9120	737	0	6260	0	7964	11984	2639	434	297
07/04/2021	3	6268	0	9366	72	4740	1195	0	3770	0	172	28120	949	734	115
08/04/2021	1	6419	0	9434	1	0	952	3150	7368	0	8928	15936	3198	554	372
08/04/2021	2	6270	0	8344	1	0	2036	6113	4834	0	12242	22320	996	691	81
08/04/2021	3	7332	0	8156	0	0	2030	4050	5604	0	10532	22760	1184	672	121
09/04/2021	1	3722	0	7778	0	0	1303	5837	5396	0	20346	11696	1570	611	155
09/04/2021	2	564	0	0	0	0	1159	7450	3364	0	27680	0	2375	506	279
09/04/2021	3	0	0	0	0	0	0	8388	3052	0	27818	0	2296	500	272
10/04/2021	1	0	0	0	0	0	704	9119	1248	0	30326	0	1394	517	193
10/04/2021	2	0	0	0	0	0	0	3706	1028	0	13620	0	1097	265	131
10/04/2021	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	494	0	0	2	0
11/04/2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/04/2021	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/04/2021	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/04/2021	1	0	0	0	20	6464	0	12	646	0	9972	0	0	331	0
12/04/2021	2	0	5	33	42	10724	1419	19	4644	0	23836	0	0	404	0
12/04/2021	3	3931	3	633	55	9940	2487	0	4656	0	19092	20528	57	711	1
13/04/2021	1	7589	293	11967	69	9584	2185	0	7000	0	5472	36136	1227	820	159
13/04/2021	2	7758	0	10711	74	7980	2869	0	4916	0	2458	33032	1334	745	173
13/04/2021	3	7145	0	10189	133	9464	1724	0	9274	0	80	39640	1449	779	167
14/04/2021	1	4903	0	8955	104	8804	2058	0	7580	0	224	28888	1584	645	169
14/04/2021	2	2053	269	8023	127	10000	1740	0	8846	0	4446	24584	2261	641	282
14/04/2021	3	6729	0	6922	90	6780	1392	0	4914	0	9228	25576	2197	669	266
15/04/2021	1	6764	0	8922	98	9868	1478	0	7350	0	10954	25360	3711	704	432
15/04/2021	2	4318	0	8433	123	9232	877	0	4832	0	0	24584	3240	582	381
15/04/2021	3	5807	2	10900	188	9376	818	0	6238	0	0	32568	2621	655	330
16/04/2021	1	5568	0	10245	219	10600	1091	0	7702	0	0	35728	3146	769	381
16/04/2021	2	6844	0	9433	170	9140	2468	7575	11714	0	0	42760	3128	641	349
16/04/2021	3	3591	0	8022	141	9472	838	7869	9516	0	0	38688	2745	609	335
17/04/2021	1	181	0	2700	157	10476	2621	8375	8900	0	23622	14704	3204	741	388
17/04/2021	2	170	19	312	69	7484	2894	10706	7208	0	33454	6472	4059	717	457
17/04/2021	3	0	0	0	34	8572	2506	7538	4364	0	0	21920	2989	669	340
18/04/2021	1	0	0	0	87	13532	238	10275	6660	0	116	928	4967	662	562
18/04/2021	2	1	0	66	50	6264	2190	10118	5552	0	60	6072	4213	640	484
18/04/2021	3	0	0	0	0	0	70	2782	2010	0	0	4240	1190	148	110
19/04/2021	1	42	0	0	22	3216	12	0	828	0	116	0	563	158	276
19/04/2021	2	255	0	1122	51	9924	1258	0	4696	0	0	0	1101	465	117
19/04/2021	3	1175	0	1267	95	9932	2775	0	4888	0	14670	0	0	615	0
20/04/2021	1	6806	0	9889	113	8552	2768	0	5478	0	7672	33312	255	863	0
20/04/2021	2	8144	0	12644	118	8024	2368	43	6974	0	1008	42408	0	580	0
20/04/2021	3	5521	0	7400	162	10036	2491	0	6870	0	1822	37888	0	707	0
21/04/2021	1	6890	0	7678	39	3008	1920	0	4744	0	13680	17344	1111	621	0
21/04/2021	2	9243	0	10434	121	10436	1612	0	5774	0	5058	33888	3281	378	578
21/04/2021	3	4729	0	8400	114	4116	298	0	3636	0	246	22920	2473	489	300
22/04/2021	1	7217	0	9088	166	11932	1123	0	6608	0	2222	40384	2801	759	339
22/04/2021	2	7142	0	9734	144	10692	558	0	6636	0	11494	28528	3115	797	369
22/04/2021	3	6393	0	9922	90	9616	2658	0	8750	0	5062	35432	2655	722	314
23/04/2021	1	6999	0	9811	110	10272	2734	8619	11104	0	3252	48760	2800	945	318
23/04/2021	2	4769	0	7433	144	8664	2786	9775	11032	0	1662	43640	2960	784	342
23/04/2021	3	7960	0	9300	142	8824	2754	5756	13166	0	2794	48560	3746	801	421
24/04/2021	1	7479	0	7845	145	8332	2718	9575	13464	0	4246	44080	4015	929	461
24/04/2021	2	6792	0	7455	153	10320	2033	8332	11952	0	2350	45440	3567	948	430
24/04/2021	3	7723	0	9434	170	9292	2561	8762	11286	0	15318	38512	4611	894	524
25/04/2021	1	6517	0	9766	178	10104	2772	10169	11428	0	18300	34232	4860	952	546
25/04/2021	2	0	0	3278	134	8772	1646	1087	1838	0	20510	5448	1193	522	138
25/04/2021	3	550	0	0	166	10864	1638	0	384	0	10824	0	718	579	51
26/04/2021	1	0	0	0	140	6580	1021	0	4140	0	0	0	2087	325	256
26/04/2021	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1062	0	115
26/04/2021	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/04/2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/04/2021	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/04/2021	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/04/2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/04/2021	2	8	0	1920	14	0	957	5823	2922	0	14064	0	748	430	151
29/04/2021	3	6544	0	8345	107	8732	621	3144	6374	0	354	35712	7722	818	927
30/04/2021	1	7004	0	9966	195	8608	3140	5206	6324	0	998	45648	7722	890	927
30/04/2021	2	8330	628	7578	121	8460	3351	8038	8398	0	590	50280	3381	723	403
30/04/2021	3	4345	0	6456	61	4568	1009	4719	6024	0	10048	21000	3740	690	436
01/05/2021	1	7295	0	12378	147	8524	3367	0	6632	0	15844	26280	3536	744	435
01/05/2021	2	7190	839	9388	152	9980	2854	0	14024	0	24	36344	3539	699	386
01/05/2021	3	6762	0	8323	137	8004	1170	0	10462	0	0	31454	2463	683	335
02/05/2021	1	7649	0	8833	179	9172	32	0	5996	0	10022	23178	2874	727	350
02/05/2021	2	3735	0	9278	142	9708	1684	0	5696	0	282	31080	2555	668	314

02/05/2021	3	0	0	89	114	6848	2794	0	5806	0	22118	808	2979	348	335
03/05/2021	1	854	0	0	157	9120	2444	0	4762	0	23490	0	2323	408	294
03/05/2021	2	501	0	0	26	0	833	0	1956	0	3850	0	664	104	83
03/05/2021	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/05/2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/05/2021	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/05/2021	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/05/2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/05/2021	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/05/2021	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/05/2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/05/2021	2	0	71	3744	15	7112	727	0	0	0	23726	0	0	387	51
06/05/2021	3	975	6	1411	90	9648	1968	0	4652	0	36628	8	1126	604	128
07/05/2021	1	6637	0	7056	138	8424	1251	0	4460	0	19640	22672	710	782	158
07/05/2021	2	8132	0	11755	119	8044	2609	0	7322	0	12498	32312	865	557	131
07/05/2021	3	5558	0	8834	145	9052	2033	0	6978	0	6406	29376	631	720	116
08/05/2021	1	4463	0	9977	183	9600	2592	0	7474	0	12548	28320	1391	756	162
08/05/2021	2	7269	0	8800	162	8860	1024	37	8076	0	2402	33608	3067	878	375
08/05/2021	3	7247	0	9167	128	8396	497	0	5972	0	5194	29656	2780	573	353
09/05/2021	1	6773	0	9222	149	5616	196	0	4882	0	14262	17928	2962	607	368
09/05/2021	2	1451	0	6045	12	0	343	0	1382	0	13496	0	3154	276	374
09/05/2021	3	0	0	22	0	0	316	0	204	0	0	0	3031	0	383
10/05/2021	1	0	0	11	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
10/05/2021	2	0	0	11	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
10/05/2021	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/05/2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/05/2021	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/05/2021	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/05/2021	1	1	0	2189	28	3220	15	0	0	0	8094	0	652	188	157
12/05/2021	2	1688	0	5678	125	12044	787	6356	3642	0	29284	13176	936	917	124
12/05/2021	3	5621	0	7378	153	9068	1858	10250	5164	0	942	52560	1745	995	203
13/05/2021	1	7280	0	11144	164	9264	2492	7888	4740	0	0	51664	1966	929	241
13/05/2021	2	8192	0	8156	155	8744	3162	9075	7872	0	9994	38952	2660	922	297
13/05/2021	3	7280	0	10477	130	6956	2058	7569	6534	0	698	43240	3730	760	437
14/05/2021	1	8083	0	10023	228	11436	2786	9506	7254	0	32	53088	3821	954	453
14/05/2021	2	7410	0	8411	97	5536	2869	10232	7278	0	3126	41528	3909	666	445
14/05/2021	3	7908	0	8644	149	8316	2756	6124	10242	0	996	40160	3109	788	361
15/05/2021	1	5697	0	7411	173	10560	2560	0	4958	0	17044	18552	3395	620	417
15/05/2021	2	7931	0	11322	161	8280	3	0	4648	0	124	33720	2808	712	326
15/05/2021	3	6765	0	7756	182	8644	980	0	6340	0	34	32232	1987	618	250
16/05/2021	1	7821	0	9722	200	10224	2601	0	7646	0	22608	19296	4065	778	477
16/05/2021	2	7428	0	7711	174	8820	299	0	8894	0	14	31208	3456	650	382
16/05/2021	3	7986	0	10089	104	3364	1248	0	4238	0	20198	13216	1976	544	248
17/05/2021	1	1787	2	9322	0	0	342	0	930	0	22656	0	2030	322	231
17/05/2021	2	0	0	0	0	0	245	0	0	0	1620	0	1270	0	142
17/05/2021	3	0	116	1178	23	2604	523	0	2404	0	8976	0	1646	220	221
18/05/2021	1	5289	16	3111	100	8468	2681	0	4574	0	16518	21736	2356	708	303
18/05/2021	2	7897	0	11956	152	10088	2488	0	7442	0	126	46248	0	809	0
18/05/2021	3	8733	0	9222	145	7812	2719	0	1522	0	0	34392	1871	710	181
19/05/2021	1	311	0	10556	192	8836	33	0	0	0	0	37768	1308	747	147
19/05/2021	2	0	0	9900	174	9000	0	0	0	0	0	33536	2867	722	353
19/05/2021	3	25000	0	8289	170	8440	0	0	0	0	0	27664	2340	552	285
20/05/2021	1	0	0	8022	148	8452	0	8838	0	0	0	40832	3312	815	386
20/05/2021	2	7517	0	7578	65	4028	7316	5475	0	0	16488	14824	3513	685	415
20/05/2021	3	6761	0	8755	170	8536	2598	5243	0	0	2534	43248	3298	788	389
21/05/2021	1	8180	0	9422	197	9256	2835	9482	0	0	2714	50328	4464	923	491
21/05/2021	2	7042	0	9167	104	7892	1519	6825	0	0	1502	42792	3644	566	437
21/05/2021	3	7938	0	8267	165	9008	3474	7375	0	0	5888	44960	3787	839	438
22/05/2021	1	7701	0	8000	178	9204	3020	7881	0	0	6848	46840	3601	867	415
22/05/2021	2	5011	0	6222	164	8380	2176	9650	0	0	5678	40312	3578	798	407
22/05/2021	3	9600	0	12700	134	7900	1584	956	0	0	8908	36272	3175	813	378
23/05/2021	1	8209	0	8511	58	5808	2500	0	0	0	12194	18424	2850	614	424
23/05/2021	2	6544	0	9689	84	11800	1603	0	0	0	4788	29528	2763	709	237
23/05/2021	3	0	0	2978	54	8876	2354	0	0	0	27110	0	1104	401	117
24/05/2021	1	388	0	22	40	1900	3101	0	0	0	23482	0	0	367	0
24/05/2021	2	0	0	0	0	0	17	0	0	0	1520	0	0	0	0
24/05/2021	3	1314	16	1155	26	976	12	0	0	0	13024	0	1359	264	206
25/05/2021	1	7505	0	7534	82	7844	457	0	0	0	29570	12152	1328	683	171
25/05/2021	2	6458	0	9455	149	8164	1443	0	0	0	576	31848	1542	546	186
25/05/2021	3	7398	0	6523	134	7540	1414	0	0	0	930	25264	2026	594	238
26/05/2021	1	8118	0	0	0	0	2144	0	0	0	0	0	1902	636	233
26/05/2021	2	10617	0	22677	299	15424	2160	7525	0	0	1184	82912	2370	890	272
26/05/2021	3	5569	0	0	0	292	2096	125	0	0	0	648	2135	880	252
27/05/2021	1	0	0	0	0	0	2613	0	0	0	0	0	3731	784	434
27/05/2021	2	0	0	26100	441	23552	1460	28669	0	0	2580	127792	2458	908	302
27/05/2021	3	0	19	9578	162	8916	2504	5962	0	0	2058	44128	2420	831	260
28/05/2021	1	0	0	10722	175	10388	2779	8813	0	0	890	49088	3350	892	399
28/05/2021	2	0	0	11678	162	8032	2038	7787	0	0	1486	44424	2556	930	309
28/05/2021	3	0	0	10678	178	9060	2746	7557	0	0	1248	48064	2420	853	281
29/05/2021	1	0	0	7200	168	9040	2443	637	0	0	722	31648	1888	678	208
29/05/2021	2	0	0	6400	117	6888	2079	0	0	0	1080	25168	1575	575	186
29/05/2021	3	0	0	2455	125	7768	2322	0	0	0	28150	0	1568	494	172
30/05/2021	1	0	0	0	131	8672	3214	0	0	0	27594	0	3116	490	386
30/05/2021	2	0	0	0	138	9820	1868	0	0	0	18214	0	5168	331	606
30/05/2021	3	0	0	1056	139	7988	737	0	0	0	26622	0	1821	410	238
31/05/2021	1	0	0	0	184	9608	0	0	0	0	20924	0	2971	373	365
31/05/2021	2	0	0	0	161	9112	0	0	0	0	17724	0	2176	286	273
31/05/2021	3	0	0	0	16	124	0	0	0	0	54	0	1235	0	147
01/06/2021	1	0	0	0	16	124	0	0	0	0	54	0	3556	0	450
01/06/2021	2	0	0	1644	1	3528	38	0	36	0	18776	0	2168	298	312
01/06/2021	3	0	0	9445	0	8008	0	0	2666	0	21590	13928	778	761	87

02/06/2021	1	0	0	10367	0	8880	1599	0	7324	0	122	35232	1859	675	211
02/06/2021	2	0	0	9022	0	9704	1669	7644	5756	0	58	44760	2130	501	258
02/06/2021	3	0	0	9255	0	7180	0	5237	5214	0	36	42064	2788	941	330
03/06/2021	1	0	345	10523	0	9020	1719	6638	12582	0	14	47344	3425	917	384
03/06/2021	2	0	0	7533	0	5904	1827	7556	9118	0	54	36792	3781	684	457
03/06/2021	3	0	0	9811	0	9244	0	6431	9264	0	168	42296	3976	966	466
04/06/2021	1	5892	0	11022	0	7816	2545	7694	6506	0	102	40216	3940	848	452
04/06/2021	2	5894	269	11356	0	7412	2148	9588	7516	0	56	40792	5449	633	633
04/06/2021	3	5989	0	6844	0	8200	0	7225	5546	0	58	27224	3702	811	418
05/06/2021	1	3904	0	6811	0	6780	1794	6231	4390	0	334	32672	3069	697	360
05/06/2021	2	8799	0	9078	0	9724	1140	800	2600	0	408	15352	3039	850	348
05/06/2021	3	7331	0	8622	0	7868	0	0	0	0	1072	0	2890	696	341
06/06/2021	1	7455	0	8734	0	7464	1941	1000	0	0	592	0	2114	667	273
06/06/2021	2	7765	0	8800	0	7024	363	1000	0	0	56	0	2414	664	299
06/06/2021	3	6409	0	6133	0	0	0	0	0	0	11598	0	1973	433	245
07/06/2021	1	2301	0	5389	0	0	1	0	0	0	13724	0	1636	288	203
07/06/2021	2	0	0	0	0	0	667	1000	0	0	900	0	1887	67	295
07/06/2021	3	1315	0	2922	1	1740	1	0	2632	0	18754	0	627	647	579
08/06/2021	1	4408	0	22	0	1740	2332	0	3514	0	24818	8992	0	1178	77
08/06/2021	2	7737	14	13345	0	19488	2590	0	3346	0	36	26576	0	763	43
08/06/2021	3	7790	0	6700	0	8552	0	0	2	0	1378	0	37	759	0
09/06/2021	1	7574	0	8055	0	9808	1795	7337	2	0	1896	0	8	944	0
09/06/2021	2	4663	0	6667	0	7388	646	7500	5534	0	110	13320	1492	745	208
09/06/2021	3	5208	0	5767	0	4168	0	7757	6546	0	22	15032	1648	704	193
10/06/2021	1	7597	0	10877	0	7324	1950	9625	502	0	7366	0	1787	1052	199
10/06/2021	2	10303	0	6978	0	5080	2770	8750	0	0	3216	0	1468	890	156
10/06/2021	3	7207	0	5211	0	5864	0	7656	0	0	2496	0	1050	786	133
11/06/2021	1	8566	0	8934	0	9056	2178	9175	3646	0	1996	40112	1155	991	105
11/06/2021	2	8302	0	7088	0	8248	2720	8731	2956	0	2310	48464	441	972	0
11/06/2021	3	6424	0	9812	10	6188	10	5563	2326	0	6458	41424	433	796	0
12/06/2021	1	9844	0	9577	32	9640	265	0	3130	0	5046	38048	451	819	0
12/06/2021	2	8616	0	8011	19	8364	1612	0	2276	0	7016	10704	0	840	0
12/06/2021	3	6863	0	4956	15	7708	15	0	2544	0	1674	0	837	640	2
13/06/2021	1	8158	0	6400	31	8236	749	0	3148	0	6502	0	0	657	0
13/06/2021	2	7067	0	7911	36	0	1979	0	3290	0	36716	0	0	543	0
13/06/2021	3	0	0	3711	30	6828	30	0	1410	0	23802	0	1424	420	0
14/06/2021	1	0	0	0	33	7936	524	0	1632	0	32086	0	0	496	0
14/06/2021	2	0	10	378	22	5944	1177	0	2428	0	33292	0	0	684	0
14/06/2021	3	17132	0	4744	31	9344	31	0	4224	0	18324	0	0	849	0
15/06/2021	1	0	0	8545	32	9276	2351	0	3942	0	2908	0	0	748	2
15/06/2021	2	17132	0	8033	30	8120	2649	8350	6068	0	790	15824	0	1003	0
15/06/2021	3	7000	0	9211	29	8704	29	7544	4488	0	2042	44016	0	897	0
16/06/2021	1	0	0	10734	12	0	2030	7731	3234	0	1160	36456	0	732	2
16/06/2021	2	7000	0	12377	37	9432	1254	8331	3896	0	4706	54048	0	1000	0
16/06/2021	3	7000	0	6200	24	8448	24	9213	3696	0	2898	44840	0	823	0
17/06/2021	1	0	0	6645	34	8448	1932	7675	3748	0	2844	43928	0	914	0
17/06/2021	2	7000	0	10622	38	9232	2888	9131	4760	0	5462	56496	0	1040	0
17/06/2021	3	7000	0	9511	28	7712	28	6894	4712	0	3184	47904	1149	883	57
18/06/2021	1	0	251	8156	31	8016	2146	4650	5602	0	3078	44168	0	842	0
18/06/2021	2	7000	0	8155	29	9120	2069	0	3296	0	540	36496	0	759	0
18/06/2021	3	7000	0	8556	38	7880	38	0	3000	0	228	32744	0	639	0
19/06/2021	1	0	0	67	20	7216	2102	0	326	0	2	880	0	566	0
19/06/2021	2	7000	198	12255	16	9936	1245	0	0	0	404	19696	0	860	0
19/06/2021	3	7000	0	6478	15	8952	15	0	184	0	1778	18512	0	538	0
20/06/2021	1	0	0	33	16	9156	2705	0	1496	0	29092	0	0	513	0
20/06/2021	2	7000	0	0	18	4804	0	0	1442	0	20566	18512	0	368	0
20/06/2021	3	7000	0	0	32	4864	32	0	1646	0	15900	0	0	0	0
21/06/2021	1	0	0	1300	23	1276	0	0	234	0	9482	0	0	415	0
21/06/2021	2	7000	0	0	39	12400	0	0	2564	0	4280	0	0	360	0
21/06/2021	3	7000	8	2256	18	5948	18	0	1044	0	0	0	0	444	0
22/06/2021	1	0	8	7233	38	10196	1735	7281	1514	0	6452	19784	0	964	0
22/06/2021	2	7000	0	9945	42	10076	2334	9181	2950	0	6556	51848	0	981	0
22/06/2021	3	7000	0	7933	23	9584	23	10563	8458	0	5124	49752	890	884	126
23/06/2021	1	0	0	10189	29	10880	2294	9481	8250	0	4924	54616	2024	1092	244
23/06/2021	2	7000	0	9222	33	6232	2135	10106	2914	0	6696	31416	1828	733	207
23/06/2021	3	7000	0	8589	22	12124	22	4225	3602	0	7200	35224	1624	863	182
24/06/2021	1	17427	0	9600	34	10940	1498	0	4296	0	4158	42632	1761	555	217
24/06/2021	2	8606	0	7678	24	7608	1065	0	5084	0	1296	32664	1808	530	167
24/06/2021	3	7969	0	5244	26	9144	26	0	2604	0	2138	33832	256	429	0
25/06/2021	1	9099	0	9767	33	9452	2349	0	5922	0	3690	37624	1684	949	222
25/06/2021	2	6546	0	7744	39	9864	968	0	7784	0	1332	32736	2433	626	281
25/06/2021	3	8407	0	7700	25	9264	25	0	6572	0	1592	34752	1857	714	218
26/06/2021	1	6573	0	7456	35	5960	1898	0	5052	0	5096	24960	2212	579	276
26/06/2021	2	8336	0	8189	9	276	1391	0	1772	0	30640	1592	2962	567	367
26/06/2021	3	7349	0	7022	26	8532	26	0	2710	0	6400	23048	2028	626	233
27/06/2021	1	7627	0	8155	31	9652	2074	0	3930	0	4260	35984	2513	731	322
27/06/2021	2	8910	0	7723	24	8104	778	7644	3706	0	6654	40888	2852	826	345
27/06/2021	3	8163	0	9311	30	9176	30	6256	6346	0	4974	45808	2512	949	283
28/06/2021	1	2010	0	6055	32	9824	1830	6963	7436	0	14994	27088	2539	801	316
28/06/2021	2	0	0	1256	29	9152	2188	7493	9344	0	45724	640	2898	787	337
28/06/2021	3	0	0	155	31	7640	31	9625	10714	0	40260	520	2514	631	305
29/06/2021	1	0	0	0	42	7088	1316	11088	7108	0	35716	0	2347	562	320
29/06/2021	2	0	0	0	50	10456	2158	10069	7140	0	39574	0	2839	587	356
29/06/2021	3	1	0	34	35	7928	35	5668	804	0	44090	0	918	468	86
30/06/2021	1	5249	0	4000	28	8444	654	3625	4564	0	16760	25936	2057	585	205
30/06/2021	2	7282	0	6255	25	9424	2439	4619	10848	0	158	41648	3890	724	463
30/06/2021	3	6911	0	7545	26	8372	26	8388	6318	0	568	44096	4076	863	485
01/07/2021	1	8646	0	6966	28	5924	1852	9518	5626	0	184	46384	3578	812	418
01/07/2021	2	8387	0	7889	17	0	1510	6082	7492	0	8740	25272	2553	777	252
01/07/2021	3	7418	0	8423	9	0	9	0	3366	0	33856	912	352	399	16
02/07/2021	1	8036	0	6855	16	0	2068	0	1524	0	20094	6504	433	526	0

01/08/2021	3	0	0	0	5	2968	5	0	0	0	5066	0	0	96,6	0
02/08/2021	1	0	0	1667	84	11136	0	0	0	0	6706	0	9	477	23
02/08/2021	2	4625	18	1288	95	8076	8589	0	1884	0	22	0	0	626	0
02/08/2021	3	6102	0	13434	65	9092	65	0	4578	55031	124	0	105	803	0
03/08/2021	1	5994	0	7955	90	7460	1755	0	2692	37049	926	0	0	713	0
03/08/2021	2	6641	0	9467	71	8624	41	0	3350	23592	1096	13848	0	691	0
03/08/2021	3	6339	11	7556	99	8640	99	0	4164	1298	3608	36760	0	742	0
04/08/2021	1	7387	0	9777	139	9492	989	0	3698	0	7442	37848	0	744	0
04/08/2021	2	9297	0	9267	103	6980	1528	0	3726	0	6628	36984	0	786	0
04/08/2021	3	4583	0	8856	0	0	0	0	2416	0	23018	3776	0	465	0
05/08/2021	1	8025	335	7444	1	0	1052	0	112	0	38610	0	0	518	0
05/08/2021	2	7708	32	11244	0	0	1824	25	6	15296	20860	0	0	650	0
05/08/2021	3	1035	10	512	0	0	0	0	6	9800	168	0	0	243	0
06/08/2021	1	9102	0	11911	0	0	0	0	2628	40221	88	0	1000	438	152
06/08/2021	2	7103	0	8977	0	0	1124	0	602	31796	78	0	0	423	0
06/08/2021	3	3829	0	10478	12	3688	12	0	28	32326	28	0	0	555	0
07/08/2021	1	269	0	0	36	12764	2957	0	6	35954	24	0	321	619	32
07/08/2021	2	0	0	67	84	7460	1894	8063	130	44535	0	0	0	720	0
07/08/2021	3	0	0	0	124	8516	124	5850	538	40908	0	0	577	632	105
08/08/2021	1	0	338	0	142	10564	1550	9375	3038	43029	0	0	1384	678	160
08/08/2021	2	0	0	0	107	9252	1784	8650	3690	42261	0	0	1139	680	153
08/08/2021	3	0	0	0	102	9052	102	8337	1160	40808	0	0	925	663	102
09/08/2021	1	0	8	0	130	9164	2125	12019	134	43046	0	0	783	673	71
09/08/2021	2	2290	0	989	106	6920	1718	10819	258	45328	4	0	847	769	80
09/08/2021	3	6868	3	6022	119	9952	119	10412	5562	26217	6620	27896	1910	985	183
10/08/2021	1	7657	0	9333	140	9396	2399	6257	6978	0	708	46360	1973	904	257
10/08/2021	2	7870	0	9211	112	9060	492	0	2790	0	1560	35824	2106	742	253
10/08/2021	3	7254	0	9689	115	9628	115	0	4218	0	768	37208	2637	700	300
11/08/2021	1	8022	0	8689	133	9284	653	0	3898	0	2484	34384	2242	699	267
11/08/2021	2	8453	0	10122	113	6592	1974	0	4124	8784	1798	28688	1373	454	139
11/08/2021	3	8621	0	9723	0	0	0	0	2158	35528	78	0	55	484	0
12/08/2021	1	5045	0	5277	0	0	2060	0	2502	24154	44	0	25	465	0
12/08/2021	2	8033	0	13278	0	0	2050	0	2372	41352	78	0	0	683	0
12/08/2021	3	8492	0	9922	0	0	0	0	1478	33793	44	0	0	494	0
13/08/2021	1	7360	0	9600	11	4260	247	4062	4824	21904	586	17888	620	736	117
13/08/2021	2	3932	0	8878	50	9644	615	10144	8830	5623	1756	38008	2674	575	292
13/08/2021	3	3308	0	11000	94	9164	94	6112	9232	101	276	45856	2112	910	255
14/08/2021	1	7458	0	8634	94	9172	1768	10650	11650	1013	1600	47816	2276	960	271
14/08/2021	2	6415	0	7522	63	8792	2220	8938	5858	214	1312	45888	2193	906	287
14/08/2021	3	5037	0	8389	77	7912	77	9869	7662	0	292	46264	2839	824	320
15/08/2021	1	6014	0	9700	137	9580	2170	10143	8626	668	684	49152	2542	1019	297
15/08/2021	2	8156	0	8677	105	8272	1666	9919	8722	477	590	47400	2827	983	346
15/08/2021	3	4266	0	8123	79	6040	79	4613	6336	4502	276	33408	2694	658	348
16/08/2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2426	0	256
16/08/2021	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1453	0	0	0	0	0
16/08/2021	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17/08/2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17/08/2021	2	0	0	33	1	0	1282	0	0	0	0	0	0	112	0
17/08/2021	3	1042	10	7489	21	6516	21	0	228	32571	0	0	0	606	0
18/08/2021	1	3304	0	322	44	9936	2248	0	274	38584	0	0	0	676	0
18/08/2021	2	8410	3	9745	58	3568	1852	0	850	16280	0	13760	0	679	0
18/08/2021	3	8694	0	15166	165	12600	165	406	824	40059	0	21720	0	774	0
19/08/2021	1	8647	0	9300	113	8664	2876	406	3232	15516	0	33944	259	925	89
19/08/2021	2	7968	0	9534	101	9332	1155	16693	6802	0	0	47648	1936	532	193
19/08/2021	3	4813	13	6411	61	6200	61	6944	3120	217	0	33088	511	783	40
20/08/2021	1	5926	0	5933	92	8296	2669	10694	9900	0	0	43808	1722	882	225
20/08/2021	2	7961	0	10633	80	6552	2420	9044	9842	0	0	47048	1713	820	224
20/08/2021	3	7609	0	11645	106	9064	106	8543	10404	0	0	50240	2598	936	290
21/08/2021	1	7784	0	14044	126	9696	2667	9982	9854	0	0	53280	1896	1072	228
21/08/2021	2	7886	0	10789	113	10188	2601	10337	7940	0	0	55184	1051	1042	132
21/08/2021	3	7936	0	11422	94	10068	94	10656	5892	0	0	55792	239	991	0
22/08/2021	1	4910	0	9334	82	9512	1850	163	3984	0	0	35592	0	743	0
22/08/2021	2	4691	0	10222	94	10572	2086	0	4578	0	0	39528	0	802	0
22/08/2021	3	4247	274	10700	73	5292	73	0	3674	9071	0	27864	0	772	0
23/08/2021	1	7519	0	11044	8	2332	2184	0	3250	38656	0	0	0	523	0
23/08/2021	2	2325	0	7367	45	6520	1748	0	2188	40243	0	0	856	704	107
23/08/2021	3	0	0	9111	95	9208	95	0	2204	40827	0	0	2102	674	248
24/08/2021	1	20889	0	12156	121	9636	667	0	4138	51448	0	360	2286	739	293
24/08/2021	2	9082	0	8444	101	9600	2852	0	2708	44040	0	0	2163	724	272
24/08/2021	3	5372	301	7811	103	9036	103	4056	3146	38792	0	5368	1690	798	175
25/08/2021	1	7396	0	11345	117	9856	1726	10156	8690	1500	0	52864	2736	1007	336
25/08/2021	2	3447	0	8666	76	9828	1072	9725	7924	0	0	43064	2620	804	333
25/08/2021	3	7429	0	8767	72	8920	72	8988	6380	0	0	47856	2843	910	343
26/08/2021	1	7694	0	11867	110	7912	1575	9144	7294	0	0	47936	2319	938	296
26/08/2021	2	7794	0	10500	118	10096	2685	7562	7404	0	0	51136	2487	991	285
26/08/2021	3	8467	0	6544	109	9032	109	0	2588	30794	0	9000	1309	824	129
27/08/2021	1	7202	0	5922	108	8652	1679	0	2560	4319	0	28968	158	688	1
27/08/2021	2	7865	0	8100	124	10576	1925	0	3228	368	0	41256	155	916	51
27/08/2021	3	8439	21	8489	104	9296	104	0	3662	0	0	38016	1970	634	235
28/08/2021	1	8353	6	6234	90	7292	2172	0	1364	24455	6706	9696	1323	750	194
28/08/2021	2	6779	0	8166	61	9384	2122	0	996	39732	1158	0	0	874	0
28/08/2021	3	4614	0	6322	78	9328	78	0	0	36511	0	0	496	662	6
29/08/2021	1	3138	0	6067	129	10172	2450	6663	12	44493	2394	0	10	906	0
29/08/2021	2	5652	0	9833	99	10492	2288	8918	10	24076	7298	26579	0	954	0
29/08/2021	3	6193	0	6034	86	8720	86	7257	2	234	0	39485	0	876	0
30/08/2021	1	8598	0	6178	81	5760	2534	6700	1952	2228	1280	43896	83	836	6
30/08/2021	2	8756	0	9222	110	9700	1924	10168	5326	515	0	55864	0	1016	0
30/08/2021	3	6980	0	5855	76	8612	76	8957	5526	0	0	49296	0	894	0
31/08/2021	1	7339	0	5889	121	10836	1782	9906	5690	0	0	53112	0	942	0
31/08/2021	2	5886	0	8134	90	9320	2413	7337	5342	0	0	47224	0	830	0
31/08/2021	3	1111	0	4000	61	7492	61	3619	1746	34449	0	6168	1045	662	171

01/09/2021	1	550	0	0	75	7208	2048	0	1560	31061	0	0	1608	602	204
01/09/2021	2	4188	0	5522	3	1744	1277	0	2322	32238	0	0	1511	532	61
01/09/2021	3	3348	0	8033	61	11812	61	0	7452	42478	0	0	1269	681	227
02/09/2021	1	3899	0	4267	92	10828	1557	0	6620	33768	0	0	2242	716	262
02/09/2021	2	7073	0	10255	84	11368	829	0	6728	45577	0	0	1570	692	186
02/09/2021	3	8032	0	5689	54	6956	54	4500	5128	28896	0	9592	1607	808	182
03/09/2021	1	9233	0	9045	81	7408	2673	7481	5834	1735	0	50992	0	808	0
03/09/2021	2	4982	0	8939	81	9400	2490	9997	4024	0	0	47184	0	855	0
03/09/2021	3	7390	0	5516	102	9752	102	9997	4442	0	0	52288	0	973	33
04/09/2021	1	8712	0	6122	70	7800	1231	8625	4074	0	0	46776	0	935	0
04/09/2021	2	5376	0	5523	73	7472	2355	8756	3310	0	0	41840	868	846	0
04/09/2021	3	6134	0	8233	85	9584	85	7356	4340	6	0	40040	0	946	0
05/09/2021	1	8585	0	10333	104	9288	2267	0	4320	21319	0	15424	1321	867	227
05/09/2021	2	7790	0	6811	106	10364	237	19	4084	41393	0	0	2048	725	241
05/09/2021	3	7060	0	5578	78	9844	78	0	4312	40313	0	0	1967	713	218
06/09/2021	1	6076	0	6100	86	7440	2833	0	4194	40032	0	0	1848	666	240
06/09/2021	2	1	264	2934	1	0	1225	0	512	10274	0	0	717	156	65
06/09/2021	3	595	36	688	5	1264	5	0	590	7443	0	0	271	186	174
07/09/2021	1	620	0	45	43	9080	695	0	7854	35412	0	0	2716	606	331
07/09/2021	2	9932	0	11555	74	11264	757	6719	10958	19233	0	28920	2866	1009	355
07/09/2021	3	6896	0	7745	81	9112	81	9687	10832	0	0	47736	2763	821	337
08/09/2021	1	4746	0	10444	93	8712	2386	5744	10548	0	0	31944	2595	1080	323
08/09/2021	2	3976	0	4867	102	9736	1983	6437	9856	0	0	31472	2752	672	348
08/09/2021	3	7732	0	11156	96	9664	96	7794	10516	0	0	33368	3042	984	359
09/09/2021	1	5494	0	8644	105	9536	2751	7781	9596	0	0	34592	2336	925	295
09/09/2021	2	8441	280	11556	70	7324	2760	9650	11656	0	0	31240	3026	767	368
09/09/2021	3	7959	0	6722	68	9812	68	4050	9920	0	0	19392	2684	834	332
10/09/2021	1	8043	0	8166	72	10392	1726	0	8510	958	0	21848	2609	849	315
10/09/2021	2	7075	0	5345	80	10692	1448	0	7666	5435	0	19128	2461	763	302
10/09/2021	3	6961	0	6900	78	9856	78	0	7302	19592	0	12912	2535	676	317
11/09/2021	1	0	0	3755	90	8680	1833	0	6444	257	0	24296	2513	644	286
11/09/2021	2	0	0	9712	89	8768	2065	0	7140	7098	0	19928	2137	790	278
11/09/2021	3	22219	0	6744	104	10632	104	0	7016	38072	0	6368	2812	805	322
12/09/2021	1	9095	0	7100	67	5392	1206	0	6438	39042	0	800	2372	613	286
12/09/2021	2	8729	0	6222	0	0	1534	0	4016	28099	0	0	2021	562	265
12/09/2021	3	5541	0	7789	0	0	0	0	2860	27000	0	0	1753	425	169
13/09/2021	1	0	24	2322	0	0	701	6919	1846	15624	0	0	1909	331	258
13/09/2021	2	2228	0	123	5	2532	267	5725	1646	27202	0	5880	1264	598	141
13/09/2021	3	7028	0	15077	48	8852	48	4619	7186	179	0	51520	2307	930	260
14/09/2021	1	0	0	9189	81	10584	0	10175	10602	0	0	54744	1948	994	246
14/09/2021	2	9732	0	3945	86	9500	4850	7931	5686	0	0	38432	1985	749	208
14/09/2021	3	2576	0	6977	80	9412	80	6938	8562	0	0	43584	1409	795	187
15/09/2021	1	9504	0	7467	132	10812	2703	10862	9982	0	0	60680	2485	1028	289
15/09/2021	2	6617	0	8056	95	9308	2476	3325	6762	1	0	40672	2475	897	308
15/09/2021	3	6655	0	7866	79	9216	79	0	7106	37644	0	3584	2764	744	333
16/09/2021	1	5037	0	7011	80	6748	2755	0	7464	38929	0	0	2722	616	332
16/09/2021	2	6952	0	5612	69	9876	2100	0	8082	41489	0	0	1891	744	215
16/09/2021	3	5516	0	7833	63	9572	63	0	7990	42233	0	0	2085	602	248
17/09/2021	1	6631	0	5578	55	8968	1712	0	9034	40836	0	0	2094	722	251
17/09/2021	2	6986	0	8889	57	9324	1669	0	9038	45262	0	0	2331	592	282
17/09/2021	3	7731	0	6600	70	8912	70	0	10702	41107	0	0	3028	638	356
18/09/2021	1	7123	0	5988	73	9636	1898	0	6642	41808	0	0	2722	711	338
18/09/2021	2	5102	0	4912	54	7128	2301	6650	7942	23000	0	16864	2442	788	285
18/09/2021	3	6617	0	9211	95	11224	95	7631	9172	0	0	49584	1955	946	247
19/09/2021	1	5730	0	6522	114	10512	1697	8975	6534	0	0	50032	2274	918	276
19/09/2021	2	7788	0	9567	57	6828	2395	9794	9434	78	0	47616	2227	1023	228
19/09/2021	3	4799	0	5655	83	9696	83	8338	9490	33	6	31472	2369	826	279
20/09/2021	1	6013	0	6533	105	9076	2471	9287	10508	0	0	40456	2245	894	266
20/09/2021	2	7202	0	6234	82	8540	2046	6563	11424	11	0	42160	2073	862	256
20/09/2021	3	5455	34	6266	97	9216	97	3112	11858	18355	0	24552	2180	825	277
21/09/2021	1	10533	93	5745	108	9888	928	0	7328	50127	0	1376	2662	759	302
21/09/2021	2	7702	0	9922	81	9648	1853	0	6742	49857	0	0	2574	453	300
21/09/2021	3	1836	0	4500	65	5324	65	0	3818	30437	0	0	1451	489	169
22/09/2021	1	0	2	500	0	0	2538	0	2	18051	0	0	0	212	0
22/09/2021	2	0	0	456	5	676	31	0	0	2575	0	8	0	127	0
22/09/2021	3	994	27	2655	49	8268	49	5381	4806	28868	0	11040	839	685	119
23/09/2021	1	9468	0	8722	92	11316	2706	10707	9798	0	0	56768	2505	1077	295
23/09/2021	2	7899	285	9056	75	10356	2138	8675	10046	3372	0	48080	2768	604	328
23/09/2021	3	8764	0	8244	81	9644	81	7243	9936	1159	0	47136	2518	952	294
24/09/2021	1	8748	0	6278	97	9492	2808	8550	9298	0	0	47640	2626	955	321
24/09/2021	2	9539	0	8611	101	9900	2183	9400	9702	0	0	49712	2762	696	328
24/09/2021	3	5125	0	8934	82	8984	82	8438	8492	0	0	46416	2358	852	278
25/09/2021	1	6196	0	6877	70	6780	2360	8319	8056	0	0	43208	2353	857	280
25/09/2021	2	8007	0	6623	63	8432	2370	8343	8698	22	0	47072	2940	821	357
25/09/2021	3	8648	0	9155	74	10688	74	557	8490	31106	0	14264	2771	867	313
26/09/2021	1	6675	0	7156	72	7832	2466	0	4770	41490	0	0	2513	691	300
26/09/2021	2	9027	2	8600	82	9788	2293	0	5628	50291	0	0	1841	725	210
26/09/2021	3	9687	0	6566	73	8904	73	0	6870	47798	0	0	2386	727	283
27/09/2021	1	9533	0	6567	88	9120	1954	0	7282	45781	0	0	2956	706	362
27/09/2021	2	5174	0	6783,5	64	8520	1783,5	0	7541	38919,5	0	0	2405,5	685	278,5
27/09/2021	3	5174	0	6783,5	64	8520	64	0	7541	38919,5	0	0	2405,5	543	278
28/09/2021	1	5641	0	4822	87	8968	2549	6006	9252	25050	0	19224	2021	829	240
28/09/2021	2	7937	0	10044	91	10408	1709	7756	9646	0	0	50560	2218	1002	266
28/09/2021	3	7588	0	8067	73	8320	73	9425	10628	0	0	36320	2504	932	303
29/09/2021	1	8445	0	7722	82	9828	2382	9431	9500	0	0	51080	2288	1055	291
29/09/2021	2	5145	0	8667	61	9444	3120	9588	10998	0	0	49864	2968	884	304
29/09/2021	3	4901	0	7444	41	5768	41	7887	10632	0	0	38224	1980	776	279
30/09/2021	1	8967	0	6067	85	9568	2338	9569	11950	0	4	51000	2473	990	334
30/09/2021	2	6250	0	8267	82	9832	2081	9569	8618	0	0	51816	2520	978	312
30/09/2021	3														

01/10/2021	2	7999	0	6811	78	10488	1958	0	3466	52397	0	0	2305	778	273
01/10/2021	3	7336	6	7311	78	9292	78	0	1730	41291	0	0	2284	682	285
02/10/2021	1	9454	0	10300	61	8072	2271	0	2664	48563	0	0	3052	749	283
02/10/2021	2	8165	0	7411	84	10668	311	0	2986	46193	0	0	2711	770	430
02/10/2021	3	7851	0	6400	76	10624	76	0	1456	43604	0	0	2277	660	293
03/10/2021	1	9331	0	8189	73	6360	2076	0	2240	44117	6	0	2516	703	302
03/10/2021	2	7823	0	5766	79	8332	1782	19	2770	42295	0	0	2192	686	270
03/10/2021	3	7729	0	9589	6	0	6	0	1872	33465	0	0	997	556	106
04/10/2021	1	4260	0	8411	0	0	2212	8062	406	42185	0	0	219	522	40
04/10/2021	2	0	0	0	5	2312	2259	8407	1770	36650	0	0	1455	663,08	227
04/10/2021	3	3434	0	0	53	11316	53	9281	2780	6743	0	24816	1915	940	190
05/10/2021	1	7951	0	9767	82	10820	1480	10544	3512	0	0	51968	1568	1008	187
05/10/2021	2	6928	0	8156	60	12744	2375	8381	3808	0	0	51520	1868	664	239
05/10/2021	3	6469	2	6255	68	10012	68	10356	3400	0	0	48336	2936	842	338
06/10/2021	1	8942	0	8545	83	9608	2900	10644	4782	0	0	51496	2732	1031	335
06/10/2021	2	8921	24	5055	65	10284	2484	8656	3852	0	0	50192	2380	604	299
06/10/2021	3	9164	0	7534	48	6196	48	8444	2330	0	0	48368	2074	905	254
07/10/2021	1	4703	5	6388	86	10924	2169	0	1362	30550	0	5992	1864	739	237
07/10/2021	2	8906	0	12545	53	9808	1798	0	2664	50701	0	0	2522	789	285
07/10/2021	3	9556	0	8511	52	10460	52	0	2714	50103	0	0	2901	665	333
08/10/2021	1	7822	0	9344	81	10092	793	0	2526	51956	0	0	2803	799	346
08/10/2021	2	8236	6	7312	67	9836	1193	0	2004	47940	0	0	2783	577	334
08/10/2021	3	8844	0	9144	73	11296	73	0	2314	51864	0	0	1368	640	179
09/10/2021	1	8692	0	7178	51	5916	2526	0	1934	39036	0	0	2167	680	238
09/10/2021	2	5398	0	10922	68	10484	2297	0	2182	38051	0	0	1437	673	180
09/10/2021	3	7866	2	11744	79	9716	79	0	3084	55569	0	0	1838	753	207
10/10/2021	1	8180	0	7345	79	11800	2196	0	2876	44519	0	0	2213	725	276
10/10/2021	2	6216	0	6789	84	10448	1602	0	2678	45493	0	0	2123	751	249
10/10/2021	3	9002	0	6278	64	8988	64	0	3398	48846	0	0	1947	713	226
11/10/2021	1	7794	0	6511	30	3984	645	0	2312	34504	0	0	1458	573	188
11/10/2021	2	20	0	3300	13	8	2823	8812	1302	26851	0	0	1512	430	170
11/10/2021	3	0	0	933	9	3620	9	9269	2300	38523	0	0	1687	672	187
12/10/2021	1	9594	0	6600	18	2692	1710	3938	3444	54611	0	0	1833	631	229
12/10/2021	2	2918	0	5900	7	2756	15	5962	496	26134	0	2384	927	767	101
12/10/2021	3	7540	0	8500	49	10140	49	9281	176	2830	0	46424	79	913	0
13/10/2021	1	9104	0	7111	73	9772	1955	8094	2934	0	0	51560	1093	966	152
13/10/2021	2	8038	0	7389	58	10820	2755	10175	2562	0	0	52760	0	991	54
13/10/2021	3	9046	0	8122	57	11420	57	9069	2896	0	0	54192	0	998	0
14/10/2021	1	9890	0	6856	56	10192	2959	11969	3766	0	0	57168	0	1048	0
14/10/2021	2	6774	0	8100	65	10692	2266	7568	2304	0	0	51440	0	818	0
14/10/2021	3	9466	0	10911	58	9092	58	10250	3002	0	0	55544	0	1000	0
15/10/2021	1	8516	0	8067	64	10696	2047	11600	2826	0	0	52912	0	1051	0
15/10/2021	2	8886	0	6577	59	10764	2539	9213	3172	0	0	46960	0	944	0
15/10/2021	3	8328	0	6934	52	8908	52	10569	3228	0	0	43512	0	981	0
16/10/2021	1	5674	0	6989	54	12000	2270	11312	2996	0	0	47104	0	918	0
16/10/2021	2	9400	37	11422	62	9020	3117	12481	2918	0	0	61160	0	1054	0
16/10/2021	3	8624	0	7100	68	10284	68	10932	1726	0	0	53712	0	1017	0
17/10/2021	1	7654	0	6289	52	7508	1635	693	570	17871	0	8096	0	803	0
17/10/2021	2	9524	0	7613	49	10172	1208	0	4	47106	0	0	0	731	0
17/10/2021	3	7598	0	8787	47	12936	47	0	348	45246	0	0	0	735	0
18/10/2021	1	1458	0	5855	55	8268	177	0	34	28425	0	0	0	571	0
18/10/2021	2	0	0	611	1	0	1031	0	120	21445	0	0	0	304	0
18/10/2021	3	310	0	0	0	0	0	0	312	17141	0	0	0	189	0
19/10/2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/10/2021	2	1408	37	256	1	96	1597	0	2	0	0	0	0	489	0
19/10/2021	3	5300	0	7733	18	8308	18	15632	1350	0	0	28992	1154	947	95
20/10/2021	1	5030	0	9345	73	12472	2237	11968	3930	0	0	56392	2614	1066	339
20/10/2021	2	12384	3	8189	47	11396	3318	10057	3920	0	0	51184	2897	647	309
20/10/2021	3	7576	425	7622	57	10764	57	9600	3092	0	0	51936	0	1050	0
21/10/2021	1	8438	0	7433	62	10480	1629	10125	3026	0	0	51504	3944	976	472
21/10/2021	2	5478	0	5978	40	4940	1590	9787	3328	0	0	39096	1689	511	221
21/10/2021	3	5458	0	8722	74	10952	74	7975	2936	0	0	51992	1869	943	239
22/10/2021	1	4754	0	9945	79	12264	2607	2288	2394	0	0	43144	1615	869	197
22/10/2021	2	6398	390	8866	74	10872	2836	11043	3714	0	0	52456	2191	793	220
22/10/2021	3	7968	0	6345	63	10780	63	11450	2774	0	0	46376	1453	979	200
23/10/2021	1	5624	0	8433	78	8996	1696	8675	2334	0	0	45696	1955	986	240
23/10/2021	2	8922	0	7656	37	6732	2593	9332	2870	0	0	41328	2517	929	298
23/10/2021	3	8482	0	5688	66	10104	66	9881	2442	0	0	42896	2368	970	296
24/10/2021	1	8690	0	9956	72	9800	2046	10037	3524	0	0	48768	2232	1035	266
24/10/2021	2	7542	0	6611	56	10704	1839	7107	3336	0	0	46432	2067	975	246
24/10/2021	3	5512	0	6556	52	9136	52	0	2234	38884	0	4400	2342	788	250
25/10/2021	1	0	0	9244	48	10024	2035	0	3994	45069	0	0	2337	774	291
25/10/2021	2	16578	0	5178	19	3740	609	0	2506	29616	0	0	2463	482	322
25/10/2021	3	2256	0	4633	35	7024	35	0	1004	22556	0	0	2279	447	299
26/10/2021	1	3262	0	5456	57	9640	2715	0	3628	35455	0	0	2551	689	275
26/10/2021	2	6614	56	10933	43	10952	1713	0	2732	49796	0	0	1593	904	221
26/10/2021	3	6824	0	5622	41	11908	41	0	2218	39616	0	0	2315	652	241
27/10/2021	1	7448	0	7089	46	10904	2542	0	3016	45717	0	0	2286	738	290
27/10/2021	2	6980	69	7978	35	9872	2460	0	2502	40677	0	0	4049	728	232
27/10/2021	3	4820	8	5344	28	5152	28	43	2168	28421	0	0	622	526	299
28/10/2021	1	6090	0	5712	43	7372	495	0	2928	32542	0	0	2139	621	250
28/10/2021	2	6906	77	8011	55	10096	1424	0	2456	44481	0	0	1345	786	156
28/10/2021	3	6662	0	9044	46	8920	46	0	2862	40954	0	40	1992	715	219
29/10/2021	1	5038	0	6933	56	9136	1929	7125	3540	6252	0	20288	2290	839	304
29/10/2021	2	4126	0	6578	56	10140	1998	2982	2786	0	0	41376	2446	791	275
29/10/2021	3	7236	0	8645	62	11600	62	9581	5644	0	0	49632	2835	985	331
30/10/2021	1	8002	0	6700	82	11060	2484	9631	6104	0	0	53192	3323	956	413
30/10/2021	2	4544	0	6144	49	7348	2779	8444	4000	0	0	42176	2595	822	333
30/10/2021	3	8228	0	8756	50	7748	50	9156	3302	0	0	51312	2193	928	277
31/10/2021	1	8784	0	8322	76	10824	1433	11163	3008	0	0	56456	2362	1022	299
31/10/2021	2														

31/10/2021	3	7860	0	5500	62	9128	62	11050	4336	0	0	50592	1354	950	151
01/11/2021	1	9146	0	6755	73	10412	2084	7775	4992	0	0	51424	2224	943	296
01/11/2021	2	7198	0	6489	55	9556	2110	2663	3270	7882	0	34900	2702	727	292
01/11/2021	3	5176	0	6100	58	8824	58	0	3272	38330	0	1812	2860	661	329
02/11/2021	1	810	0	3811	8	0	2626	0	1588	21641	0	0	2048	292	260
02/11/2021	2	204	0	1345	0	0	1409	0	330	17530	0	0	1994	-91	241
02/11/2021	3	2698	74	833	35	12116	35	0	3600	36004	0	0	2427	634	276
03/11/2021	1	6670	0	10178	41	10884	198	0	4050	48691	0	0	2134	799	258
03/11/2021	2	7394	295	7022	40	9268	1051	6	3178	43236	0	0	2082	436	263
03/11/2021	3	7854	0	9489	45	9240	45	0	2344	45770	0	0	1831	747	233
04/11/2021	1	7144	0	6300	59	9064	2478	31	3750	24231	0	16936	2367	779	261
04/11/2021	2	7832	26	8600	54	10156	2379	10544	2496	10275	0	47152	2440	759	308
04/11/2021	3	6190	0	6600	61	9896	61	8850	1356	4409	0	48216	2624	814	320
05/11/2021	1	8498	0	5289	51	6288	2312	6569	2382	1144	0	41544	2437	901	298
05/11/2021	2	8288	0	7178	45	9296	549	10600	3600	309	0	48784	3052	606	345
05/11/2021	3	9246	69	6922	44	10536	44	10794	3660	178	0	54624	2382	970	304
06/11/2021	1	7886	0	5511	62	7876	2498	10725	3260	161	0	47896	2472	988	272
06/11/2021	2	5550	0	4845	58	9496	2173	8081	2710	275	0	50336	2005	863	250
06/11/2021	3	5148	0	3855	37	9184	37	7281	1492	13	0	36248	2313	755	290
07/11/2021	1	8284	0	3989	49	9508	2062	0	1124	23647	0	14960	2054	760	253
07/11/2021	2	6882	0	4889	31	8604	1918	0	1058	7286	0	22104	2306	652	278
07/11/2021	3	9130	0	5366	39	7480	39	0	1356	138	0	31424	2480	617	293
08/11/2021	1	5246	0	5578	65	10912	1261	0	1208	217	0	33728	2349	658	303
08/11/2021	2	4108	0	5245	46	10240	0	0	892	128	0	28016	2007	653	233
08/11/2021	3	0	0	4655	49	8884	49	6494	1798	292	0	32056	1818	626	183
09/11/2021	1	390	0	0	52	9148	3191	8544	3210	709	0	40304	1333	801	176
09/11/2021	2	2566	0	45	42	8684	2023	10493	4938	211	0	46728	1571	907	156
09/11/2021	3	6632	0	9455	53	9856	53	10482	3690	1631	0	52944	1404	1035	221
10/11/2021	1	5358	0	7122	61	9420	2176	10412	3868	804	0	46976	2281	916	272
10/11/2021	2	6248	0	11400	60	9600	2932	11531	4662	1829	0	51592	2715	750	318
10/11/2021	3	4274	0	7389	55	9172	55	10107	3082	3965	0	42608	1316	912	166
11/11/2021	1	7886	0	5911	47	8248	2082	11806	2916	0	0	47632	2140	961	0
11/11/2021	2	5550	0	6178	62	9732	2414	350	1796	0	0	39664	3456	960	166
11/11/2021	3	5148	0	5567	55	8720	55	0	1806	4865	0	27424	5000	612	611
12/11/2021	1	8284	0	5555	53	10684	1661	0	2250	5608	2	32976	1458	800	139
12/11/2021	2	5550	0	5967	58	10944	1238	0	2386	27962	-2	10624	1058	751	141
12/11/2021	3	5148	0	4667	53	11052	53	0	2454	33243	0	2520	1944	702	215
13/11/2021	1	5096	0	8944	62	11148	1595	0	1508	730	0	37752	1047	734	36
13/11/2021	2	7596	0	6178	42	9284	2939	0	1788	5203	0	31288	1145	728	250
13/11/2021	3	5130	0	5344	12	5188	12	0	494	29667	0	0	1386	526	194
14/11/2021	1	5084	0	6934	52	10176	1689	0	1594	33551	0	6200	1975	733	213
14/11/2021	2	6138	0	5644	52	9468	2077	0	1524	31074	0	8304	845	721	85
14/11/2021	3	8794	0	8311	46	8932	46	0	1762	15507	0	24968	1294	709	133
15/11/2021	1	8332	0	6278	58	10044	2057	0	1950	1439	0	34816	1507	751	150
15/11/2021	2	8058	0	5633	57	9428	2364	8081	2154	14132	0	34552	1188	923	144
15/11/2021	3	7418	0	7801	29	5108	29	3500	1338	0	0	38128	1864	698	221
16/11/2021	1	868	0	1999	20	12232	2763	10356	2054	0	0	43160	2253	792	277
16/11/2021	2	7496	0	6378	55	10212	1817	8763	3144	0	0	54704	0	1009	0
16/11/2021	3	8452	0	5878	54	9716	54	9181	3162	20	0	51816	3293	997	342
17/11/2021	1	6790	0	6900	61	9940	881	8644	2706	0	0	49456	2052	947	244
17/11/2021	2	5280	0	6500	50	8220	2480	8556	3374	0	0	46096	2363	896	281
17/11/2021	3	4768	0	5867	37	7008	37	7950	3092	0	0	41896	2567	828	295
18/11/2021	1	8324	0	6833	50	7912	2860	9438	3544	0	0	49008	2560	904	314
18/11/2021	2	6598	0	5555	51	9552	832	0	2646	21117	0	25208	4937	775	258
18/11/2021	3	6168	0	6145	41	10496	41	0	2060	6188	0	24984	4937	679	306
19/11/2021	1	9964	0	6555	54	10152	2008	0	888	3852	0	37520	620	856	79
19/11/2021	2	7790	401	4912	33	6100	2170	0	1018	30603	0	4728	0	335	0
19/11/2021	3	8970	401	5522	50	9364	50	0	2486	24395	0	14408	2592	696	320
20/11/2021	1	6064	0	5400	53	8416	51	0	1534	27890	0	6184	2153	697	270
20/11/2021	2	6990	789	5633	52	9172	684	0	2032	26264	0	10896	1577	720	174
20/11/2021	3	5214	0	3589	45	8676	45	0	1534	19854	0	10864	1953	613	263
21/11/2021	1	8336	0	8644	60	9652	1943	0	1322	21612	0	21976	1146	694	115
21/11/2021	2	8616	5289	5567	49	8736	2822	0	2262	19978	0	19608	1557	841	201
21/11/2021	3	5966	0	5600	48	12116	48	9087	2806	24930	0	24952	1450	878	180
22/11/2021	1	5438	0	9100	65	10896	2028	9175	2062	431	0	51872	2374	978	313
22/11/2021	2	7204	789	5100	56	11120	912	10056	1874	115	0	50528	2434	920	297
22/11/2021	3	7096	0	4889	44	8940	44	10563	1846	3205	0	46712	2310	908	280
23/11/2021	1	4956	0	7156	60	8924	2500	8775	2272	478	0	48440	2076	927	248
23/11/2021	2	708	0	144	42	7924	1288	9825	1794	25583	0	8832	2314	454	274
23/11/2021	3	5420	148	1456	61	10808	61	9000	3742	12655	0	40896	2370	848	270
24/11/2021	1	8828	24	9800	45	7548	2184	9650	3402	1579	0	53192	2570	1202	322
24/11/2021	2	9174	15	8800	32	5484	2723	8094	2904	809	0	50232	2882	768	346
24/11/2021	3	6546	0	7455	49	8100	49	8987	3024	686	0	49088	1884	931	214
25/11/2021	1	0	50	5945	60	9396	2849	8206	3180	1194	0	50352	2275	875	281
25/11/2021	2	0	0	8044	44	11040	1784	9844	3426	705	0	54176	2372	1219	279
25/11/2021	3	22560	0	5900	47	9032	47	7963	3274	470	0	48056	1808	934	218
26/11/2021	1	5970	50	5178	66	11772	2250	0	1818	25910	0	16904	1691	828	205
26/11/2021	2	6813	0	6811	41	7820	1931	28	1802	13597	0	22764	2101	720	249,5
26/11/2021	3	6813	0	6811	41	7820	41	28	1802	13597	0	22764	2101	639	249
27/11/2021	1	9174	53	9689	58	9728	2515	0	2312	1781	0	41656	2075	804	257
27/11/2021	2	8400	0	6400	48	9448	2457	0	2304	0	0	39800	2029	859	241
27/11/2021	3	8176	0	6722	47	9088	47	0	2032	1702	0	36584	2085	697	254
28/11/2021	1	8836	53	6611	64	10320	1860	8050	2742	42	0	50624	2334	943	294
28/11/2021	2	5756	0	6611	54	8552	1407	7069	2350	0	0	46272	2413	909	296
28/11/2021	3	8934	0	9511	28	6924	28	9143	2948	0	0	52688	2608	920	312
29/11/2021	1	8434	53	6156	49	10768	1744	5225	2782	0	0	50392	2165	928	257
29/11/2021	2	7198	0	5622	44	10000	2846	10213	2864	6	0	50512	2093	983	253
29/11/2021	3	2398	0	4689	49	10424	49	10069	2450	7	0	40184	2725	845	343
30/1															

01/12/2021	1	4560	0	7800	48	5020	1282	0	1814	183	0	27648	2233	569	288
01/12/2021	2	5522	0	7878	2	0	2339	0	674	18434	0	5656	1690	518	212
01/12/2021	3	7776	0	8067	24	11892	24	0	2900	4919	0	36536	2748	796	324
02/12/2021	1	8906	0	6966	58	11312	2321	4262	2842	530	0	45504	2241	867	258
02/12/2021	2	6720	0	6078	53	10436	2026	6956	2136	0	0	48736	2325	935	334
02/12/2021	3	7588	0	6689	43	9440	43	9519	2200	0	0	54656	2869	948	321
03/12/2021	1	7936	208	6978	54	10180	2852	9475	3062	0	0	54768	2606	1028	318
03/12/2021	2	7266	185	6144	45	10284	1778	7788	2520	0	0	53992	2201	758	271
03/12/2021	3	7260	0	5745	37	8248	37	3718	2182	0	0	43336	2202	780	261
04/12/2021	1	7760	0	6911	50	10192	774	0	2016	0	0	39872	514	777	34
04/12/2021	2	7646	280	7178	42	9636	2294	0	2236	0	0	40550	170	808	0
04/12/2021	3	5734	0	4377	48	11372	48	0	1894	0	0	37570	0	706	0
05/12/2021	1	5008	0	8489	45	8448	2393	0	2200	0	0	36248	0	727	0
05/12/2021	2	3272	0	7056	44	9432	1976	0	2090	0	0	33616	0	713	0
05/12/2021	3	6770	2	8478	48	10000	48	0	2564	4405	0	38864	0	831	0
06/12/2021	1	5526	0	10588	55	10132	1743	0	2364	32	0	40768	0	831	0
06/12/2021	2	6484	0	8045	18	2980	1333	0	1728	16838	0	15488	0	605	0
06/12/2021	3	6670	0	6889	0	0	0	19	1468	29720	0	0	521	575	0
07/12/2021	1	1170	0	3600	0	0	2380	0	826	20380	0	0	0	312	0
07/12/2021	2	1498	0	1800	0	92	619	8856	88	33553	0	0	219	330	82
07/12/2021	3	2254	0	2033	19	7684	19	5919	2464	2018	0	38112	1588	731	179
08/12/2021	1	4210	0	10767	46	9572	244	7950	3116	0	0	52680	1051	963	155
08/12/2021	2	2106	35	3244	20	4856	1028	3988	1910	0	0	27576	1044	573	100
08/12/2021	3	3824	0	10645	42	10484	42	9150	3020	0	0	51640	1471	939	157
09/12/2021	1	5582	0	7811	61	11416	2650	9112	3210	0	0	55192	1523	1083	194
09/12/2021	2	6984	0	6922	46	10044	2485	7994	3060	0	0	52072	1905	521	215
09/12/2021	3	7516	0	6922	34	9720	34	3506	2916	0	0	45248	2121	968	244
10/12/2021	1	7080	0	7067	49	12196	1771	7606	5018	0	0	51416	2510	857	314
10/12/2021	2	4976	0	6300	33	6644	2623	9663	3650	0	0	43192	2243	705	264
10/12/2021	3	7012	0	13944	53	11504	53	7656	770	0	0	58968	2245	1150	287
11/12/2021	1	8236	0	7367	58	10676	2394	9519	6786	0	0	55968	2031	1049	270
11/12/2021	2	8036	0	5800	48	10884	2360	5612	3006	0	0	51592	2090	942	257
11/12/2021	3	7154	0	7533	48	10204	48	0	2258	0	0	40328	2258	885	482
12/12/2021	1	8414	0	7289	57	12920	1798	0	2942	0	0	44792	2136	756	71
12/12/2021	2	8566	0	5678	56	12688	2526	0	2606	0	0	43952	2864	801	354
12/12/2021	3	3484	5	5389	27	4764	27	0	1802	3750	0	19464	2711	630	340
13/12/2021	1	4778	0	8855	1	0	2393	0	1904	29423	0	0	2205	602	286
13/12/2021	2	6690	0	6689	1	2368	2066	0	2796	33276	0	0	2553	522	293
13/12/2021	3	5456	0	8689	37	10564	37	3569	4050	27869	0	18784	3145	877	389
14/12/2021	1	0	0	6189	53	10100	441	5950	4620	0	0	46232	2451	944	320
14/12/2021	2	0	0	7889	58	11548	1403	11488	4024	0	0	57704	1922	1030	239
14/12/2021	3	0	0	7122	45	8792	45	8850	3038	0	0	44448	1971	842	243
15/12/2021	1	0	5	8211	60	12500	2031	8400	4462	521	0	59752	2371	1217	282
15/12/2021	2	0	0	6634	44	10788	1992	9793	3098	509	0	53224	2225	986	280
15/12/2021	3	6254	0	6322	43	10268	43	9513	3818	0	0	51080	2325	972	284
16/12/2021	1	4710	0	6589	57	10872	3034	10825	4316	0	0	53208	2866	977	357
16/12/2021	2	5494	0	6044	36	7520	2044	6937	3454	73	0	43168	2733	936	346
16/12/2021	3	6070	0	7667	48	11976	48	3775	2638	0	0	46904	2486	896	316
17/12/2021	1	3506	0	4455	43	7220	319	0	1942	5102	0	19904	2410	569	296
17/12/2021	2	7604	0	10323	3	0	1084	0	3288	31962	0	0	2332	615	273
17/12/2021	3	6316	0	5533	0	0	0	0	3114	27085	0	0	1834	490	224
18/12/2021	1	7232	0	7456	31	11172	1693	0	3926	12002	0	30488	1702	795	220
18/12/2021	2	6874	304	6366	54	11692	2140	0	3166	555	0	41240	2118	820	267
18/12/2021	3	8068	0	6222	41	9816	41	0	2780	0	0	39872	2393	682	294
19/12/2021	1	7780	0	6378	53	10084	1628	0	2964	0	0	39160	2845	829	364
19/12/2021	2	4404	304	6956	47	11396	1013	0	2198	11419	0	26312	2710	729	352
19/12/2021	3	6666	0	6822	40	0	40	0	2624	22554	0	19992	2797	727	341
20/12/2021	1	3960	0	6111	53	11700	351	0	2228	197	0	33696	2653	716	331
20/12/2021	2	5842	353	5511	31	8020	1873	0	2664	17711	0	16936	2753	589	336
20/12/2021	3	8074	0	7267	42	8564	42	0	3310	1916	0	37760	2344	862	307
21/12/2021	1	5302	0	5989	52	10352	2381	12538	3190	192	0	53680	2716	1000	346
21/12/2021	2	814	0	1711	46	10672	2982	10519	2354	0	0	44544	3111	831	383
21/12/2021	3	5196	0	378	41	9580	41	10000	3040	13584	0	30328	2727	951	342
22/12/2021	1	7588	0	8344	49	11852	1634	7531	4182	1156	0	48528	2268	1074	293
22/12/2021	2	7766	0	5167	39	10340	1438	9312	3396	395	0	43488	2472	652	315
22/12/2021	3	6728	0	5344	40	11480	40	6913	2700	331	0	39288	2566	888	327
23/12/2021	1	7102	0	5856	35	7412	2224	10612	3152	73	0	38664	2479	923	308
23/12/2021	2	6322	0	6189	1	0	2939	5507	2726	478	0	33232	2514	502	310
23/12/2021	3	4074	0	5066	28	8768	28	10456	3054	9907	0	31440	2386	927	289
24/12/2021	1	4788	0	7600	52	11840	3062	12131	3174	19	0	40928	2266	980	283
24/12/2021	2	4822	0	8345	35	10176	1352	6381	2422	1912	0	34888	2309	983	276
24/12/2021	3	4168	0	4966	29	8732	29	9932	2570	40	0	31912	2189	820	268
25/12/2021	1	7894	0	7778	0	0	3020	256	2258	26252	0	2520	2815	600	347
25/12/2021	2	6468	0	4867	30	10940	2543	0	2768	15858	0	20360	2725	713	341
25/12/2021	3	8040	0	5789	41	11928	41	0	2576	0	0	36792	2667	774	325
26/12/2021	1	6600	0	5622	50	11248	850	5550	2908	0	0	39104	2655	824	329
26/12/2021	2	6546	0	7722	37	9652	714	8606	3420	0	0	50960	2203	965	269
26/12/2021	3	4962	0	3434	38	9548	38	9994	2676	0	0	44552	2008	843	240
27/12/2021	1	5822	5	8988	50	9676	3143	9906	3552	0	0	54872	2303	991	289
27/12/2021	2	5174	0	6912	12	3200	1548	0	1182	14138	0	13872	2325	584	274
27/12/2021	3	3940	5	7244	42	9820	42	11119	2398	215	0	48480	2120	890	271
28/12/2021	1	2342	0	10600	44	9632	1284	11000	2206	2336	0	46144	2009	975	249
28/12/2021	2	6920	0	5267	42	10444	2109	9150	2726	93	0	51632	1746	1033	199
28/12/2021	3	9724	0	8566	40	11236	40	10506	2704	1545	0	58104	2328	1111	241
29/12/2021	1	8608	0	6089	50	11264	2168	10756	2678	5692	0	48864	1943	983	276
29/12/2021	2	8370	0	6667	46	11936	2066	10044	2888	28	0	55752	2682	1063	339
29/12/2021	3	9056	0	6611	48	12608	48	0	2676	0	0	57184	2945	1028	355
30/12/2021	1	8618	0	6622	36	6864	2981	17663	2520	0	0	46832	2132	872	277
30/12/2021	2	7512	0	5811	43	10732	2670	12000	3370	0	0	5			

31/12/2021	2	1156	0	1878	37	7940	2692	10206	1448	17952	0	24552	3039	787	278
31/12/2021	3	0	0	22	2	0	2	4787	0	17327	0	0	863	313	181

ANEXO 2

INFORME DE ANÁLISIS DE PODER CALORÍFICO DEL BÚNKER



simetric

INFORME DE RESULTADOS N° S2021-Preliminar

FECHA: 2021-09-08
CLIENTE: Cervecería Nacional
DIRECCIÓN: Av. Francisco de Orellana
Cumbayá

ORDEN: SN
PRODUCTO: Bunker
ID CLIENTE: Muestra 1
CANTIDAD: 500ml
PROCEDENCIA: Planta Cumbayá
MUESTREO POR: Cliente

RECIBIDO: 2021-09-01
ANALIZADO: 2021-09-03
COMPLETADO: 2021-09-07

ENSAYO REALIZADO	METODO	RESULTADO	UNIDAD
Poder calórico superior	ASTM D240	43,545	MJ/kg
Poder calórico superior	Cálculo	41,775	MJ/l
Poder calórico inferior	ASTM D287	40,890	MJ/kg
Poder calórico inferior	Cálculo	39,230	MJ/l

Fin de los resultados analíticos

Los resultados mostrados en este informe de ensayos específicamente se refieren a la muestra(s) analizada según se ha recibido a menos que se indique lo contrario. El presente informe no podrá ser reproducido parcialmente o en su totalidad sin la aprobación escrita de Simetric. Para parámetros reportados por cálculo, se consideró un valor referencial de densidad equivalente a 0,9577 kg/l. El presente informe es un documento preliminar, el documento final se emitirá una vez finalizada la orden de servicio.

Firma autorizada



Firmado electrónicamente por:
**FRANKLIN
EDISON TERAN
ZUMBA**

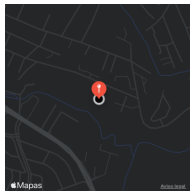
Franklin Terán
Responsable de Calidad

ANEXO 3

ANÁLISIS DE GASES DE LAS CALDERAS

CLIENTE | Cervecería Nacional

EQUIPO | Caldero 4



Tipo de equipo: Caldero Pirotubular

Ubicación:

Número de permiso:

COMENTARIOS DEL OPERADOR

1-Llama baja, modulación 20%, consumo de búnker: 86 gls/hr.
 2-Llama baja, modulación 10%, consumo de búnker: 78 gls/hr.
 3-Llama baja, modulación 0%, consumo de búnker: 75 gls/hr.
 4-Llama baja, modulación 0%, consumo de búnker: 65 gls/hr.
 5-Llama baja, modulación 0%, consumo de búnker: 55 gls/hr.
 6-Llama baja, modulación 0%, consumo de búnker: 45 gls/hr.
 7-Llama media, modulación 50%, consumo de búnker: 101 gls/hr.
 8-Llama alta, modulación 75%, consumo de búnker: 115 gls/hr.
 9-Llama alta, modulación 75%, consumo de búnker: 120 gls/hr.

número de serie: 21093215

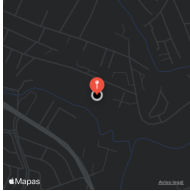
Combustible: Oil 6

Test		1	2	3	4	5
Fecha		10/04/2021	10/04/2021	10/04/2021	10/04/2021	10/04/2021
Hora		17:45:09	17:47:40	17:48:46	17:50:18	17:51:36
diluido		No	No	No	No	No
T-STK	°C	198	195	194	191	189
T-AIR	°C	25.2	26.1	26.5	27.0	27.3
EA	%	104.7	101.3	105.8	138.8	180.1
Eff	%	82.9	83.4	83.3	81.8	79.8
O ₂	%	11.0	10.9	11.1	12.5	13.8
CO ₂	%	7.8	7.9	7.7	6.6	5.6
CO	ppm	13	13	15	38	123
SO ₂	ppm	482	508	506	454	409
NO	ppm	164	163	160	142	122
NO _x	ppm	189	187	184	163	140
Flow	LPM	0.45	0.46	0.46	0.46	0.45

Test		6	7	8	9
Fecha		10/04/2021	10/04/2021	10/04/2021	10/04/2021
Hora		17:52:53	17:54:14	17:55:47	17:57:24
diluido		No	No	No	No
T-STK	°C	185	203	209	213
T-AIR	°C	27.7	28.0	28.4	28.7
EA	%	247.0	98.5	81.9	80.2
Eff	%	76.6	83.2	83.7	83.6
O ₂	%	15.2	10.7	9.8	9.6
CO ₂	%	4.5	8.0	8.8	8.9
CO	ppm	401	20	11	9
SO ₂	ppm	400	561	635	652
NO	ppm	96	174	192	197
NO _x	ppm	110	200	221	226
Flow	LPM	0.45	0.46	0.46	0.46

CLIENTE | Cervecería Nacional

EQUIPO | Caldero 6



Tipo de equipo: Caldero Acuotubular

Ubicación:

Número de permiso:

COMENTARIOS DEL OPERADOR

1-Llama media
 2-Llama Alta, set point 90 psi.
 3-Llama baja, set point 80 psi.

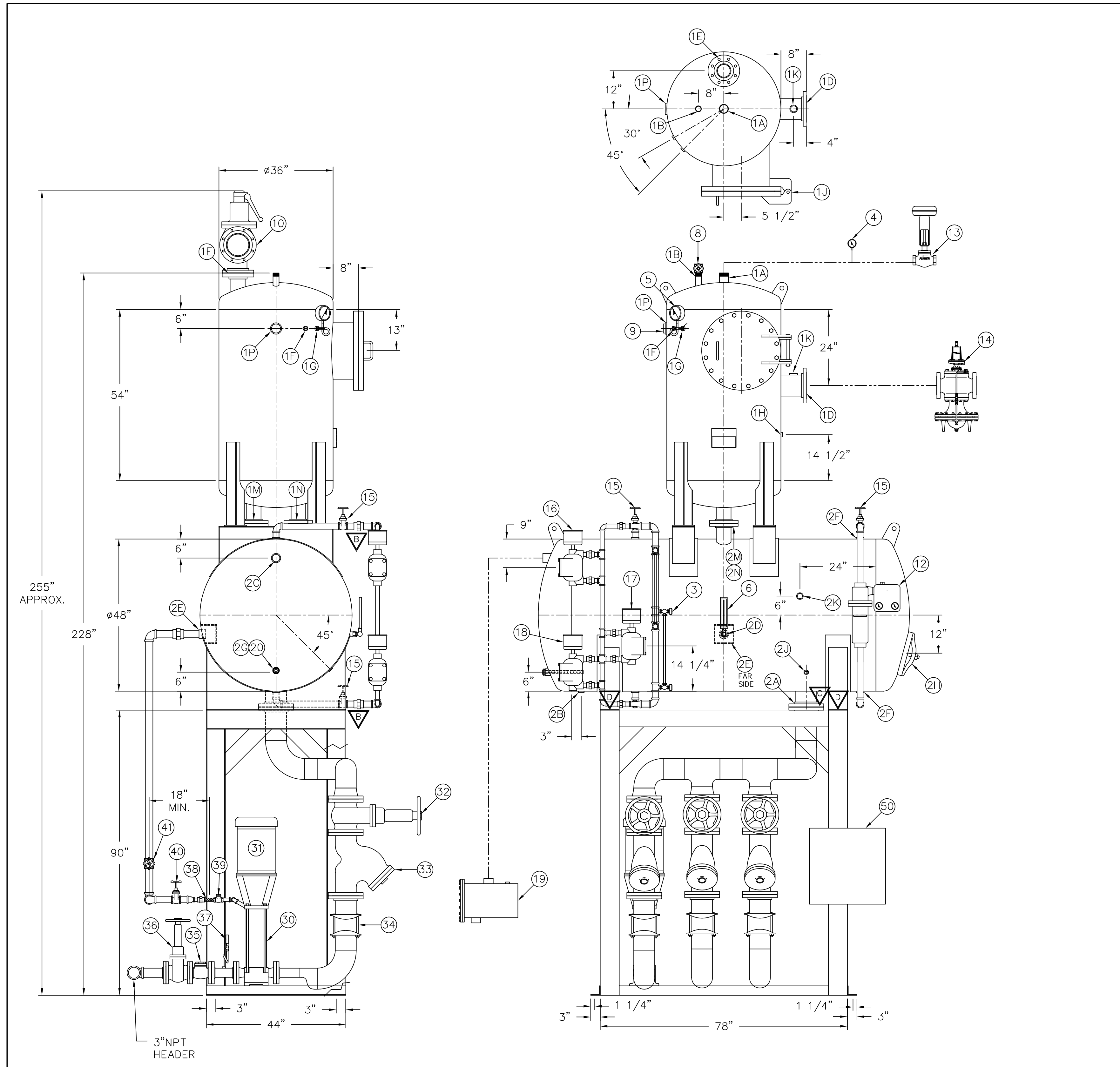
número de serie: 21093215

Combustible: ACE6

Test		1	2	3
Fecha		09/30/2021	09/30/2021	09/30/2021
Hora		17:35:52	17:48:10	17:52:40
diluido		No	No	No
T-STK	°C	235	241	227
T-AIR	°C	23.3	24.1	24.4
Lambda		1.81	1.69	2.25
Eff	%	81.4	81.9	79.1
O ₂	%	9.4	8.6	11.7
CO ₂	%	8.7	9.4	7.0
CO	ppm	18	15	45
SO ₂	ppm	506	568	455
NO	ppm	179	186	147
NO _x	ppm	206	213	169
M Humo		***	***	***
qA	%	13.9	13.4	16.2
Flow	LPM	0.46	0.46	0.46

ANEXO 4

DIAGRAMA DEL DESAIREADOR



DEAERATOR VESSEL MODEL NUMBER	40MDVT	
RATED OUTPUT CAPACITY (#/HR.)	45,000	VESSEL DESIGNED,
STORAGE CAPACITY TO OVERFLOW (GALLONS / MINUTES)	800 / 9	CONSTRUCTED & STAMPED
VESSEL DESIGN PRESSURE / TEMPERATURE (PSIG / °F)	50 / 400	IN ACCORDANCE WITH
OPERATING PRESSURE / TEMPERATURE (PSIG / °F)	5 / 227	A.S.M.E. CODE
100% MAKE-UP WATER @ (°F)	50	SECTION VIII
0% LOW TEMPERATURE RETURNS @ (<196°F)	-	DIVISION 1
0% MEDIUM TEMPERATURE RETURNS @ (197-226°F)	-	
0% HIGH TEMPERATURE RETURNS @ (227+°F)	-	O2 REMOVAL TO .005 cc/liter
AVAILABLE STEAM PRESSURE (PSIG)	80-110	CO2 REMOVAL TO 0

BILL OF MATERIAL							
ITEM	QTY.	DA.	CONNECTION DESCRIPTION	MATERIAL	TYPE	SIZE	NOTES
1A	1		MAKE UP WATER INLET	S.S.	PIPE	2 1/2"	T.O.E.
1B	1		VENT	S.S.	PIPE	1 1/2"	T.O.E.
1D	1		STEAM INLET	C.S.	FLANGE	6"	150# RFSO
1E	1		RELIEF VALVE	C.S.	FLANGE	4"	300#RFSO
1F	1		PRESSURE GAUGE	C.S.	HALF CPLG	3/4"	
1G	1		THERMOMETER	C.S.	HALF CPLG	3/4"	
1H	1		PRV SENSING	C.S.	HALF CPLG	3/4"	
1J	1		MANHOLE W/ HINGE	C.S.		Ø18"	
1K	1		HIGH TEMPERATURE RETURNS	C.S.	HALF CPLG	1 1/2"	
1M	1		DOWNCOMER		FLANGE	4"	150#RFSO
1N	1		EQUALIZER	C.S.	FLANGE	4"	150#RFSO
1P	1		VACUUM BREAKER	C.S.	HALF CPLG	2 1/2"	

ITEM	QTY.	STORAGE CONNECTION DESC.	MATERIAL	TYPE	SIZE	NOTES
2A	1	SUCTION W/ VORTEX BREAKER	C.S.	FLANGE	6"	150# RFSO
2B	1	DRAIN	C.S.	HALF CPLG	1 1/2"	
2C	1	OVERFLOW	C.S.	FULL CPLG	2"	
2D	1	THERMOMETER	C.S.	FULL CPLG	3/4"	
2E	1	RECIRC W/ BAFFLE	C.S.	FULL CPLG	2"	
2F	4	EQUALIZATION CONNECTION	C.S.	HALF CPLG	1 1/2"	
2G	1	CHEMICAL INJECTION	C.S.	FULL CPLG	1 1/4"	
2H	1	MANHOLE	C.S.		12"x16"	
2J	1	SAMPLE	C.S.	HALF CPLG	3/4"	
2K	1	INTERNAL FLOAT	C.S.	FULL CPLG	1 1/4"	
2M	1	DOWNCOMER	C.S.	FLANGE	4"	150#RFSO
2N	1	EQUALIZER	C.S.	FLANGE	4"	150#RFSO

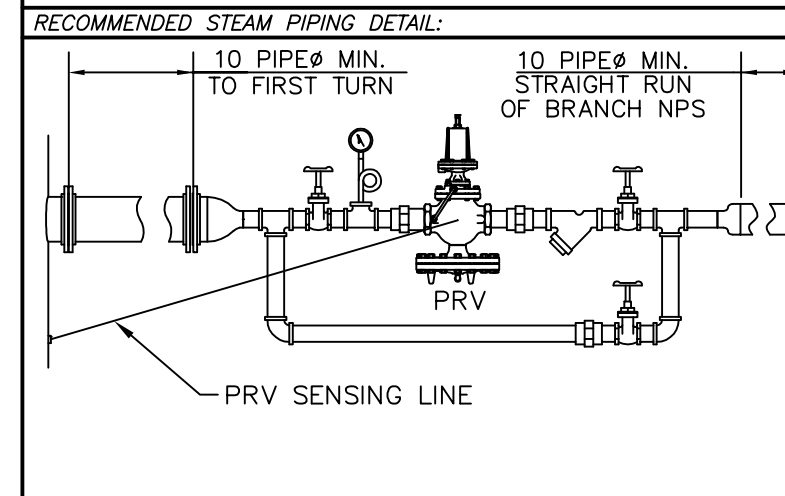
ITEM	QTY.	DESCRIPTION	MFR.	MOD.	SIZE	NOTES
3	2	WATERGLASS GAUGE SET	CONBRACO	22-208-10	24"	
4	1	WATER PRESSURE GAUGE	WEISS	TL45P	4 1/2" GAUGE	0 TO 30PSI
5	1	STEAM PRESSURE GAUGE	WEISS	TL45P	4 1/2" GAUGE	0 TO 30PSI
6	1	WATER STORAGE THERMOMETER W/ THERMOWELL	WEISS	9VS6	3/4"NPT	50 TO 300°F
8	1	VENT VALVE	MILWAUKEE	ER6-75BS	1 1/2"NPT	W/ 1/4" HOLE
9	1	VACUUM BREAKER	DURABLE	DFT8036-54	2 1/2"NPT	
10	1	RELIEF VALVE	KUNKLE	6252-KPM	4" FLG	SET @ 50PSI 22,118 #/HR. each
12	1	PNEUMATIC LEVEL CONTROLLER	FISHER	2500R-249	1 1/2"NPT	
13	1	PNEUMATIC INLET VALVE	FISHER/BAUMANN	54-2458B	1 1/2"NPT	
14	1	PRESSURE REDUCING VALVE W/ PILOT	SPENCE	E	3" FLG	125# CAST IRON
15	4	BLOCK VALVES	MILWAUKEE	105	1 1/2"NPT	125# BRZ
16	1	HIGH LEVEL ALARM SWITCH	MERCROID	102WT-7810-C-60	1"NPT	
17	1	LOW LEVEL ALARM SWITCH	MERCROID	102WT-7810-C-60	1"NPT	
18	1	LWCO	MERCROID	102WT-7810-C-60	1"NPT	
19	1	OVERFLOW TRAP	WARREN	313	2"NPT	
20	1	CHEMICAL INJ. QUILL	BFS	CI12512	1 1/4" x 12"	

ITEM	QTY.	DESCRIPTION	MFR.	MOD.	SIZE	NOTES
30	1	CENTRIFUGAL PUMP	GRUNDFOS	CR32-5-2	2 1/2" SUCTION 2 1/2" DISCHARGE	125# FLANGE
31	1	MOTOR: 460V 60HZ 3PH 3500RPM	BALDOR	NEMA PREM. EFFIC.	30 HP	TEFC
32	3	SUCTION GATE VALVES	MILWAUKEE	2885A	6" FLG	125#
33	3	"Y" TYPE STRAINER	MUELLER	758	6" FLG	
34	3	EXPANSION COUPLING	DRESSER	38	6"	
35	3	DISCHARGE CHECK VALVE	MILWAUKEE	3070CB2	2 1/2" FLG	300#
36	3	DISCHARGE GATE VALVE	MILWAUKEE	3050CB2	2 1/2" FLG	300#
37	3	PRESSURE GAUGE W/ SHUT-OFF COCK	WIKA	233.53	2 1/2" 0-200psi	
38	3	RECIRCULATION ORIFICE	TRERICE	735-2	1/4"NPT	
39	3	RECIRC. CHECK VALVE	MILWAUKEE	507	3/4"NPT w/ 3/8" HOLE	300#
40	3	RECIRC. GATE VALVE	MILWAUKEE	1182	1 1/2"NPT	300#
41	1	RECIRC. GLOBE VALVE	MILWAUKEE	572	2"NPT	300#

ITEM	QTY.	DESCRIPTION	MFR.	MOD.	SIZE	NOTES
50	1	ALARM / PUMP ENABLE	BFS	T-120		REF. DWG: 12565D-SC

FABRICATOR NOTES:

- (2) PUMPS EXISTING, USE SUPPLIED PUMP AS TEMPLATE TO PIPE SUCTION, DISCHARGE & RECIRC.
- MOTOR CONTROL (STARTING/FUSING) IS BY OTHERS.



- STEAM PIPING SHOWN IS NOT FURNISHED.
- SUPPLY PIPING TO PRV TO BE SIZED FOR REQUIRED INLET PRESSURE AT REGULATOR.
- DISCHARGE PIPING FROM PRV MUST BE SAME SIZE AS STEAM INLET ON VESSEL.
- SENSING LINE MUST BE SLOPED DOWNWARD IN A STRAIGHT RUN WITH A MINIMUM OF ELBOWS AND PIPED TO TANK CONNECTION.

SPECIAL FAB NOTES:
 SUCTION PIPING TO BE SCH.40.
 DISCHARGE & RECIRC. PIPING TO BE SCH.80 w/ BMI FITTINGS.
 (2) SUCTION DROPS & RECIRCS. PIPED FOR FIELD INSTALLED PUMPS.

SPECIFICATIONS:	
• POST WELD HEAT TREAT	NO
• DESIGN PRESSURE	50 PSIG
• DESIGN TEMPERATURE	400°F
• TEST PRESSURE	PER ASME
• CORR. ALLOWANCE	.0000 IN.
• ADDITIONAL NDE	NONE
ASME CODE CONSTRUCTION WITH CERTIFICATION, IN ACCORDANCE WITH LATEST EDITION & ADDENDA	
MATERIAL SPECIFICATIONS:	
• SHELL & HEADS	SA516-70
• FLANGES	SA105
• COUPLINGS	SA105
• PIPE (NOZZLES)	SA106

SHIPMENT BREAK POINTS:	
A	WATER INLET PIPING
B	WATER COLUMN
C	PUMP SUCTION
D	TANK STAND

NOTES:
 1) DUE TO SHIPPING CLEARANCES, TANK WILL BE REMOVED AFTER ASSEMBLY. ANY WATER COLUMNS WILL BE REMOVED AND MATCH-MARKED FOR EASY FIELD RE-ASSEMBLY. OPEN TEES/CONNECTIONS ON WATER COLUMNS WILL BE PLUGGED.
 2) ALL PIPING & WIRING IS FACTORY INSPECTED FOR TIGHTNESS. HANDLING DURING SHIPMENT MAY LOOSEN & MISALIGN COMPONENTS. THE FACTORY ASSUMES NO RESPONSIBILITY FOR LEAKS, MISALIGNMENT OR ANY OTHER CONSEQUENTIAL LIABILITY ARISING FROM SITUATIONS BEYOND ITS CONTROL. IT IS STRONGLY RECOMMENDED THAT ALL JOINTS, UNIONS & COUPLINGS BE CHECKED FOR TIGHTNESS AND ALIGNMENT AFTER INSTALLATION TO INSURE PROPER PERFORMANCE.
 3) STEAM PRESSURE REDUCING VALVE PIPING TO BE BY OTHERS, IN THE FIELD, IN ACCORDANCE WITH MFR'S INSTRUCTION.

REVISIONS:	
1	1/9/13 CORRECT RATED D/A OUTPUT
2	10/4/12 REVISE DISCH VALVES TO FLANGED

bfs INDUSTRIES, LLC
 BUTNER, NORTH CAROLINA

DESCRIPTION: 40MDVT-155 TRIPLEX ZER-O-PAC

S.O.#: 12-565-D

JOB: CERVECERIA NACIONAL BREWERY

CUSTOMER: POWERHOUSE EQUIPMENT

Scale: 25x
 Drawn: JN
 Apprvd: [Signature]
 Date: 9/7/12

Rev: 2

ANEXO 5

SIMULACIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN DE LA CALDERA 6

BOILER/BURNER DATA SHEET

Contract #: 11640

Customer : Cervectoria
 Location :Cambaya Ecuador
 Observer : B Labelle

Burner Model: NCB 13 HO
 Burner Adjustments:

Boiler #: NB-200D-50
 Fuel : Heavy Oil
 Date: 08/23/11

Firing rate		10.0%	19%	27%	36%	44%	52%	60%	68%	77%	87%	100%	
Steam and Water Data													
Drum Pressure	Psig	95.0	65.0	76.0	80.0	95.0	87.0	100.0	98.0	97.0	99.0	98.0	105.0
Steam Header Press.	Psig	95.0	61.0	72.0	76.0	93.0	83.0	94.0	91.0	89.0	90.0	88.0	95.0
Steam Flow	kpph		9.1	15.0	17.5	23.0	26.0	32.0	34.5	39.0	43.0	45.0	46.0
Feedwater Flow	kpph		9.0	14.0	15.5	23.5	25.0	32.0	34.0	42.0	45.0	46.0	48.0
Blowdown	kpph		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Feedwater Press.	psig		250										200
Drum Level Trans. A	+/- "H2O		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fuel Data													
Oil Flow	gpm		1.7	2.3	2.7	3.4	4.1	4.6	4.9	5.1	5.3	5.8	6
Oil Temperature Heater	C		115	114	112	113	107	109	112	115	112	112	112
Oil Temperature Burner Thermometer	C Error on it		74	74	78	78	72	70	76	78	82	84	90
Oil Supply Press.	Psig		161	158	155	152	151	150	148	146	145	145	144
Oil Pressure @ CV	Psig		96	94	94	94	93	92	92	91	91	90	90
Oil Pressure @ Burner	Psig		15	25	33	42	50	56	60	62	62	64	67
Atomising Press. @ Burner	Psig		30	38	48	59	63	68	70	70	68	68	69
Atomising Supply Press.	Psig		61	72	76	93	83	94	91	89	90	88	95
Atomising valve	%		62	65	68	70	69	72	73	71	73	75	76
Atomising /Oil DP	Psig		15	18	18	17	16	13	11	8	6	3	2
Combustion Air Data													
Output to FD Inlet Damper (Fresh Air)	%		10.0	19.0	27.0	36.0	43.0	54.0	60.0	70.0	79.0	88.0	100.0
Wind box Pressure	in.wc		0.5	1.0	1.5		3.5	5.0	6.0	6.8	8.0		10.5
Furnace Pressure	in.wc		0.00	0.25	0.38	0.75	1.13	1.75	2.13	2.50	3.00	3.50	4.00
Air Handling Data													
Boiler Outlet Temp.	Deg F		374	394	453	467	508	551	574	593	610	630	648
Emmsion Data													
O2. (Portable)	%		7.2	7.2	5.4	4.6	3.6	3.2	3.3	2.9	2.9	2.7	2.8
CO. (Portable)	PPM		11.0	10.0	5.0	7.0	7.0	7.0	9.0	9.0	10.0	11.0	12.0
NO2 (Portable)	PPM												
NO (Portable)	PPM		229.0	240.0	247.0	289.0	312.0	342.0	352.0	350.0	348.0	345.0	338.0
NOx (Portable)	PPM	0.0	229.0	240.0	247.0	289.0	312.0	342.0	352.0	350.0	348.0	345.0	338.0
NOx Corrected at 3% O2	PPM		299.2	313.6	285.2	317.4	322.8	345.9	358.0	348.1	346.1	339.3	334.3
Comments	Flame shape, stability and general operating condition.												



Customer : Cerveceria
 Location :Cambaya Ecuador
 Observer : B Labelle

Firing rate		
Steam and Water Data		
Drum Pressure	Psig	
Steam Header Press.	Psig	
Steam Flow	kpph	
Feedwater Flow	kpph	
Blowdown	kpph	
Feedwater Press.	psig	
Drum Level Trans. A	+/- "H2O	
Fuel Data		
Oil Flow	gpm	
Oil Temperature Heater	C	
Oil Temperature Burner Thermometer	C Error on it	
Oil Supply Press.	Psig	
Oil Pressure @ CV	Psig	
Oil Pressure @ Burner	Psig	
Atomising Press. @ Burner	Psig	
Atomising Supply Press.	Psig	
Atomising valve	%	
Atomising /Oil DP	Psig	
Combustion Air Data		
Output to FD Inlet Damper (Fresh Air)	%	
Wind box Pressure	in.wc	
Furnace Pressure	in.wc	
Air Handling Data		
Boiler Outlet Temp.	Deg F	
Emmsion Data		
O2. (Portable)	%	
CO. (Portable)	PPM	
NO2 (Portable)	PPM	
NO (Portable)	PPM	
NOx (Portable)	PPM	
NOx Corrected at 3% O2	PPM	
Comments		

ANEXO 6

**SEGUIMIENTO A CONSUMO DE VAPOR ADICIONAL DE PAILA
DE HERVIR**

Operador	Fecha	Turno	Caldera	Hora de inicio_ consumo normal	Hora de inicio_consumo adicional	Duración_consumo adicional	Consumo vapor promedio	Cosumo_vapor total
						[min]	[kg/hr]	[kg]
J.VILLALVA	19/08/2021	3	6	23:22	0:52	7	2570	299,83
J.SARCO	20/08/2021	1	6	1:52	3:19	2	2500	83,33
C.VIZUETE	20/08/2021	2	6	7:01	8:29	4	3330	222,00
J.VILLALVA	20/08/2021	3	6	13:46	15:15	4	2544	169,60
J.VILLALVA	20/08/2021	3	6	16:07	17:39	17	2400	680,00
J.VILLALVA	20/08/2021	3	6	20:55	22:26	109	2560	4650,67
J.SARCO	21/08/2021	1	6	0:52	2:22	23	2600	996,67
J.SARCO	21/08/2021	1	6	3:24	4:52	4	2630	175,33
J.SARCO	21/08/2021	1	6	5:42	7:11	1,5	2400	60,00
A.GAVIDIA	21/08/2021	2	6	14:21	15:49	6	2520	252,00
J.VILLALVA	21/08/2021	3	6	18:46	20:16	4	2524	168,27
J.SARCO	22/08/2021	1	6	1:13	3:13	2	2322	77,40
A.GAVIDIA	22/08/2021	2	6	10:12	11:41	3	2432	121,60
J.VILLALVA	22/08/2021	3	6	18:46	20:16	4	2710	180,67
J.VILLALVA	22/08/2021	3	6	23:15	0:49	16	2526	673,60
J.VILLALVA	24/08/2021	1	4	23:39	1:12	7	2417	281,98
J.VILLALVA	24/08/2021	1	4	4:09	5:42	11	2312	423,87
A.GAVIDIA	24/08/2021	2	4	9:24	10:51	4	2342	156,13
C.VIZUETE	24/08/2021	3	6	18:16	19:45	10	2473	412,17
C.VIZUETE	24/08/2021	3	6	23:05	0:34	5	3729	310,75
J.VILLALVA	25/08/2021	1	6	1:19	2:49	4	2859	190,60
J.VILLALVA	25/08/2021	1	6	4:24	5:55	9	2535	380,25
J.VILLALVA	25/08/2021	1	6	4:24	6:06	6	2606	260,60
J.VILLALVA	26/08/2021	1	6	6:50	8:23	5	2557	213,08
J.VILLALVA	26/08/2021	1	6	2:18	3:51	2	2450	81,67
J.SARCO	26/08/2021	3	4	15:15	16:44	4	2504	166,93
J.SARCO	26/08/2021	3	4	17:54	19:22	12	2480	496,00
J.SARCO	27/08/2021	3	4	18:14	17:53	17	2564	726,47
C.VIZUETE	28/08/2021	1	4	1:19	3:20	7	2424	282,80
J.VILLALVA	28/08/2021	2	4	10:30	12:12	6	2448	244,80
J.VILLALVA	28/08/2021	2	4	12:54	14:23	4	2457	163,80
J.SARCO	28/08/2021	3	4	22:05	23:28	2	2136	71,20
C.VIZUETE	29/09/2021	1	4	0:10	1:46	10	2315	385,83