



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL  
LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias  
de la Producción**

**“Reducción del consumo energético y agua en una  
planta de Malta Cervecera ubicada en la ciudad de  
Guayaquil - Ecuador”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:  
MAGÍSTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL**

**Presentada por:  
Luis Eduardo Monserrate Reyes**

**GUAYAQUIL – ECUADOR  
Año: 2022**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a mi director de proyecto, el Dr. Jorge Abad M., a las personas que colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo, y especialmente a mi familia por darme la oportunidad de poder continuar mis estudios.

.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo realizado con esfuerzo por varios meses, está dedicado a mis padres, abuela, familiares y amigos.

# TRIBUNAL DE TITULACIÓN

---

**Ángel Ramírez M., Ph.D.**  
**DECANO DE LA FIMCP**  
**PRESIDENTE**

---

**Jorge Abad M., Ph.D.**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

**Jorge Duque R., MSc**  
**VOCAL**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

Luis Eduardo Monserrate Reyes

## RESUMEN

El presente proyecto se realiza con la finalidad de mejorar el uso de recursos (energía, agua) en una Planta de Malta Cervera ubicada en la provincia del Guayas – Ecuador, para cumplir con las metas definidas por la compañía, que a pesar de tener un producto con la mejor calidad de la zona realiza consumos de energía y agua por encima de los indicadores establecidos. Una de las formas de conseguir dichas metas es identificar los procesos productivos que generan mayor cantidad de retrasos y disminuyen la capacidad productiva.

La identificación de consumos de agua, energía eléctrica y térmica, se realizó mediante el árbol de indicadores (KPI), esta herramienta permite medir el desempeño de la planta, en el cual se identificaron los procesos que presentan elevados consumos.

Los resultados obtenidos evidencian un bajo desempeño en el proceso de refrigeración, uno de los principales consumidores de energía eléctrica de la planta de malta; por ello, se implementó cambios de sellos en las compuertas de los saladines de germinación se obtuvo una reducción promedio del 10,09 kw-h/t producida al año.

En cuanto al indicador de agua, el mayor consumo se genera en las tinas de remojo de la cebada, se determinó avería en sensores de agua y métodos inapropiados de llenado de tinas, ante ello, se realizó el cambio de sensores, creación de procedimientos para el llenado de las tinas y estandarización, obteniendo con ello una reducción de 0,33 metros cúbicos de agua al año por tonelada producida.

Por otra parte el indicador de energía térmica se encuentra ligado al consumo de bunker usado en el sistema de tostación de la cebada; como mejora para reducir el consumo de energía térmica, se implementó túneles conectados entre saladines que permiten la movilización de calor, posteriormente de la puesta en marcha de la mejora donde se pudo evidenciar durante los tres meses siguientes una reducción significativa, en los meses siguientes existieron periodos de consumo elevado de bunker; pese a ello, con la mejora implementada se consiguió un ahorro de 1400 dólares en bunker al año, equivalente a 0,11 dólares por tonelada producida.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>RESUMEN</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>II</b>
<b>ABREVIATURAS</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>II</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>IV</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 ENFOQUE METODOLÓGICO.....	7
<b>2 MARCO DE REFERENCIA</b>	
2.1 PROCESO DE ELABORACIÓN DE MALTA.....	8
2.1.1 Recepción, limpieza y almacenamiento del grano.....	9
2.1.2 Remojo.....	9
2.1.3 Germinación.....	9
2.1.4 Secado.....	10
2.1.5 Eliminación de raicilla (des germinación).....	10
2.1.6 Operaciones Auxiliares.....	10
2.2 ASPECTOS AMBIENTALES EN LA ELABORACIÓN DE LA MALTA.....	11
2.3 CONSUMO DE AGUA EN LA INDUSTRIA DE MALTA.....	13
2.4 USO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA DE MALTA.....	13
2.4.1 Consumo de electricidad por refrigeración.....	14
2.4.2 Consumo de calor.....	14
2.5 EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	15

2.6	INDICADORES .....	17
2.7	EFICIENCIA HÍDRICA.....	18
2.7.1	Procesos del uso eficiente del agua.....	18
2.8	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONSUMO DE RECURSOS EN LA PLANTA.....	19
2.9	KPI .....	20
2.10	BENCHMARKING .....	20
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS</b>	
3.1	SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	21
3.1.1	Procesos en maltería.....	21
3.2	COMPARACIÓN DE INDICADORES DE CONSUMO A NIVEL GLOBAL .....	26
3.3	RECOPIACIÓN DE DATOS.....	29
3.4	IDENTIFICACIÓN DE CONSUMOS-ÁRBOL DE KPI .....	30
<b>4</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS</b>	
4.1	REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	34
4.2	REDUCCIÓN DE CONSUMO DE AGUA.....	36
4.3	REDUCCIÓN DE CONSUMO DE BUNKER .....	38
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1	CONCLUSIONES.....	45
5.2	RECOMENDACIONES.....	46
5.2.1	Energía .....	46
5.2.2	Agua .....	46
5.2.3	Energía Térmica-Bunker.....	47

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**



## ABREVIATURAS

<b>ABREBIATURA</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
°C	Grados centígrados
°C/h	Grados centígrados por hora
CE	Consumo de energía / Unidades producidas de bien o servicio
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono.
COP	Coficiente de Rendimiento
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EE	Energía Eléctrica
EP	Energía aprovechada / Energía consumida
HR	Humedad Relativa
Kg	Kilogramo
Kw-h	Kilo watt hora
Kw-h/Hl	Kilo watt hora por hectolitro producido
Kw-h/t	Kilo watt hora por tonelada producida
m <sup>3</sup>	Metro cubico
m <sup>3</sup> /t	Metro cubico por tonelada métrica producida
MJ/ t	Mega Julio por tonelada métrica producida
N	Nitrógeno
NOX	Óxidos de Nitrógeno
P	Fósforo
P	Perdidas / Energía consumida
PDMS	Dimetil Sulfuro Precursor
Ph	Potencial de Hidrogeno
PMeE	Unidades producidas de un bien o servicio / Consumo de energía
SS	Sólidos Suspendidos
Ton (t)	Tonelada
Tprod	Tonelada producida
UE	Consumo de Energía
UP	Unidades Producida

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Proceso de elaboración de la malta .....	8
Figura 2.2 Principales enzimas liberadas.....	9
Figura 2.3 Operaciones auxiliares .....	10
Figura 2.4 Entradas y Salidas del proceso de obtención de malta .....	11
Figura 2.5 Consumos por operaciones .....	12
Figura 2.6 Aspectos ambientales por operaciones.....	12
Figura 2.7 Principales operaciones que consumen agua en la elaboración de malta. .....	13
Figura 2.8 Principales operaciones que consumen energía en la elaboración de malta. .....	13
Figura 2.9 Balance de energía térmica MJ/t.....	14
Figura 2.10 Objetivos de eficiencia energética.....	15
Figura 2.11 Gestión de la demanda de energía .....	16
Figura 2.12 Etapas de eficiencia energética .....	16
Figura 2.13 Descripción de indicadores .....	17
Figura 2.14 Comparación de indicadores .....	17
Figura 2.15 Principales acciones de eficiencia energética .....	18
Figura 2.16 Clústeres climáticos .....	19
Figura 2.17 Consumo de electricidad por procesos y clima .....	20
Figura 3.1 Diagrama de tinajas de remojo de cebada para la germinación.....	21
Figura 3.2 Proceso de secado de la cebada.....	22
Figura 3.3 Vista aérea del sistema de saladines donde se implementó el cambio de sellos en las compuertas. ....	23
Figura 3.4 Proceso de Secado.....	24
Figura 3.5 Indicador de consumo de electricidad kw-h/t m, a nivel global por plantas de malta.....	26
Figura 3.6 Indicador de consumo de agua m <sup>3</sup> /t, a nivel global por plantas de malta	27
Figura 3.7 Indicador de consumo de energía térmica en MJ/ t m, por plantas de malta a nivel global.....	28

Figura 3.8 Distribución de consumo de electricidad en la planta de malta .....	29
Figura 3.9 Distribución de consumo de agua en la planta de malta .....	29
Figura 3.10 Árbol de indicador consumo de energía eléctrica.....	30
Figura 3.11 Árbol de indicador consumo de agua m <sup>3</sup> /t .....	31
Figura 3.12 Árbol de Indicador de consumo de energía térmica .....	32
Figura 4.1 Distribución de áreas consideradas para la implantación de mejoras en la planta de malta .....	33
Figura 4.2 Antes y después del cambio de sellos de las compuertas de los saladines .....	34
Figura 4.3 Intensidad energética kw-h/ por tonelada producida de malta al mes. ...	35
Figura 4.4 Intensidad Hídrica m <sup>3</sup> por tonelada producida de malta .....	37
Figura 4.5 Sistema de túneles para transferencia de calor entre saladines.....	38
Figura 4.6 Diagrama del proceso de caldera tostación .....	39
Figura 4.7Intensidad térmica (bunker) MJ /t producida de malta.....	41
Figura 4.8 Consumo de energía antes y después de la implementación de mejora.	42
Figura 4.9 Consumo de energía antes y después de la implementación de mejora.	43
Figura 4.10 Consumo de Bunker por producción .....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Consumo de energía eléctrica kw/h por tonelada producida de malta	35
Tabla 2 Promedio de energía reducido de Kw-hora sobre toneladas producido	36
Tabla 3 Consumo de agua por tonelada producida de malta	36
Tabla 4 Promedio de agua reducido de m <sup>3</sup> sobre toneladas producido	37
Tabla 5 Consumo de energía térmica (bunker) por tonelada producida de malta	39
Tabla 6 Promedio de consumo de energía térmica sobre toneladas producido (MJ/t)	41

# CAPÍTULO 1

## 1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Degremont (1983); Kunze (2006) citado por Barreto & Arias (2018), las cervecerías son uno de los importantes consumidores industriales de recursos; el mayor consumo de agua y energía se origina a lo largo del proceso de extracción. Los consumos de agua y energía están relacionados a múltiples aplicaciones de acuerdo con su uso industrial, esta puede ser usada para producir vapor de agua, como medio para calentamiento o enfriamiento; el agua como materia prima, disolvente, como agua de lavado o de reposición.

Rivera et al. (2007), expresan que se requiere un total de agua, “entre 4- 30 m<sup>3</sup> agua por cerveza producida, siendo las áreas de producción con mayor consumo de agua, la sala de cocción (19 - 36 %), de enfriamiento (18 - 23 %) y la de embotellado con (7 - 19 %)”(Barreto & Arias, 2018).

La industria cervecera escogida para el presente estudio se encuentra compuesta por diferentes grupos situados en diferentes zonas geográficas a nivel global, mientras que a nivel nacional esta produce el 70% de la demanda de cerveza del país; para la producción de dicha demanda es necesaria la elaboración de la malta cervecera.

La planta Guayaquil en comparación con las otras plantas del grupo presenta elevados índices de consumo de agua y energía (eléctrica y térmica), durante los procesos de obtención de la malta; a lo anterior expuesto es fundamental mejorar el uso de recursos e impulsar acciones de mejora que permitirán controlar y reducir el gasto de agua y energía mediante la instalación de controladores que mejoran la supervisión de los procesos de fabricación de sus productos, por ello es importante aplicar medidas de eficiencia energética e hídrica (*Cómo reducir el uso de agua en la fabricación de cerveza: el caso Damm*, 2019).

Para lograr la optimización de los recursos, es indispensable comprender que el proceso productivo se convierte en un todo, por lo que la aplicación de medidas se realiza de forma holística y con objetivos prefijados (Cot, 2013).

## **1.1 Planteamiento del problema**

Producto de la ejecución de las diversas fases en la fabricación de la malta, el proceso lleva con ello una degradación de las condiciones ambientales, por ello, la falta de control en ciertos procesos y la facturación compartida con otros procesos dentro de la cervecería ocasiona inconformidades al momento de contabilizar los consumos mensuales de energía y agua.

Por otra parte, existen problemas que generan retrasos y disminución de capacidad en sistemas productivos, por ejemplo, la preparación de máquinas para realizar un cambio de producto (procedimiento de desmontaje, montaje, calibración y puesta a punto de una máquina).

Se identificó que el consumo de agua por tonelada, en Maltería Guayaquil es elevado con cifras de hasta 3,99 m<sup>3</sup>/t frente a la meta de 3,7 m<sup>3</sup>/t. Por otra parte, a nivel de malterías del grupo, se identificó que la maltería de Guayaquil es la que presenta un mayor consumo de energía eléctrica, con valores de 315 kW-h/t, frente a 290kw-h/t; en cuanto a energía térmica debido al uso de bunker como combustible arroja cifras mucho más elevadas en comparación con las otras malterías que usan otras fuentes de combustible.

## **1.2 Justificación**

En el 2019 la planta de malta tuvo un consumo por encima de los indicadores a pesar de tener el producto con la mejor calidad de la zona, sin embargo, los KPI de agua y energía no fueron los mejores. Por ello el proyecto busca realizar el análisis mejorar el desempeño de la planta de malta, reduciendo los tiempos de preparación y cuellos de botella durante la elaboración; de forma que permita cumplir las metas de sostenibilidad.

De acuerdo con lo expuesto el presente proyecto se desarrolla con la finalidad de implementar herramientas para el mejoramiento de los procesos y disminuir el consumo de agua y energía (eléctrica, térmica), con respecto a la producción de malta de la planta Guayaquil, teniendo con ello la disminución de costos de consumos de servicios industriales durante el proceso de obtención de la malta.

## **1.3 Objetivos**

### 1.3.1 Objetivo general

- Mejorar el uso de recursos (energía, agua) en una Planta de Malta Cervera ubicada en la provincia del Guayas – Ecuador, para cumplir con las metas definidas por la compañía.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los procesos con mayor consumo energético, hídrico y térmico
- Determinar el consumo de energía (eléctrica, térmica) y hídrico e implementar mejoras para su reducción sin afectar el producto terminado, ni sobre el medio ambiente.
- Evaluar la reducción de las medidas de mejoras implementadas para disminuir el consumo hídrico y energético.

## **1.4 Enfoque metodológico**

Para la realización del presente estudio se basa en una investigación descriptiva y de campo, englobadas en la recopilación de información llevando a cabo los siguientes pasos:

- a) Recopilación de planillas y análisis de consumo de agua y energía.
- b) Identificación de zonas / equipos con mayor consumo
- c) Identificación de oportunidades de mejora

## CAPÍTULO 2

### 2 MARCO DE REFERENCIA

#### 2.1 Proceso de elaboración de Malta

En la figura 2.3 se muestra el proceso de elaboración de la malta.



**Figura 2.1 Proceso de elaboración de la malta**

Fuente: (MARM, 2009)



### 2.1.1 Recepción, limpieza y almacenamiento del grano

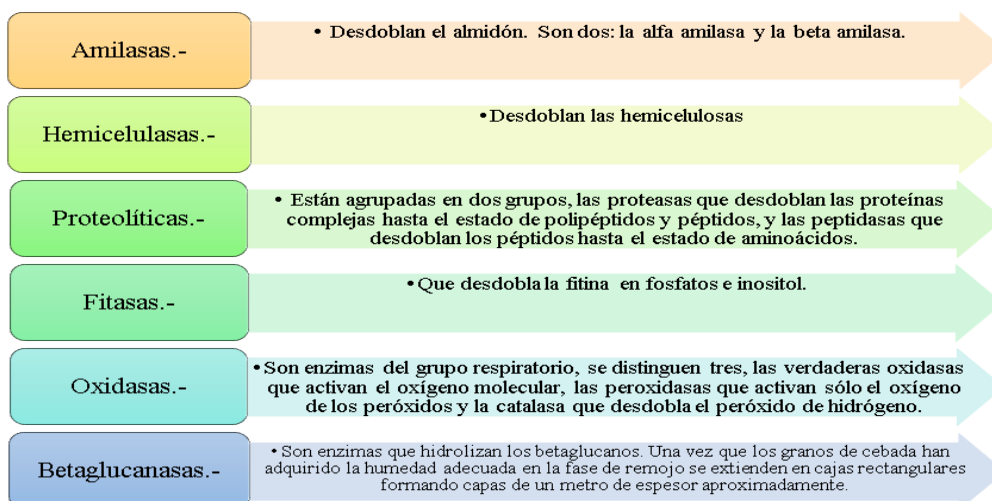
Consiste en la recepción del grano de la cebada (compuesta por cascara, germen y endospermo) donde se somete a una limpieza preliminar eliminando impurezas (metales, piedras, otros objetos). Posteriormente la cebada es almacenada en silo, cuyo fin consiste en que el grano consiga superar el periodo de latencia necesario para que se puede producir la germinación, una vez cumplido el periodo de almacenamiento se realiza la limpieza y selección de los granos calidad, eliminando aquella que no llega al calibre establecido, obteniendo un mejor rendimiento (MARM, 2009, p. 17).

### 2.1.2 Remojo

Consiste en el remojo por inmersión completa de la masa del grano de la cebada para así aumentar la humedad del grano (entre 30-50%) para que de esta forma pueda iniciarse el proceso de germinación; al mismo tiempo se limpia y elimina el material flotante; este proceso se realiza entre dos a tres días, con una duración media de un día y medio. Durante este proceso en cada remojo, el agua resultante usada en cada uno de estos ciclos (el agua puede contener polvo y restos de grano) se drena y se inyecta aire para eliminar el CO<sub>2</sub> que se origina en la germinación del grano, y también poder así reducir la temperatura que se produce debido a la respiración del grano (MARM, 2009, p. 20)

### 2.1.3 Germinación

Para conseguir una buena germinación del grano es necesario inyectar aire acondicionado con una humedad y temperatura de entre 12 y 20°C, misma que dura aproximadamente entre 4 y 6 días; durante esta etapa el grano desarrolla raicillas y plántulas, comienza a liberar las enzimas necesarias para la maceración y fermentación, favoreciendo entre otras cosas la transformación del almidón presente en el endospermo (MARM, 2009, p. 20). Esta etapa se forman una serie de enzimas, siendo las principales las detalladas en la figura 2.1:



**Figura 2.2 Principales enzimas liberadas**

Fuente (MARM, 2009)

Durante la germinación se debe intentar minimizar las pérdidas de extracto por crecimiento y respiración, además de producir una malta equilibrada para que no se produzca exceso de color durante el secado (MARM, 2009).

#### 2.1.4 Secado

Alcanzada la germinación adecuada, la malta se somete un proceso de tostado a través de aire caliente. En el proceso se pueden distinguir dos etapas, la de secado y la de tostado la cual se realiza en hornos/secadores de uno (suele durar 18-30 horas) o dos pisos (entre 32-48 horas), cuyo objetivo es detener la germinación y disminuir el grado de humedad del grano hasta un 4 - 5% aproximadamente; esto ocasiona la desactivación temporal de las enzimas que intervienen directamente en la transformación del almidón y las proteínas. La intensidad del calentamiento y tiempo de aplicación al que es sometido el grano determinan las propiedades organolépticas y el color que tendrá la cerveza que se obtendrá en las etapas siguientes (MARM, 2009, p. 21).

#### 2.1.5 Eliminación de raicilla (des germinación)

Obtenido el secado adecuado, se procede a enfriar la malta hasta los 25 ó 35° C; posteriormente se realiza la separación de las raicillas y esporádicamente los brotes que han empezado a desarrollarse en la etapa de germinación; las raicillas del grano son separadas mecánicamente por frotación, estas constituyen un subproducto valioso para los animales, por su elevado contenido de proteínas (MARM, 2009, p. 21).

#### 2.1.6 Operaciones Auxiliares

Las operaciones auxiliares (figura 2.2) que se llevan a cabo en una maltería y que pueden tener repercusión sobre el medio a través de los aspectos ambientales que generan son:

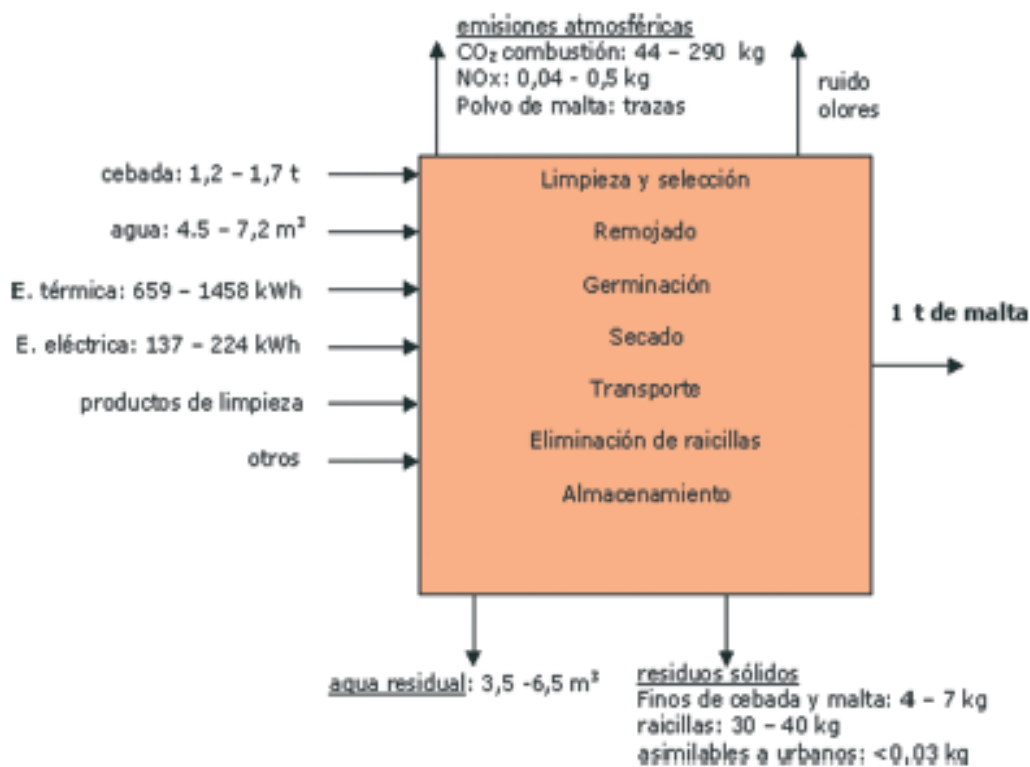


**Figura 2.3 Operaciones auxiliares**

Fuente: (MARM, 2009, p. 21).

## 2.2 Aspectos Ambientales en la elaboración de la malta

En las distintas etapas de la elaboración de malta se generan diferentes aspectos ambientales como se muestra en el balance de energía figura 2.4.



**Figura 2.4 Entradas y Salidas del proceso de obtención de malta**

Fuente: (MARM, 2009, p. 27).

En las figuras 2.5 se representa el consumo por operaciones y 2.6 se muestra los aspectos ambientales ocasionados en cada una de las operaciones de elaboración de la malta.

Consumo	Operación
<b>Consumo de materiales</b>	Mantenimiento de equipos e instalaciones
	Mantenimiento de equipos e instalaciones
<b>Consumo de agua</b>	Remojado
	Germinación
	Acondicionamiento de aire
<b>Consumo de energía térmica</b>	Secado
<b>Consumo de energía eléctrica</b>	Tratamiento de agua de proceso
	Tratamiento de aguas residuales
	Limpieza y transporte
	Remojado
	Germinación
	Secado
	Producción de aire frío

Figura 2.5 Consumos por operaciones

Fuente: (MARM, 2009).

Aspecto ambiental	Operación	Tipo de aspecto/Parámetro contaminante
Generación de aguas residuales	Mantenimiento de equipos e instalaciones	DQO, SS, N, P, pH,
	Remojo	DQO, SS, N, P, pH
	Germinación	DQO, SS, N, P, pH
Generación de residuos	Eliminación de raicillas y finos de malta y cebada	Raicillas, cascarillas
	Limpieza de equipos e instalaciones	Envases, restos de productos de limpieza y mantenimiento
	Limpieza, Limpieza intermedia y cribado	Piedras, finos, restos vegetales
	Planta de depuración de aguas residuales	Lodos de depuración, sólidos del tamizado
Emisiones atmosféricas	Recepción y almacenamiento de materiales	Partículas de polvo
	Limpieza y transporte de la malta	Partículas de polvo de cebada y malta
	Sala de calderas	Gases de combustión

Figura 2.6 Aspectos ambientales por operaciones

Fuente: (MARM, 2009).

### 2.3 Consumo de agua en la industria de malta

Rivas et al. (2007), citado por Barreto & Arias (2018), indica que “se requiere, en total, entre 4 - 30 m<sup>3</sup> agua/m<sup>3</sup> de cerveza producida, que se distribuyen por áreas de producción, la sala de cocción 19 - 36 % y la de enfriamiento entre 18 - 23 % respectivamente son las de mayor consumo, seguido del embotellado con (7 - 19 %)”. En cuanto al tipo de agua consumida se distribuye según Rivera et al. 2007, en 40 % de agua suave, 32 % de agua tratada de procesos y 28 % de agua potable.

El agua es indispensable para la producción de la malta al implicar una germinación controlada de semillas; los principales consumos se representan en la figura 2.7.



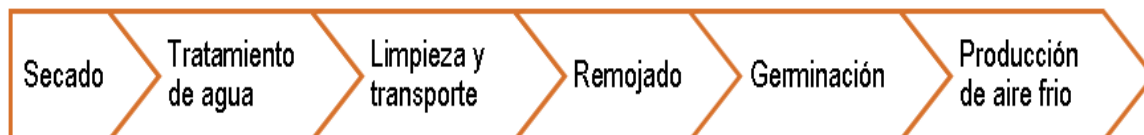
**Figura 2.7 Principales operaciones que consumen agua en la elaboración de malta.**

Fuente: (MARM, 2009).

### 2.4 Uso de energía en la industria de malta

Los consumos energéticos relacionados con el proceso de elaboración de la malta (figura 2.8) se generan en forma de agua caliente, calor, vapor, agua y electricidad; presenta una alta variabilidad dentro del sector de producción de la malta; también hay plantas que disponen de instalaciones de cogeneración, para la producción simultánea de energía eléctrica y térmica. La operación en la que más energía eléctrica consumo es el proceso de secado (alrededor de un 45% del consumo eléctrico), seguida de la generación de frío (un 20%), estos procesos acondicionan el aire para regular la temperatura y humedad del proceso (MARM, 2009, p. 30).

En las industrias del sector, la energía representa aproximadamente el 5% cuyo consumo se distribuye en 60% energía térmica y 40% energía eléctrica; la fase en la que se da mayor consumo de energía térmica es en la preparación de mosto, mientras que el mayor consumo de energía eléctrica se produce en el área de servicios industriales (Talla, 2015).



**Figura 2.8 Principales operaciones que consumen energía en la elaboración de malta.**

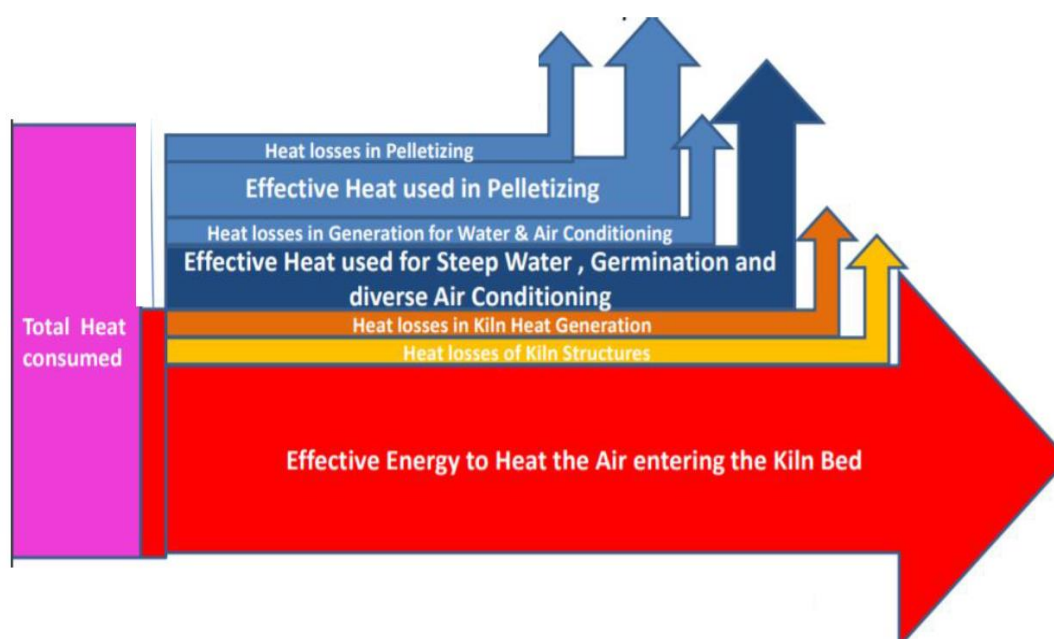
Fuente: (MARM, 2009).

### 2.4.1 Consumo de electricidad por refrigeración

El consumo de electricidad por refrigeración representa, en promedio, el 13% del consumo total de una maltería en climas templados, tropicales de gran altitud o climas extremos; mientras que, en los climas tropicales y subtropicales, este consumo puede alcanzar más del 25% del consumo total de la maltería (ABInBev, 2020).

### 2.4.2 Consumo de calor

El consumo de calor (energía térmica con niveles de consumo entre 650 y 1500 kwh/t.) se restringe casi en su totalidad al proceso de secado (representa según ABInBev, más del 90% del calor total generado en la maltería figura 2.9).



**Figura 2.9 Balance de energía térmica MJ/t**  
Fuente: (ABInBev, 2020)

#### 2.4.2.1 Factores que afectan el consumo de calor

Los factores que afectan el consumo de calor en el secado de malta son:

- Temperatura Ambiente
- Eficiencia de la caldera
- Perdidas de aire
- Condiciones climáticas
- Humedad relativa y humedad de la malta
- Volumen de la malta
- Recuperación
- Apertura de la compuerta
- Control de fugas

## 2.5 Eficiencia energética

De acuerdo con Rayner Ricaurte (2021) “La eficiencia energética no es más que la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos sin afectar la calidad de vida”.

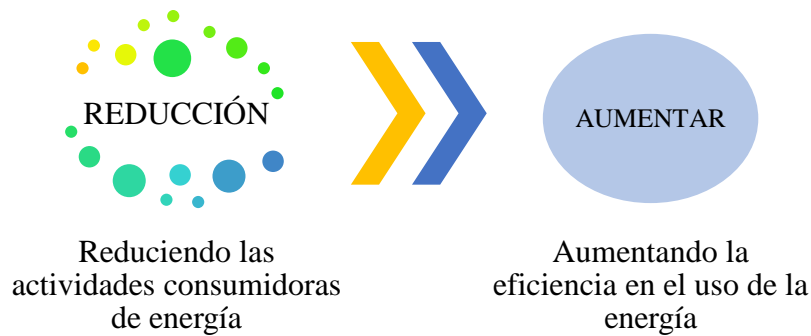
Por otra parte, Sánchez & Herman (2019), indica que la eficiencia energética (EE) se define como el cociente entre la energía requerida para desarrollar una actividad específica, y la cantidad de energía primaria usada para el proceso. Se considera una parte esencial del futuro de la energía sustentable, ya que permite la disminución del consumo de energía, los gases de efecto invernadero y las emisiones (Rayner Ricaurte, 2021). Para lograrlo se debe aplicar comenzando con mejoras sencillas que necesitan menor inversión y así avanzado hacia aquellos que requieren mayor inversión como se expresa en la figura 2.10.



**Figura 2.10 Objetivos de eficiencia energética**

Fuente:(López, 2018)

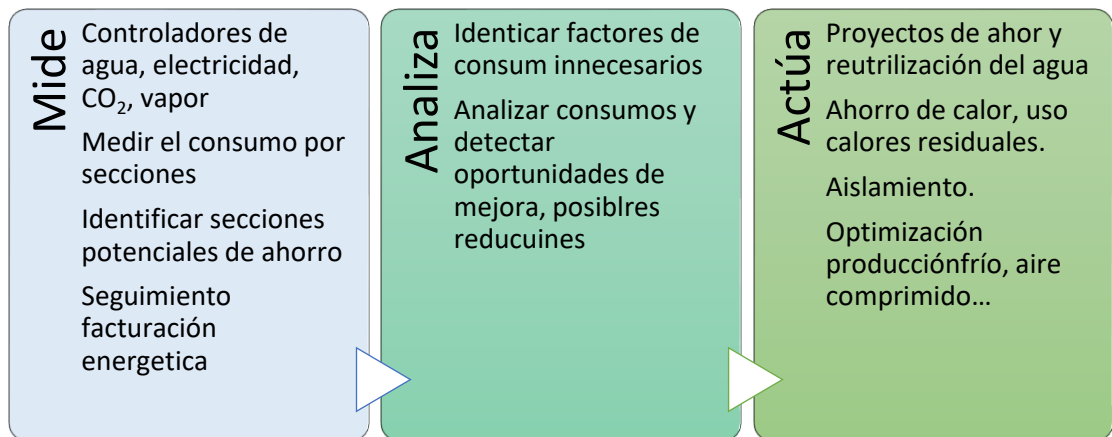
La gestión de la demanda energética es uno de los aspectos fundamentales de la política energética de un país la cual busca avanzar hacia los objetivos de reducción del impacto ambiental, misma que se consigue mediante una gestión planificada e integral. Al tener una reducción significativa del consumo y disminuye los costos en la empresa; esta se puede conseguir de dos formas como se detalla en la figura 2.11 (Talla, 2015).



**Figura 2.11 Gestión de la demanda de energía**

Fuente: (Talla, 2015).

En la figura 2.12 se detalla las etapas a seguir de la eficiencia energética



**Figura 2.12 Etapas de eficiencia energética**

Fuente: (López, 2018)



## 2.6 Indicadores

De acuerdo con Navarrete (2020), “los indicadores de eficiencia energética son intensidades presentadas como una relación entre el consumo de energía y un nivel de actividad” en las figuras 2.13 se describen la función de los indicadores, tipos y en la figura 2.14 se presenta la comparación de indicadores:

Indicadores	Tipos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveen información sobre las tendencias respecto al consumo histórico de energía.</li> <li>• Señalan dónde y cómo se consume la energía.</li> <li>• Permite comparar tecnologías, procesos, instalaciones sectores, países y regiones bajo el concepto de índice de desempeño energético.</li> <li>• Muestran dónde se puede efectuar el ahorro de energía.</li> <li>• Son utilizados en la modelación de impactos y la predicción de la demanda futura de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coeficientes económicos (Uso de energía y actividad económica)</li> <li>• Coeficientes técnico-económicos (uso de energía y nivel de actividad física o servicio)</li> <li>• Indicadores de difusión (penetración en el mercado de tecnologías para la EE)</li> </ul>

**Figura 2.13 Descripción de indicadores**

Fuente:(Navarrete, 2020)

COMPARACIÓN DE INDICADORES				
VARIABLE	EFICIENCIA DEL PROCESO	PÉRDIDAS	CONSUMO ESPECÍFICO	PRODUCTIVIDAD MEDIA DE LA ENERGÍA
Concepto	EP = Energía Aprovechada / Energía consumida	P = Pérdidas / Energía consumida	CE = Consumo de energía / Unidades producidas de bien o servicio	PMeE = Unidades producidas de un bien o servicio / Consumo de energía
Unidades	%	%	UE/UP	UP / UE
Relación	100% - P	100% - EP	1/ PMeE	1 / CE
Preferencia	Más alto	Más bajo	Más bajo	Más alto
Interpretación	Respecto del proceso más eficiente	Respecto del proceso más eficiente	Histórico	Histórico
Agregación	Procesos (como sucesiones de operaciones unitarias)	Procesos (como sucesiones de operaciones unitarias)	Sí	Sí

**Figura 2.14 Comparación de indicadores**

Fuente: (Crespo & Paz, n.d.)

## 2.7 Eficiencia hídrica

El uso eficiente del agua se define como la reducción o prevención de la pérdida de este recurso, con la intención de crear un beneficio de conservación, en un sentido social y económico (Grupoacura, 2021).

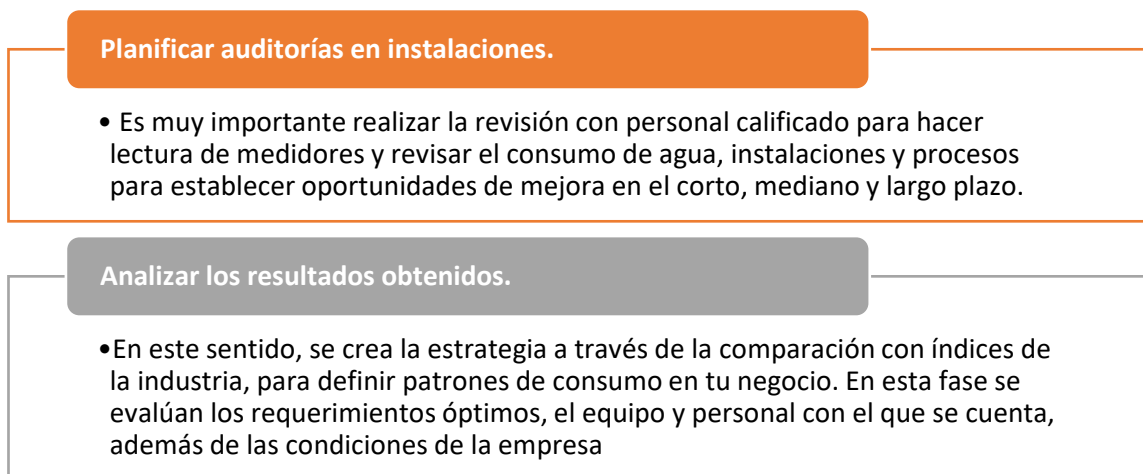
El uso eficiente del agua se entiende desde tres ámbitos principales:

- 1) La producción de un bien o servicio, de manera que la pregunta es si se puede producir lo mismo, pero con menos agua.
- 2) El aspecto geográfico, según qué lugar es más apto para producir o realizar ciertas operaciones.
- 3) El consumo de lo que se produce (Grupoacura, 2021).

De acuerdo con Tate (1994), “El uso eficiente del agua es básico para el desarrollo sostenible y para asegurar que haya suficientes recursos para generaciones futuras y alcanzar metas de desarrollo sostenible” y la importancia del uso eficiente del agua está determinada geográficamente debido a la variación de región en región, y de época en época.

### 2.7.1 Procesos del uso eficiente del agua

Existen dos líneas de procesos relativas al uso eficiente del agua a nivel administrativo e industrial / operativo; dentro de la primera categoría, las acciones principales son las descritas en la figura 2.15:



**Figura 2.15 Principales acciones de eficiencia energética**

Fuente: (Grupoacura, 2021).

## 2.8 Factores que influyen en el consumo de recursos en la planta

Entre los factores que influyen en el consumo de agua, energía y otros recursos indispensables para el desarrollo de las actividades de producción son:

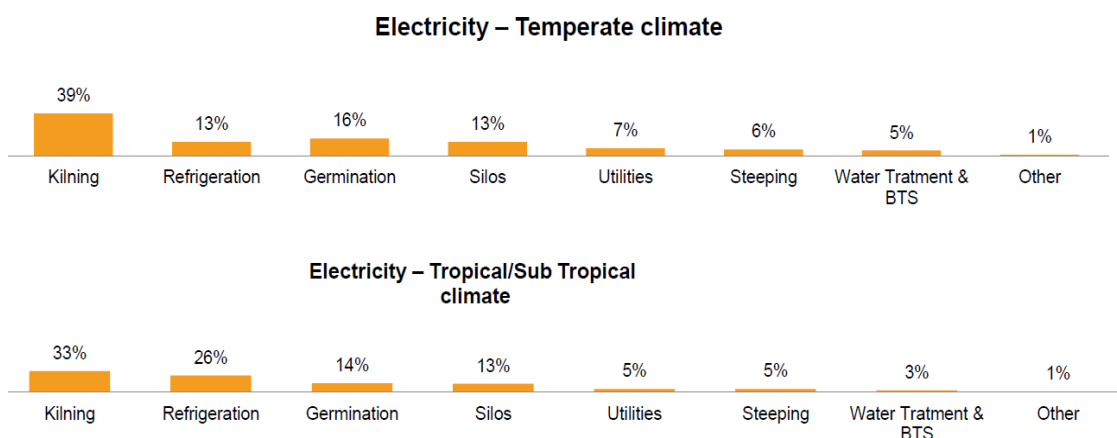
- El área geográfica y las condiciones climáticas en las que se sitúan las industrias influye el consumo de los recursos.
- Los colaboradores y operadores en las industrias juegan un papel importante en el consumo y ahorro de recursos.
- El uso de equipos obsoletos ocasiona un alto consumo.
- Estructura civil y envolvente de la edificación.

En la figura 2.16 se muestra las condiciones climáticas de las diferentes industrias de malta mientras que en la figura 2.17 se representa el porcentaje de consumo de electricidad por procesos en la planta.

Clima	Descripción	Rango de Temperatura (Variación)	Humedad	Maltería
Plantas de latitud alta y media.	- Latitud > 40 Clima continental con inviernos fríos y veranos calurosos	>30°C	<70°C	IDH, Moorhead, Kazan, Saransk, Omsk, Pampa, Tres Arroyos, Cheongju.
Clima templado + Baja altitud	- Latitud < 40 -Baja altitud -Cambios estacionales moderados de temperatura y humedad (por ejemplo, cerca del punto de congelación en invierno, 25°C-30°C en verano)	20°C-30°C	70°C-80°C	Passo Fundo, Nueva Palmira, Paysandu, Caledon, Lima, Jinja.
Clima tropical de gran altitud	Entre los trópicos de capricornio y cáncer -La gran altitud hace que el clima sea más templado que tropical -Cambios estacionales moderados en temperatura y humedad (por ejemplo cerca de congelación en 25°C-30°C en verano) -Grandes diferencias entre la noche y el día temperatura	20°C-30°C	40°C-80°C	Alrode, CyM, Zacatecas, Lusaka, Tibito
Tropical - Sub-Tropical	Típicamente ubicado entre el trópico de capricornio y el trópico de cáncer -Cambios estacionales muy limitados en temperatura y humedad - Diferencia limitada entre humedad y temperatura diurna y nocturna - humedad alta.	<10°C	> 80°C	Cartagena, Navegantes, Guayaquil

**Figura 2.16 Clústeres climáticos**

Fuente: (ABInBev, 2020)



**Figura 2.17 Consumo de electricidad por procesos y clima**

Fuente: (ABInBev, 2020)

## 2.9 KPI

“Los KPI (Key Performance Indicators) o Indicadores Clave de Desempeño miden el nivel del desempeño de un proceso determinado, enfocándose en el “cómo” e indicando que tan efectivos son los procesos, de forma que se pueda alcanzar el objetivo fijado” 2013).

## 2.10 Benchmarking

De acuerdo con David T. Kearns, citado por Talla (2015) define a él “benchmarking como el proceso sistemático y continuo, el cual consiste en evaluar los productos y servicios; así como procesos de trabajo que llevan a cabo cada una las organizaciones que se encuentran enmarcadas dentro de las mejores prácticas y los competidores más duros”.

# CAPÍTULO 3

## 3 Análisis

### 3.1 Situación actual de la empresa

#### 3.1.1 Procesos en maltería

##### Germinación. \_

Previo a que la cebada vaya a las tinas, esta debe pasar por la zaranda, cuya función es limpiar el grano. Luego pasa por la báscula para ser pesada, y finalmente alimenta al transportador tipo sin fin que lleva y arrastra el grano a las tinas de remojo 1 y 2, para luego caer hacia las tinas inferiores 3 y 4 (figura3.1), que es el proceso húmedo para germinación en el cual ingresa agua y es controlada con sensores de nivel. (Estudio de áreas clasificadas y explosivas Maltería, 2020)

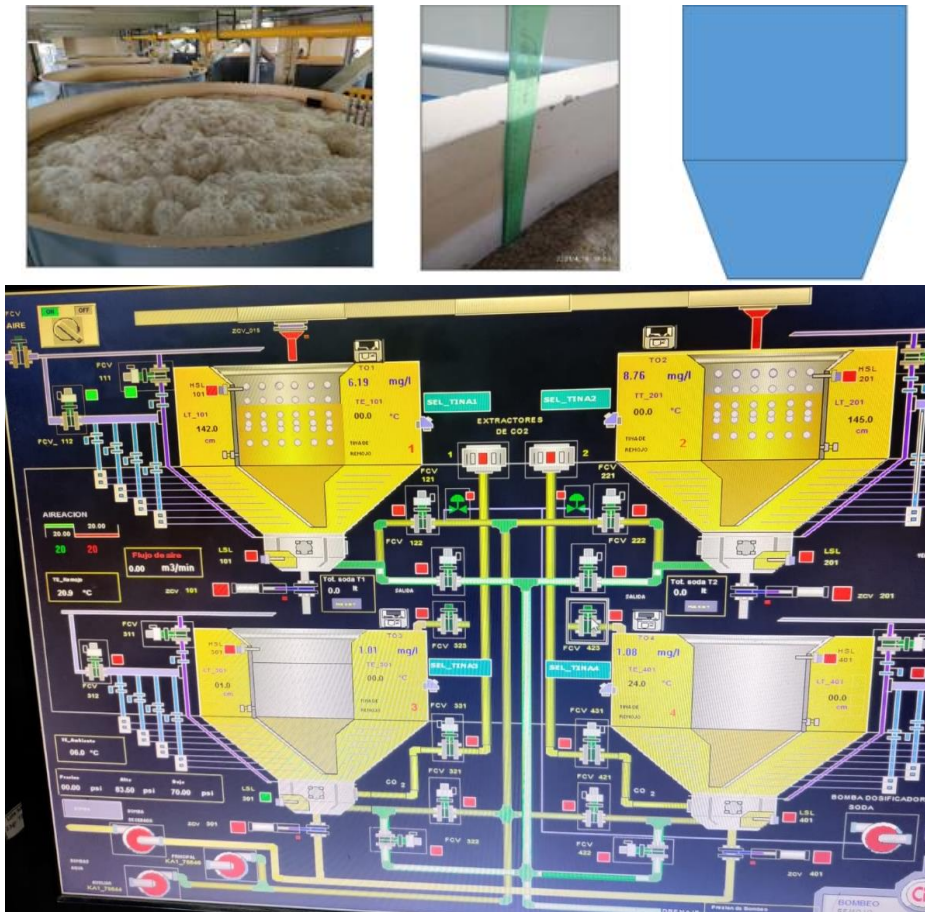


Figura 3.1 Diagrama de tinas de remojo de cebada para la germinación  
Fuente:(SCADA,2021)

### Tostación.

Después de transcurrir el proceso de germinación, junto con la circulación de aire caliente se llega al proceso de tostación o también llamado proceso de secado (figura 3.2); donde se seca la cebada para:

- Detener las funciones vitales: germinación, modificación, cambios enzimáticos y químicos.
- Eliminar aromas y sabores no deseados (PDMS formado durante la germinación)
- Desarrollo de color, aroma y sabor
- Preservar algunas enzimas necesarias para el proceso de elaboración de la cerveza
- Secar las raicillas para permitir su eliminación
- Hacer la malta friable para moler
- Elaborar un producto estable que puede almacenarse.

### Proceso de Secado



**Figura 3.2 Proceso de secado de la cebada**  
Fuente: Charla técnica de secado (ABInBev, 2019)

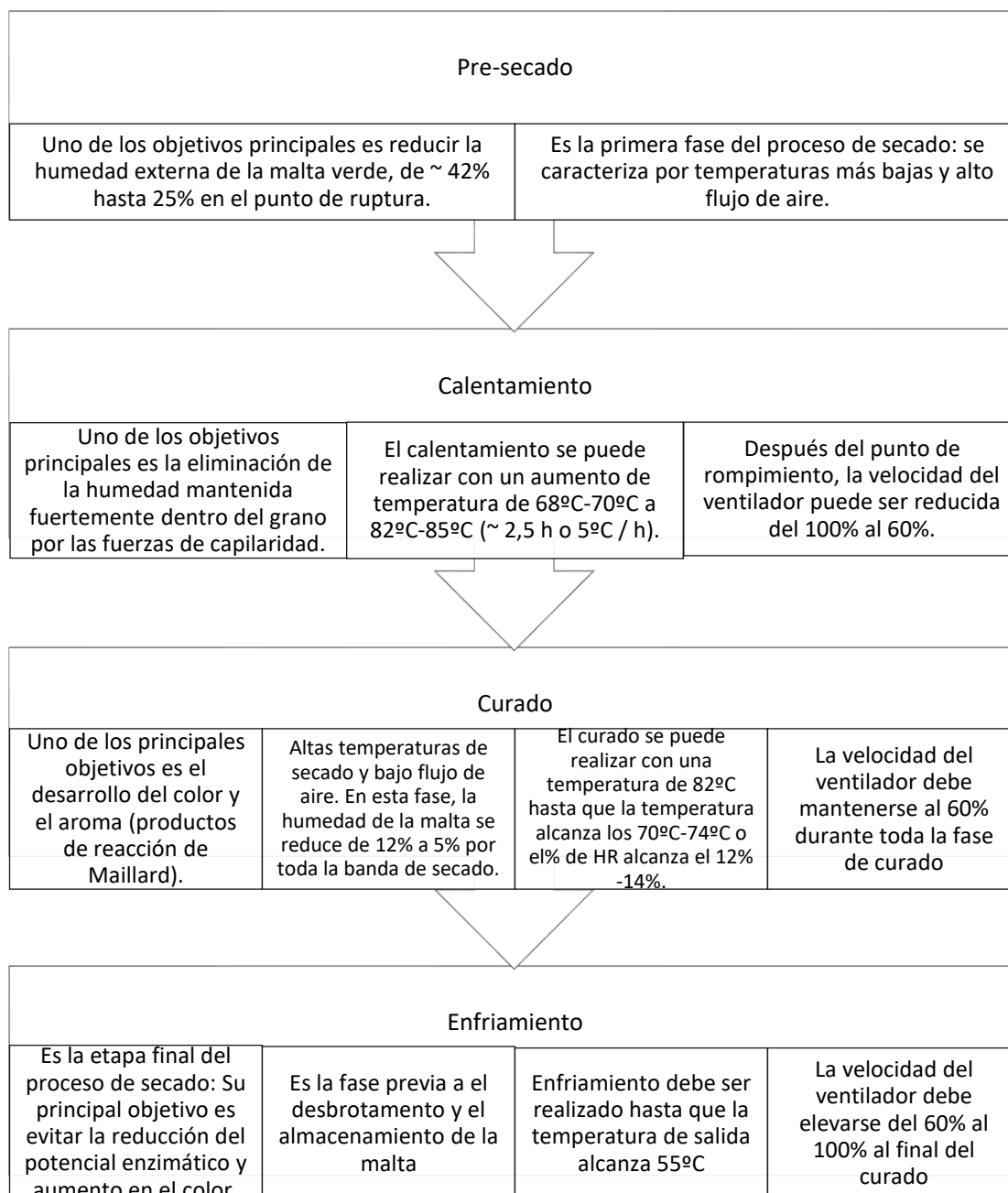
En la figura 3.3 se observa que hay siete (7) saladines, de los cuales solo permanecen en proceso de germinación cinco (5) saladines, uno (1) en tostación y el otro está en mantenimiento. Durante este proceso solo se puede tostar en un saladin a la vez, debido a que el aire caliente que produce la caldera solo alcanza para tostar la producción de uno; por lo tanto, la producción de aire caliente de la caldera es el cuello de botella para aumentar el proceso de tostación con dos (2) saladines a la vez en caso de ser necesario (ABInBev, 2020).



**Figura 3.3 Vista aérea del sistema de saladines donde se implementó el cambio de sellos en las compuertas.**

Fuente: (ABInBev, 2020).

El proceso de secado se encuentra caracterizado por subprocesos que se detallan en la figura 3.4



**Figura 3.4 Proceso de Secado**

Fuente: (ABInBev, 2020)



Independientemente de la eficiencia de la caldera, el proceso de tostación está ligado a la variabilidad del tipo de cebada; esto se debe a modificación proteolítica de la cebada.

### **Almacenamiento de cebada y malta.**

El almacenamiento se realiza en condiciones de temperatura y humedad ambientes adecuadas para los granos de cebada y la malta, en la planta guayaquil existen once (11) silos: de los cuales tres (3) son para almacenar la materia prima – cebada; y los otros ocho (8) son para almacenar la producción de malta (ABInBev, 2020).

### **Descarga. \_**

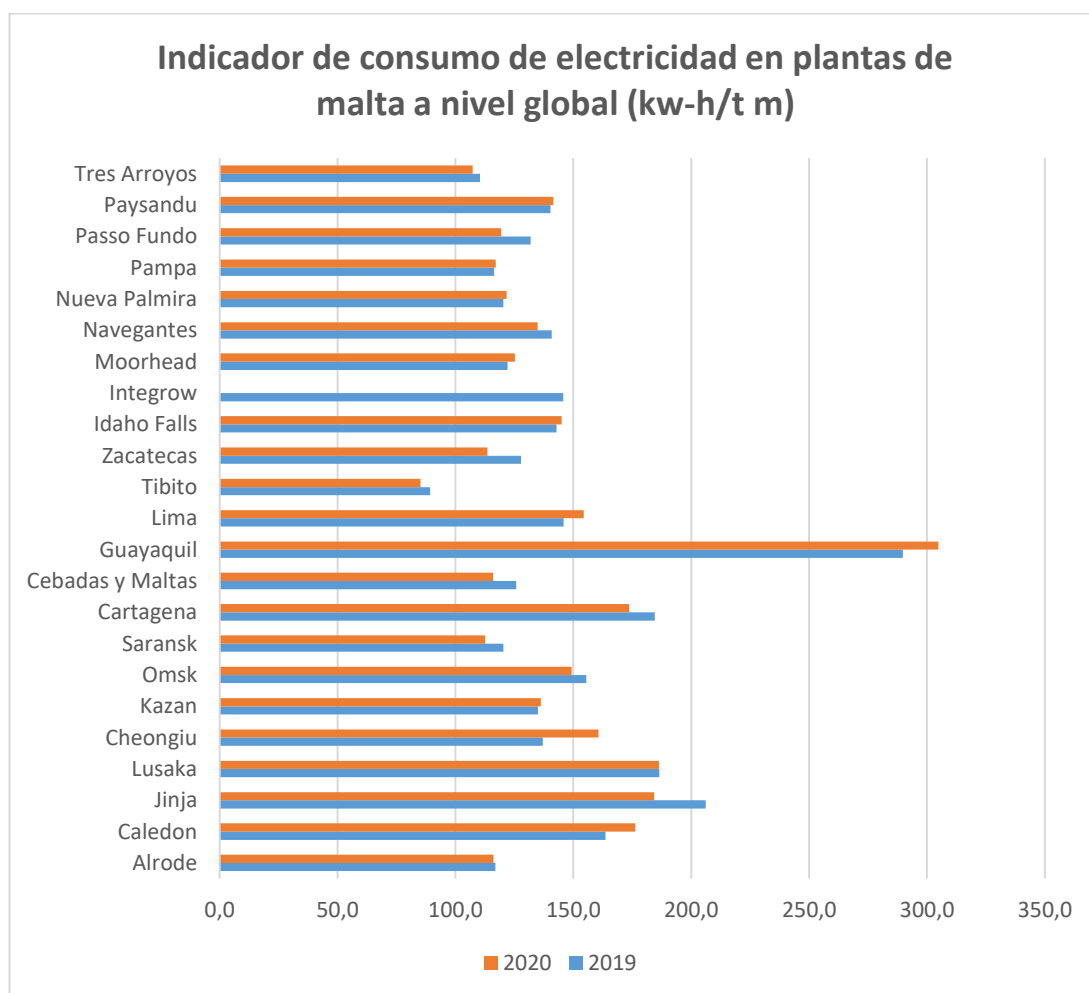
Continuando con el proceso de la descarga, en el último piso (subterráneo) debajo de los saladines hay dos (2) transportadores, el 101 y el 102 junto a un elevador de cangilones plástico que va hasta el octavo (8) piso, y que llega a una tolva de malta caliente donde luego pasa una criba ubicada en el quinto piso) que separa la malta y el co-producto raicilla. En esta tolva se derivan dos (2) vías, una para la malta limpia y la otra para raicilla que la lleva una tolva exclusiva de raicilla (ABInBev, 2020).

Las raicillas son aglomeradas manualmente y se realiza la extracción por medio de un compresor para posteriormente pasarlo por otro filtro de mangas; siguiendo con el proceso de la malta limpia, esta se pasa a un sistema de contabilidad y almacenamiento. Finalmente, durante el despacho de malta esta se puede derivar al proceso interno de cocina en la cervecería de Guayaquil y/o transportarse a la cervecería de Quito para continuar con el proceso (ABInBev, 2020).

## 3.2 Comparación de indicadores de consumo a nivel global

### Electricidad

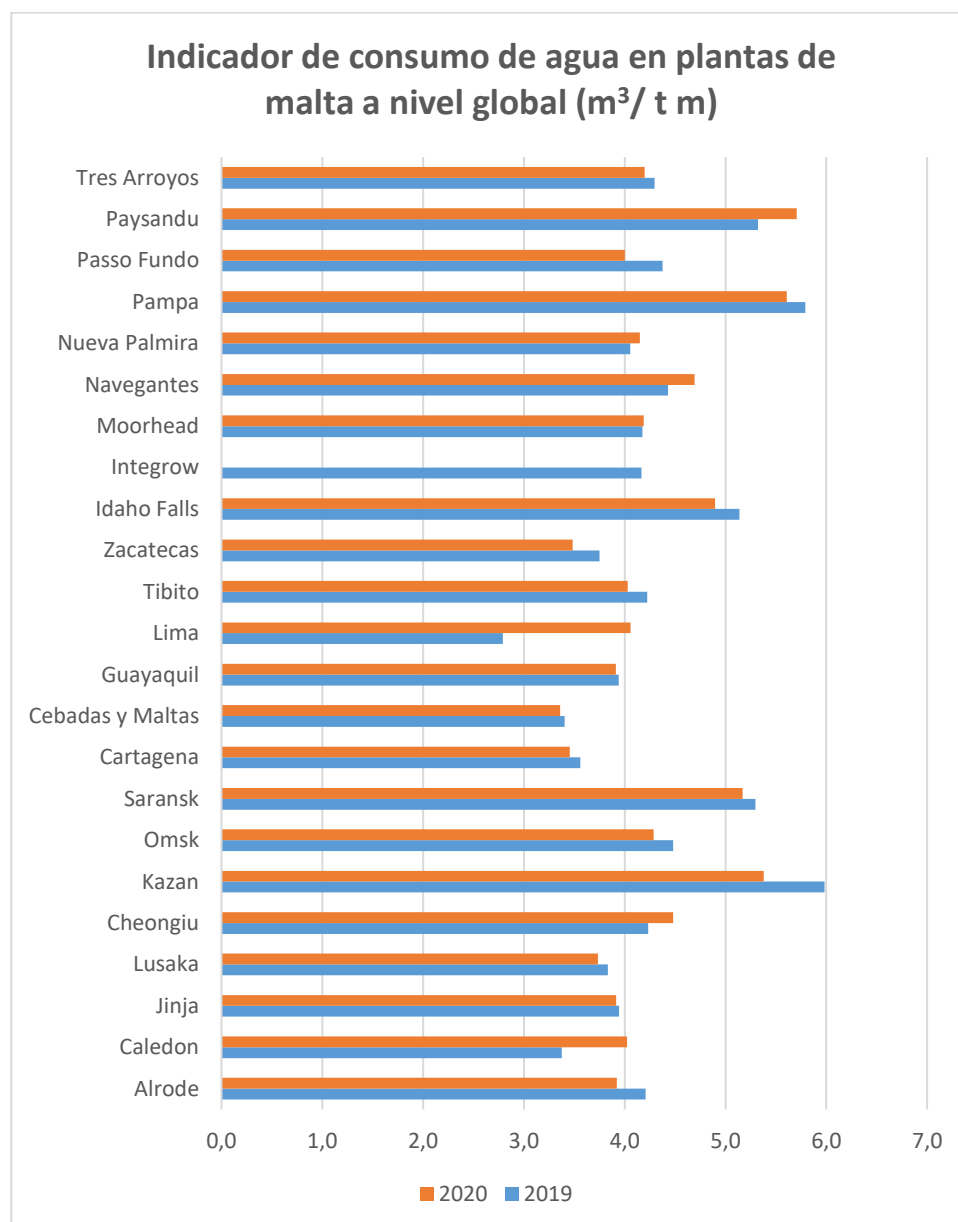
En la figura 3.5 se aprecia la comparación indicadores del consumo de electricidad a nivel de plantas de malta, donde se observa que la planta Guayaquil es la que presenta mayor consumo energía eléctrica, esto se debe al proceso de germinación y tostación el cual se lo realiza en un mismo Saladin, el cual tiene cambios abruptos de temperaturas, mismo que pasan de 15 °C a temperatura altas de 75 °C dependiendo de la variedad de Cebada y la modificación proteolítica que requiera de acuerdo a los resultados de calidad obtenidos; por ello las otras plantas de Malta se diferencian de la planta Guayaquil, ya que estas realizan la operación en una propia caja germinadora para la fase caliente y una para la fase en frio; teniendo así consumos constantes y fijos para cada proceso.



**Figura 3.5 Indicador de consumo de electricidad kw-h/t m, a nivel global por plantas de malta**

Fuente: Autor

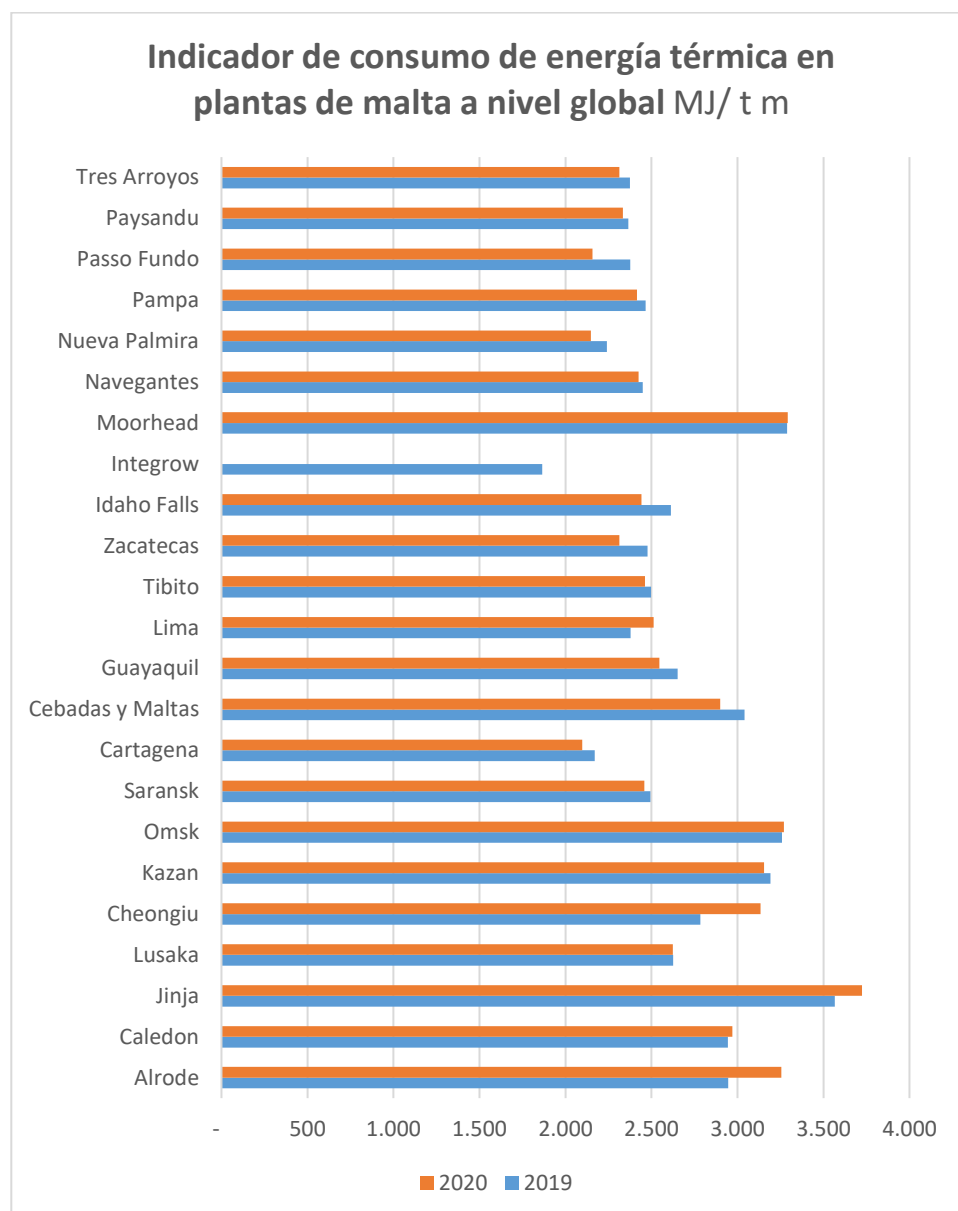
En la figura 3.6 se aprecia la comparación indicadores del consumo de agua a nivel de plantas de malta, en el cual se observa que en la planta Guayaquil los consumos promedios son menores a nivel de las plantas de zona, por ello, para poder llegar a ser la Maltería con menor consumo de agua por tonelada Métrica es necesario cumplir con indicadores de consumo más exigentes.



**Figura 3.6 Indicador de consumo de agua m<sup>3</sup>/t, a nivel global por plantas de malta**

Fuente: Autor.

En la figura 3.7 se aprecia la comparación indicadores del consumo de energía térmica a nivel de plantas de malta, se observa que la planta Guayaquil está por encima del consumo promedio en comparación con las otras plantas, esto se debe al tipo de combustible (bunker) que utiliza, evidenciando que los valores en Mega Joules se incrementan; a diferencia de las otras plantas que usan GLP.

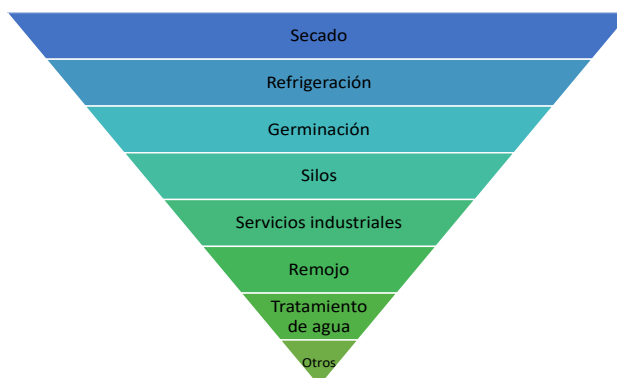


**Figura 3.7 Indicador de consumo de energía térmica en MJ/ t m, por plantas de malta a nivel global**

Fuente: Autor

### 3.3 Recopilación de Datos

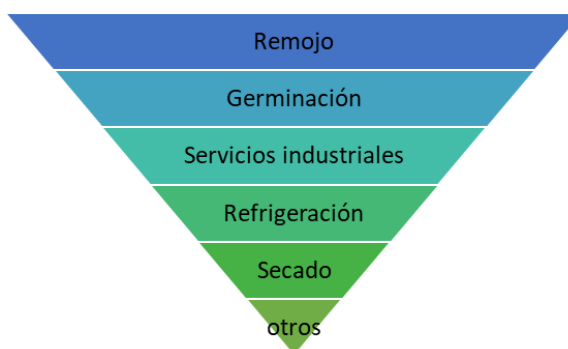
Recopilación de información del consumo de energía se obtuvo mediante medidores de control, instalados en el interior de la subestación eléctrica, los cuales acumulan el consumo de todos los equipos usados en la recepción, proceso, transporte y malteado; misma que se distribuye de acuerdo con la figura 3.8, donde la mayor cantidad de consumo de energía eléctrica lo realiza el secado debido los tiempos generados en las rampas de tostación.



**Figura 3.8 Distribución de consumo de electricidad en la planta de malta**

Fuente: Autor

Los datos del consumo agua se obtuvieron de la sumatoria de los medidores instalados en los diferentes procesos de malteado, los cuales usan diferentes fuentes agua (potable, pozo y recuperada). Este consumo se distribuye de acuerdo con la figura 3.9, donde el remojo genera mayor consumo debido que el total del grano de cebada a Maltear debe estar cubierto.



**Figura 3.9 Distribución de consumo de agua en la planta de malta**

Fuente: Autor

En cuanto al consumo bunker usado en la caldera perotubular de 700 BHP distribuye agua caliente a un serpentín produciendo aire caliente, posteriormente con ayuda de ventiladores pasa a el saladin (caja germinadora) durante el proceso de tostación de la cebada.

### 3.4 Identificación de consumos-Árbol de KPI

En las figuras 3.10, 3.11 y 3.12 se representa la identificación de consumos mediante el árbol de indicadores (KPI) el cual recopila valores promedio de desempeño a lo largo de los años de producción, por medio de sensores y medidores instalados en cada uno de los procesos; identificando así aquellos que presentan elevados consumos.

En la figura 3.10 se evidencia que el mayor consumo de energía eléctrica se origina en el proceso de tostación (76,75 kw-h/t), refrigeración (71,04 kw-h/t) y germinación (63,93 kw-h/t).

PROCESO	SUBPROCESOS	TAREAS	Indicador de Proceso / Indicador de producto	Especificación	Reporte en:	Frecuencia
Almacenamiento y manejo de materias primas	Recepción de materias primas e insumos	Asignar ON en el In Bach a la recepción de silo (cilindros, filtros, compresores, esclusas, transportadores)	Energía Eléctrica Torre de Granos	3,015 kw-h/ton	Registro de consumos diarios	diario
	limpieza	Verificar el correcto funcionamiento de la tarara				
	Pesaje Y Despacho	Ubicar silo hábil mediante In Bach (balanza de ingreso)				
Remojo	Remojo E1	Verificación de encendido de bomba e ingreso de agua	Energía Eléctrica Bomba de pozo	1,64 kw-h/ton	Registro de consumos diarios	diario
	Succión de CO2	Abrir Válvulas para realizar la extracción de CO2 (Extractores CO2)				
	Remojo E2	Validación en sitio del cubrimiento con agua del grano (Bombas Empuje, agua fría)				
Germinación	Bombeo a saladín	Seleccione en el Batch el saladín para descargar el grano (bombas de cebada y cribas)	Energía eléctrica Maltería germinación	63,93 kw-h/ton	Registro de consumos diarios	
	Nivelación	Carro Removedor				
	Adición Ácido Giberélico	bomba dosificadora				
	Germinación	Bomba de agua fría, condensadores, compresores bomba de saladines				
Tostación	Secado libre	Verificar la temperatura a la que se encuentra el saladín (Ventiladores)	Energía Eléctrica de Tostación	76,75 kw-h/ton	Team Room y Registro de consumos diarios	diario
	Calentamiento	Verificar la temperatura a la que se encuentra el saladín (Ventiladores)				
	Curado	Verificar la temperatura a la que se encuentra el saladín (Ventiladores)				
	Enfriamiento	Verificar si las puertas de tostación están cerradas (ventiladores y bombas de agua fría)				
Refrigeración	Compresore y condensadores	Mudulación de equipos para enfriamiento de agua y cuartos germinadores	Energía Eléctrica Sistema de Refrigeración	71,04 kw-h/ton	Registro de consumos diarios	diario
Todos	procesos neumáticos	Consumo por aire de Servicios	Energía Eléctrica Servicios	9,7 kw-h/ton	Registro de consumos diarios	diario

**Figura 3.10 Árbol de indicador consumo de energía eléctrica**  
Fuente: Autor.

En cuanto al agua, el árbol de KPI (figura 3.11) evidencia que durante el proceso de remojo el consumo de agua es mayor con 0,9 m<sup>3</sup>/t en el remojo y bombeo; y 0,78 m<sup>3</sup>/t durante el riego y limpieza, seguido del proceso de refrigeración con 0,88 m<sup>3</sup>/t específicamente en el subproceso de condensadores para el enfriamiento y cuartos germinadores.

PROCESO	SUBPROCESOS	TAREAS	Indicador de Proceso / Indicador de producto	Especificación	Unidad	Reporte en:	Frecuencia
Remojo	Remojo E1	Verificación de encendido de bomba e ingreso de agua	Consumo de agua remojo y bombeo	0,9	m3/ton	Registro de consumos diarios	diario
	Bombeo a saladín	Seleccione en el Batch el saladín para descargar el grano (bombas de cebada y cribas)					
	Remojo E2	Validación en sitio del cubrimiento con agua del grano (Bombas Empuje, agua fria)	Consumo de agua riego y limpieza	0,78	m3/ton	Registro de consumos diarios	diario
	Adición Ácido Giberélico	Bomba dosificadora					
Riego de saladines	Bomba de saladines						
Tostación	Secado libre	Verificar la temperatura a la que se encuentra el saladín (Ventiladores )	Consumo de agua caldera	0,24	m3/ton	Registro de consumos diarios	diario
	Calentamiento	Verificar la temperatura a la que se encuentra el saladín (Ventiladores )					
	Curado	Verificar la temperatura a la que se encuentra el saladín (Ventiladores )					
	Enfriamiento	Verificar si las puertas de tostación estan cerradas (ventiladores y bombas de agua fria)					
Refrigeración	Condensadores	Mudulación de equipos para enfremiento de agua y cuartos germinadores	Consumo de agua condensadores	0,88	m3/ton	Registro de consumos diarios	diario
	Tanque cuadrado	Almacenamiento Agua helada	Consumo de agua tanque cuadrado	0,23	m3/ton		diario
Limpieza	Áreas no productivas	Consumo de agua limpieza, usos varios	Consumo de agua en limpieza de áreas no productivas	0,37	m3/ton	Registro de consumos diarios	diario

Figura 3.11 Árbol de indicador consumo de agua m<sup>3</sup>/t  
Fuente: Autor

Figura 3.12 indica que el consumo de bunker se centra en la caldera durante la fase de tostación de la cebada, el cual consiste en el secado y tostado mediante aire caliente, cuyo objetivo es detener la germinación y disminuir el grado de humedad del grano hasta un 4 - 5% aproximadamente; los datos del consumo de bunker se obtuvieron a través de la diferencia de volúmenes del tanque principal con cortes semanales; y despachos de dos horas, tres veces a la semana.

PROCESO	SUBPROCESOS	TAREAS	Indicador de Proceso / Indicador de producto	Especificación	Unidad	Reporte en:	Frecuencia
Tostación	Secado libre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar encendido de caldera</li> <li>Verificar de temperatura de aire de tostación</li> <li>Validar la finalización de la segunda etapa de secado (temperatura /grano <math>\geq 38^{\circ}\text{C}</math>)</li> </ul>	Consumo de Búnker	16,6	Gal/ton	Archivo de merma N1	Cada Batch
	Calentamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar la temperatura de la tercera etapa de secado <math>\geq 50^{\circ}\text{C}</math></li> <li>Controlar recirculación de aire caliente, aire fresco al radiador y temperatura sobre grano</li> <li>Verificar de temperatura de aire de tostación</li> <li>Verificar la temperatura de aire sobre grano</li> </ul>					
	Curado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar condiciones para finalización de curado</li> <li>Control de PID</li> </ul>					

**Figura 3.12** Árbol de Indicador de consumo de energía térmica

Fuente: Autor



## CAPÍTULO 4

### 4 IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS

A través del árbol de KPI se identificaron los procesos y subprocesos con elevado consumo energético y agua en en la figura 4.1 se observa las áreas en las que fueron implementadas las mejoras, se consideró para la reducir el consumo de agua las tinas de remojo donde el grano de cebada es sumergido para aumentar la humedad, iniciando la etapa de germinación. Para reducir el consumo de energía, se consideró las compuertas de germinación área por la cual ingresa el aire frio para los saladines y los túneles de tostación donde se aprovecha aire caliente residual para el siguiente Saladin, activar el proceso de desarrollo embrionario de la semilla. Por último, para la reducción de bunker se implementó túneles en el área de tostación.

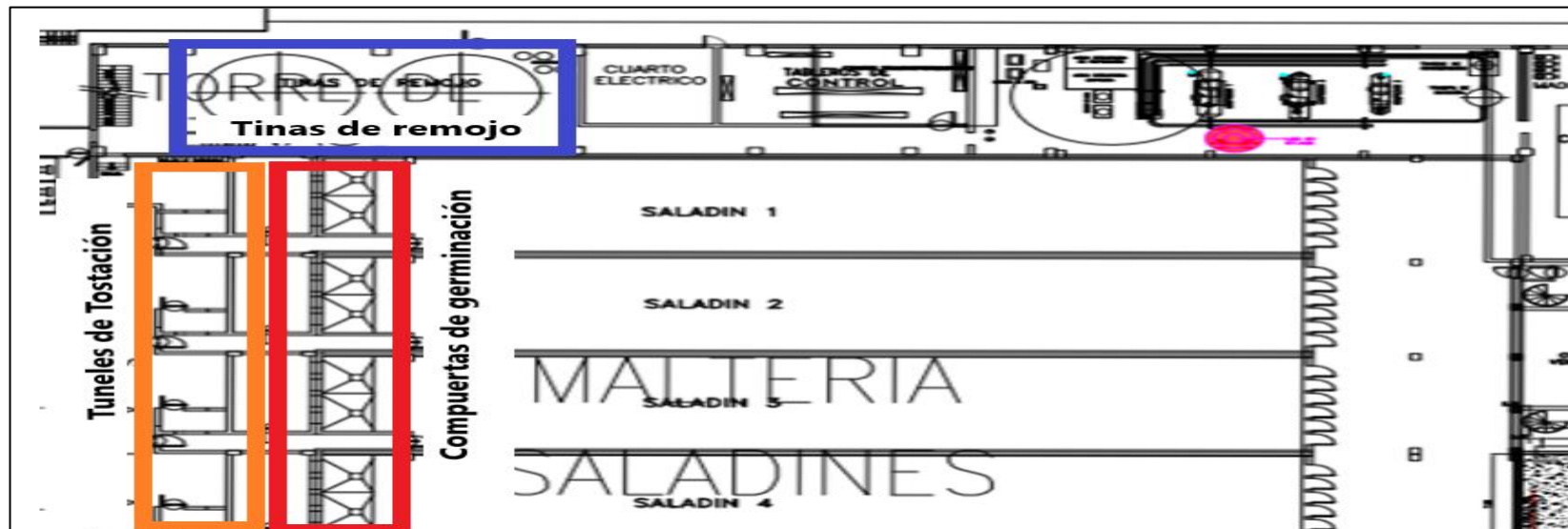


Figura 4.1 Distribución de áreas consideradas para la implantación de mejoras en la planta de malta

Fuente: Autor

A continuación, se presentan las oportunidades de mejora implementadas para la reducción del consumo de energía eléctrica, agua y bunker

#### **4.1 Reducción de consumo de energía eléctrica**

El proceso de refrigeración es uno de los principales sistemas que presentan un elevado consumo de energía eléctrica. Entre los problemas identificados en el sistema de refrigeración, se detectó el deterioro de los sellos de las compuertas, mismo que generan fugas de aire frío, ocasionando que los saladines se demoren más tiempo para llegar a la temperatura idónea de germinación, por ello, se estableció el cambio de los sellos de las compuertas (figura 4.1); mejorando así el aislamiento de las cajas germinadoras con el fin de evitar la fuga del aire frío del interior, este proceso de mejora se llevó a cabo paulatinamente en las siete cajas.



**Figura 4.2 Antes y después del cambio de sellos de las compuertas de los saladines**

Fuente: Autor

En la tabla 1. y en la figura 4.2 se observa el consumo de energía por tonelada producida; en el cual se evidencia la paulatina disminución después de los mantenimientos realizados en abril, septiembre y diciembre, meses en los cuales se realizaron cambios de sellos en las compuertas de los saladines de germinación; evidenciando de esta forma que antes del cambio los consumos en el primer periodo de enero a abril el consumo promedio fue de 302,6 kw-h/t; en cuanto al segundo periodo de mayo a septiembre posteriormente de la implementación realizada en dos saladines, observó un consumo promedio de 272,8 kw-h/t; significando una reducción promedio de 29,8 Kw-h/t; finalmente en el tercer periodo de octubre a diciembre se

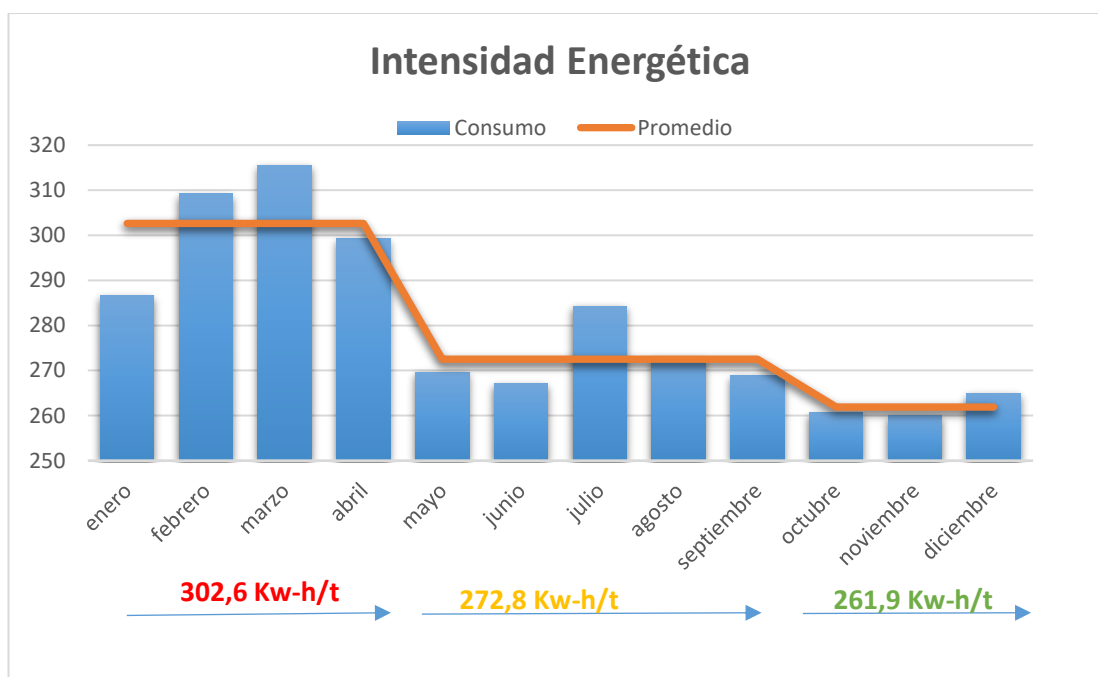
registró un consumo promedio 261,9 Kw-h/t, representando una reducción promedio del 10,09 kw-h/t al año .

**Tabla 1**

**Consumo de energía eléctrica kw/h por tonelada producida de malta**

Fecha	Producción toneladas	Energía Eléctrica kw-h/t
<b>Enero</b>	3083	286,57
<b>Febrero</b>	2817	309,16
<b>Marzo</b>	2767	315,58
<b>Abril</b>	2522	299,2
<b>Mayo</b>	3099	269,6
<b>Junio</b>	3032	267,03
<b>Julio</b>	2783	284,3
<b>Agosto</b>	3076	272,7
<b>Septiembre</b>	2328	268,8
<b>Octubre</b>	3113	260,7
<b>Noviembre</b>	3038	260,0
<b>Diciembre</b>	1823	265,0

Fuente: Autor



**Figura 4.3 Intensidad energética kw-h/ por tonelada producida de malta al mes.**

Fuente: Autor

En la tabla 2 se detalla el promedio de las reducciones de energía (kw-hora/t) obtenidos posteriormente de la mejora implementada; se obtuvo una reducción anual de 40,7 Kw-h/t. Por ello la inversión 120 mil dólares realizada en los cambios de las

partes y equipos que cumplieron su vida útil, se recuperara en aproximadamente en dos años al tener un ahorro de \$2,85 dólares representando un total de 71225 dólares de ahorro en un año en una producción de 25000 toneladas al año de malta.

**Tabla 2**

**Promedio de energía reducido de Kw-hora sobre toneladas producido**

Periodo	Meses	Promedio de reducción	Costo reducido
Primer periodo	Enero-Abril	29,8 Kw-h/t	\$ 0,07
Segundo periodo	Mayo-Septiembre		
Tercer periodo	Octubre-Diciembre	10,9 Kw-h/t	
General	Anual	40,7 Kw-h/t	\$ 2,85

Fuente: Autor

#### 4.2 Reducción de consumo de agua

En cuanto al agua se identificó que el mayor consumo se origina durante el proceso de germinación en las tinas superiores e inferiores, teniendo en cuenta que el proceso como tal requiere grandes cantidades de agua para limpieza, hidratación y el inicio de la germinación, por ello, se determinó que el principal problema en el remojo de la cebada, se debía a una elevada variabilidad entre una producción y otra; de tal forma que se estableció el cambio de sensores, creación de procedimientos para el llenado de las tinas y estandarización

En la tabla 3 y figura 4.4 se evidencia el consumo de agua m<sup>3</sup> por tonelada producida en el primer periodo de enero a abril se obtuvo un promedio de 3,85 m<sup>3</sup>/t ; segundo periodo de Julio a diciembre se obtuvo un consumo de 3,52 m<sup>3</sup>/t, teniendo con ello una reducción significativa de 0,33 metros cúbicos de agua al año por tonelada producida representado en 1,27 dólares /t.

**Tabla 3**

**Consumo de agua por tonelada producida de malta**

<i>Fecha</i>	<i>Producción toneladas</i>	<i>Agua m<sup>3</sup>/t</i>
<i>Enero</i>	3083	3,87
<i>Febrero</i>	2817	3,88
<i>Marzo</i>	2767	3,87
<i>Abril</i>	2522	3,88
<i>Mayo</i>	3099	3,81
<i>Junio</i>	3032	3,79
<i>Julio</i>	2783	3,65
<i>Agosto</i>	3076	3,57
<i>Septiembre</i>	2328	3,58
<i>Octubre</i>	3113	3,47
<i>Noviembre</i>	3038	3,40

Diciembre | 1823 | 3,50

Fuente: Autor

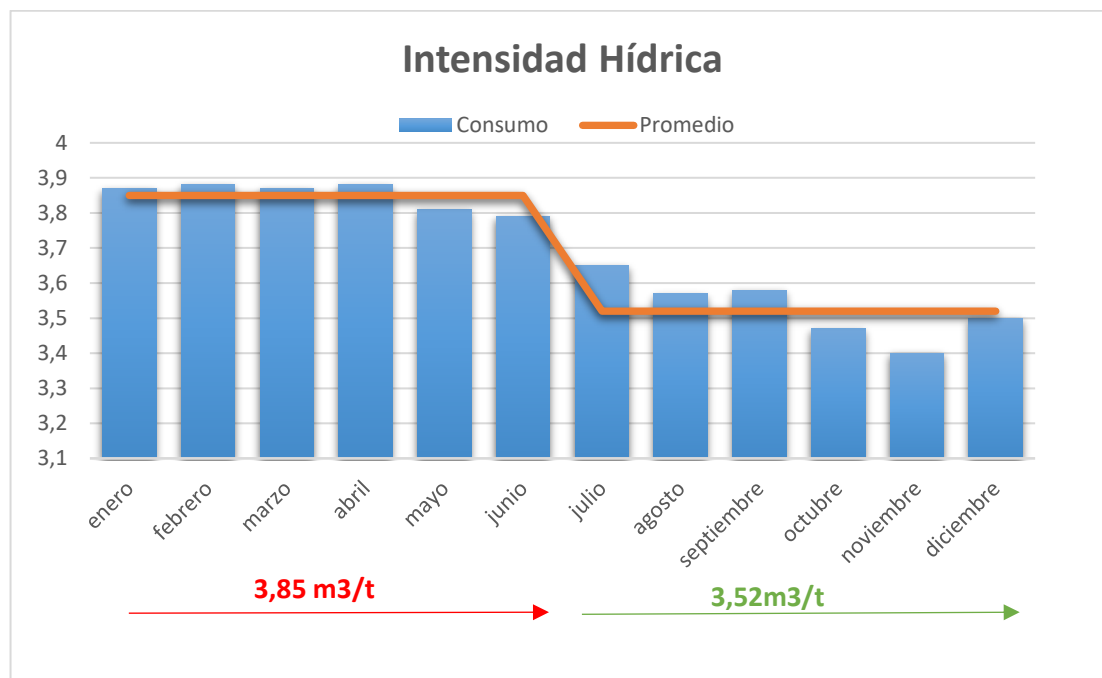


Figura 4.4 Intensidad Hídrica m<sup>3</sup> por tonelada producida de malta

Fuente: Autor

En la tabla 4 se detalla el promedio de las reducciones de consumo de agua, donde se evidencia que a través de las estandarizaciones de procedimientos y mantenimientos de sensores se evidencia reducciones de 1,27 dólares por tonelada producida, a un total de 25000 toneladas al año de malta, representando un total de 31.750 dólares de ahorro en un año (costo del m<sup>3</sup> de agua 3,85 dólares).

**Tabla 4**

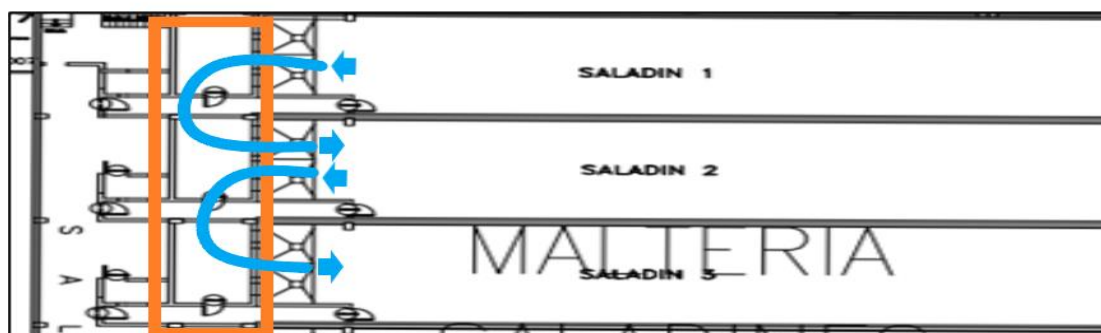
**Promedio de agua reducido de m<sup>3</sup> sobre toneladas producido**

Periodo	Meses	Promedio de reducción	Costo reducido
Primer periodo	Enero-Junio	3,85 m³/t	\$ 3,85
Segundo periodo	Julio-Diciembre	3,52 m³/t	
General	Anual	0,33 m³/t	\$ 1,27

Fuente: Autor

### 4.3 Reducción de consumo de Bunker

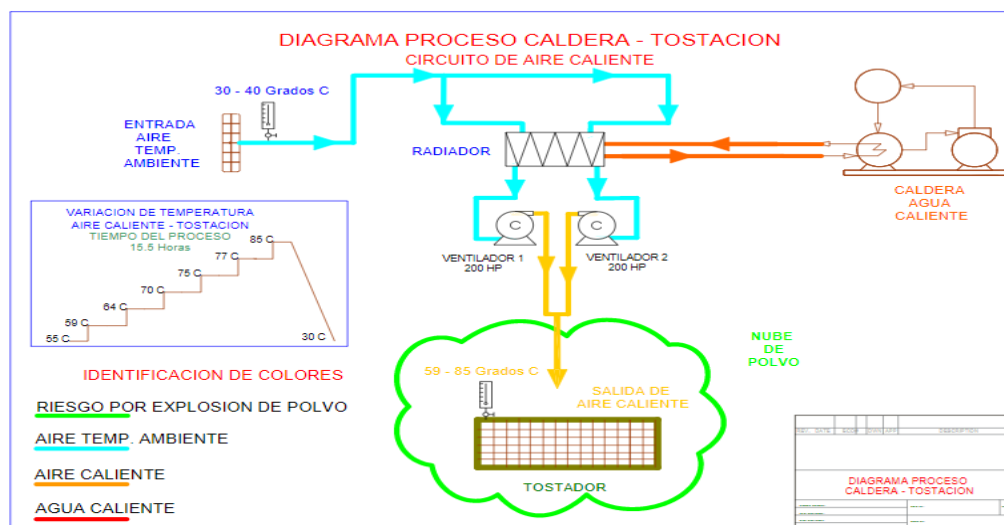
Para reducir el consumo de bunker en el sistema de tostación se implementó túneles para movilizar el aire caliente de una saladin a otro (figura 4.5), aprovechando la temperatura final de uno, para alimentar al siguiente, de tal forma que el final de uno sea el inicio del otro; y reducir el consumo de energía térmica generado por el consumo de bunker, cabe indicar que la caldera se usa solo para el calentamiento de agua para el proceso de tostación.



**Figura 4.5 Sistema de túneles para transferencia de calor entre saladines**

Fuente: (ABInBev, 2020).

En la figura 4.6 se observa el proceso de la caldera, el cual consiste en generar agua caliente, que posteriormente pasa por el radiador o serpentines, generando un circuito de aire caliente, el cual es enviado hacia los saladines por medio de ventiladores para iniciar el proceso de tostación.



**Figura 4.6 Diagrama del proceso de caldera tostación**

Fuente: (ABInBev, 2020).

En la tabla 5, 6 y figura 4.7 se observa la intensidad del consumo de Bunker expresado en energía térmica MJ /t producida, antes de la implementación del túnel el consumo promedio de energía térmica (bunker) MJ/t era de 2475 generando un gasto 1,58 dólares por tonelada. A lo anterior expuesto después de la primera fase después de implementación del túnel de movimiento de calor entre saladines se obtuvo una reducción significativa de 158 MJ/t entre enero a marzo; por otra parte, entre mayo a junio se observa un aumento pese a la reducción evidenciada en la primera fase; esto de debido a fallas o paralización de la caldera por fugas de agua y fallas en las bombas de bunker; posteriormente solventadas las fallas en los siguientes meses se evidencio una reducción promedio de 2387 MJ/t; de esta forma en el año se obtuvo una reducción total de 88 MJ/t equivalente a 0,06 dólares de un total de 25000 t/año; considerando que 1 galón de bunker equivale a 156,67 MJ.

Como resultado del cambio y los mantenimientos, pese a las reducciones poco estables se puede evidenciar que la mejora implementada representa un ahorro de 1400 dólares en bunker al año, equivalente a 0,06 dólares por tonelada producida.

**Tabla 5**

**Consumo de energía térmica (bunker) por tonelada producida de malta**

Fecha	Producción toneladas	Energía térmica MJ/t
<b>Enero</b>	3083	2488
<b>Febrero</b>	2817	2462
<b>Marzo</b>	2767	2317
<b>Abril</b>	2522	2317
<b>Mayo</b>	3099	2435
<b>Junio</b>	3032	2497

<b>Julio</b>	2783	2320
<b>Agosto</b>	3076	2469
<b>Septiembre</b>	2328	2337
<b>Octubre</b>	3113	2387
<b>Noviembre</b>	3038	2387
<b>Diciembre</b>	1823	2422

Fuente: Autor



Tabla 6

Promedio de consumo de energía térmica sobre toneladas producido (MJ/t)

Periodo	Meses	Consumo	Promedio de reducción	Costo reducido
Primer periodo	Enero-Febrero	2475 MJ/t	158MJ/t	\$ 0,10
Segundo periodo	Marzo-Abril	2317 MJ/t		
Tercer periodo	Mayo-Junio	2466 MJ/t	149Mj/t	
Cuarto periodo	Julio- Diciembre	2387 MJ/t	79Mj/t	
General	Anual	0,56 gal/t	88 MJ/t	\$ 0,06

Fuente: Autor

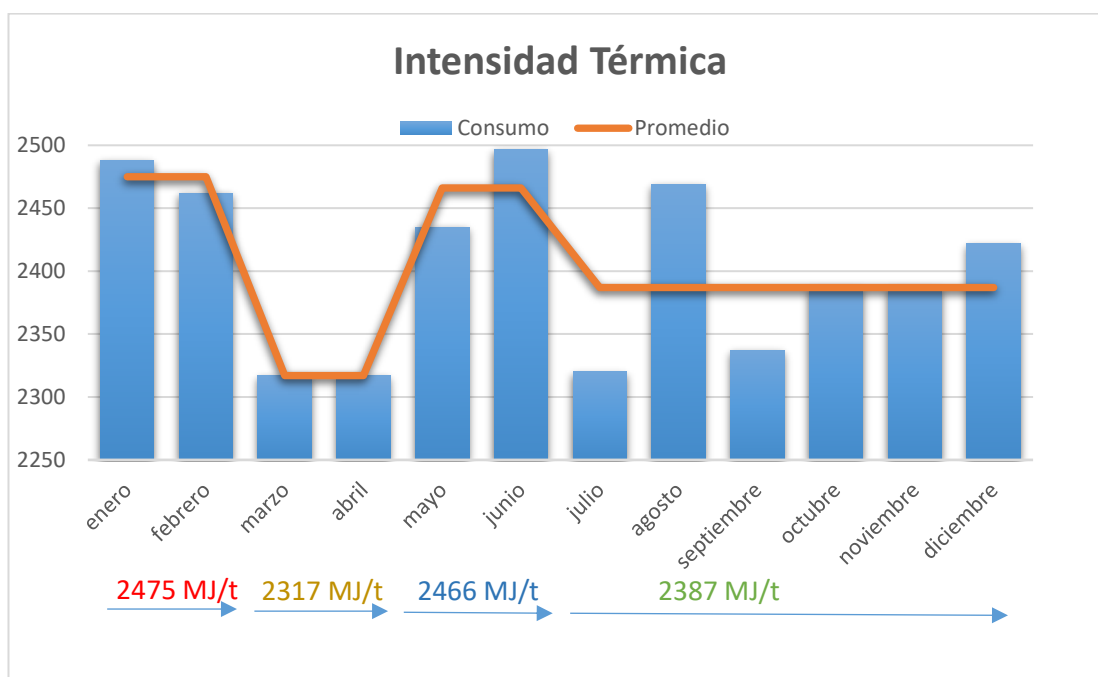


Figura 4.7 Intensidad térmica (bunker) MJ /t producida de malta.

Fuente: Autor

En la figura 4.8 se observa las tendencias mensuales de enero a diciembre del 2021 del consumo de energía en el sistema de refrigeración, en el cual se aprecia una baja después de cada mantenimiento (representado por los recuadros rojos) realizado en las puertas de germinación.

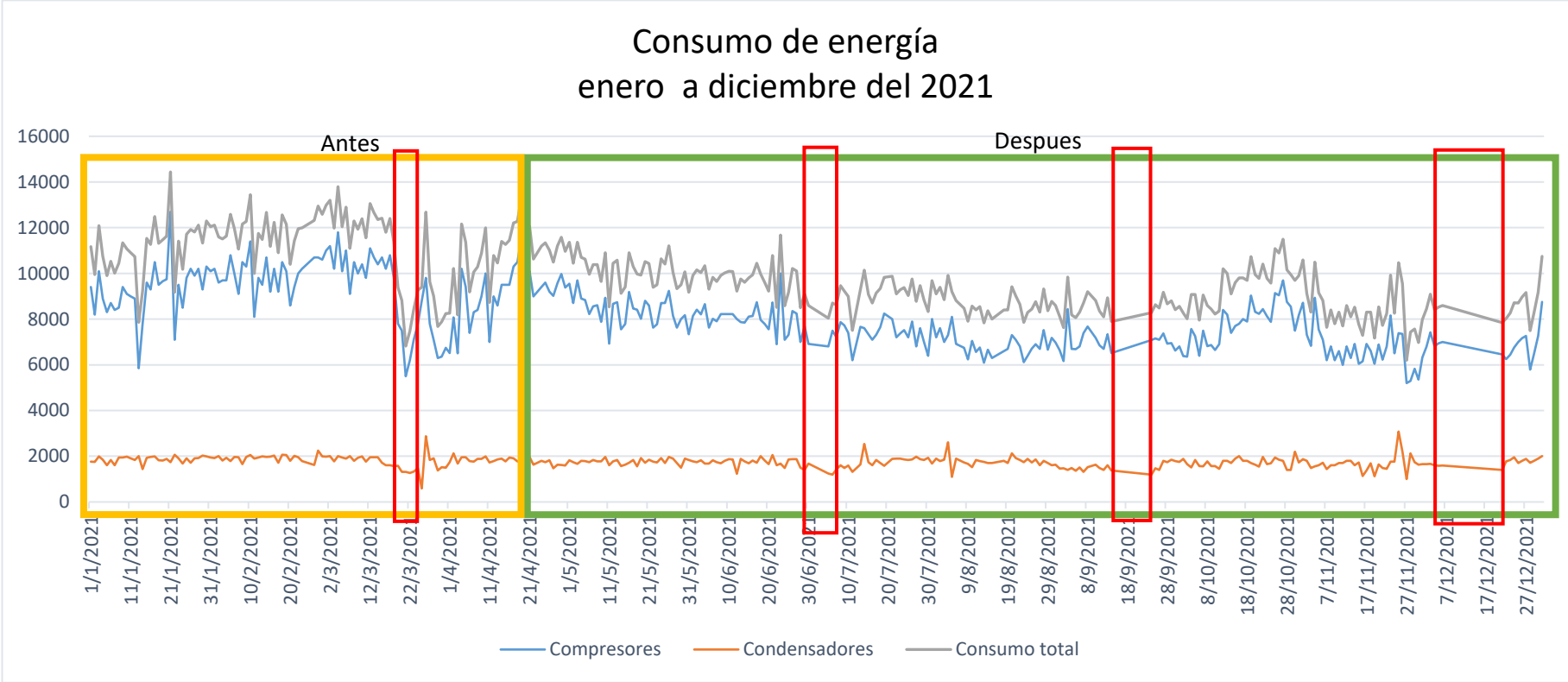
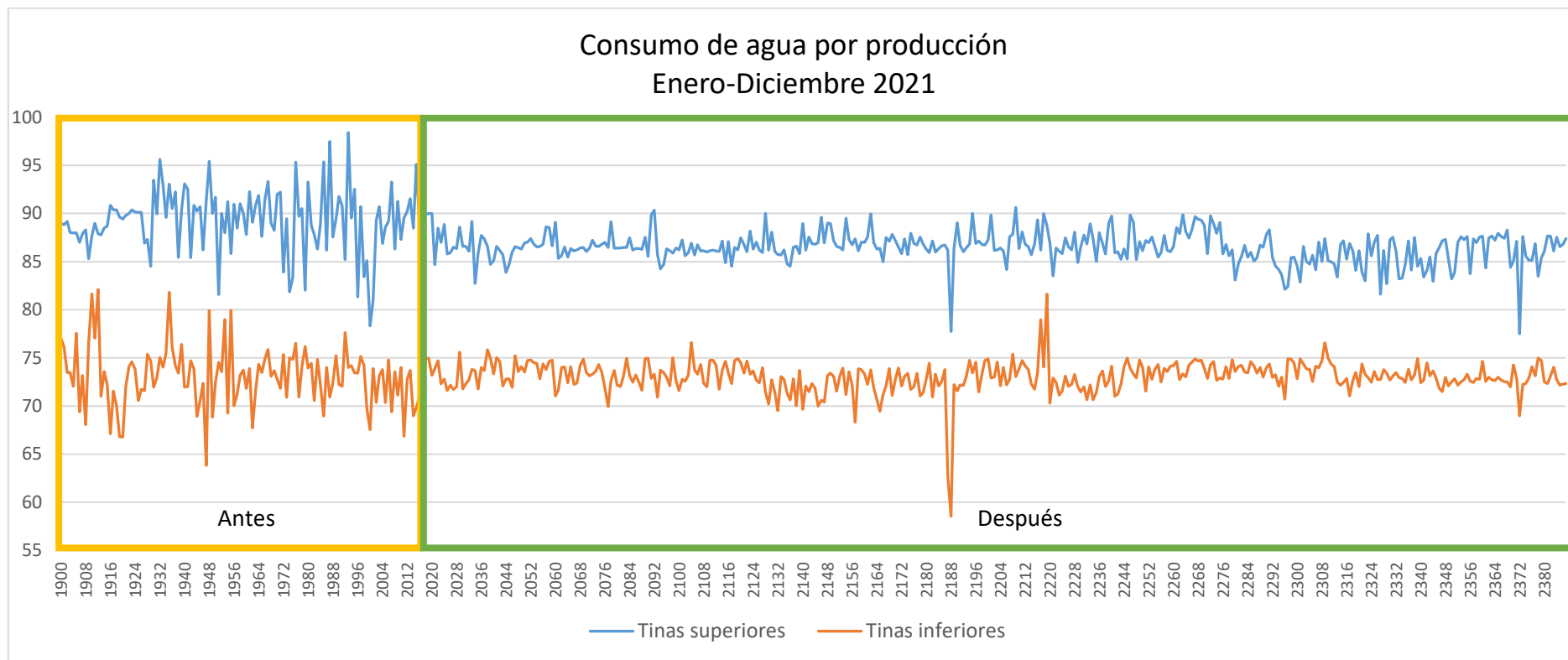


Figura 4.8 Consumo de energía antes y después de la implementación de mejora.

Fuente: Autor

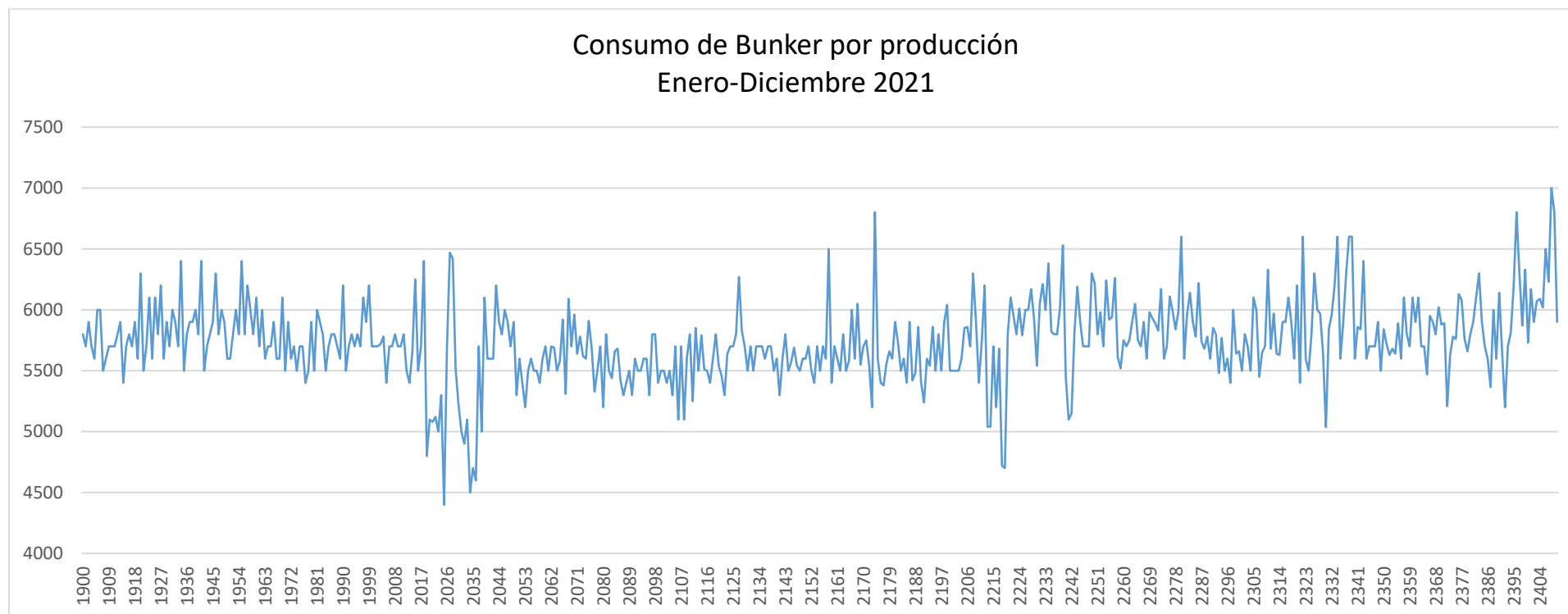
En la figura 4.9 se evidencia la estabilidad y reducción del consumo de agua en tinas de remojo por producción después de las mejoras realizadas en cambio y calibración de sensores y creación de la SOP.



**Figura 4.9 Consumo de energía antes y después de la implementación de mejora.**

Fuente: Autor

En la figura 4.10 se observa la inestabilidad que tienen el consumo de búnker por cada producción tostada, el cual es directamente convertido a MJ.



**Figura 4.10 Consumo de Búnker por producción**

Fuente: Autor

## CAPÍTULO 5

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

1. Se concluye que, los mantenimientos en las compuertas de los saladines, como medida para reducir el consumo de energía eléctrica, obtuvo como resultado reducciones promedio de 40,7 Kw-h/t, estos cambios generaron ahorros 2,85 dólares por tonelada producida; a lo anterior expuesto es indispensable llevar mantenimientos programados, evitando así consumos innecesarios y perdida energía residual dentro del proceso de germinación, de tal forma que, se permita aprovechar al máximo la reducción de temperatura en las cajas de germinación.
2. En cuanto al consumo de agua en el proceso de remojo y bombeo en las tinas superiores e inferiores se evidencio, que antes de la implementación de procedimientos y estandarización de llenado de tinas, existía un consumo de 14,89 dólares, posteriormente el ahorro en el año represento un 0,33 m<sup>3</sup> equivalentes a 1,27 dólares menos por tonelada, en la aplicación de la mejora se evaluó la calidad del producto, el cual no se presentó ninguna modificación proteolítica fuera de parámetro dentro de la calidad del Producto.
3. La implementación del túnel en el proceso de tostación conllevó a reducir tiempos en el proceso de tostación, sin embargo los consumos de búnker transformados MJ/t se encuentran por encima de lo esperado, presentándose daños y fallas en la caldera de una manera frecuente originada de la ineficiencia de la caldera de 700 BHP, misma que se encuentra sobredimensionada, debido a que estaba proyectada para trabajar con dos calderas para generar la tostación de dos germinadores al mismo tiempo; a pesar de ello se pudo evidenciar un ahorro de 1400 dólares en búnker al año, equivalente a 0,06 dólares por tonelada producida. El tipo de combustible es otra variable muy importante para la reducción de energía térmica que permita estar entre las mejores plantas a nivel de indicadores.

## 5.2 Recomendaciones

### 5.2.1 Energía

Se recomienda:

4. Realizar controles de temperatura a lo largo de toda la caja germinadora para evitar descompensaciones a lo largo de la misma.
5. Modificar en el plan de mantenimiento, realizar el cambio de los sellos de las puertas de germinación de forma anual para evitar fugas que conlleven a un elevado consumo de energía en el proceso.
6. En cuanto a compresores de amoniaco se recomienda realizar una recopilación histórica de datos, en base a las presiones de succión y descarga; para de esta forma determinar las diferencias significativas entre la presión y succión, de tal forma, que se pueda contar con un sistema de alterar para el sistema de frio. Además, se recomienda trabajar con motores de alta eficiencia, conectados a un variador de forma que se pueda regular energía y evitando tener picos en los arranques, por ello al trabajar en el mejoramiento del sistema se contemplaría ahorros de energía y agua simultáneamente.
7. Trabajar en el sistema de refrigeración para el proceso de malteado de la cebada, el cual ayudaría a la reducción de energía eléctrica,
8. Realizar cambios de condensadores que se encuentren con muchas incrustaciones, adquiriendo nuevos con un alto nivel de eficiencia, solucionando la ineficiencia en electricidad y problemas con fuga de agua;

### 5.2.2 Agua

Se recomienda:

1. Monitorear el consumo de agua por parte de otras áreas de la planta, de tal forma que permita implementar sistemas de ahorros mediante procedimientos y estandarizaciones.
2. Identificar y realizar mantenimientos, calibraciones a equipos que presenten fallas dando altos consumos en los diferentes procesos, proyectando lecturas erróneas o poco confiables en medidores, sensores de nivel y válvulas.
3. La reutilización del agua con un tratamiento previo que elimine la carga orgánica que se encuentra por encima de los 1000 DDQO. Aprovechar el agua para operaciones limpieza o riego de jardines; de esta manera se estima un ahorro de 72 metros cúbicos por producción.
4. Se recomienda establecer un procedimiento de limpieza de saladines para reducir los consumos agua durante la limpieza, de tal forma que se evite el uso de técnicas de limpieza inadecuadas que demanden un mayor consumo de agua.

### 5.2.3 Energía Térmica-Bunker

Se recomienda

1. Realizar una evaluación integral al sistema de tostación para validar el correcto funcionamiento de la caldera y la eficiencia en su distribución de calor.
2. Implementar un sistema de distribución en la cual se pueda aprovechar la temperatura
3. Diseñar un sistema el cual permita tener en la etapa de tostación al menos dos Saladines al mismo tiempo y poder aprovechar de mejor manera la etapa de tostación.
4. El cambio de la actual caldera de 700 BHP, por una de 500 BHP la cual permitirá menos consumo de combustible y una mayor eficiencia,
5. Cambiar el búnker por un combustible más amigable al medio ambiente como GLP el cual reduciría de manera significativa la cantidad del Indicador MJ/t.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABInBev. (2020). *Charlas Técnicas Consumo de Calor* –.
- Barreto, S. I., & Arias, H. (2018). Consumo de agua en la cervecería Tíñima. *Consumo de Agua En La Cervecería Tíñima*, 39(3), 28–36. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382018000300028&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000300028&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Becerra, M. (2019). Análisis de los recursos energéticos en el proceso de producción en una cervecería local. In *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/22493/BecerraPerezMayerlyAndrea2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cómo reducir el uso de agua en la fabricación de cerveza: el caso Damm*. (2019). EDeconomía Digital. [https://www.economiadigital.es/empresas/como-reducir-el-uso-de-agua-en-la-fabricacion-de-cerveza-el-caso-damm\\_613580\\_102.html](https://www.economiadigital.es/empresas/como-reducir-el-uso-de-agua-en-la-fabricacion-de-cerveza-el-caso-damm_613580_102.html)
- Cot, L. (2013). *Ahorro de agua en el proceso productivo*. IAgua Magazine 36. <https://www.iagua.es/blogs/lourdes-cot/ahorro-de-agua-en-el-proceso-productivo>
- Crespo, C., & Paz, L. (n.d.). INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGETICA. In *Seminario taller para el monitoreo del ODS 7 Proyecto del Observatorio Regional de Energías Sostenibles (ROSE)*.
- Grupoacura. (2021). *USO EFICIENTE DEL AGUA EN LA INDUSTRIA: GANANCIAS, PROCESOS Y PRÁCTICAS*. <https://grupoacura.com/blog/soluciones-y-tecnologia/uso-eficiente-del-agua/>
- Hernandez, A. (2015). *¿Qué es la latencia?* - Grupo SACSA. <https://www.gruposacsa.com.mx/que-es-la-latencia/>
- isotools. (2013). *KPI's Indicadores*. Software Gestión Procesos. <https://www.isotools.org/soluciones/procesos/kpis-indicadores/>
- López, J. (2018). El sistema energético de la empresa. visión micro. In *DAMM* (p. 85). [https://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/01/2\\_Juan-Antonio-López-DAMM.pdf](https://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/01/2_Juan-Antonio-López-DAMM.pdf)
- MARM. (2009). Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector de elaboración de Malta. In *Ministerio de Medio ambiente y Medio Rural y Marino* (p. 329). <http://www.060.es>
- Navarrete, J. (2020). *Indicadores de Eficiencia Energética en México Un enfoque para los sectores productivos*. Semana de la Eficiencia Energética Americ-Conuee del 8 al 12 de junio.
- Rayner Ricaurte. (2021). *Análisis y mejoramiento de la eficiencia energética en una universidad ubicada en la Provincia del Guayas*.
- Superintendencia de Control del Poder de Mercado. (2017). *Sector cerveza artesanal*.



- Talla, D. (2015). Ahorro De Energía Eléctrica en una Industria Cervecera como Estrategia de Excelencia Operativa. In Universidad Nacional Mayor de San Marco. In *UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS* ".
- Tate, D. M. (1994). Principios del uso eficiente del agua. *Uso Eficiente Del Agua. Comisión Nacional Del Agua-Instituto Mexicano de Tecnología Del Agua-Programa Hidrológico Internacional UNESCO-ORCYT, Montevideo, Uruguay, 1–11.*

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE BOMBEO DE CEBADA DESDE TINAS DE REMOJO HACIA SALADINES (PROYECTO GALLETA)

#### 1 LECTURA DE CONTADOR DE AGUA HELADA

1. Se toma lectura de contador de agua helada
2. Abrir válvula



#### 2 CONFIRMACIÓN DE AYUDANTE

1. Por vía de la radio ayudante debe confirmar la presencia de grano con una presión óptima



#### APERTURA DE LA VALVULA DE EMPUJE

1. La apertura de la válvula debe ser entre 2.5 a 4 dientes
2. El ayudante debe confirma la apertura si la presión es la requerida



#### MEDICION DE AGUA VS NIVEL DE CEBADA

1. La medición de agua en las tinas es algo de percepción visual
2. Según la experiencia de cada operador determinar si es necesario el uso de agua de los anillos



#### 6 VACIADO DE TINAS

1. El operador debe comunicar el nivel de tinas existente para ayudar a tener una mejor nivelación en el saladín



#### 4 IR AL SITIO DE TINAS

1. Realizar la limpieza del área de tinas despejar el grano
2. Limpiar el falso piso
3. Luego de 15 min abrir las válvulas de chorro que están en cada tina
4. Retirarse del punto para poder revisar los demás proceso que se están ejecutando



#### 7 APILACION DE CEBADA

1. El ayudante debe garantizar el bombeo quede nivelado
2. En caso de no quedar proceder a nivelar manualmente



#### Más información

- El consumo del bombeo debe oscilar entre los 35 metros cúbicos a los 45 metros cúbicos

Fuente: (ABInBev, 2020).

## ANEXO B

### SENSORES DE AGUA EN TINAS DE REMOJO



Fuente: Autor