

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS**

**PLANTEAMIENTO DE MEJORA DE PRODUCTIVIDAD,  
UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING, EN EL  
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL EN LA  
EMPRESA “QUITEÑA” DE LA CIUDAD DE QUITO.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MÁSTER EN INGENIERÍA  
INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD.**

**MENA PÉREZ LISBETH KATHERINE**

**lisbeth.mena@epn.edu.ec**

**DIRECTOR: ING. BUITRÓN FLORES PEDRO ENRIQUE. MSc.**

**pedro.buitron@epn.edu.ec**

**Quito, febrero, 2024**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Lisbeth Katherine Mena Pérez,  
bajo mi supervisión.



---

Ing. Pedro Buitrón Flores. Msc

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## DECLARACIÓN

Yo, Mena Pérez Lisbeth Katherine, declaro 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.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

Mena Pérez Lisbeth Katherine

## DEDICATORIA

A madre Norita

A mi hermana Gaby

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ABSTRACT .....	12
INTRODUCCIÓN .....	13
Descripción de la empresa. ....	13
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos.....	14
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	14
1.1. INTRODUCCIÓN. ....	14
1.1.1. Industria Cervecera Artesanal .....	14
1.1.2. Proceso de Fabricación Artesanal .....	17
1.1.3. Materias primas.....	20
1.1.4. Parámetros de control de calidad .....	21
1.1.5. Descripción de procesos .....	22
1.1.6. Lean Manufacturing .....	28
1.1.7. Métricas de Lean Manufacturing.....	32
2. METODOLOGÍA .....	38
2.1. Enfoque de la Investigación. ....	38
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
2.2.4. Materiales .....	40
2.2.4.2. Métodos.....	41
3. PARTE EXPERIMENTAL.....	42
3.1. Proceso productivo.....	42
3.1.4. Selección del número de observaciones .....	43
3.1.5. Medición tiempos del proceso .....	44
3.1.6. Descripción del Proceso. Situación actual.....	47
3.2. DIAGRAMA DE FLUJO ACTUAL DEL PROCESO .....	63

3.3.	MAPA DE FLUJO DE VALOR O VSM ACTUAL .....	64
3.4.	LAY OUT DE LA PLANTA ACTUAL.....	68
3.5.	PRODUCTIVIDAD ACTUAL .....	70
3.5.1.	Identificación de las causas de la productividad actual .....	72
4.	PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD. ....	78
4.1.	Herramientas de mejora de la productividad.....	78
4.1.1.	Mapa de Flujo de Valor VSM de la propuesta de mejora .....	85
4.2.	Resultados de productividad: propuesta de mejora .....	88
4.3.	Comparativa de las métricas obtenidas del estado actual y propuesta de mejora.....	89
4.4.	Metodología 5S .....	91
4.4.1.	Evidencias de problemas identificados en la planta y proceso productivo.....	92
4.4.2.	Propuesta de alternativas a partir de las 5S .....	96
4.4.3.	Redistribución de equipos en planta Lay Out .....	102
5.	CONCLUSIONES. ....	105
6.	RECOMENDACIONES. ....	107
	REFERENCIAS.....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la Cerveza QUAD .....	40
Tabla 2. Resumen promedio de ventas de las cervezas QUAD del año 2022 .....	42
Tabla 3. Mediciones históricas de tiempo del proceso de fabricación de cerveza QUAD y tabulación para obtención de número de mediciones del proceso.....	44
Tabla 4. Resultados del Método Westinghouse para determinar el factor de valoración del operador FV .....	45
Tabla 5. Resumen del cálculo de suplementos para el proceso de fabricación de cerveza artesanal de la empresa La Quiteña de acuerdo al Método Westinghouse .....	46
Tabla 6. Resultados de Cursograma Sinóptico para proceso de elaboración de cerveza artesanal .....	47
Tabla 7. Simbología utilizada en el Cursograma Sinóptico .....	47
Tabla 8. Resultados del Análisis de las Operaciones en el Proceso de Producción de Cerveza Artesanal mediante el Cursograma Analítico en el Estado Actual ....	50
Tabla 9. Cursograma Analítico de las actividades dentro de la operación de molienda estado actual .....	51
Tabla 10. Cursograma Analítico de las actividades dentro de la operación de maceración estado actual.....	52
Tabla 11. Cursograma Analítico de las actividades dentro de la operación de filtrado 1 estado actual .....	53
Tabla 12. Cursograma Analítico de las actividades dentro de la operación de cocción estado actual.....	55
Tabla 13. Curso grama Analítico de las actividades dentro de la operación de fermentación estado actual .....	56
Tabla 14. Cursograma Analítico de las actividades dentro de la operación de maduración estado actual .....	57
Tabla 15. Curso grama Analítico de las actividades dentro de la operación de filtrado 2 estado actual .....	59
Tabla 16. Curso grama Analítico de las actividades dentro de la operación de envasado estado actual .....	60
Tabla 17. Resumen de equipos de la Planta de Producción de Cerveza Artesanal “La Quiteña” .....	61

Tabla 18. Resumen de áreas de la Planta de Producción de Cerveza Artesanal “La Quiteña” .....	62
Tabla 19. Resultados del Análisis de las Métricas de VSM en la Producción de Cerveza Artesanal: Estado Actual.....	66
Tabla 20. Resumen métricas de la herramienta VSM de Lean Manufacturing del proceso de Producción de Cerveza Artesanal en el estado Actual .....	66
Tabla 21. Resultados de análisis de productividad para los cinco periodos observados.....	70
Tabla 22. Ponderación de causas en Matriz de Correlación .....	73
Tabla 23. Resultados obtenidos de la Matriz de Vester para el Proceso de Producción de Cerveza Artesanal de su estado Actual.....	74
Tabla 24. Resultados calculados para el Diagrama de Pareto.....	76
Tabla 25. Parámetros considerados como oportunidad de mejora en el proceso	79
Tabla 26. Especificaciones y dimensiones de los tanques propuestos .....	80
Tabla 27. Resumen de resultados cursogramas Analíticos de la propuesta de cambio de tanques de maceración y cocción.....	83
Tabla 28. Resultados del Análisis de las Métricas VSM en la Producción de Cerveza Artesanal: Propuesta de Mejora.....	86
Tabla 29. Resumen métricas de la herramienta VSM de Lean Manufacturing del proceso de Producción de Cerveza Artesanal en el estado Actual .....	86
Tabla 30. Resultados de análisis de productividad al considerar dos escenarios de la propuesta de mejora.....	89
Tabla 31. Resumen métricas Lean Manufacturing del estado actual y propuesta de mejora de la planta de Producción de Cerveza Artesanal.....	90
Tabla 32. Propuestas de mejora de la Herramienta de las 5S para los problemas identificados en la planta .....	97



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Datos producción de cerveza en el Ecuador 2018.....	15
Figura 2. Mapa localización y distribución de cervecerías artesanales en Ecuador por provincia.....	16
Figura 3. Esquema Molienda en el proceso de fabricación de Cerveza Artesanal.....	17
Figura 4. Esquema elaboración de Mosto.....	18
Figura 5. Esquema cocción y Fermentación.....	19
Figura 6. Esquema de operaciones de maduración y filtrado.....	20
Figura 7. Esquema de procesos de Llenado, Envasado de cerveza.....	20
Figura 8. Carta de Clasificación de Cervezas por Color de acuerdo al (SRM).....	22
Figura 9. Símbolos de las categorías de diagramación de procesos.....	23
Figura 10. Esquema de cursograma sinóptico.....	24
Figura 11. Esquema Cursograma Analítico.....	24
Figura 12. Tipos de Holguras y Esquema de tiempos normal y estándar.....	26
Figura 13. Esquema Diagrama de Vester.....	27
Figura 14. Descripción de los siete desperdicios considerados en el Lean Manufacturing de acuerdo a Thakur, (2016).....	29
Figura 15. Herramientas Lean Manufacturing (Producción Esbelta).....	30
Figura 16. Esquema de Value Stream Mapping del proceso.....	31
Figura 17. Esquema de 5 principios de la Herramienta 5s.....	32
Figura 18. Elementos del sistema productivo.....	36
Figura 19. Diagrama de Bloques del Proceso de Producción de Cerveza Artesanal.....	43
Figura 20. Cursograma Sinóptico del Proceso de elaboración de Cerveza Artesanal QUAD de la empresa "Quiteña".....	48
Figura 21. Diagrama de Flujo actual del Proceso de Producción de Cerveza Artesanal de la Empresa "La Quiteña".....	63
Figura 22. Mapa de Flujo de Valor (VSM) del Proceso de Producción de Cerveza Artesanal de la Empresa "La Quiteña": Estado Actual.....	67
Figura 23. Lay Out actual de la planta de producción de Cerveza Artesanal.....	68
Figura 24. Diagrama de recorrido del producto en planta de producción.....	69
Figura 25. Gráfica de barra Eficiencia y dispersión de Productividad total, promedio del Proceso de producción de Cerveza artesanal estado actual.....	71

Figura 26. Diagrama Causa y efecto (Ishikawa) para establecer las causas de la productividad inicial del proceso. Fuente: Elaboración propia.....	72
Figura 27. Matriz de Vester para jerarquizar las causas de la productividad Actual del Proceso de Producción de Cerveza Artesanal .....	75
Figura 28. Diagrama de Pareto para las causas de la productividad actual del Proceso de Fabricación de Cerveza Artesanal .....	77
Figura 29. Esquema de un sistema de Tanques de maceración y cocción considerados para el reemplazo de los actuales. Fuente: (Portland Kettle,2023)	79
Figura 30. Vista frontal y superior con cotas del sistema de tanques, Macerador (izq.) y Hervidor (Der.).....	80
Figura 31. Cursograma Sinóptico del Proceso de fabricación de Cerveza Artesanal considerando la Propuesta de mejora.....	82
Figura 32. Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación de Cerveza Artesanal considerando la Propuesta de mejora.....	84
Figura 33. Mapa de Flujo de valor de la propuesta de cambio de tanques de maceración y cocción en la planta .....	87
Figura 34. Problema 1- Actividades de operación no definidas .....	92
Figura 35. Problema 8 - Equipos del proceso productivo carecen de criterios técnico de diseño .....	92
Figura 36. Problema 8 – Equipos del proceso productivo carecen de criterios técnicos de diseño.....	93
Figura 37. Problema 2-. Sobrecarga de tareas para los operarios.....	93
Figura 38. Problema 14 - Falta de organización en las áreas de planta .....	94
Figura 39. Problema 11 – Falta de coordinación de cronograma de higienizaciones y limpieza .....	94
Figura 40. Problema 10.- Flujo de proceso sin criterio de técnico de diseño .....	95
Figura 41. Problema 5 Controles manuales basados en la experiencia del operador (turbidez, color, grado alcohólico etc.) .....	96
Figura 42. Lay Out propuesta de mejora distribución de equipos en planta.....	103
Figura 43. Diagrama de recorrido del material en la propuesta de mejora de distribución de equipos en planta.....	104

## RESUMEN

Este trabajo de titulación tiene por objetivo obtener una propuesta de mejora de la productividad en el proceso de la producción de cerveza artesanal, en la empresa "La Quiteña", es una empresa ecuatoriana fundada en el año 2012, que ha logrado consolidarse como una alternativa en el ámbito de la cerveza artesanal. Su notoria identificación con la ciudadanía se fundamenta en la elaboración de productos con sabores característicos y su marcado carácter. Este estudio se centra en el proceso productivo de la cerveza QUAD, una de las variedades de mayor demanda. Comprende ocho operaciones: molienda, maceración, filtrado uno, cocción, fermentación, maduración, filtrado dos y envasado.

Se caracterizó el proceso en su estado actual a través de diagramas de bloques, flujo, cursogramas sinópticos, analíticos, VSM y métricas de Lean Manufacturing. El tiempo estándar en el estado actual se estimó en 25,02 días, y mediante la propuesta de mejora, se alcanzó 24,03 días. Asimismo, el tiempo de ciclo actual, originalmente de 44,69 min/L, se redujo a 40,81 min/L, en comparación con el tiempo Takt obtenido de 33,02 min/L. La productividad total inicial fue 29,97 L/día, y se elevó significativamente a 63,39 L/día. En cuanto a la productividad promedio, se identificó en el estado inicial 200 mL/USD, se alcanzó una cifra mejorada de 289 mL/USD.

La propuesta de mejora para lograr estas métricas implica cambiar los tres tanques de las operaciones de maceración, filtrado uno y cocción, utilizando un sistema que aumente la producción y evite duplicar las operaciones. Se sugiere duplicar la producción para aprovechar el sistema de tanques propuesto. Además, se emplean las 5S como herramienta para abordar los problemas identificados. Esta herramienta facilita el monitoreo, la estandarización del proceso y el seguimiento de las mejoras. Como resultado de esta propuesta, el presente trabajo logra el objetivo de aumentar la productividad en el proceso de producción de cerveza artesanal.

**Palabras clave:** Productividad, proceso, lean manufacturing, VSM, cerveza artesanal, 5S.

## **ABSTRACT**

The objective of this graduation project is to propose alternatives to improve productivity in the process of craft beer production at "La Quiteña," an Ecuadorian company founded in 2012. This brewery has successfully established itself as an alternative in the craft beer industry. Its notable connection with the community is based on the creation of products with distinctive flavors and a strong character.

The study focuses on the production process of QUAD beer, one of the most demanded varieties, which involves eight operations: milling, mashing, first filtration, boiling, fermentation, maturation, second filtration, and packaging.

The current state of the process was characterized using block diagrams, flowcharts, synoptic and analytical charts, as well as Lean Manufacturing VSM metrics. The standard time in the actual state was estimated at 25.02 days, and through the proposal, it was reduced to 24.03 days. Similarly, the current cycle time, originally 44.69 min/L, was reduced to 40.81 min/L compared to the Takt time obtained of 33.02 min/L. The initial total productivity was 29.97 L/day, significantly increased to 63.39 L/day. The average productivity, initially identified at 200 mL/USD, improved to 289 mL/USD.

The improvement proposal to achieve these metrics involves replacing the three tanks used in mashing, first filtration, and boiling operations with a system that increases production and avoids duplicating operations. It is suggested to duplicate production to take advantage of the proposed tank system. Additionally, the 5S methodology is employed as a tool to manage identified problems. This tool facilitates monitoring, process standardization, and improvement tracking. As a result of this proposal, this study successfully achieves the goal of improving productivity in the craft beer production process.

**Key words:** Productivity, process, lean manufacturing, VSM, craft beer.

# INTRODUCCIÓN

## Descripción de la empresa.

La Quiteña es una empresa ecuatoriana cuya planta productiva, se localiza en la zona septentrional de Quito. Nace en el año de 2012 como un emprendimiento. El objetivo inicial fue desarrollar una cerveza artesanal con carácter, con la cual se identifique a la ciudadanía. Con el éxito alcanzado como emprendimiento, La Quiteña decide ampliar su prospección e implementan junto a la planta productiva, el Pub donde se comercializa en la actualidad. Su proyección es incrementar su producción para cubrir mayores mercados debido al actual crecimiento en la demanda de cerveza artesanal e impulsar el crecimiento económico productivo y la creación de puestos de trabajo en el Ecuador. Las variedades de cerveza que manejan son:

- Munay
- Quad
- Pale Lager
- Abbey Ale
- Quiteña stout
- IPA

La capacidad productiva de la empresa radica en función de las características de sus equipos actuales y espacio disponible. Adicionalmente, su planificación de producción es periódica o estacionaria en función de la disponibilidad de materias primas y demanda del mercado.



**Figura 1.** Logo empresa "La Quiteña"

Fuente: (Quiteña, 2023)

## **Objetivo general.**

Obtener una propuesta de mejora de la productividad en el proceso de la producción de cerveza artesanal, en la empresa “La Quiteña”, utilizando la metodología Lean Manufacturing.

## **Objetivos específicos.**

- Determinar la situación actual del proceso productivo de cerveza artesanal.
- Analizar la productividad actual en el proceso productivo.
- Elaborar una propuesta de mejora de la productividad basada en la aplicación de herramientas Lean Manufacturing..

# **1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1.1. Industria Cervecera Artesanal**

La cerveza figura entre las bebidas más antiguas producidas en la historia, se remonta al menos al quinto milenio A.C. Se sabe de su existencia hace 2000 A.C. y que los antiguos egipcios bebían cerveza o una bebida similar, hecha con cereales, agua y espontáneamente fermentada. Se elabora generalmente a partir de cuatro ingredientes básicos, granos de cereales malteados, lúpulo, agua y levadura (Buiatti et al., 2021).

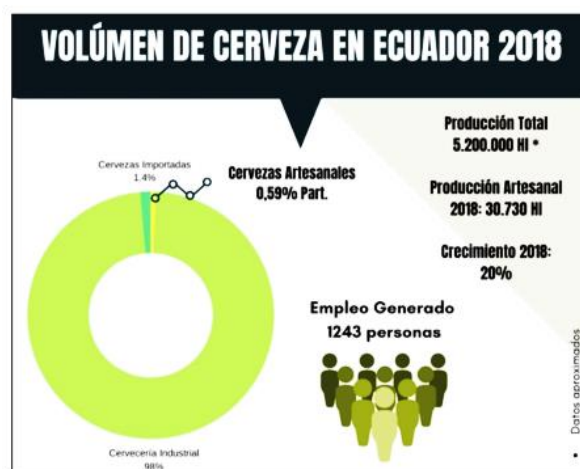
Los primeros registros de producción de cerveza en Latinoamérica provienen en el siglo XVI. El Fraile Jodoco Ricke la fabricó artesanalmente dentro del convento de San Francisco – Quito (Sempértegui, 2022).

La estadística sobre el crecimiento del consumo de cerveza determinó un incremento del 30% en los últimos 8 años en Sudamérica. Lo cual evidencia la expansión del sector; producto de los cambios en estilos de vida del consumidor y la tendencia global (Buiatti et al., 2021; Montilla et al., 2023).

Cada país tiene su propia definición legal de cervecería artesanal. La legislación italiana, la define como aquellas con producción anual inferior a 200.000 HL, no pasteurizada ni micro filtrada (Buiatti et al., 2021). En Ecuador, se definió como: *“Cerveza cuyo proceso de fabricación prescinde de la adición de conservantes, colorantes, estabilizantes, saborizantes artificiales / químicos. Su presencia en el mercado ecuatoriano, excluyendo la producción destinada a la exportación, no debe superar el 1%. Debe ser fabricada por empresas en las cuales no haya participación accionaria de personas naturales o jurídicas vinculadas a cervecerías industriales o sus afiliadas.”* (REGLAMENTO LEY PARA FOMENTO PRODUCTIVO, ATRACCION DE INVERSIONES, 2018).

La principal diferencia entre la manufactura artesanal y la fabricación industrial de cerveza está en la libertad de crear recetas personalizadas y poder experimentar variaciones en el proceso de producción sin que afecte a la calidad de la cerveza. Históricamente, esto ha permitido la evolución de la bebida y de sus técnicas de producción, (Oliveira, Tassiana, & Batista, 2018).

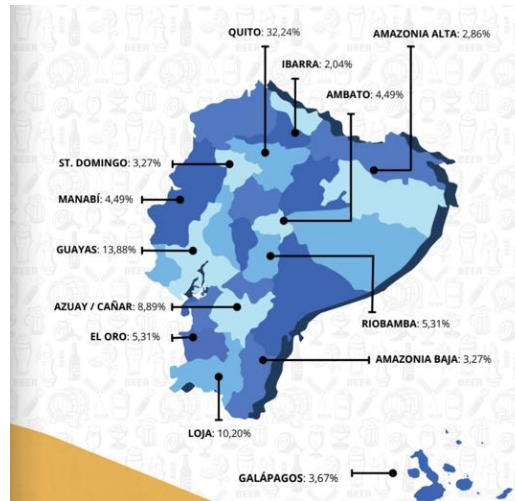
El mercado de cerveza artesanal en Ecuador corresponde al 0,59% del total de producción de cerveza del país. La cervecería industrial ocupa un 98% del mercado y el 1,4 % corresponde a la importación de cervezas. En la Figura 2 se puede observar una descripción de las estadísticas de volumen de cerveza artesanal en Ecuador en el 2018.



**Figura 1.** Datos producción de cerveza en el Ecuador 2018

Fuente: (ASOCERV, 2022)

La Población de cervecías por ciudad, según muestra la Asociación de Cervecerías del Ecuador (ASOCERV), se localiza en 13 provincias mayoritariamente, como se presenta en la Figura 3. La mayor concentración se encuentra en la ciudad de Quito con un 32.24% del total.



**Figura 2.** Mapa localización y distribución de cervecías artesanales en Ecuador por provincia.

Fuente: (ASOCERV, 2022)

Las cervecías con capacidad de producción menor a 1500 L corresponden al 27% y el 55% de cervecías en el Ecuador tienen una producción menor a 550L. La empresa, objeto de este estudio, se encuentra dentro del 27% mencionado (ASOCERV, 2022).

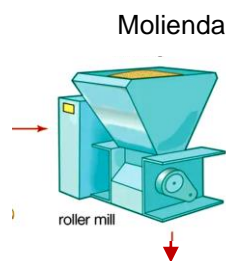
En los últimos diez años ha surgido un importante interés en la publicación de artículos científicos sobre la producción de cerveza artesanal. De acuerdo con Scopus en el año 2017 se publicaron 94 artículos referentes a este sector (Baiano, 2021). Esto concuerda con el incremento de las cervecías artesanales en el territorio nacional y el consumo de este producto (Jaramillo, 2016).



## 1.1.2. Proceso de Fabricación Artesanal

### 1.1.2.1. Molienda

La malta necesita reducir su tamaño para promover la acción enzimática y facilitar la obtención los elementos principales del mosto. Debe controlarse el tamaño de las partículas, pues una molienda muy gruesa pierde rendimiento en la extracción de azúcares y una molienda muy fina puede ocasionar problemas en la filtración (Moraes, 2021; Priest & Stewart, 2006).



**Figura 3.** Esquema Molienda en el proceso de fabricación de Cerveza Artesanal

Fuente: (Britannica, 2023)

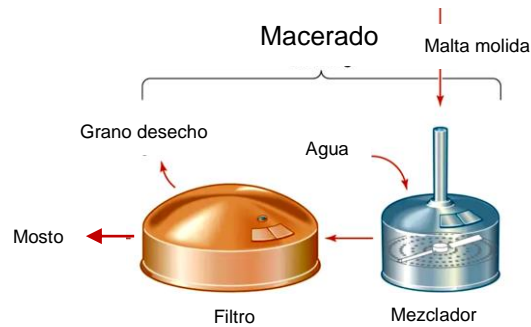
### 1.1.2.2. Maceración

Los granos molidos son sumergidos en agua y calentados a una temperatura controlada, para realizar la hidrólisis del almidón en azúcares que en una siguiente operación serán fermentados por la levadura. Las principales reacciones que suceden son catalizadas por enzimas. Finalmente, se obtiene un mosto rico en nutrientes (Moraes, 2021).

### 1.1.2.3. Filtrado

El objetivo de la filtración del mosto es separar la parte sólida, denominada bagazo de malta, y la parte líquida del mosto de cerveza. La filtración se realiza en dos pasos. Inicialmente, la fracción líquida pasa el lecho filtrante, generando el mosto primario. En la segunda fracción, el residuo sólido se lava con agua a 75°C,

recupera el extracto retenido en la torta de filtración. Esto aumenta el rendimiento del proceso (Suave & Souza, 2022).



**Figura 4.** Esquema elaboración de Mosto  
Fuente: (Britannica, 2023)

#### 1.1.2.4. Cocción

El mosto ebulle entre 1 a 2 horas, se espera que bacterias y levaduras salvajes sean inactivadas. Para que únicamente la levadura cervecera que se añade actúe. En la cocción se adiciona el lúpulo, que va a conferir el amargor característico, aroma, sabor y ayudará a la conservación del producto (Moraes, 2021).

#### 1.1.2.5. Enfriamiento

El Whirlpool es un equipo que funciona por acción de la fuerza centrípeta, donde el mosto será bombeado de modo tangencial. Se crea un flujo de forma circular (remolino), este hará que todos los sólidos en suspensión sean atraídos hacia el centro y fondo del caldero creando una "torta" denominada "trub" caliente (Breda, 2018; Oliveira, Tassiana, & Batista, 2018).

Después de la separación de "trub" en el Whirlpool, el mosto es enfriado rápidamente hasta temperatura de fermentación, 20°C, proceso realizado en intercambiadores de calor de placas (Moraes, 2021).

#### 1.1.2.6. Fermentación

Es la principal etapa del proceso, en la cual ocurren las principales transformaciones químicas. Como la formación de etanol y diversos subproductos del metabolismo de la levadura, que harán parte del sabor y aroma de la cerveza. La cerveza también categoriza, según el uso de la levadura, respectivamente: lager y ale (Buiatti et al., 2021).



**Figura 5.** Esquema cocción y Fermentación

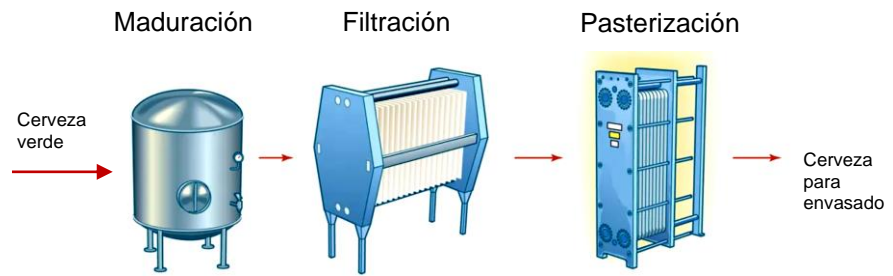
Fuente: (Britannica, 2023)

### 1.1.2.7. Maduración

Después de la fermentación se conoce como cerveza verde; se envía a tanques de maduración donde se mantiene a temperaturas de 0°C. Se propicia la sedimentación de partículas en suspensión y se desencadena reacciones de esterificación que producirán aromas esenciales para la cerveza (Suave & Souza, 2022).

### 1.1.2.8. Filtrado

El propósito es obtener una cerveza de estabilidad duradera y eliminar partículas que puedan causar defectos en el producto (Buiatti et al., 2021; Suave & Souza, 2022).



**Figura 6.** Esquema de operaciones de maduración y filtrado

Fuente: (Britannica, 2023)

### 1.1.2.9. Envasado

La cerveza puede ser almacenada en diversos recipientes, los más comunes son latas, garrafas y barriles. En relación a las botellas, Lo más aconsejable es la utilización de botellas ámbar. Los recipientes claros pueden producir oxidación (Moraes, 2021).



**Figura 7.** Esquema de procesos de Llenado, Envasado de cerveza

Fuente: (Britannica, 2023)

### 1.1.3. Materias primas

#### 1.1.3.1. Lúpulo

El lúpulo (*Humulus lupulus L.*) es una planta perenne, herbácea y dextrógira pertenece a la familia Cannabaceae. Originario de Europa y Occidente. Es de interés comercial la especie hembra, que contienen inflorescencias, conocidas como “conos”. Estos segregan una variedad de compuestos bioactivos, que han contribuido a su popularización en diversas industrias por sus propiedades

antioxidantes, anti carcinogénicas, antibacterianas. Principalmente proveen el amargor y aroma a la cerveza, promueve la conservación de la bebida y estabilización de la espuma (Campos et al., 2023).

#### **1.1.3.2. Malta**

Se trata de un producto derivado de la cebada. Se pueden clasificar en tres categorías distintas:

- Maltas base: Maltas claras y ligeramente tostadas, generalmente se aprovecha entre 85% y 100% de grano. Son de significativo poder enzimático.
- Maltas especiales: Maltas intensamente tostadas. Con poder enzimático reducido en comparación con las maltas base.
- Maltas mixtas: Combinación de las categorías anteriores. Experimentan un horneado más extenso, pero mantienen un poder enzimático elevado. (Valverde Álvarez, 2020).

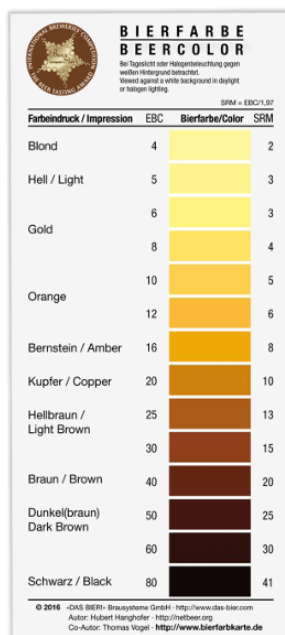
#### **1.1.3.3. Levadura**

Son responsables por transformar el mosto cervecero en producto final, son seres unicelulares pertenecientes al reino *Fungi*, generalmente del género *Saccha Romyces*, utilizados en la producción de bebidas fermentadas (Moraes, 2021).

### **1.1.4. Parámetros de control de calidad**

#### **1.1.4.1. Color**

Es un elemento esencial en el control de calidad y clasificación de los tipos de cerveza. Este gobierna la percepción sensorial en los consumidores. El método para medirlo determina la absorbancia a 430 nm de una muestra libre de turbidez. Los resultados se reportan como unidades de color en un rango de 2 a 40 unidades estándar de método de referencia (SRM) de acuerdo al Convención Cervecera Europea (EBC).



**Figura 8.** Carta de Clasificación de Cervezas por Color de acuerdo al (SRM)

Fuente:(EUROPEAN BEER STAR, 2016)

#### 1.1.4.2. Turbidez

Es originada por partículas en el aire que dispersan luz. Pueden estar constituidas por carbohidratos, ácidos grasos, proteínas, entre otros, y tienden a precipitarse. Es importante tener en cuenta que la apariencia de este fenómeno también está influenciada por el tipo de cerveza (Valverde Álvarez, 2020).






#### 1.1.4.3.Grado alcohólico

El nivel de alcohol en la cerveza está definido por el porcentaje de azúcares susceptibles de fermentación que se encuentra en el mosto. Una manera de aumentar este contenido es incrementar el tamaño de los granos o la cantidad de extracto de malta. El grado alcohólico típico de una cerveza varía entre el 3% y el 12%. (Valverde Álvarez, 2020)

#### 1.1.5. Descripción de procesos

Permite obtener información valiosa sobre el estado de un proceso, en cuanto a su descripción, presentación gráfica, tiempos, recursos, personal. Lo cual es útil al momento de toma de decisiones. Muestran gráficamente las relaciones entre las

actividades los recursos necesarios, tiempos requeridos. Dentro de las herramientas de diagramación de procesos se emplean los símbolos descritos en la Figura 9 (Palacios, 2009).

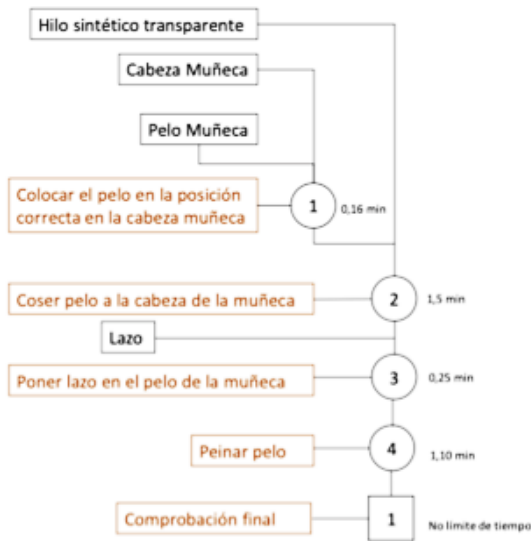
	Transporte: Representa el desplazamiento de un objeto de un lugar a otro.
	Almacenamiento: cuando el objeto o producto se mantiene protegido en un lugar fijo por un cierto tiempo
	Espera: entre operaciones el producto u objeto espera o se almacena de forma temporal cuando las condiciones no facilitan la acción siguiente
	Inspección/control: el producto es examinado o inspeccionado para una identificación, caracterización, medición, contaje, para evidenciar la calidad
	Operación: cuando de forma intencional el objeto cambia sus características físicas o químicas. Es decir, el objeto se transforma.

**Figura 9.** Símbolos de las categorías de diagramación de procesos

Fuente: (Palacios, 2009)

#### 1.1.5.1. Cursograma Sinóptico:

Es un diagrama que ilustra las operaciones e inspecciones clave del proceso, proporcionando una visión rápida y general del conjunto sin entrar en detalles exhaustivos. Toma nota únicamente las principales operaciones sin tener en cuenta dónde, ni el responsable de las mismas (Sanchis, 2020). En la figura n.10 se representa el esquema.



**Figura 10.** Esquema de cursograma sinóptico

Fuente: (Sanchis, 2020)

### 1.1.5.2. Cursograma analítico

Representa todas las operaciones que se involucran en un proceso (operación/transformación, transporte, inspección, espera y almacenamiento). Ilustra la ruta que sigue el producto, detallando tiempos necesarios de cada fase y distancias.

Existen tres tipos de cursogramas analíticos de operario, de material y equipo, en cada uno, el seguimiento y análisis del proceso se enfoca en los diferentes objetos. En la figura n.11 se representa el esquema (Sanchis, 2020).

Descripción	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (metros)	Símbolo					
				○	□	◇	➔	▽	
Recepción de la materia prima	100 kg	10,5		●					
Inspección de documentación y de la materia prima		5			●				
Introducción de la información de recepción en el sistema informático		2			●				
Transporte al almacén de materia prima		12,2	10				●		
Almacenamiento de la materia prima		6						●	
Preparación de la composición de materiales para la orden de fabricación	75 kg	25		●					
Transporte de los materiales para la orden de fabricación		5,3	4,5				●		
Espera de la fabricación de la orden en la línea de producción		180						●	
Montaje del producto final de la orden de fabricación		75						●	
Embalaje del producto final		64						●	
Transporte del producto final al muelle de carga para expedición		9,6	8						●

**Figura 11.** Esquema Cursograma Analítico

(Sanchis, 2020)



### 1.1.5.3. Tiempo Estándar

Este se define como el tiempo habitual requerido para llevar a cabo una actividad o fabricar un producto, realizado por un operador competente a una velocidad típica. Este tiempo estándar abarca las pausas necesarias, los periodos de descanso y las contingencias inherentes a la actividad, proporcionando así una estimación integral y realista del tiempo necesario para completar la tarea (Chase & Jacobs, 2011; Meyers, 2000; Niebel & Freivalds, 2009).

$$t_s = t_n * (1 + s) \quad [1]$$

Donde:

$t_n$ = Tiempo normal

$t_s$ = tiempo estándar

$s$ = suplementos

$t$ = tiempo promedio

$F_v$  = factor de valoración

### 1.1.5.4. Tiempo Normal

Se refiere al tiempo promedio que toma realizar una actividad por un trabajador calificado que sigue un método establecido a una velocidad normal (Meyers, 2000; Niebel & Freivalds, 2009). En la figura n.13 se representa el esquema que ilustra las pausas que deben tenerse en cuenta en un análisis de tiempo estándar.

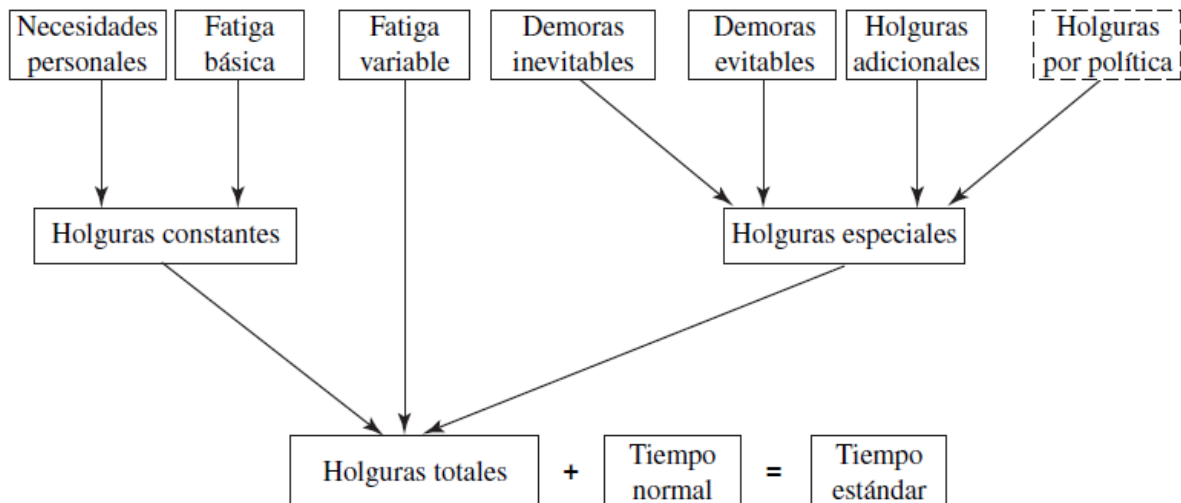
$$t_n = t_p * F_v \quad [2]$$

Donde:

$t_n$ = Tiempos normal

$t_p$ = Promedio del tiempo

$F_v$  = factor para valoración



**Figura 12.** Tipos de Holguras y Esquema de tiempos normal y estándar

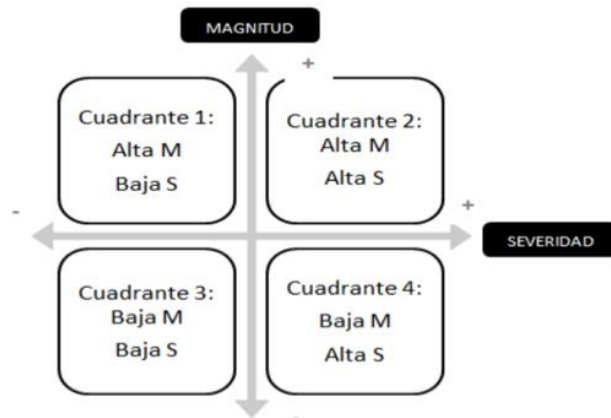
Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

#### 1.1.5.5. Diagramas de Pareto

Es un importante recurso en Calidad, para la identificación de las causas de problemas. Señala puntos críticos en la empresa o proceso, errores en la fabricación, desperdicio de materiales, etc. Se recopilan datos para generar un gráfico de barras y por frecuencia, para identificar los problemas que deben resolverse con prioridad. (Dellers, 2015; Santos et al., 2020).

#### 1.1.5.6. Diagrama de Vester

El diagrama de Vester permite identificar las posibles causas que dan origen a un problema y asignarles prioridades. Consta de dos ejes para representar los problemas, uno vertical para la magnitud (M) y uno horizontal para la severidad (S), como se puede observar en la Figura 13 (Alpizar & Ruiz, 2017; Aramburú & Aliaga, 2016).



**Figura 13.** Esquema Diagrama de Vester  
Fuente: (Aramburú & Aliaga, 2016)

**Problemas Críticos:** se refieren a causas con una influencia sustancial y una dependencia significativa. Estos problemas son representativos y ejercen influencia tanto en otros problemas como son influenciados por ellos. Abordar estos desafíos requiere un análisis minucioso debido a su capacidad para desestabilizar el progreso del sistema de producción. Estos problemas requieren de acción inmediata.

**Problemas Activos:** Tienen un impacto considerable, pero su relación de dependencia es limitada. Estos desafíos se originan a partir de factores internos y ejercen una influencia significativa en otros elementos, aunque no están condicionados por factores externos para su origen.

**Problemas Indiferentes:** muestran una influencia y dependencia limitadas, estos problemas no generan un impacto causal significativo en otros, y su origen no está vinculado a los factores de análisis. Dada su baja relevancia, se les asigna una baja prioridad, ya que intervenir en estos problemas no asegura efectos sustanciales en otras causas.

**Problemas Pasivos:** tienen una influencia reducida, pero una dependencia elevada. Representan problemas que no afectan a otros, pero su origen depende de los factores externos analizados. Pueden actuar como indicadores de cambio; por ejemplo, si se resuelven los desafíos activos, los pasivos pueden reflejar el cambio logrado en los desafíos activos (Chaparro, 1995).

### **1.1.6. Lean Manufacturing**

También conocida como producción esbelta, esta metodología busca mejorar los sistemas de producción mediante la minimización de desperdicios. Estos desperdicios se refieren a todas las acciones que no añaden valor al producto final (Jones & Womak, 2000). La metodología Lean Manufacturing puede aplicarse a cualquier industria sin importar si son procesos de gran volumen o estandarizados.

El éxito en la implementación de cualquier práctica de mejora a menudo está condicionado por las características específicas de la empresa, abarcando tanto aspectos organizativos como de capacidad operativa, que incluyen tamaño, antigüedad de la planta, consideraciones sindicales y leyes laborales. No todas las empresas tienen la capacidad o la necesidad de adoptar las mismas iniciativas de mejora, ya que estas deben adaptarse a las particularidades y circunstancias individuales de cada organización (Thakur, 2016).

#### **1.1.6.1. Pasos de Lean Manufacturing**

El primer paso es detallar cómo se desarrolla un proceso. Posteriormente, se procede a la eliminación de las tareas que no aportan valor al cliente. En el tercer paso, se realiza una observación detallada con el objetivo de identificar desechos, es decir, actividades que simulan ser productivas. A continuación, se procede a la eliminación de los desperdicios identificados mediante la metodología. Finalmente, se proponen contramedidas de ajuste haciendo uso de herramientas de calidad e indicadores (Fernández, 2014; J. Vargas et al., 2016).

Los 7 tipos de desperdicios que existen son los siguientes: sobre procesamiento, sobreproducción, alto inventario, tiempo de espera del operador/material, movimiento innecesario, defectos y transporte innecesario (Wahab et al., 2013). En la Figura 14 se muestran los desperdicios del Lean Manufacturing.

DESPERDICIOS	DESCRIPCIÓN
Defectos	Productos fabricados fuera de especificación, componentes o servicios cuya consecuencia son retrabajos, reemplazo de producción, materiales defectuosos.
Espera	Retrasos asociados al fuera de stock, equipos dados de baja, cuellos de botella, competencias.
Procesamiento innecesario	Pasos del proceso que no son requeridos para fabricar el producto
Sobreproducción	Manufactura de ítems extra cuando no hay ordenes de producción
Inventario	Material en proceso en exceso
Empleados no operativos	No recurrir a los empleados para propuestas de mejora.
Complejidad	Mas partes, pasos de proceso complicados, o que requieren más de lo necesario para cumplir con las necesidades del cliente.

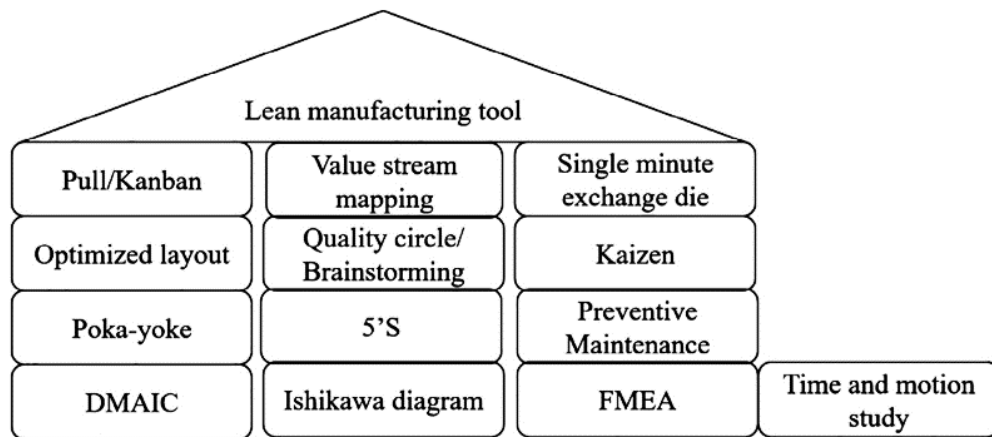
**Figura 14.** Descripción de los siete desperdicios considerados en el Lean Manufacturing de acuerdo a Thakur, (2016)

### 1.1.6.2. Herramientas de Lean Manufacturing

Hay una amplia variedad de herramientas disponibles para la implementación de la manufactura esbelta; sin embargo, la elección de estas herramientas dependerá del enfoque adoptado para la implementación. El éxito en la implementación se ve influenciado con frecuencia por las características organizacionales. Algunas mejoras pueden requerir esfuerzos sustanciales que pueden no alinearse con los objetivos comerciales. Es crucial considerar cuidadosamente las características específicas de la organización al seleccionar e implementar prácticas de manufactura esbelta (Thakur, 2016).

Las herramientas de gestión Lean más importantes son: 5S, análisis de puntos de ralentización, flujo continuo, Andon, Hei-junka, Gemba, Hoshin-Kanri, Ji-doka, Justo a tiempo (JIT), Kaizen, Kanban, KPI, Efectividad general del equipo, análisis causas raíz, PDCA, Poka-Yoke, SMED (intercambio de matrices en 1 minuto), Metas SMART, Trabajo estandarizado, Takt Tiempo , Mantenimiento Productivo Total, Mapeo de Flujo de Valor y Visual Factory utilizados para mejorar la productividad en industrias manufactureras (Gutiérrez, 2006; Thakur, 2016).

En la Figura 15 se representa las principales herramientas de la producción esbelta.



**Figura 15.** Herramientas Lean Manufacturing (Producción Esbelta)

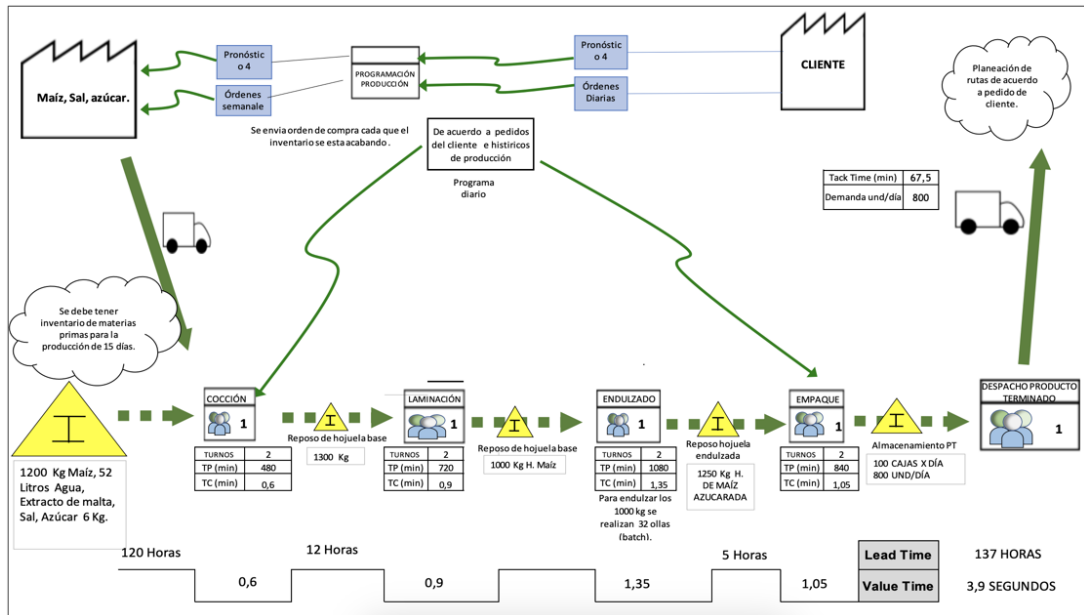
Fuente: (Palange & Dhattrak, 2021)

#### 1.1.6.2.1. Metodología Mapa del flujo de valor - Value Stream Mapping (VSM)

Es una herramienta visual utilizada para entender el flujo de procesos desde la etapa del proveedor hasta la del cliente. El propósito principal del VSM es identificar de manera integral la producción predominante de desperdicios que no contribuyen significativamente a la gestión del negocio. Este enfoque visual ayuda a destacar áreas donde se generan residuos y no se agrega valor, permitiendo así tomar decisiones informadas para la optimización. (J. C. Hernandez & Vizán, 2013; Rother & Shook, 2005).

El VSM se puede representar en líneas de tiempo para visualizar y analizar el valor añadido (VA) y el no añadido (NVA) en un proceso. Este enfoque proporciona una representación gráfica que ayuda a entender los tiempos de ciclo de cada operación, las reservas de inventario en las estaciones intermedias, la separación de la mano de obra, el tiempo dedicado a la actividad y los recursos utilizados. Además, el mapeo del flujo de valor facilita la identificación de posibles mejoras al revelar áreas donde se pueden reducir tiempos, eliminar desperdicios y optimizar el flujo de información en cada parte del proceso (Seth & Gupta, 2005).

A continuación, se muestra un ejemplo de VSM, para describir la cadena de valor de un proceso que consta de cuatro etapas e inicia desde el abastecimiento de materias primas y termina con el almacenamiento de producto terminado (Daza, 2021).



**Figura 16.** Esquema de Value Stream Mapping del proceso

Fuente: (Daza, 2021)

### 1.1.6.2.2. Distribución en Planta

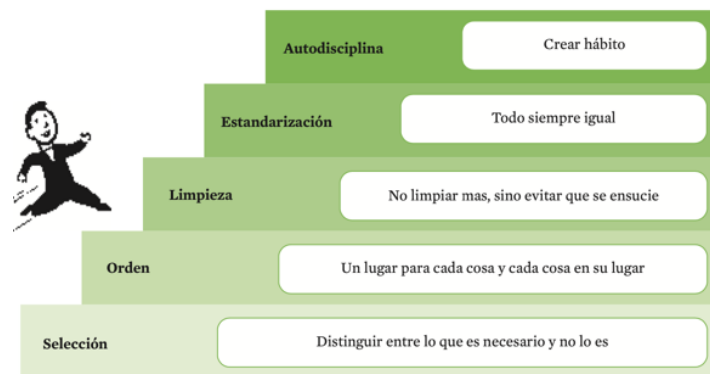
Disposición física de recursos en la planta, que abarca maquinaria, áreas de transporte de materiales, zonas de producción, almacenamiento, servicios auxiliares y áreas destinadas a los empleados, es crucial. El objetivo primordial de una distribución eficiente de estos espacios es la reducción de tiempos, costos y riesgos. Esto se logra buscando la óptima integración entre los recursos humanos y físicos, minimizando las distancias de traslado, asegurando un flujo continuo, garantizando seguridad e higiene industrial, y manteniendo flexibilidad para futuras mejoras. El cálculo de la superficie necesaria implica la suma de las áreas requeridas para cada proceso y sus espacios auxiliares (García, 2014).

### 1.1.6.2.3. 5s

Es un enfoque de mejora originario de Japón que se basa en implementar sus principios como hábitos dentro de los procesos productivos, promoviendo instaurar

una cultura laboral e incrementar la eficiencia, el orden y la calidad en el entorno de trabajo. (J. C. Hernandez & Vizán, 2013).

La abreviatura 5S tiene su origen japonés y corresponde a las palabras: Se-iri, Sei-ton, Sei-so, Sei-ketsu y Shits-uke, que se significan: clasificación, orden, limpieza, estandarización y mantenimiento (E. Vargas & Camero, 2021). La Figura 17 se resume los 5 principios de la herramienta.



**Figura 17.** Esquema de 5 principios de la Herramienta 5s

Fuente: (J. C. Hernandez & Vizán, 2013)

Implementar las 5S es una medida de mejora q previene problemas operativos que afectan la eficiencia de la empresa, tales como: falta de limpieza y desorden en las instalaciones, presencia de elementos deteriorados como muebles y letreros, incluye la falta de instrucciones claras, un alto número de averías, falta de responsabilidad de los empleados en sus prácticas, traslación innecesaria de personas, materiales y herramientas, limitación de espacio de manera generalizada, etc. (E. Vargas & Camero, 2021).

### **1.1.7. Métricas de Lean Manufacturing**

#### **1.1.7.1. Lead tiempo**

El tiempo llamado Lead se contabiliza desde que un producto entra en un proceso hasta que el mismo producto sale de dicho proceso. Esta medida posibilita a la empresa minimizar tiempos de respuesta y optimizar la flexibilidad del proceso (Jones & Womak, 2000; Rajadell & García, 2010; Sundar et al., 2014).



*LT = Tiempo que un producto pasa por un proceso o el plazo de entrega*

Donde:

*LT* = Lead Tiempo

### **1.1.7.2. Tiempo de ciclo (Tc)**

Es el tiempo que se tarda en terminar un producto o el tiempo total que tarda el producto en abandonar la estación de trabajo y pasar a la siguiente estación de trabajo, en el proceso objeto de estudio se considera como estación de trabajo las operaciones dentro del proceso.

El tiempo de ciclo requerido para procesar el pedido puede comenzar con el pedido del cliente y terminar con la entrega del pedido. El proceso general se compone de varios subprocesos, como entrada de pedidos, montaje, inspección, procesamiento y entrega. El tiempo del ciclo está inversamente relacionado con el rendimiento. La disminución del tiempo del ciclo conduce a un mayor rendimiento (Rathod et al., 2022)

$$TC = \frac{TS}{Q_p} \quad [3]$$

Donde:

TC = Tiempo de ciclo

TS = Tiempo Standard

Q<sub>p</sub> = Cantidad producida real

### **1.1.7.3. Takt tiempo**

Takt viene del idioma alemán y significa tiempo de ritmo. Se refiere a la frecuencia con la que el cliente requiere el producto (Rajadell & García, 2010). El tiempo Takt se calcula como se describe en la ecuación [4]:

$$Takt = \frac{TD}{Ur} [4]$$

Donde:

$Takt$  = Tiempo Takt

$TD$  = Tiempo de Funcionamiento disponible

$Ur$  = Demanda o Unidades requeridas

#### **1.1.7.4. Tiempo de Valor agregado**

Tiempo de trabajo invertido en actividades que generan características de valor en el producto, es decir, aquellas que el cliente valora y considera al tomar la decisión de compra (J. C. Hernandez & Vizán, 2013).

$$TVA = \text{Tiempo de actividades de valor}$$

#### **1.1.7.5. Tiempo de Valor no Agregado**

Tiempo de trabajo usado en actividades que no contribuyen para que el producto gane valor de manera que el cliente lo considere valioso (Muñoz et al., 2022).

#### **1.1.7.6. Capacidad Instalada**

Este concepto alude al tope de producción que una unidad de negocio puede alcanzar en un período específico, tomando en cuenta todos los recursos disponibles, como instalaciones, equipos de producción, personal, tecnología, experiencia y conocimientos, entre otros (Verdezoto, 2018). Desempeña un papel crucial al evaluar si los sistemas permiten lograr una mayor producción con la capacidad de la planta instalada, antes de considerar la expansión hacia nuevas líneas de producción (Soto, 2015).

#### **1.1.7.7. Rendimiento (Throughput)**

Mide la capacidad de producción de una máquina, línea, unidad o planta en un periodo de tiempo determinado. Tiene por objeto controlar los cuellos de botella

conociendo la capacidad utilizada de cada máquina con respecto a su utilización máxima posible (Avella, 2019; Gonzáles, 2012). En la ecuación [5] se presenta el cálculo del rendimiento.

$$R = \frac{Q_p}{U_{pl}} \quad [5]$$

R = Rendimiento

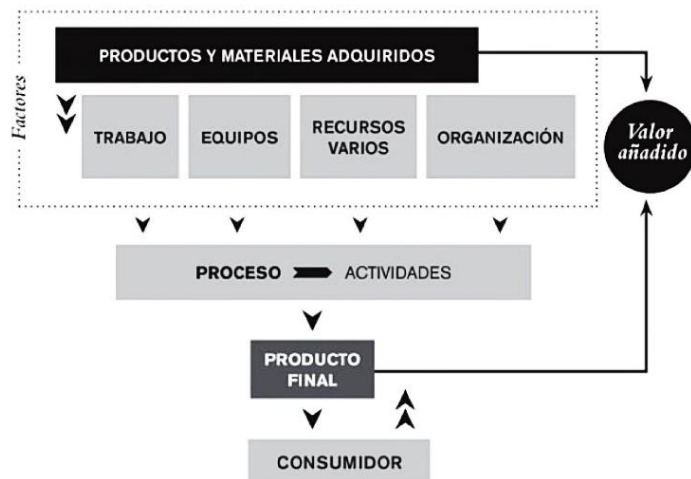
$Q_p$  = Producción real o número de unidades producidas

$U_{pl}$  = Producción prevista o número de unidades planificadas.

#### **1.1.7.8. Productividad**

Según Medina, J. (2010), la productividad se define como la relación entre el volumen o cantidad de unidades de producción y los recursos necesarios para lograrlo. Consiste en la eficiente utilización de los factores de producción y está directamente relacionada con el producto final, que tiene la capacidad de satisfacer las cambiantes necesidades de la sociedad.

Se identifica como una empresa productiva aquella que logra anticipar sus metas, optimiza costos y experimenta un aumento en la tasa de crecimiento, contribuyendo así al bienestar de sus colaboradores (Baraei & Mirzaei, 2018). Los elementos esenciales de un sistema productivo engloban productos, materiales, colaboradores, equipamiento y la propia estructura organizativa. La Figura 18 ilustra la estrecha relación entre los factores de proceso, su impacto en el valor añadido del producto final y la satisfacción del consumidor.



**Figura 18.** Elementos del sistema productivo

Fuente: (Cuatrecasas, 2020)

#### 1.1.7.8.1. Medición de la Productividad

La productividad evoca la optimización del proceso de producción, lo cual se logra al comparar de manera favorable la cantidad de recursos empleados con la cantidad de bienes y servicios generados. En este sentido, se puede hablar de productividad promedio, que se presenta como un indicador que vincula lo producido por un sistema (productos/servicios) con los recursos utilizados para su creación. En la ecuación 6 se plantea una ecuación para su cuantificación (Carro & González, 2012; Gutiérrez, 2006).

$$P_{pm} = \frac{Q_p}{P_{mo} + P_{mp} + P_{in} + P_{sb} + P_e + P_T} \quad [6]$$

Donde:

$P_{pm}$ : Productividad promedio

$Q_p$ : Unidades producidas

$P_{mo}$ : precio mano de obra

$P_{mp}$ : precio materias primas

$P_{in}$ : precio insumos

$P_{sb}$ : precio servicios básicos

$P_e$ : precio envasado

$P_T$ : Precio transporte

En este contexto, se pueden identificar diversos recursos utilizados para medir la productividad, tales como la cantidad de personal, el tiempo total empleado, las horas máquina, materias primas, insumos, entre otros. Además, otra perspectiva clave para evaluar la productividad involucra la relación entre eficiencia y eficacia, como se detalla en las ecuaciones siguientes (Gutiérrez, 2006).

La eficiencia del proceso se refiere al manejo adecuado de los recursos para alcanzar los resultados propuestos (J. C. Hernandez & Vizán, 2013). Esto puede representarse a través de la utilización de la mano de obra, el capital y las materias primas. También puede expresarse como una relación de tiempos o cantidades producidas, como se describe posteriormente (Carro & González, 2012; Gutiérrez, 2006).

$$P_{rt} = E \times e \quad [7]$$

$$P_{rt} = \frac{Q_P}{t_s} = \frac{t_U}{t_s} \times \frac{Q_P}{t_U} \quad [8]$$

Donde:

$P_{rt}$ : Productividad total

$E$ : Eficiencia

$e$ : eficacia

$t_s$ : tiempo total

$t_U$ : tiempo útil

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Enfoque de la Investigación.**

Este proyecto de investigación se estructura en dos etapas fundamentales. En la primera etapa, se adopta un enfoque cuantitativo, mientras que en la segunda etapa se emplea un enfoque mixto que combina tanto elementos cuantitativos como cualitativos. Ambos enfoques utilizan la observación y evaluación del proceso productivo, delineando conceptos y describiendo las operaciones dentro del proceso. Además, proponen nuevas observaciones y modificaciones al proceso con el objetivo de mejorarlo (R. Hernandez et al., 2014). La evidencia de la mejora se materializará a través de métricas inherentes a un proceso de producción en el ámbito de la ingeniería industrial. La ejecución de ambas etapas se llevará a cabo de manera secuencial.

En la primera etapa, a través de la observación estructurada, misma que se enfoca en visualizar las operaciones del proceso y recolección de datos, se podrán describir e identificar las operaciones y actividades detalladamente. Esta tiene un enfoque netamente cuantitativo, en el cual se miden variables, que para este caso de estudio se identificarán como métricas y se analizarán las mediciones obtenidas. El alcance es descriptivo, porque que permitirá evaluar las relaciones entre las variables independientes y dependientes, así como evaluar las causas y efectos de las métricas en el proceso (R. Hernandez et al., 2014).

En esta fase inicial del estudio, se adoptará un enfoque exploratorio, dado que no se dispone de datos o cálculos previos acerca del estado actual del proceso en términos de productividad. La relevancia de este alcance descriptivo o exploratorio en el trabajo de titulación radica en su capacidad para recopilar información in situ, proporcionando una caracterización detallada y métricas concretas del proceso de manera real, clara y objetiva. Se plantea la medición de la productividad como una de las principales variables, que servirá como fundamento en la evaluación y propuesta de mejoras para el proceso.

La segunda etapa de este proyecto tiene un enfoque cuantitativo. Sin embargo, se realizarán ciertas consideraciones y aproximaciones sobre el proceso. Se propondrán modificaciones para incrementar la productividad, se aplicará la lógica inductiva de lo particular del proceso hacia lo general (R. Hernandez et al., 2014). Por otro lado, no se contarán con datos reales acerca de la implementación de esta propuesta por lo que la segunda etapa del estudio toma un enfoque mixto cuantitativo y cualitativo.

En esta segunda etapa el alcance es correlacional ya que se conocerá la relación entre las variables independientes del proceso y su influencia en las variables dependientes. El estudio propone identificar las posibles causas de la productividad actual del proceso con el fin de comprender el grado de asociación que existe entre estas. Como producto del alcance se desarrollarán propuestas y mediante los cálculos de las métricas de proceso y se determinará la posibilidad de incrementar la productividad del proceso (R. Hernandez et al., 2014).

En la ejecución de esta segunda etapa con el objetivo de plantear la propuesta de mejora se hará uso de las Herramientas de la metodología Lean Manufacturing. Dentro de estas se ha identificado las que más se acoplan al estudio, y son: Mapa de Flujo de Valor o *Value Stream Mapping* (VSM), y el criterio de las 5S. En cada etapa de este trabajo se realizó de manera secuencial en conjunto con la participación del personal operativo y administrativo de la planta, para cumplir con los objetivos propuestos en esta investigación.

## 2.2. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 2.2.4. Materiales


Los principales productos que la empresa comercializa son 5, los mismos que tienen una producción periódica. La demanda anual de cada uno de estos se describe en el Anexo II A partir del conocimiento a detalle de cada uno de los productos, se evidenció que en los procesos de fabricación las materias primas varían en cuanto a las recetas de cada producto. De igual forma las características de los productos que fabrica la empresa se describen en el Anexo I.

El producto que se identificó como objeto de estudio fue de la cerveza QUAD que representa el 49 % de la demanda total de la empresa.

#### 2.2.4.1. Cerveza Quad

Caracterizada por sus aromas frutales, cítricos y ligeros. Excelente carbonatación, de sabor ligero y final medio. En la Tabla 1 se describen las características propias de este tipo de cerveza.

Tabla 1. Características de la Cerveza QUAD

<b>Presentación Comercial</b>	<b>Características</b>	<b>Descripción /valor</b>
	Amargor (IBU)	20
	Tipo	Ale
	Estilo	Belgian Dark Strong Ale
	Presentación	325mL/750mL / Pintas
	Grado Alcohólico	5.9°
	Precio	\$3.85 – \$8.50
	Maridaje	Se complementa de manera excepcional con platos de carne asada, ahumada y estofada, así como con quesos curados, intensos y azules. Además, marida de manera armoniosa con postres de chocolate amargo.
	Grado alcohólico (ALC/VOL)	10%



#### **2.2.4.2. Métodos**

En esta investigación se emplearon diferentes métodos y herramientas para recopilar información, analizar e interpretar los datos obtenidos. Para alcanzar uno de los objetivos propuestos y definir el estado de la empresa inicial de la empresa se llevó a cabo una búsqueda de información de tipo presencial y mediante observación se identificó las operaciones y actividades dentro del proceso. Adicionalmente, se obtuvo información referente a los procesos, consumos, volúmenes de producción históricos y ventas a través del personal de la empresa.

No existieron instructivos para los procesos de fabricación donde se describa a detalle el orden sistemático de los pasos a seguir, cantidades de materia prima que intervienen en el proceso puesto que no se cuenta con un proceso estandarizado. Para definir estos parámetros fue fundamental las visitas a la planta durante los procesos de fabricación. Con la finalidad dar continuidad a la recopilación y gestión de la información se emplearon cursograma sinóptico y analítico en cada etapa del proceso, diagrama de bloques de proceso, diagrama de flujo de operación.

Se utilizó el VSM para calcular y obtener métricas que caracterizan el proceso, como Lead time, tiempo de ciclo, tiempo útil, Takt time, tiempo de valor agregado, rendimiento, eficiencia y eficacia. A partir de los resultados del VSM, se propone una versión mejorada basada en las sugerencias de mejora, con ajustes correspondientes en las métricas. Esto permitirá determinar la viabilidad de incrementar la productividad en el proceso de fabricación de la cerveza artesanal QUAD de la empresa "La Quiteña".

Se mantuvo comunicación directa con el personal de la planta durante el estudio con el fin de conocer su percepción acerca del estado actual del proceso y a partir de intercambio de ideas se obtuvo información sobre las posibles causas del estado actual de la productividad. Se empleó el diagrama de Ishikahua y Pareto para identificar las causas del estado de la productividad inicial y los potenciales problemas que corregidos pueden mejorar en el proceso.

### 3. PARTE EXPERIMENTAL

#### 3.1. Proceso productivo

En línea con los pasos establecidos por la metodología Lean Manufacturing, fue crucial comprender el estado inicial del proceso. Para alcanzar este objetivo, se desarrolló el Mapa de Flujo de Valor (VSM), complementado con monitoreos in situ para recopilar información detallada sobre el proceso.

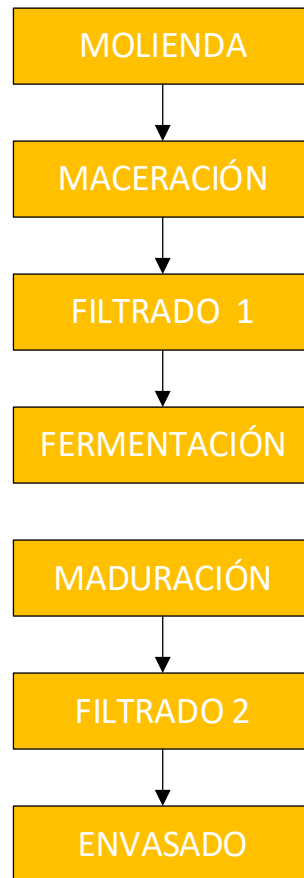
Como punto de partida según Rother & Shook, (2005) es necesario identificar una familia de productos. La elección recayó en aquel producto con la mayor demanda, que resultó ser la cerveza QUAD, como se puede apreciar en la Tabla 2. Esta elección marca el inicio del análisis detallado y la mejora planificada del proceso de producción. Los datos correspondientes a la demanda de los productos restantes se presentan en el Anexo II.

**Tabla 2.** Resumen promedio de ventas de las cervezas QUAD del año 2022

<b>Meses</b>	<b>Litros</b>
Enero	781
Febrero	1398
Marzo	1604
Abril	1461
Mayo	717
Junio	910
Julio	1780
Agosto	965
Septiembre	1228
Octubre	2150
Noviembre	2148
Diciembre	2233
<b>Promedio</b>	<b>1447</b>

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de las observaciones realizadas se identificaron ocho operaciones que conforman el proceso productivo, tal como se muestra en la Figura 19, en el diagrama de bloques de proceso. Dentro de cada operación, se ha identificado exhaustivamente las actividades llevadas a cabo por los trabajadores. Las actividades observadas en cada operación del proceso, junto con su respectiva codificación, se detallan en el Anexo III



**Figura 19.** Diagrama de Bloques del Proceso de Producción de Cerveza Artesanal  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.4. Selección del número de observaciones

$$n = \left( \frac{40 \times \sqrt{n' \times \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad [8]$$

Donde:

$n$  = número de observaciones

$n'$  = número de observaciones preliminares

$\Sigma$  = sumatorio de valores

$x$  = valor de las observaciones

40 = Constante para un nivel de confianza de 95,45%

Durante el periodo designado para el muestreo en este estudio, se realizaron cinco mediciones del tiempo del proceso de fabricación de un lote de 1000L de cerveza QUAD. El cálculo del número necesario de mediciones se basó en la Ecuación 8. En la Tabla 3 se muestran los tiempos del proceso y los valores necesarios para el cálculo del número de mediciones.

**Tabla 3.** Mediciones históricas de tiempo del proceso de fabricación de cerveza QUAD y tabulación para obtención de número de mediciones del proceso.

Medición individual (x) (h)	(x) <sup>2</sup>
21	441
18	324
21	441
19.5	380.25
19	361
20	400
18	324
20	400
19	361
21	441
19.5	380.25
18	324
$\Sigma(x) = 234$	$\Sigma(x)^2 = 4577.5$

Al aplicar la ecuación [8], el resultado obtenido fue:

$$n = \left( \frac{40 \times \sqrt{12 \times 4577,5 - 234^2}}{234} \right)^2$$

$$n = 5,1 \approx 5$$

### 3.1.5. Medición tiempos del proceso

El método empleado fue el registro de tiempos con vuelta a cero, donde se cronometró el tiempo de cada actividad de manera individual. Posteriormente, al completar cada actividad, se detuvo el cronómetro y, de manera inmediata, se reinició para medir la siguiente actividad (García, 2014). Este enfoque permite

capturar con precisión la duración de cada tarea de manera independiente, facilitando un registro detallado de los tiempos asociados a cada actividad en el proceso.

Para determinar el tiempo estándar de cada actividad, se realizaron cálculos utilizando los registros de los tiempos individuales. Se calcularon tiempos promedio y tiempos normales empleando las ecuaciones 1, 2, y 9 correspondientes. El objetivo fue obtener valores representativos y estandarizados que sirvieran como referencia para la duración típica de cada actividad en el proceso.

$$t_p = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad [9]$$

Donde:

$t_p$  = tiempo promedio de actividad

$t_i$  = los tiempos individuales de cada actividad registrados

$n$  = número de observaciones realizadas

En el cálculo del tiempo estándar se considera el factor de valoración (FV) del operador, se tomó como base los principios descritos en el método Westinghouse Electric Corporation (Lowry et al., 1940; Niebel & Freivalds, 2009), los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Resultados del Método Westinghouse para determinar el factor de valoración del operador FV

<b>Factor</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valoración</b>
Habilidades	Buena	+0.03
Esfuerzo	Bueno	+0.05
Condiciones	Bueno	+0.02
Consistencia	Aceptable	-0.02
	<b>Total FV</b>	<b>0.08</b>

Se calculó la compensación del tiempo mediante los suplementos. Los valores recomendados por la OIT se describen en el Anexo IV. Los resultados de

suplementos considerados para el proceso se muestran en la Tabla 5. El tiempo estándar se calculó con un suplemento de 17%

**Tabla 5.** Resumen del cálculo de suplementos para el proceso de fabricación de cerveza artesanal de la empresa La Quiteña de acuerdo al Método Westinghouse

<b>SUPLEMENTOS/HOLGURAS</b>		
#	<b>CONSTANTES</b>	<b>%</b>
1	Holgura personal	5
2	Holgura por fatiga básica	4
#	<b>VARIABLES</b>	<b>%</b>
1	Holgura por estar parado	2
2	Holgura por posición anormal. Incómoda (flexionado)	0
3	Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar) (30lb)	5
4	Mala iluminación: a) Un poco abajo de lo recomendado	0
5	Condiciones atmosféricas (calor y humedad)	0
6	Atención cercana: a) Trabajo bastante fino	0
7	Nivel de ruido: a) Continuo	0
8	Esfuerzo mental: a) Proceso bastante complejo	1
9	Monotonía: a) Baja	0
10	Tedio: a) Algo tedioso	0
<b>Total, Suplementos/Holguras (%)</b>		<b>17</b>

Los valores de tiempo estándar para cada actividad se presentan en los cursogramas analíticos de las operaciones correspondientes. A modo de ejemplo, se proporciona el cálculo para la actividad de "Moler la malta" en el proceso de molienda, donde el tiempo estándar definido fue de 194,65 min. El detalle del cálculo de los tiempos de cada actividad se evidencia en el Anexo V.

$$t_{\text{prom}} = \frac{128 + 180 + 175 + 162 + 240}{5} = 177 \text{ min}$$

$$t_n = t_{\text{prom}} * FV = 237 \text{ min} * (1 + 0,08) = 191,4 \text{ min}$$

$$t_s = t_n * (1 + S) = 191,4 * (1 + 0,17) = 194,65 \text{ min}$$

### 3.1.6. Descripción del Proceso. Situación actual

A continuación, en la descripción del proceso productivo se utilizó el cursograma sinóptico el mismo que se presenta en la Figura 20. Este gráfico permitió visualizar los transportes, controles, esperas, flujo y secuencia de actividades dentro de las operaciones del proceso. Se destaca la interconexión entre las operaciones incluyendo aquellas que se realizan por duplicado como la maceración, filtrado 1 y cocción debido a limitaciones de maquinaria de la planta.






En la Tabla 6, se muestran los resultados obtenidos del cursograma sinóptico para el proceso de fabricación de cerveza. Se identificó un total de 52 actividades en el proceso, distribuidas en: 29 operaciones/transformaciones, 7 actividades de transporte, 8 actividades de inspección, 7 esperas y 1 almacenamiento que comprendidas en todas las operaciones.

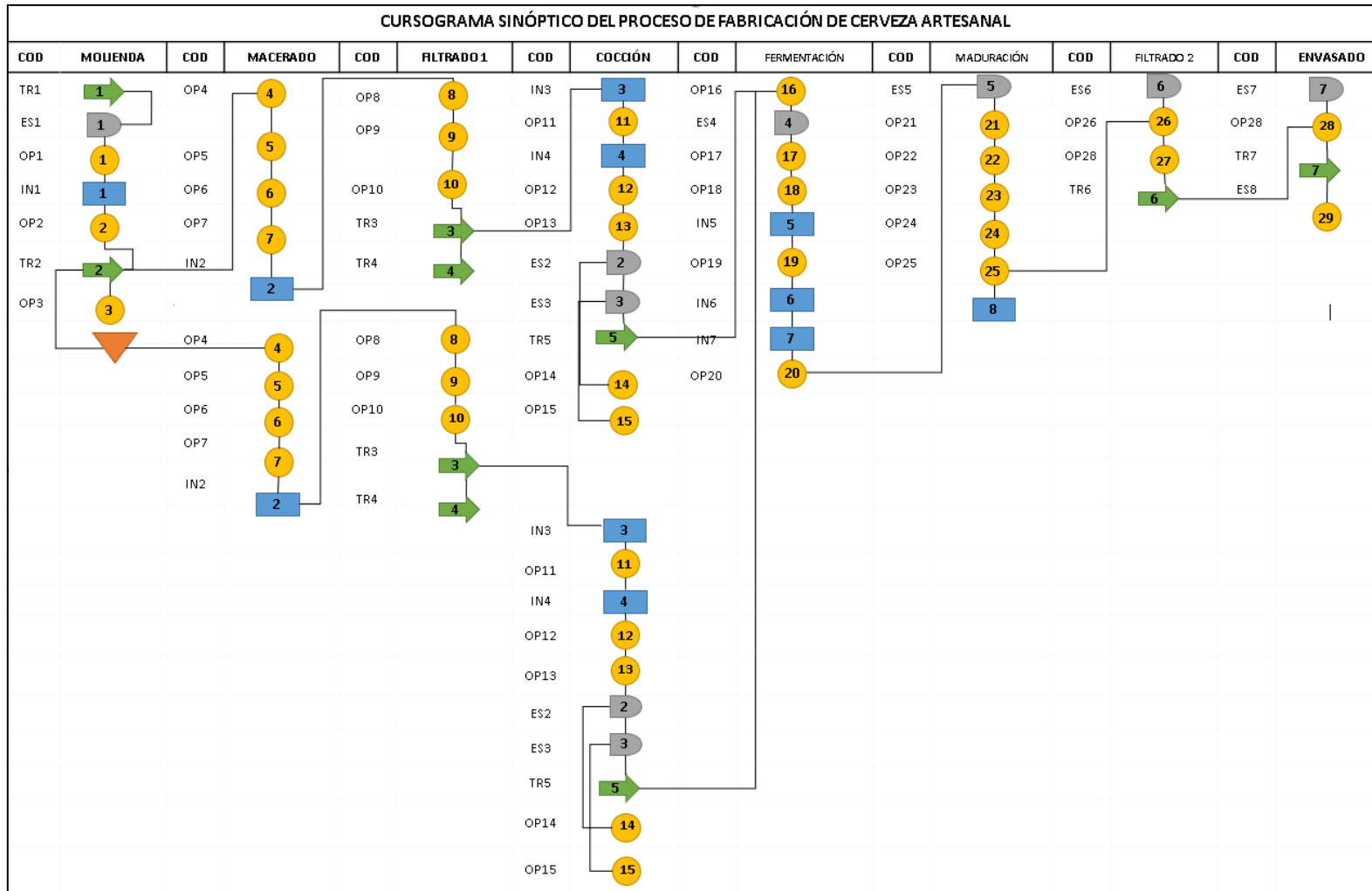
**Tabla 6.** Resultados de Cursograma Sinóptico para proceso de elaboración de cerveza artesanal

Tipo de actividad	#
Operaciones	29
Transporte	7
Inspección	8
Espera	7
Almacenamiento	1
Total	52

En la Tabla 7 se muestra la simbología utilizada en el Cursograma Sinóptico del Proceso.

**Tabla 7.** Simbología utilizada en el Cursograma Sinóptico

Símbolo	Descripción
	Transformación /operación
	Espera
	Transporte
	Almacenamiento
	Control/inspección



**Figura 20.** Cursograma Sinóptico del Proceso de elaboración de Cerveza Artesanal QUAD de la empresa "Quiteña"



El cursograma analítico de cada operación del proceso productivo se muestra en las Tablas 9,10, 11,12,13,14,15 y 16.

Los resultados de todas las operaciones del proceso obtenidos del cursograma analítico se presentan la Tabla 8. En la Tabla 9 se detalla el cursograma analítico de la operación molienda, que incluyen tres de transformación, dos de transporte y una de inspección. Durante la carga del molino, se observó una espera, y se identificó un almacenamiento de una porción de malta destinada a la segunda etapa de maceración, con una duración de 4, horas. El tiempo de total estándar de la operación fue 6,47 h. Un operador se encargó de manejar el molino, carga y descarga. El tiempo de ciclo calculado fue 1, 48 h/kg.

En la Tabla 10 se expone el cursograma analítico derivado de la maceración, misma que se realiza por duplicado. Se registró cinco actividades, de las cuales cuatro fueron transformación y una inspección. El tiempo estándar total fue 10,80 h y el tiempo de ciclo de la operación 0,52 h/kg. La limpieza del tanque de maceración se consideró esencial para mantener la inocuidad del proceso. El control de temperatura y mezcla fue manual, requiriendo la presencia constante del operario durante el proceso. Esta operación la desempeñaron dos personas en la planta.

En la Tabla 11 se ilustra el cursograma analítico obtenido del filtrado 1. Se definieron un total de cinco actividades, de estas tres son de operación y dos de transporte. Es importante señalar que esta actividad se llevó a cabo por duplicado, al igual que la actividad anterior. El tiempo de ciclo definido fue 0,36 h/kg e incluye dos actividades de transporte de 2,5 h. Un operador fue responsable de esta actividad puesto que mientras se separa o filtra el mosto es necesario volver a limpiar y acondicionar el tanque de maceración para el segundo macerado con el resto de malta molida.











**Tabla 8.** Resultados del Análisis de las Operaciones en el Proceso de Producción de Cerveza Artesanal mediante el Cursograma Analítico en el Estado Actual

<b>Parámetros</b>	<b>Molienda</b>	<b>Maceración</b>	<b>Filtrado 1</b>	<b>Cocción</b>	<b>Fermentación</b>	<b>Maduración</b>	<b>Filtrado 2</b>	<b>Envasado</b>
Tiempo estándar total ts (h)	6,47	10,80	5,48	17,10	218,11	222,55	75,54	45,02
Total actividades	8	5	5	10	9	7	4	4
Transformación/ operación	3	4	3	5	5	5	3	3
Transporte	2	0	2	1	0	0	1	1
Control/Inspección	1	1	0	2	3	0	0	0
Espera	1	0	0	2	1	1	0	0
Almacenamiento	1	0	0	0	0	0	0	0
Personal a cargo del proceso	1	2	1	2	2	2	1	1
Promedio Cantidad producida (kg/L)	262,86	1244,10	922,70	878,84	834,90	834,90	768,10	748,90
Residuos (kg)	6,74	0,00	282,63	119,84	43,90	0,00	66,80	19,20











**Tabla 9.** Cursograma Analítico de las actividades dentro de la operación de molienda estado actual

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA			INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD		
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
<b>Situación:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> ACTUAL <input type="checkbox"/> PROPUESTO	●	Operación / Transformación	3	4,88		
<b>Elaborado por:</b>	Lisbeth Mena Pérez	➔	Transporte	2	1,21		
<b>Producto:</b>	Cerveza QUAD	▭	Control/Inspección	1	1,16		
<b>Etapas del proceso:</b>	MOLIENDA MALTA	⊔	Espera	1	0,37		
<b>Fecha:</b>	04-10-2023	▼	Almacenamiento	1	4,47		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
		●	➔	▭	⊔	▼	
1	Mover los bultos desde la bodega hacia la planta		X				0,58
2	Cargar del molino				X		0,37
3	Moler de granos de malta	X					3,73
4	Verificar visualmente tamaño de grano			X			1,16
5	Recoger desechos	X					0,65
6	Transportar granos molidos al tanque de maceración		X				0,63
7	Limpiar molino	X					0,50
8	Almacenar porción de malta					X	4,47
					ts total	6,47h	

**Tabla 10.** Cursograma Analítico de las actividades dentro de la operación de maceración estado actual

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA				INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD	
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
Situación:	<input checked="" type="checkbox"/> ACTUAL <input type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación / Transformación	4	9,96		
Elaborado por:	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	0	0,00		
Producto:	Cerveza QUAD		Control/Inspección	1	0,84		
Etapas del proceso:	Macerado (SE REALIZA POR DUPLICADO)		Espera	0	0,00		
Fecha:	04-10-2023		Almacenamiento	0	0,00		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
							
1	Limpiar el tanque de maceración	X					0,91
2	Cargar agua caliente al reactor	X					0,78
3	Macerar	X					5,61
4	Mezclar los ingredientes formación de mosto	X					2,66
5	Medir temperatura			X			0,84
				ts total	7,30h		

**Tabla 11.** Cursograma Analítico de las actividades dentro de la operación de filtrado 1 estado actual











CURSOGRAMA ANALÍTICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA			INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD		
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
Situación:	<input checked="" type="checkbox"/> ACTUAL <input type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación / Transformación	3	3,22		
Elaborado por:	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	1	2,24		
Producto:	Cerveza QUAD		Control/Inspección	0	0,00		
Etapas del proceso:	Filtrado 1 (SE REALIZA POR DUPLICADO)		Espera	0	0,00		
Fecha:	04-10-2023		Almacenamiento	0	0,00		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
							
1	Abrir válvulas para separación del mosto	X					0,37
2	Separar mosto de granos y residuos de maceración	X					1,92
3	Recolectar residuos de filtrado y mosto	X					0,87
4	Transportar mosto a reactor de cocción		X				1,58
5	Mover a bodega de los desechos		X				0,66
					ts total	5,47	

Los resultados del cursograma analítico de cocción se muestran en la Tabla 12. Esta operación comprende un total de diez actividades, incluye cinco de transformación/operación, una de transporte, dos controles y dos esperas. El tiempo estándar total de la operación fue 1,17 h/kg, abarcando las dos paradas realizadas. El tiempo de ciclo fue 1,48 h. En cuanto a los controles, se llevaron a cabo mediciones de pH, densidad y se controló la temperatura para garantizar el desarrollo adecuado de las reacciones. No se registró almacenamientos en esta operación, ya que al finalizar la primera parada inmediatamente se inició con la segunda cocción. Dos operadores estuvieron a cargo de esta operación.











Los resultados del cursograma analítico de la fermentación, se describen en la Tabla 13. Se realizaron nueve actividades, de estas cinco fueron de proceso, tres de inspección y una de espera. El tiempo estándar total fue 228,11 h, el tiempo de ciclo fue 15,67 h/kg. El fermentador está equipado con un sistema automático que mide y regula la temperatura. Además, se supervisó la atenuación de la cerveza para alcanzar los valores característicos de cada tipo. Durante la operación, se registró una espera mientras la segunda carga de cocción se procesaba. No se observaron actividades de transporte ni almacenamiento en esta etapa. La responsabilidad de esta operación recae en un operador.

En la Tabla 14 se presenta el cursograma analítico de la etapa de maduración. Esta operación comprende un total de siete actividades, de las cuales cinco son de transformación, existe un control y una espera. El tiempo total estándar fue 222,55 h, el tiempo de ciclo fue 15,99 h/kg. La responsabilidad de la operación recayó en dos operadores. Es importante destacar que la maduración se llevó a cabo en el mismo tanque de fermentación, eliminando así la necesidad de transporte o almacenamiento. Al finalizar, se realizó un control organoléptico para verificar las características del producto, esto lo realizó el operador con mayor experiencia de la planta.

**Tabla 12.** Cursograma Analítico de las actividades dentro de la operación de cocción estado actual











CURSOGRAMA ANALÍTICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA			INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD		
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	Ts acumulado (h)		
Situación:	<input checked="" type="checkbox"/> ACTUAL <input type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación / Transformación	5	12,3		
Elaborado por:	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	1	1,40		
Producto	Cerveza QUAD		Control /Inspección	2	1,20		
Eta <span>pa</span> del proceso:	Cocción (SE REALIZA POR DUPLICADO)		Espera	2	3,90		
Fecha:	04-10-2023		Almacenamiento	0	0,00		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
							
1	Regular temperatura de cocción			X			0,77
2	Cocer el mosto	X					3,88
3	Controlar densidad y pH			X			0,42
4	Adicionar Lúpulo a la cocción	X					0,48
5	Ejecutar proceso Whirpool	X					1,06
6	Sedimentar				X		1,25
7	Enfriar por intercambiador de placas				X		2,65
8	Trasvasar al tanque de fermentación		X				1,38
9	Limpiar de tanque de cocción	X					1,47
10	Limpiar y sanitizar el intercambiador de placas	X					4,17
				ts total		17,10	

**Tabla 13.** Cursograma Analítico de las actividades dentro de la operación de fermentación estado actual

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA			INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD		
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
<b>Situación:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> ACTUAL <input type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación / Transformación	5	218,10		
<b>Elaborado por:</b>	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	0	0,00		
<b>Producto:</b>	Cerveza QUAD		Control/Inspección	3	2,10		
<b>Etapas del proceso:</b>	Fermentación		Espera	1	2,60		
<b>Fecha:</b>	04-10-2023		Almacenamiento	0	0,00		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
							
1	Sanitizar el fermentador	X					3,78
2	Esperar el segundo lote de mosto cocido				X		2,88
3	Activar la levadura	X					0,27
4	Adicionar levadura al mosto	X					0,15
5	Medir densidad			X			0,35
6	Fermentar	X					8,10
7	Controlar de temperatura (automático)			X			1,54
8	Controlar atenuación			X			0,45
9	Separar la levadura	X					1,42
				ts total	218,11		













**Tabla 14.** Cursograma Analítico de las actividades dentro de la operación de maduración estado actual

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA			INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD		
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
<b>Situación:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> ACTUAL <input type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación / Transformación	5	221,80		
<b>Elaborado por:</b>	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	0	0,00		
<b>Producto:</b>	Cerveza QUAD		Control/Inspección	1	0,26		
<b>Etaapa del proceso:</b>	Maduración		Espera	1	0,75		
<b>Fecha:</b>	04-10-2023		Almacenamiento	0	0,00		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
							
1	Presurizar el fermentador				X		0,75
2	Enfriar el mosto fermentado entre 1°C y 2°C	X					25,95
3	Flocular la levadura	X					6,79
	Separar levadura y mosto fermentado	X					1,29
5	Adicionar clarificante	X					0,36
6	Estabilizar cerveza	X					187,42
7	Control Organoléptico del producto			X			0,26
					ts total	222,55	











En la Tabla 15 se exponen los resultados derivados del cursograma analítico correspondiente a la operación de filtrado dos. Se identificaron cuatro actividades, donde tres fueron de proceso y una de transporte. Se calculó un tiempo total estándar de 75,54 h, mientras que el tiempo de ciclo fue 5,90 h/kg. La ejecución de esta actividad estuvo a cargo de un operador, y cabe destacar que no se llevaron a cabo inspecciones, esperas ni almacenamiento. Para filtrar el volumen de cerveza obtenido, fue necesario contar con la participación continua de un operador durante el periodo mencionado.

En la Tabla 16, se observa el cursograma analítico de la operación de envasado. En esta operación, se realizó un desplazamiento de regreso a lo largo de la planta debido a la ubicación actual del área de envasado y la lavadora de barriles. Se identificaron cuatro actividades, tres correspondieron a transformación y una de transporte. El tiempo total estándar fue 45,02 h el tiempo de ciclo 3,61 h/kg. La gestión de la operación estuvo a cargo de un operador. No se evidenciaron actividades de control, almacenamiento ni espera.

**Tabla 15.** Cursograma Analítico de las actividades dentro de la operación de filtrado 2 estado actual

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA			INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD		
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
Situación:	<input checked="" type="checkbox"/> ACTUAL <input type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación	3	74,85		
Elaborado por:	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	1	0,69		
Producto:	Cerveza QUAD		Control de calidad/Inspección	0	0,00		
Etapas del proceso:	Filtrado 2		Espera	0	0,00		
Fecha:	04-10-2023		Almacenamiento	0	0,00		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo (horas)
							
1	Sanitizar el tanque BRITE TANK	X					4,78
2	Filtrar	X					67,93
3	Separar residuos de filtrado y cerveza	X					2,14
4	Transportar a hacia envasado		X				0,69
				ts total	75,54		

**Tabla 16.** Cursograma Analítico de las actividades dentro de la operación de envasado estado actual

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA				INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD	
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
<b>Situación:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> ACTUAL <input type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación	3	45,02		
<b>Elaborado por:</b>	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	1	1,33		
<b>Producto:</b>	Cerveza QUAD		Control de calidad/Inspección	0	0,00		
<b>Eta del proceso:</b>	Envasado		Espera	0	0,00		
<b>Fecha:</b>	04-10-2023		Almacenamiento	0	0,00		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
							
1	Limpiar sistema de envasado	X					0,73
2	Envasar en barriles	X					37,91
3	Mover a cuarto frío		X				1,33
4	Sanitizar barriles y botellas	X					5,05
				ts total	45,02		

Adicionalmente, se evaluaron las cantidades de producto generadas en cada operación, junto con sus respectivas pérdidas, los resultados correspondientes se detallan en la Tabla 8. El Detalle de los cálculos se presenta en el Anexo VI. Se observó que las capacidades y dimensiones de los equipos disponibles en la planta, no fueron diseñados o planificados de acuerdo con los volúmenes de producción que maneja la empresa. Las características y codificación de los equipos se encuentran en la Tabla 17.

A partir de los resultados obtenidos, se evidenció que los tanques de maceración y el reactor de cocción representan un cuello de botella, operando al máximo de sus capacidades disponibles en comparación con el volumen requerido, que preliminarmente podría sugerirse en 1300 litros. La planta cuenta con cinco fermentadores de 1200 litros cada uno y dos tanques Brite de 1200 litros destinados a la maduración y clarificación final de la cerveza. Es relevante destacar que uno de los fermentadores se encuentra disponible mientras se lleva a cabo el proceso, en el proceso actual

**Tabla 17.** Resumen de equipos de la Planta de Producción de Cerveza Artesanal “La Quiteña”

<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Codificación</b>
Molino	De rodillos	MR-1-01
Tanque pulmón agua caliente	Vol: 500L	TP-1-01
Tanque maceración	Vol: 650L	TM-1-01
Reactor cocción	Vol: 50 L	RC-1-01
Intercambiador de placas	10 m <sup>3</sup> /h	IP-1-01
*Fermentador 1	Vol: 1200L	FM-1-01
*Fermentador 2	Vol: 1200L	FM-1-02
*Fermentador 3	Vol: 1200L	FM-1-03
*Fermentador 4	Vol: 1200L	FM-1-04
*Fermentador 5	Vol: 1200L	FM-1-05
Brite tank1	Vol: 1200 L	BT-1-01
Brite tank2	Vol: 1200 L	BT-1-02
Lavador de barriles	Flujo:20 ba/h	LB-1-01
Envasador	2000 L	EN-1-01

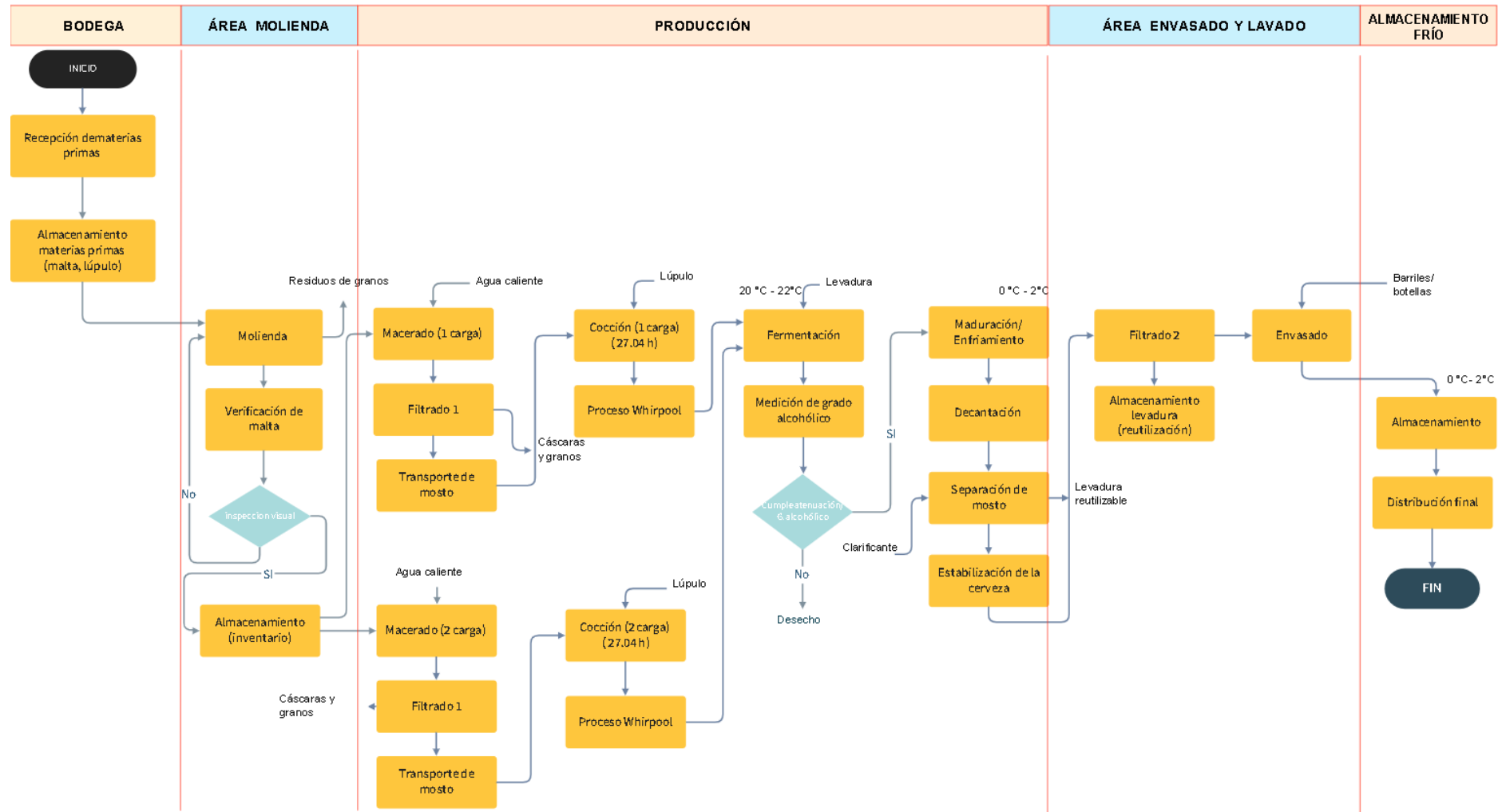
Respecto a las áreas de la planta, cuenta con cinco áreas y la información actual se encuentra en la Tabla 18. La planta productiva tiene un área de 50 m<sup>2</sup> (10mX5m), y se observó que el espacio designado como cuarto frío, tiene un área de 5 m<sup>2</sup> que no abastece para almacenar el volumen de producto. El área correspondiente a la bodega de materias primas tiene una dimensión de 12 m<sup>2</sup>. Mientras que el área de molienda y el área de almacenamiento de insumos y materiales tienen áreas de 10 m<sup>2</sup> y 15 m<sup>2</sup> correspondientemente. Las áreas disponibles no ofrecen la posibilidad de ampliación, lo que podría representar una limitación al proponer mejoras. En el área designada para almacenamiento de insumos y materiales existe espacio desorden y espacio no utilizado.

**Tabla 18.** Resumen de áreas de la Planta de Producción de Cerveza Artesanal “La Quiteña”

Área	Descripción	Codificación	Dimensiones
Área de almacenamiento insumos, materiales	Área: m <sup>2</sup>	BMI-1-01	15 m <sup>2</sup>
Área de almacenamiento de materias primas	Área: m <sup>2</sup>	BMP-1-01	12 m <sup>2</sup>
Área de molienda	Área: m <sup>2</sup>	AMM-1-01	10 m <sup>2</sup>
Área almacenamiento cuarto frío	Área: m <sup>2</sup>	ACF-1-01	5 m <sup>2</sup>
Planta de producción cerveza artesanal	Área: 50 m <sup>2</sup>	PCA-1-01	50 m <sup>2</sup>

Luego de realizar la caracterización del proceso y de los equipos, se procedió a desarrollar el diagrama de flujo, el cual se presenta en la Figura 21. En las operaciones iniciales, se destaca que, para alcanzar el volumen de fermentación requerido, se llevan a cabo dos paradas que involucran las operaciones de maceración, filtrado y cocción. Se identificaron distintas áreas funcionales, entre las que se incluyen bodega, molienda, producción, envasado, lavado y almacenamiento frío. Este diagrama ofrece una representación visual detallada de la secuencia y relaciones entre las diversas fases del proceso de producción de cerveza artesanal.

### 3.2. DIAGRAMA DE FLUJO ACTUAL DEL PROCESO



**Figura 21.** Diagrama de Flujo actual del Proceso de Producción de Cerveza Artesanal de la Empresa "La Quiteña"

### **3.3. MAPA DE FLUJO DE VALOR O VSM ACTUAL**

En la Figura 22, se presenta el Mapa de Flujo de Valor que ilustra el estado actual del proceso. En este análisis se identificó que la planificación y control de producción se realiza de forma manual, y la comunicación entre las solicitudes de pedidos y el equipo de producción se lleva a cabo mediante correo electrónico de forma semanal. Se caracterizaron las operaciones de proceso. Se identificó los tiempos de abastecimiento de materias primas cada 30 días y la distribución de producto cada 8 días. El transporte de materias primas y la distribución de producto es vía terrestre a través de vehículo propio.

Se identificó la cantidad de materias primas almacenadas en la bodega, así como aquellas que ingresan al proceso y las que se generan en cada operación y las que se mantienen en inventario. Se realizó un análisis detallado del tiempo de ciclo y el tiempo útil del proceso. Adicionalmente, se han obtenido métricas significativas como el lead tiempo, tiempo Takt, los tiempos de valor agregado, no agregado y rendimientos en cada operación, proporcionando una visión integral y detallada de la eficiencia y fluidez del proceso. En la Tabla 19 se presentan los resultados obtenidos del VSM.

El tiempo de ciclo de proceso actual, calculado, corresponde a 44,69 min/L, mientras que el tiempo Takt 33,02 min/L. El valor de Lead time es 41,89 h. La cantidad promedio de producto resultó ser 748,9 L. En términos de tiempo de VA se registró un total de 559,31 h con un tiempo VNA de 41,89 h. La programación de producción se efectúa cada 24 días. Estos datos ofrecen una visión detallada del rendimiento de todas las operaciones, que oscilan entre un mínimo de 15,45% en la molienda y 95,07% en la maceración, donde el tanque se utiliza de forma permanente al máximo de la capacidad el tanque.

En el análisis del proceso actual se identificaron tres inventarios significativos. El primero corresponde a un periodo de 24 horas, que es el tiempo en que la cebada molida espera antes de iniciar el proceso de fabricación. El segundo inventario es de 4,47 horas, entre la maceración y filtrado 1. En este periodo, la segunda parte



de la cebada aguarda a que el tanque de macerado esté disponible para completar la segunda porción. Finalmente, el tercer inventario se genera en la etapa de fermentación, con una duración de 13,42 horas, representando el tiempo necesario para completar las tres operaciones de la segunda porción y antes de iniciar la fermentación. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para la gestión y optimización de los tiempos de espera en el proceso de fabricación.

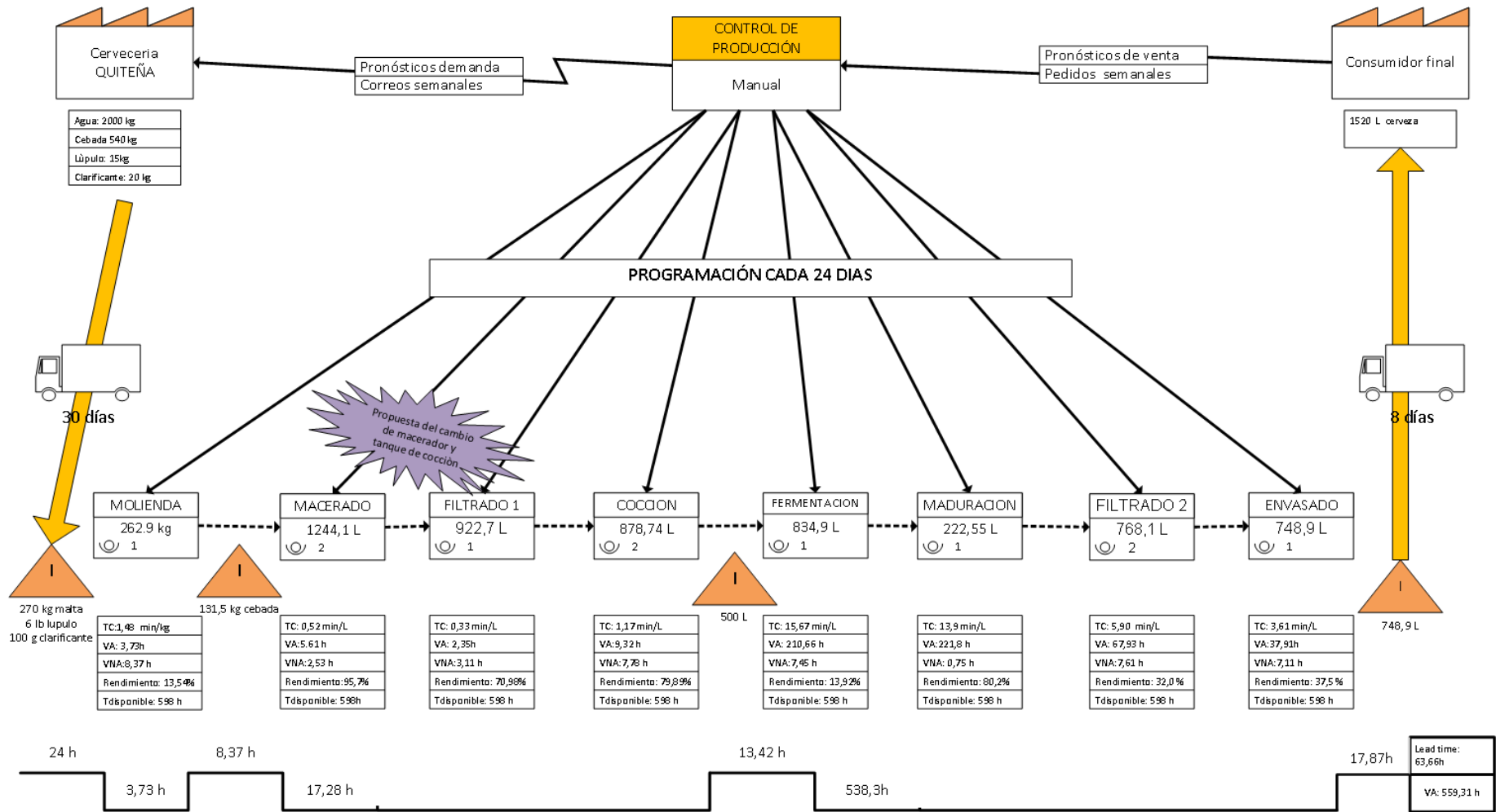
La planificación de producción actual se fundamenta en los pronósticos de venta y la demanda proporcionada. No obstante, se ha observado que la cantidad producida no siempre es suficiente para cubrir la demanda mensual. Ante esta situación, se propone el cambio de los tanques de maceración y reactor de cocción con el objetivo de eliminar el inventario existente y la necesidad de realizar dos porciones. Este ajuste estratégico podría contribuir significativamente a la alineación de la producción con la demanda y garantizar una respuesta más efectiva ante las necesidades del mercado.

**Tabla 19.** Resultados del Análisis de las Métricas de VSM en la Producción de Cerveza Artesanal: Estado Actual

<b>Métricas</b>	<b>Molienda</b>	<b>Maceración</b>	<b>Filtrado 1</b>	<b>Cocción</b>	<b>Fermentación</b>	<b>Maduración</b>	<b>Filtrado 2</b>	<b>Envasado</b>
Total ts (h)	6,47	10,80	5,47	17,10	218,11	222,55	75,54	45,02,02
Total actividades	8	5	5	10	9	7	4	4
Cantidad producida	262.90 kg	1214,10	922,70	878,84	834,9	834,9	768,1	748,9
Tc (min)	1,48	0,52	0,36	1,17	15,67	15,99	5,90	3,61
Tiempo VA	3,73	5,61	2,35	9,32	210,66	221,80	67,93	37,91
Tiempo VNA	8,37	2,53	3,11	7,78	7,45	0,75	7,61	2,06
Rendimiento	15,45%	95,70%	70,98%	79,89%	37,79%%	34,79%%	64,01%	37,45%
·Operadores	1	2	1	2	2	2	1	1

**Tabla 20.** Resumen métricas de la herramienta VSM de Lean Manufacturing del proceso de Producción de Cerveza Artesanal en el estado Actual

<b>Métrica</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>
Tiempo Takt	min/L	33,02
Rendimiento promedio	%	53,89
Eficiencia	%	79,54
Tiempo disponible	min	35880
Tiempo estándar ts	días	25,04
Tiempo de ciclo	min/L	44,69
Lead tiempo	h	63,66
Valor agregado	h	559,31

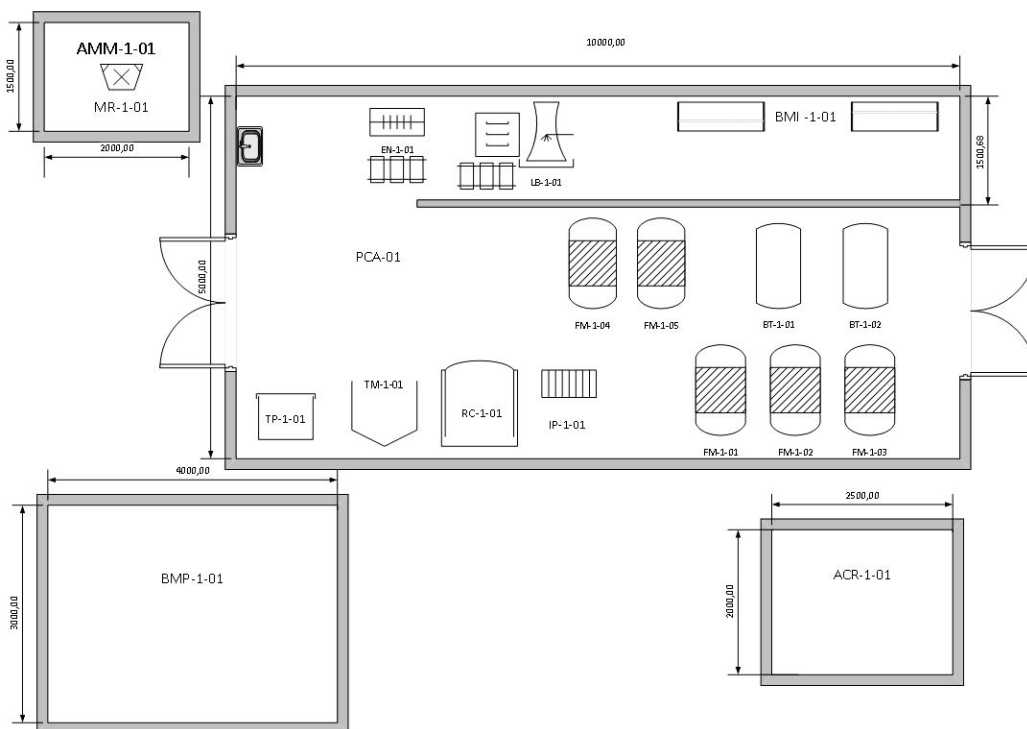


**Figura 22.** Mapa de Flujo de Valor (VSM) del Proceso de Producción de Cerveza Artesanal de la Empresa "La Quiteña": Estado Actual.

### 3.4. LAY OUT DE LA PLANTA ACTUAL

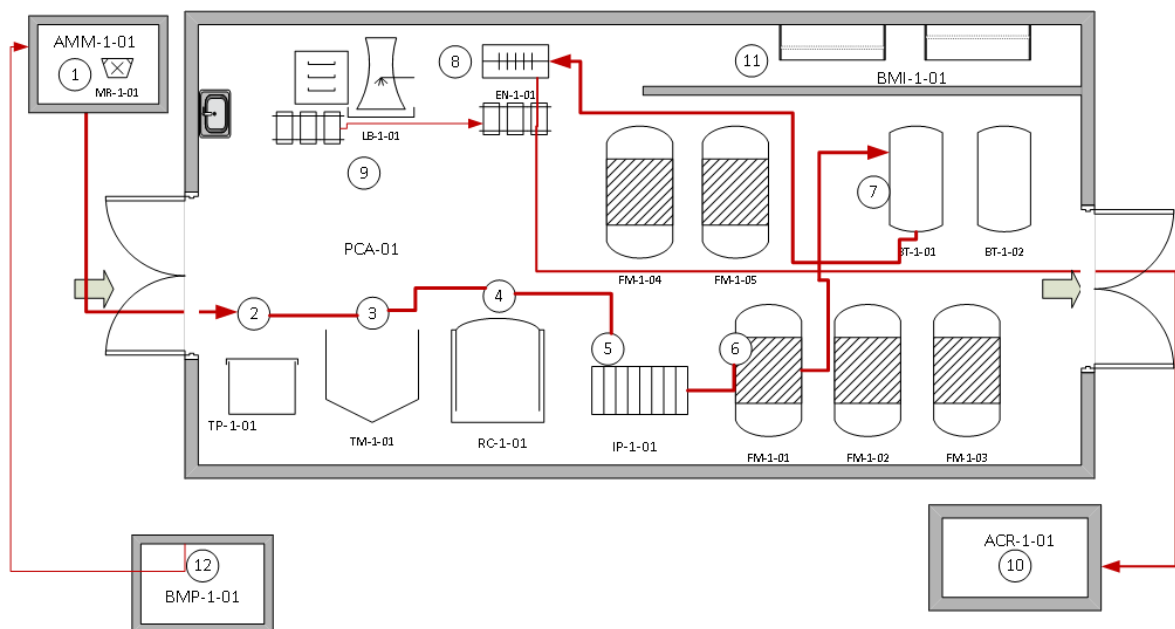
En la Figura 23 se exhibe el Lay Out actual de la planta, mostrando la ubicación y distribución de los equipos en el espacio. En las Tablas 17 y 18 se resumen las características de los equipos y áreas que forman parte de la planta productiva de la empresa la Quiteña.

En el análisis del diseño de la planta (Lay Out), se ha identificado que existen áreas adicionales en el exterior, como espacios destinados al almacenamiento de materias primas, molienda y el cuarto frío. Al revisar la disposición actual, se ha observado que en el área BMI-1-01 existe espacio disponible, aunque también se ha evidenciado desorden en las herramientas e insumos almacenados en dicho lugar. Este hallazgo sugiere la posibilidad de optimizar la organización y el aprovechamiento del espacio, enfocándose en minimizar los desperdicios e incrementar la accesibilidad de los recursos necesarios para el proceso.



**Figura 23.** Lay Out actual de la planta de producción de Cerveza Artesanal

La Figura 24 ilustra el recorrido que realiza el producto a lo largo del proceso. Se evidencia que el producto no tiene fluidez en la planta y, para llegar a la zona de envasado, debe retroceder en el espacio físico de la planta. Esto limita la optimización del tiempo, el orden y la limpieza en la planta. Además, para almacenar el producto en el cuarto frío, es necesario avanzar nuevamente a lo largo de la planta, lo cual representa un desperdicio de tiempo y una actividad innecesaria con la actual distribución de la planta. Este análisis resalta la importancia de revisar y ajustar el diseño del flujo de trabajo para mejorar la eficiencia operativa y reducir actividades redundantes.



**Figura 24.** Diagrama de recorrido del producto en planta de producción

### 3.5. PRODUCTIVIDAD ACTUAL

Se partió de los conceptos de productividad promedio y productividad total, como describen Carro & González, (2012) y Gutiérrez, (2006). El cálculo de la productividad se realizó mediante las ecuaciones 6, 7 y 8, cuyos resultados se presentan en la Tabla 21. A partir de las aproximaciones con la información facilitada por la gerencia de la empresa se obtuvieron la productividad total y promedio del proceso.

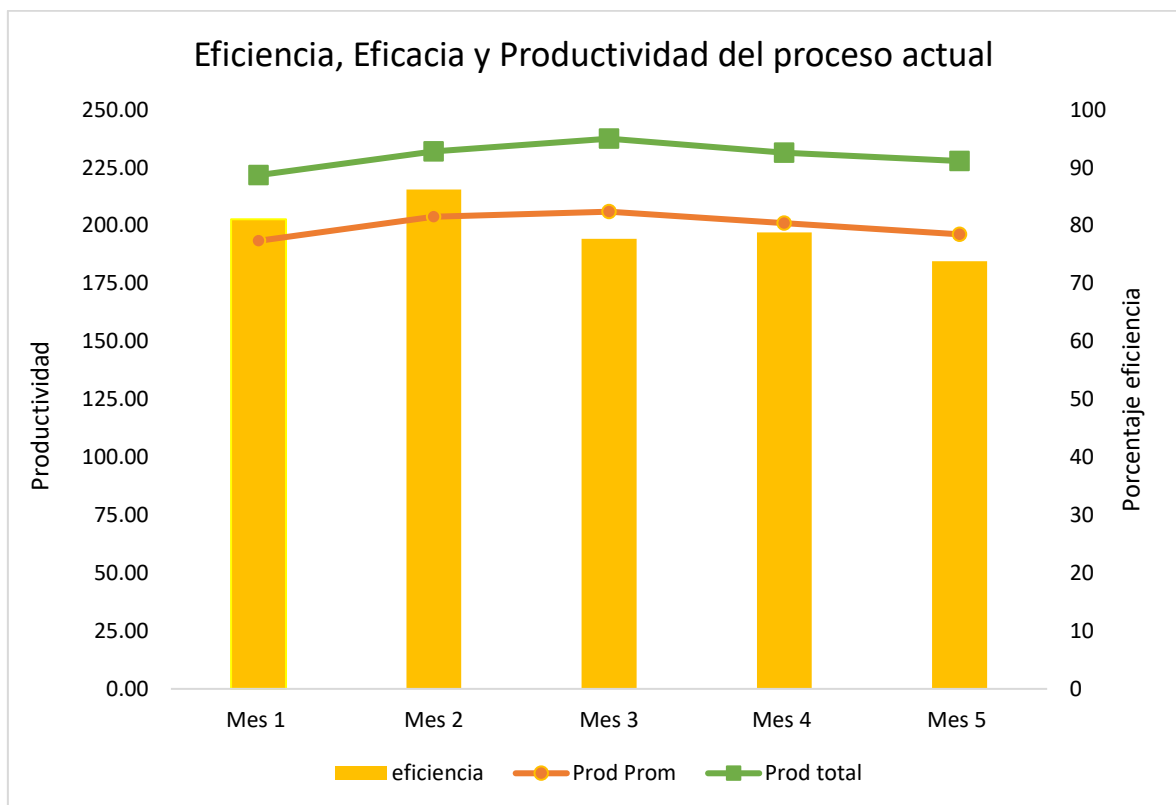
Se encuentran detalles sobre los valores considerados para el costo por lote de 1000 L de producción de la cerveza QUAD. En cuanto al cálculo de la eficiencia del proceso, se empleó la ecuación [8], que define la eficiencia como el cociente del tiempo útil sobre el tiempo disponible. Los valores utilizados para este cálculo se describen en el Anexo X.

**Tabla 21.** Resultados de análisis de productividad para los cinco periodos observados

Mes	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Tiempo estándar $t_s$ (días)	25,53	27,15	24,46	24,81	23,26
Producción Real $Q_p$ (L)	723,8	762,9	770,9	752,5	734,5
Producción Planificada (L)	1000	1100	1100	1100	1000
Eficiencia	81,09%	86,24%	77,70%	78,82%	73,87%
Productividad (L/día)	28,35	28,10	31,51	30,32	31,58
Costo por lote	\$3 742,10	\$3 742,10	\$3 742,10	\$3 742,10	\$3 742,10
Productividad promedio (L/USD)	193,42	203,87	206,00	201,09	196,27

En Figura 25 se presenta un gráfico combinado, en barras se muestra la eficiencia calculada para cada lote cuyos valores oscilan entre 73,87% y 81,09%. Esto indica que el tiempo útil en comparación con el tiempo disponible tiene una eficiencia promedio del 79,54% en el estado actual del proceso.

Por otro lado, el valor de la productividad total del proceso se situó en 29,97 L/día por día de trabajo, y la tendencia en color verde muestra los valores correspondientes a cada mes para este parámetro. Concluyendo, en cuanto a la productividad promedio considerada, se logró un promedio de 200,13 mL por cada dólar invertido. La variación de este parámetro se refleja mediante la línea de color naranja.



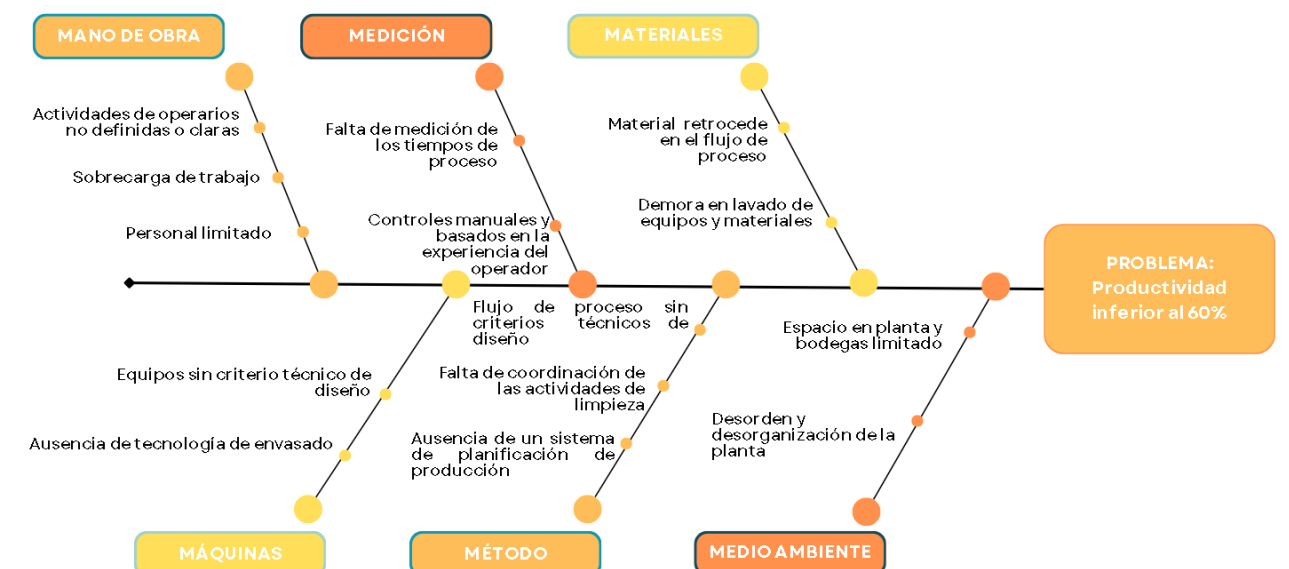
**Figura 25.** Gráfica de barra Eficiencia y dispersión de Productividad total, promedio del Proceso de producción de Cerveza artesanal estado actual

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.1. Identificación de las causas de la productividad actual

#### 3.5.1.1. Diagrama de Causa y efecto (Ishikawa)

Se elaboró este diagrama siguiendo los pasos delineados por López (2016) , para identificar las causas de la productividad del actual del proceso. para identificar las causas de la productividad actual del proceso. En la Figura 26 se presenta el diagrama de causa y efecto del estado actual, donde se destacan las seis dimensiones para definir el problema y las causas. Estas causas podrían abordarse mediante la incorporación de personal a la empresa, la implementación de procesos de reingeniería y una organización y planificación más efectivas.



**Figura 26.** Diagrama Causa y efecto (Ishikawa) para establecer las causas de la productividad inicial del proceso. Fuente: Elaboración propia

#### 3.5.1.2. Diagrama de Vester

La priorización de las causas identificadas se llevó a cabo mediante el uso del diagrama de Vester y el diagrama de Pareto. Se aplicó la metodología descrita por Aramburú & Aliaga, (2016); Chaparro, (1995). En ambos diagramas, fue necesario comenzar con la matriz de correlación de los problemas identificados. Para construir la matriz y los diagramas correspondientes, se ejecutaron los siguientes pasos. Los resultados de la matriz de correlación se detallan en el Anexo ZZ.



1. Escribir las causas identificadas en la matriz de correlación donde se codificaron desde P1 al P14 correspondientemente.
2. La diagonal principal de la matriz se inicializó en 0 ya que la misma causa no puede tener efecto sobre sí misma.
3. Se calificaron las actividades de acuerdo a la ponderación establecida en la Tabla 22. Para lo cual se comparó entre filas y columnas, de tal manera que se planteó la pregunta: ¿La causa P1 origina P2? A continuación, se plantea un ejemplo:

¿La sobrecarga de trabajo de los operadores causa que las actividades de los operarios no estén definidas? Se calificó de acuerdo a la ponderación con un valor de 1, ya que se consideró que tienen una relación indirecta. De manera similar se analizó el resto de causas hasta completar la matriz de correlación. En el Anexo VIII se presenta el diagrama la Matriz de correlación elaborada para obtener El Diagrama de Vester.

**Tabla 22.** Ponderación de causas en Matriz de Correlación

Ponderación para Matriz de correlación	
<b>0</b>	No tiene relación
<b>1</b>	Lo causa indirectamente o su relación de causalidad es débil
<b>2</b>	Lo causa de forma semi directa o su relación de causalidad es mediana
<b>3</b>	Lo causa directamente o su relación de causalidad es directa

4. Se caracterizó como filas a las influencias y columnas a las dependencias. A continuación, se sumó las influencias y dependencias que de acuerdo a (Betancourt, D., 2016).
5. Se graficó el plano cartesiano y se clasificó los problemas en el diagrama de Vester. Se estableció el problema con el valor más alto en las influencias, para el caso de estudio fue el “Flujo de proceso sin criterios técnicos de diseño” con un valor de 22 se divide para dos, dando 11 a la altura de este valor se trazó una paralela al eje y. De igual forma se identificó el problema con la mayor

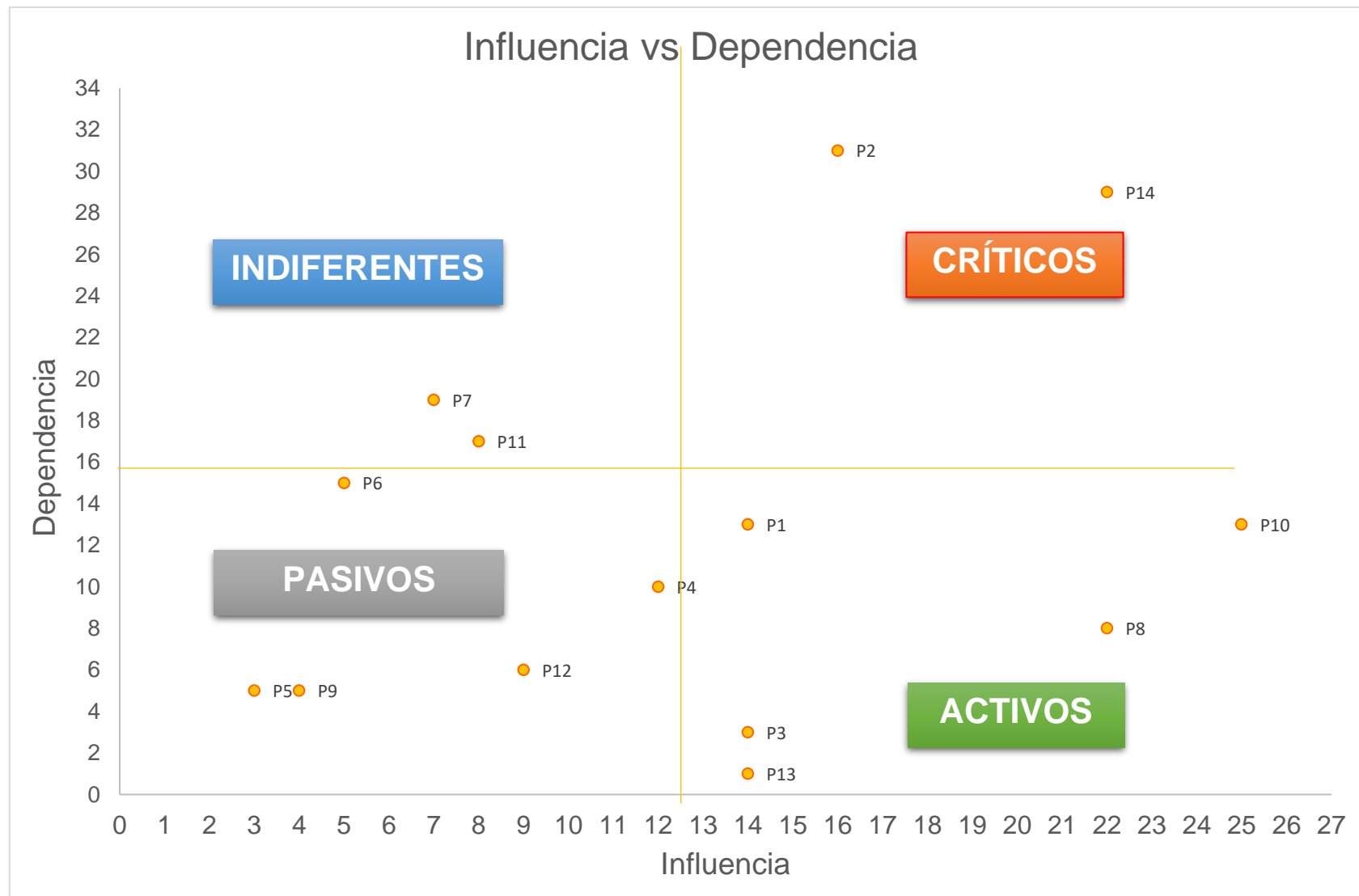
dependencia. Que para el caso de estudio fue “Desorden y desorganización de la planta” problema 14 con un valor de 33, se dividió para dos a la altura del valor de 16,5, se estableció la paralela al eje Y, y se obtuvo los 4 cuadrantes.

6. Se graficaron todas las causas de acuerdo a sus coordenadas en x e y. El resultado se presenta en la Figura 27. En esta se evidencian las causas identificadas con su influencia y dependencia correspondiente, también se observan los cuatro cuadrantes donde se localizaron los problemas críticos, activos, indiferentes y pasivos.

En la Tabla 23 se presenta el resumen de la jerarquización de las causas obtenido a partir del diagrama de Vester. De ello se puede deducir que las causas críticas son los P2 y P14, las causas activas fueron P1, P3, P8, P10 y P13. Mientras que las causas indiferentes fueron el P7 y P11, y las pasivas fueron P4, P5, P6, P9 y P12. Con base en estos resultados, más adelante se plantea la propuesta de mejora para abordar las causas críticas y activas que son apremiantes.

**Tabla 23.** Resultados obtenidos de la Matriz de Vester para el Proceso de Producción de Cerveza Artesanal de su estado Actual

Tipo de causa	Código	Descripción	Dimensión
CRITICAS	P2	Sobrecarga de trabajo a operadores	Mano de Obra
	P14	Desorden y desorganización de la planta	Medio Ambiente
ACTIVAS	P1	Actividades de los operarios no definidas	Mano de Obra
	P10	Flujo de proceso sin criterios técnicos de diseño	Método
	P8	Equipos no cuentan con un criterio técnico de diseño	Maquinas
	P13	Espacio en planta y bodegas limitado	Medio ambiente
	P3	Personal limitado	Mano de obra
INDIFERENTES	P7	Extenso tiempo en lavado de equipos y materiales	Materiales
	P11	Falta de coordinación de actividades de limpieza	Método
PASIVAS	P12	Ausencia de sistema de planificación de la producción	Método
	P5	Controles manuales basados en la experiencia del operador	Medición
	P9	Ausencia de tecnología de envasado	Maquinas
	P4	Falta de medición de tiempos de proceso	Medición
	P6	El material retrocede físicamente en la planta durante el proceso	Material



**Figura 27.** Matriz de Vester para jerarquizar las causas de la productividad Actual del Proceso de Producción de Cerveza Artesanal

### 3.5.1.3. Diagrama de Pareto

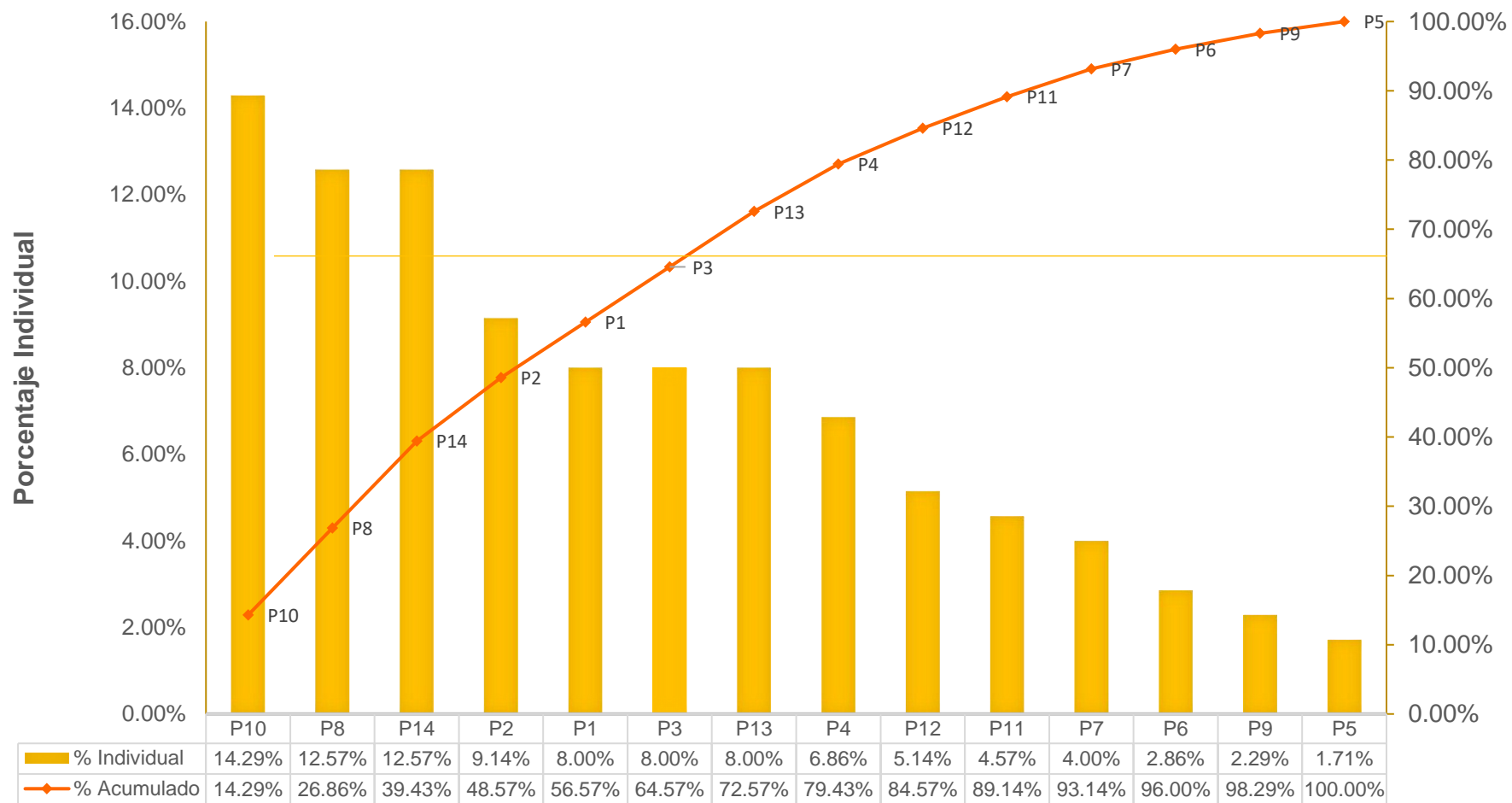
Para elaborar este diagrama se basó en los pasos descritos por Delers, (2015). Mediante la matriz de correlación del Anexo XIX se evaluó la valoración y se determinó el porcentaje de influencia. Se calculó el porcentaje acumulado de las causas y se ordenó de forma decreciente. Se identificó cuáles son las correspondientes al 80%. En Figura 28 se muestra el resultado obtenido. En la Tabla 24 se detallan los problemas, su identificación, valoración y el % acumulado.

**Tabla 24.** Resultados calculados para el Diagrama de Pareto

Id	Descripción	Valoración	%	% acumulado
P10	<b>Flujo de proceso sin criterios técnicos de diseño</b>	<b>25</b>	<b>14.29%</b>	<b>14.29%</b>
P8	<b>Equipos no cuentan con un criterio técnico de diseño</b>	<b>22</b>	<b>12.57%</b>	<b>26.86%</b>
P14	<b>Desorden y desorganización de la planta</b>	<b>22</b>	<b>12.57%</b>	<b>39.43%</b>
P2	<b>Sobrecarga de trabajo a operadores</b>	<b>16</b>	<b>9.14%</b>	<b>48.57%</b>
P1	<b>Actividades de los operarios no definidas</b>	<b>14</b>	<b>8.00%</b>	<b>56.57%</b>
P3	<b>Personal limitado</b>	<b>14</b>	<b>8.00%</b>	<b>64.57%</b>
P13	<b>Espacio en planta y bodegas limitado</b>	<b>14</b>	<b>8.00%</b>	<b>72.57%</b>
P4	<b>Falta de medición de tiempos de proceso</b>	<b>12</b>	<b>6.86%</b>	<b>79.43%</b>
P12	Ausencia de sistema de planificación de la producción	9	5.14%	84.57%
P11	Falta de coordinación de actividades de limpieza	8	4.57%	89.14%
P7	Extenso tiempo en lavado de equipos y materiales	7	4.00%	93.14%
P6	El material retrocede físicamente en la planta durante el proceso	5	2.86%	96.00%
P9	Ausencia de tecnología de envasado	4	2.29%	98.29%
P5	Controles manuales basados en la experiencia del operador	3	1.71%	100.00%

En la Figura 28 se puede establecer que las causas que tienen el 80% de influencia son P1, P2, P3, P4, P8, P10, P13 y P14. Este resultado se alinea con el obtenido del Diagrama de Vester para las causas críticas y activas. Solo el P4 se evidencia que tiene una influencia del 6,86% en el aporte total por lo que en el Diagrama de Pareto también la incluye. Estas causas corresponden a las dimensiones de Mano de obra, materiales, métodos y máquinas.

## DIAGRAMA DE PARETO



**Figura 28.** Diagrama de Pareto para las causas de la productividad actual del Proceso de Fabricación de Cerveza Artesanal

## **4. PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD.**

En el marco de los objetivos de este estudio, se planteó la caracterización del proceso productivo en su estado actual. Este análisis se llevó a cabo mediante técnicas de descripción de procesos y Lean Manufacturing. Una vez identificado el estado actual, obtenidas las métricas de la herramienta VSM y reconocidos los problemas críticos y activos que afectan la productividad actual, se proponen mejoras en el proceso que se describen a continuación

### **4.1. Herramientas de mejora de la productividad**

Dentro de la metodología Lean Manufacturing, se emplean diversas herramientas de gestión que, al aplicarse, permiten mejorar la productividad en las áreas de trabajo. En el caso de estudio en cuestión, se proponen dos herramientas específicas: el VSM y la metodología 5S. Como resultado de la primera fase del VSM, se identificó una propuesta de cambio en los reactores y tanques de maceración y cocción. Esta modificación se plantea debido a la observación de tiempos de espera, inventarios y pérdidas en la fase inicial del proceso.

En la Tabla 25, se detallan los parámetros de las operaciones de maceración, filtrado, cocción y fermentación que se consideran oportunidades de mejora. En este contexto, el tiempo de espera en la operación de maceración (5,61 horas), el traslado del mosto al reactor de cocción (1,58 horas), la limpieza del tanque de cocción (1,47 horas) y la espera de la segunda porción de mosto cocido (2,62 horas) son actividades susceptibles de reducción o eliminación, especialmente con la propuesta de cambio de tanques.

Además, los datos recopilados señalan que los trasvases de producto entre tanques pueden conllevar una pérdida del 3%. Al considerar la implementación de un sistema que elimine o reduzca el traslado manual, es posible mejorar este porcentaje de pérdida, lo que se traduciría en un aumento de la productividad del proceso.

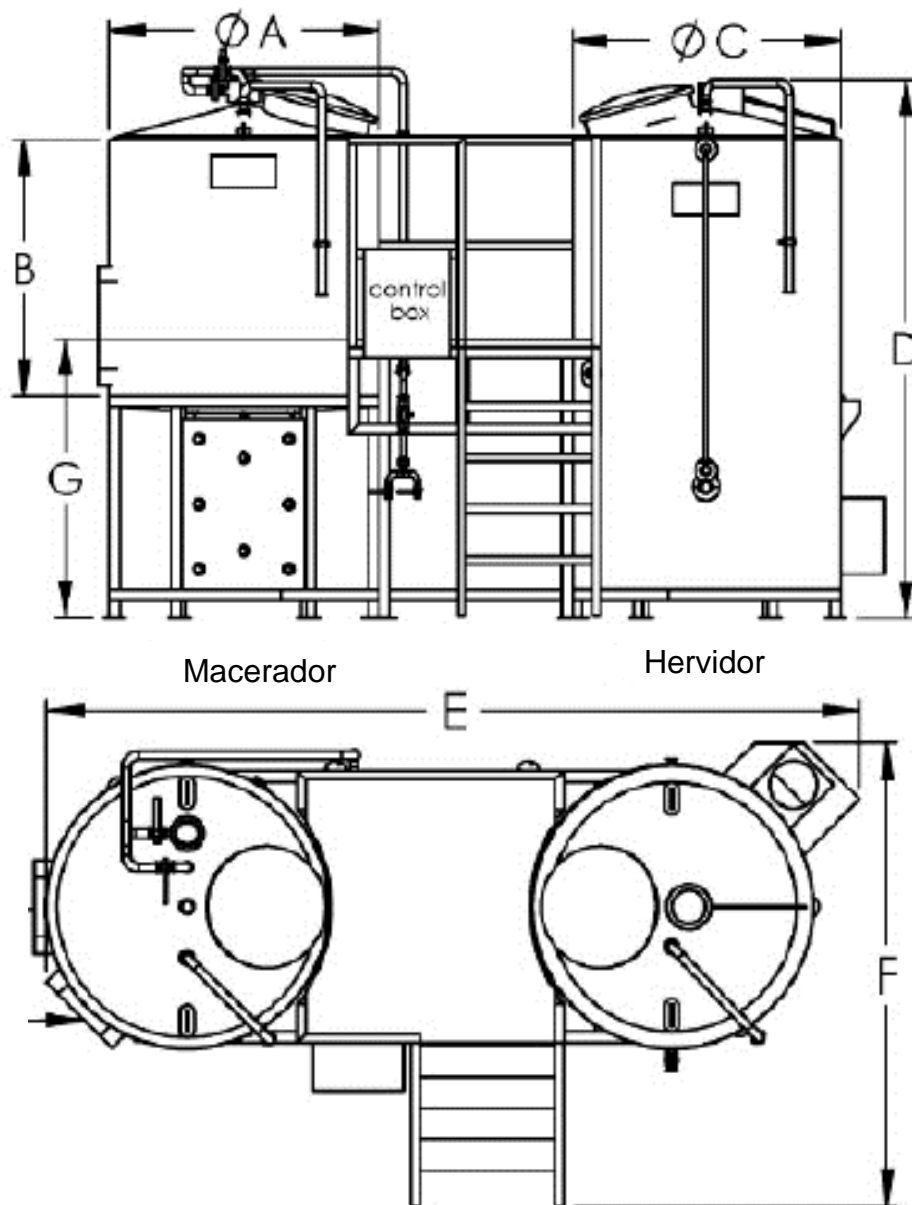
**Tabla 25.** Parámetros considerados como oportunidad de mejora en el proceso

Parámetro	Maceración	Filtrado	Cocción	Fermentación
Tiempos de espera	5,61 h	1,58 h	1,47	2,62 h
Pérdida por trasvase	-	3 %	3 %	-

El tanque de maceración actual cuenta con una capacidad de 650 L, mientras que el de cocción tiene 550 L. La propuesta contempla su reemplazo por un sistema simplificado y, en cierta medida, automatizado. Este nuevo sistema se concibe con la premisa de reducir los tiempos de procesamiento y garantizar una capacidad suficiente para abordar el tamaño proyectado del lote, en relación con la demanda de 1200 L. La Figura 29 presenta el diseño del nuevo sistema de tanques propuesto, mientras que en la Figura 30 y la Tabla 26 se detallan el esquema y las características de los tanques del sistema propuesto.



**Figura 29.** Esquema de un sistema de Tanques de maceración y cocción considerados para el reemplazo de los actuales. Fuente: (Portland Kettle,2023)



**Figura 30.** Vista frontal y superior con cotas del sistema de tanques, Macerador (izq.) y Hervidor (Der.)

Fuente: (Portland Kettle, 2023)

**Tabla 26.** Especificaciones y dimensiones de los tanques propuestos

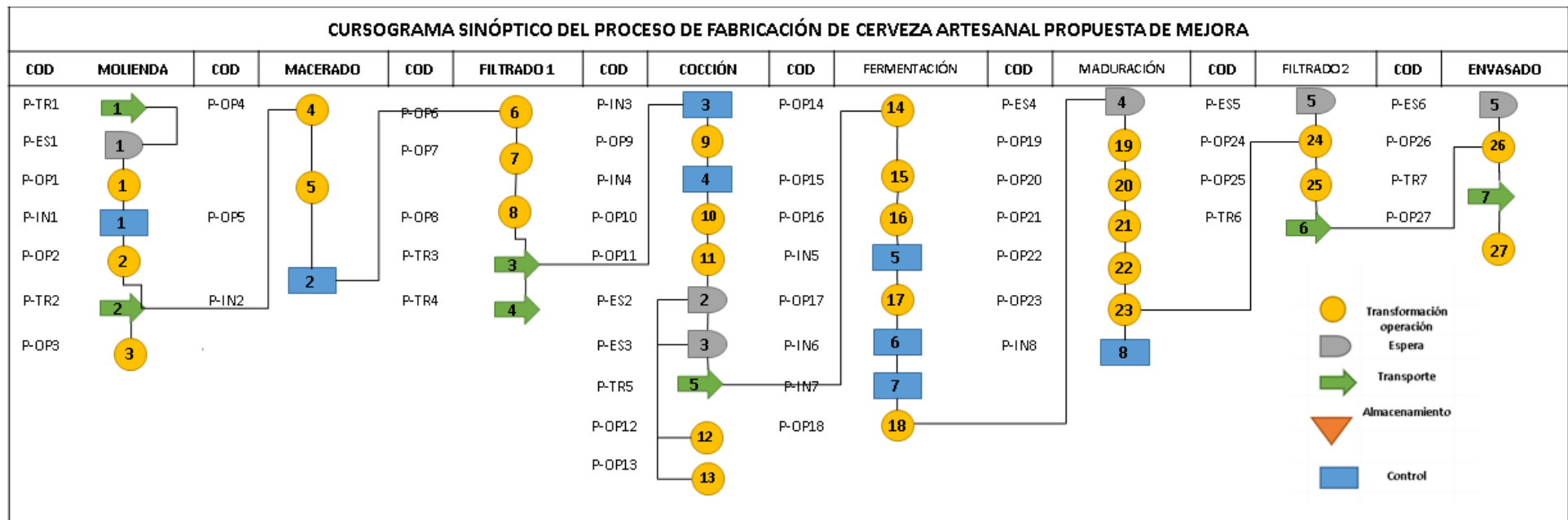
Capacidad (l)		Dimensiones (cm)						
T. Macerado	T. Cocción	A	B	C	D	E	F	G
1304,1	1304,1	127	91,45	127	254	376	221	131



Al examinar la propuesta de mejora, se llevó a cabo una evaluación del impacto del cambio de tanques en las operaciones, los tiempos de proceso y en los diagramas de flujo, cursograma sinóptico y cursograma analítico del proceso. Los resultados de estas evaluaciones se presentan en las Figuras 31 y 32, así como en los Anexos XIII y XIII. En este proceso, se revisaron y reevaluaron las actividades en cada operación, y se codificaron utilizando el prefijo "P". El detalle de la nueva codificación se encuentra en el Anexo XI. Como resultado de estas modificaciones, se logró reducir el número total de actividades del proceso de 52 a 49.

Los resultados de los nuevos cursogramas analíticos se muestran en la Tabla 27. Es notable que las operaciones que experimentan cambios significativos son la maceración, el filtrado y la cocción, logrando una reducción en los tiempos estándar de operación en comparación con los valores actuales. Además, la cantidad de producto se incrementa de 748,9 L a 793,3 L por lote procesado. En términos de tiempos estándar de las operaciones, se observan reducciones considerables: la maceración disminuye de 10,80 h a 4,23 h, el filtrado 1 de 5,48 h a 2,86 h y la cocción de 17,10 h a 10,78 h.

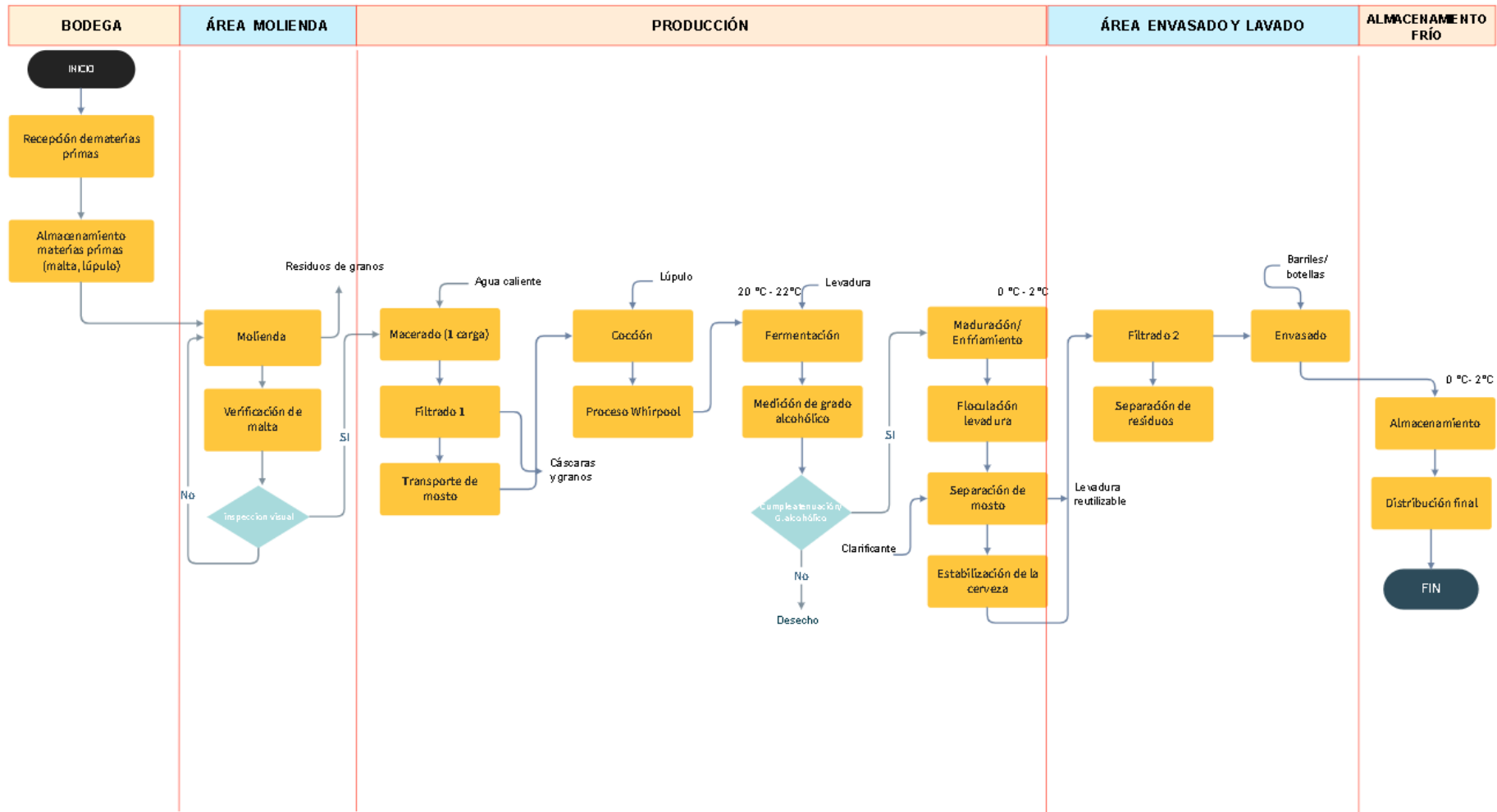
En referencia al diagrama de flujo del proceso, se observa en la Figura 32 que, aunque las operaciones se mantienen en el proceso, las actividades se reducen resultando en un proceso más fluido en contraste con el diagrama de flujo del estado actual.



**Figura 31.** Cursograma Sinóptico del Proceso de fabricación de Cerveza Artesanal considerando la Propuesta de mejora

**Tabla 27.** Resumen de resultados cursogramas Analíticos de la propuesta de cambio de tanques de maceración y cocción

<b>Parámetros</b>	<b>Molienda</b>	<b>Maceración</b>	<b>Filtrado 1</b>	<b>Cocción</b>	<b>Fermentación</b>	<b>Maduración</b>	<b>Filtrado 2</b>	<b>Envasado</b>
Total ts (h)	6,47	4,23	2,86	10,78	215,49	222,55	69,53	44,92
Total actividades	8	3	5	10	8	7	4	4
Transformación/ operación	3	2	3	5	5	5	2	2
Transporte	2	0	2	1	0	0	1	1
Control/Inspección	1	1	0	2	3	1	0	0
Espera	1	0	0	2	0	1	1	1
Almacenamiento	0	0	0	0	0	0	0	0
Personal a cargo del proceso	1	2	1	2	2	2	1	1
Promedio Cantidad producida	262,86	1193,6	936,96	930,98	884,43	884,43	813,67	793,33



**Figura 32.** Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación de Cerveza Artesanal considerando la Propuesta de mejora

#### **4.1.1. Mapa de Flujo de Valor VSM de la propuesta de mejora**

La herramienta VSM, facilitó evaluar la propuesta de cambio de tanques a través de las métricas obtenidas. En el proceso se pudo reducir el tiempo estándar de proceso de 25,04 días a 24,03 días, lo cual representa 1,01 días o 24,48h. Esta reducción permite ampliar el panorama de propuestas de mejora de productividad en el proceso. En las Tablas 28 y 29 se describen los resultados de métricas de VSM de la propuesta de mejora.

Respecto a la cantidad producida en cada operación, la propuesta de cambio de los tanques beneficia al proceso ya que evitaría el ensamblaje manual de tuberías y el trasvase de producto entre tanques. Esto podría incrementar aproximadamente en 45 L la producción. Además, se observa una reducción significativa en los tiempos de ciclo de las operaciones, especialmente en maceración, filtrado y cocción, mientras que en las demás se aprecia una reducción apreciable.

La propuesta impacta positivamente en la gestión de inventarios, reduciéndolo a uno, donde la materia prima está en espera de ser procesada. Esta modalidad de producción, derivada de la propuesta, corresponde a un sistema de producción netamente "*pull*", donde se suministra únicamente lo que la siguiente operación requiere. Se caracteriza por tamaños pequeños de órdenes de producción, la inexistencia o bajos costos por inventarios, y la unidireccionalidad del flujo, como se evidencia en los diagramas de flujo y el VSM (Sipper & Bulfin, 1998).

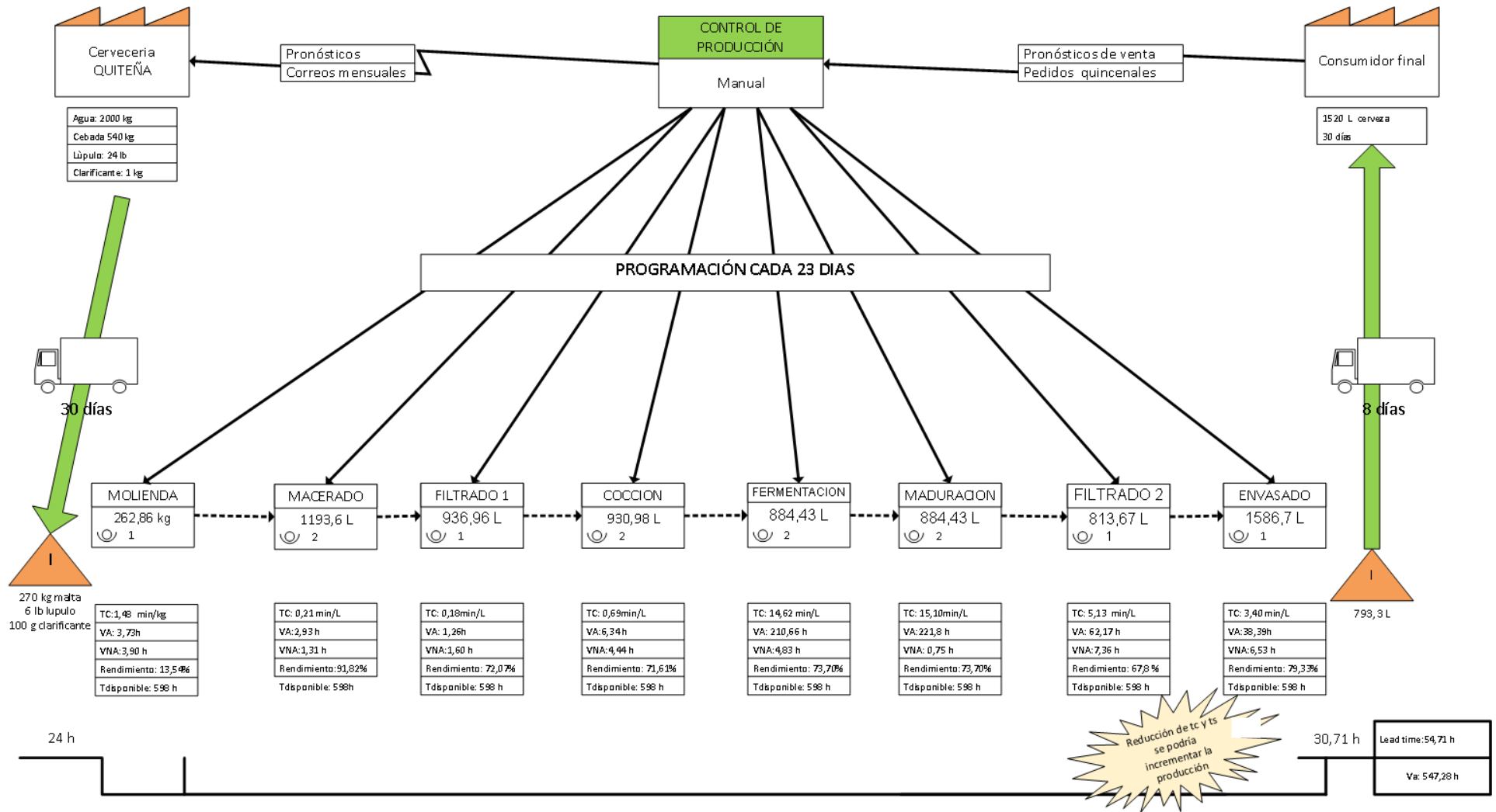
Las modificaciones en el proceso también afectan los tiempos de valor agregado y valor no agregado. En estos parámetros, las tres operaciones más afectadas experimentan reducciones. Es importante señalar que no se eliminan actividades que agregan valor, pero el tiempo dedicado a estas se reduce debido a que solo se realiza un procesamiento, a diferencia del estado actual donde se trabaja en dos porciones de materia prima.

**Tabla 28.** Resultados del Análisis de las Métricas VSM en la Producción de Cerveza Artesanal: Propuesta de Mejora

Métricas	Molienda	Maceración	Filtrado 1	Cocción	Fermentación	Maduración	Filtrado 2	Envasado
Total ts (h)	6,47	4,23	2,86	10,78	215,49	222,55	69,53	44,92
Total actividades	8	3	5	10	8	7	4	4
Cantidad producida	262,86	1193,6	936,96	930,98	884,43	884,43	813,67	793,33
Tc (min)	1,48	0,21	0,18	0,69	14,62	15,10	5,13	3,40
Tiempo VA	3,73	2,93	1,26	6,34	210,66	221,80	62,17	38,39
Tiempo VNA	3,90	1,31	1,60	4,44	4,83	0,75	7,36	6,53
Rendimiento	13,54%	91,82%	72,07%	71,61%	73,70%	73,70%	67,81%	79,33%
·Operadores	1	2	1	2	2	2	1	1

**Tabla 29.** Resumen métricas de la herramienta VSM de Lean Manufacturing del proceso de Producción de Cerveza Artesanal en el estado Actual

Métrica	Unidades	Valor
Tiempo Takt	min/L	33,02
Rendimiento promedio	%	67,95
Eficiencia	%	74,48%
Tiempo disponible	min	35880
Tiempo estándar ts	días	24,03
Tiempo de ciclo	min/L	40,81
Lead time	h	54,71
Tiempo Valor agregado	h	547,28



**Figura 33.** Mapa de Flujo de valor de la propuesta de cambio de tanques de maceración y cocción en la planta

## **4.2. Resultados de productividad: propuesta de mejora**

Se tomó como base los conceptos de productividad promedio y productividad total, como describen Carro & González, (2012) y Gutiérrez, (2006). El cálculo de la productividad se realizó mediante las ecuaciones 6, 7 y 8, cuyos resultados se presentan en la Tabla 30. A partir de las aproximaciones y con la información provista por la gerencia de la empresa se obtuvieron la productividad total y promedio del proceso.

La productividad total, definida en función del tiempo estándar de proceso, se evaluó en dos posibilidades. En la primera consideración, con la cantidad de cerveza generada (793,3 L), a partir de la propuesta de mejora y el nuevo tiempo estándar de 24,03 días (un día menos según el análisis), se obtuvo un valor de 33,01 L/día de trabajo. En la segunda consideración, se evaluó el efecto de duplicar la producción (1585,6L) manteniendo el tiempo de ciclo actual de 25,02 días. En este caso, la productividad fue de 63,39 L/día de trabajo. Este valor muestra un incremento significativo en la productividad al aprovechar el tiempo disponible después del cambio en el sistema de tanques

Se analizaron dos escenarios para la productividad promedio del proceso. En el primero, se considera únicamente la producción obtenida como resultado del cambio en el sistema de tanques. Con esta aproximación, se obtiene una productividad de 212 L/USD. En el segundo, se plantea aprovechar el tiempo disponible de 24,48 horas, para procesar otra porción de 270 kg de malta y duplicar la producción a aproximadamente 1586,6 L. Se obtuvo una productividad promedio de 289 L/USD. Este aumento de litros es representativo en función de cada dólar invertido en el proceso, lo que podría ser una alternativa válida para mejorar la productividad del proceso.



**Tabla 30.** Resultados de análisis de productividad al considerar dos escenarios de la propuesta de mejora

Parámetros	Unidades	Escenario 1	Escenario 2
Tiempo estándar <i>ts</i>	días	24,03	25,02
Producción	L	793,03	1586,6
Eficiencia	%	78,44	78,70
Productividad	L/día	33,01	63,39
Costo por lote	\$	3.742,10	5.497,37
Productividad promedio	L/USD	212	289

### 4.3. Comparativa de las métricas obtenidas del estado actual y propuesta de mejora

En la Tabla 31, se presentan los resultados de la caracterización del estado actual y la propuesta de mejora del proceso mediante las métricas del Mapa de Flujo de Valor. Se destaca el impacto del cambio en el sistema de tanques en los tiempos útil, estándar y de ciclo. Como se mencionó previamente, la optimización del tiempo estándar conlleva una reducción significativa de 24,48 horas en el proceso.

El tiempo de ciclo experimenta una disminución, pasa de 44,69 min/L a 40,81 min/L. Es esencial señalar que el valor del tiempo Takt se mantiene constante en ambas propuestas, dado que la demanda y el tiempo disponible permanecen invariables. Al acercarse el tiempo de ciclo al tiempo Takt, el proceso demuestra tener la capacidad de producir lo necesario en el tiempo disponible para satisfacer la demanda. Aunque no se haya logrado un equilibrio perfecto en estos parámetros, la propuesta de tiempo de ciclo se acerca más al tiempo Takt.

El rendimiento del proceso experimentó un notorio aumento, elevándose del 50,69% al 69,64%, siempre y cuando se considere aumentar la producción a 1586,6 L. Este incremento se atribuye a la optimización de operaciones, tales como la fermentación, maduración, filtrado y envasado, donde se aprovechan las capacidades disponibles. Un ejemplo claro se evidencia en los tanques de fermentación, de los cuales se dispone dos; sin embargo, en el estado actual, no

es factible llenar ambos en el tiempo de ciclo actual. Esta limitación se supera con la propuesta de mejora, haciendo viable la utilización de ambos tanques.

Con el objetivo de cumplir con el objetivo de este estudio, de proponer alternativas para aumentar la productividad del proceso, se evaluó dicho parámetro considerando dos aspectos fundamentales: el tiempo de trabajo y el valor de los recursos invertidos. Como resultado, se observa que la productividad total actual es de 29,97 L/día y puede incrementarse a 63,39 L/día al tener en cuenta el aumento de producción y el cambio de tanques.

En cuanto a la productividad promedio, se ha calculado un valor actual de 200 mL/USD, y con la propuesta de mejora, se alcanzaría la cifra de 289 mL/USD. En ambos parámetros, es evidente que el cambio propuesto por este estudio es válido para potenciar el incremento de la productividad del proceso. En los Anexos XV y XVI se muestran los datos y resultados adicionales de las aproximaciones consideradas para los cálculos de métricas con la propuesta de mejora.

Al evaluar el parámetro de la eficiencia del proceso, es relevante mencionar que se mantuvo constante el tiempo disponible. Con la reducción del tiempo de ciclo a 24,03 días, ahora se dispone de un día libre, por lo que, al analizar la eficiencia con el mismo tiempo disponible, y al considerar que se duplica la producción esta presenta una reducción al 78,70%. El lead time se ve reducido de cierta manera de 63,66 h a 54,72 h ya que se eliminan actividades repetitivas y tiempos de espera entre las operaciones

**Tabla 31.** Resumen métricas Lean Manufacturing del estado actual y propuesta de mejora de la planta de Producción de Cerveza Artesanal

<b>Métrica</b>	<b>Unidades</b>	<b>Actual</b>	<b>Propuesta</b>
T útil	días	19,82	19,02
T estándar	días	25.02	24.03
T Disponible	h	35880	35880
Tc proceso	min/L	44,69	40,81
Tiempo Takt	min/L	33,02	33,02

Rendimiento	%	50,69	69,64
Productividad total	L/día	29,97	63,39
Productividad promedio	mL/USD	200	289
Eficiencia	%	79,54	78,70
VA	h	559,31	547,28
Lead time	h	63,66	54,71
Cantidad producida	L	748,9	793,3/ 1586,6
# Operadores	-	2	2

#### 4.4. Metodología 5S

Se propone la metodología 5S con el objetivo de optimizar la productividad y reducir los desperdicios o mudas (sobreproducción, desplazamientos, tiempos de espera, procesos innecesarios, almacenamiento excesivo, subutilización del conocimiento, etc). (Manzano Ramírez & Gisbert Soler, 2016).

Existen problemas que comúnmente se encuentran plantas productivas, que afectan la eficiencia de la empresa, como: desorden y falta de limpieza, presencia de elementos deteriorados, falta de instrucciones claras, operaciones de control manual, falta de roles y responsabilidades, traslación innecesaria de personas, materiales y herramientas, limitación de espacio, etc. (E. Vargas & Camero, 2021).

Principios:

- S1 - Clasificar (Seiri): Eliminar elementos no esenciales, conservando solo los necesarios.
- S2 - Ordenar (Seiton): Organizar los elementos esenciales para mantener su acceso fácil y eficiente cuando sea requerido.
- S3 - Limpiar (Seiso): Limpiar espacios y elementos. Contribuye a mantener la calidad de procesos y productos, fomentando un entorno higiénico.
- S4 - Estandarizar (Seiketsu): Asegurar la uniformidad y regularidad en las prácticas operativas.
- S5 - Mantener (Shitsuke): Garantizar la continuidad en la aplicación de los estándares y prácticas del proceso de producción del trabajo (Niebel & Freivalds, 2009; SAGE, 2020).

#### 4.4.1. Evidencias de problemas identificados en la planta y proceso productivo.

En las fotografías dispuestas a continuación se presenta los hallazgos encontrados como oportunidad de mejora en la planta productiva.

- **S1: - Clasificar (Seiri)**



**Figura 34.** Problema 1- Actividades de operación no definidas



**Figura 35.** Problema 8 - Equipos del proceso productivo carecen de criterios técnico de diseño



**Figura 36.** Problema 8 – Equipos del proceso productivo carecen de criterios técnicos de diseño

- **S2 - Ordenar (Seiton)**



**Figura 37.** Problema 2-. Sobrecarga de tareas para los operarios



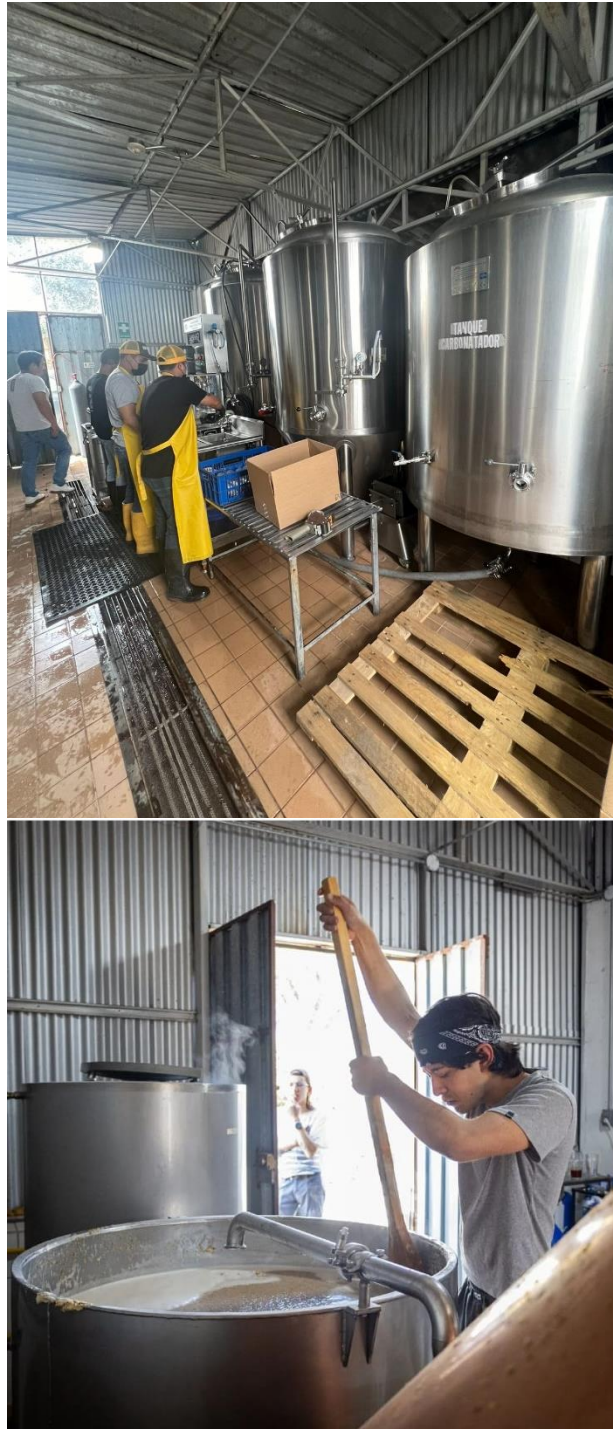
**Figura 38.** Problema 14 - Falta de organización en las áreas de planta

- **S3-Limpiar (Seiso):**



**Figura 39.** Problema 11 – Falta de coordinación de cronograma de higienizaciones y limpieza

- **S4 - Estandarizar (Seiketsu):**



**Figura 40.** Problema 10.- Flujo de proceso sin criterio de técnico de diseño



**Figura 41.** Problema 5 Controles manuales basados en la experiencia del operador (turbidez, color, grado alcohólico etc.)

#### **4.4.2. Propuesta de alternativas a partir de las 5S**

Dentro de los problemas identificados en el apartado 3.5.4 se establecieron aquellos críticos y activos, los mismo que se proveen de alternativas para la mejora del proceso en este estudio. En la Tabla 32 se presenta las alternativas para solventar estos problemas utilizando la herramienta de las 5 S.



**Tabla 32.** Propuestas de mejora de la Herramienta de las 5S para los problemas identificados en la planta

<i>S5</i>	<i>COD</i>	<i>Problema</i>	<i>Soluciones a los Problemas Identificados</i>
<p><i>S1</i> <i>CLASIFICAR</i> <i>SEIRI</i></p>	P1	Actividades de los operarios carecen de definición	Es necesario establecer las responsabilidades asignadas al rol de cada puesto de trabajo, asegurando que cada empleado esté al tanto de las tareas a él asignadas y así asumir la responsabilidad exclusiva de sus funciones, recursos, accesos, maquinaria y suministros que debe gestionar.
	P8	Equipos del proceso productivo carecen de criterios técnicos de diseño	<p>Se requiere realizó la capacidad requerida por elemento en cada etapa del proceso, tomando en cuenta los parámetros técnicos que cada elemento precisa tener para llegar al objetivo de producción. A partir de este enfoque se propuso la mejora del sistema de tanques de maceración, cocción para que la alternativa disponga de las funcionalidades y características necesarias para cumplir con los lotes de producción requeridos.</p> <p>Se propone implementar un Procedimiento para la adquisición de nuevos equipos que incluya un análisis técnico previo a la compra. Este análisis se enfocará en verificar si las características, capacidades y funcionalidades del equipo a adquirir atienden la capacidad productiva necesaria. Se debe tener en cuenta la demanda actual y una holgura razonable, considerando también objetivos de crecimiento a mediano plazo. La participación activa de los departamentos Técnico y de Producción es crucial en este análisis.</p>

S2  
ORDENAR  
SEITO

P2	. Sobrecarga de tareas para los operarios	Se propone repartir equitativamente las labores entre los operadores, con el objetivo de disminuir la carga de trabajo en aquellos que están sobrecargados, permitiendo que aquellos con más tiempo disponible empleen ese tiempo en las actividades sobrecargadas.
P14	Falta de organización en las áreas de planta	<p>Ordenar las áreas de la planta e implementar prácticas de organización que aseguren el orden en cada una de ellas. Para lograrlo, se considera desarrollar una Guía de Organización de Espacios y Recursos de la empresa, en la cual se describan detalladamente las áreas, su propósito, y política de actividades permitidas y prohibidas. Tales como: áreas de circulación, carga, salas de empleados, áreas de avado, almacenamiento de herramientas, utensilios, insumos, área de producto terminado, entre otras.</p> <p>Se propone más adelante la disposición nueva en la planta de los equipos, en el lay out propuesto se describe la disposición de los equipos por área, así como la. De esta forma se contribuye a reducir el retroceso del producto en el espacio físico y mantener el orden en las áreas.</p> <p>Colocar rótulos de señalización visibles, identificables en todas las áreas, de manera que el personal y visitantes puedan acogerse a las políticas de cada área.</p> <p>Es necesario etiquetar claramente los armarios y cajones para identificar fácilmente la ubicación de cada artículo, como elementos de limpieza, desechos orgánicos, inorgánicos, instrumentos de medición, recipientes, entre otros.</p>

S3  
LIMPIAR  
SEISO

		<p>Es esencial adoptar la práctica de devolver los artículos a su lugar después de utilizarlos, con el fin de fomentar una cultura empresarial organizada y eficiente.</p> <p>Se recomienda poner a disposición lockers para que el personal pueda almacenar sus pertenencias, evitando así la entrada de objetos innecesarios al espacio de trabajo o que se coloquen en lugares no asignados.</p>
P13	Espacio en planta y bodegas limitado	<p>Examinar los objetos almacenados en bodega, identificar aquellos que pueden tener alguna utilidad, habilitándolos para su uso y liberando el espacio que ocupan. Así mismo identificar los que estén obsoletos o en mal estado para desecharlos.</p> <p>Se recomienda reorganizar la disposición interna de la bodega, asignando un área accesible y mayor para insumos y materia prima destinada a la producción, mientras se designa un espacio menor para otros tipos de objetos. Se debe etiquetar y delimitar dichos espacios dentro de la bodega de manera visible.</p> <p>Se debe identificar los objetos innecesarios y proceder a retirarlos de manera definitiva tanto de la bodega como de la planta.</p>
P11	Falta de coordinación de cronograma de higienizaciones y limpiezas	<p>La propuesta es implementar un cronograma detallado para las actividades de limpieza y sanitización de los equipos de la planta, que contemple una planificación de días y tiempo que estén considerados en concordancia con la producción. Se debe asignar responsabilidades específicas, fechas y horas en los que se llevarán a cabo dichas tareas.</p>

S4  
ESTANDARIZAR  
SEIKETSU

		Establecer un área de higienización de elementos empleados diariamente, métodos y productos a usarse para evitar que utilicen a criterio de cada operador.
P1	Actividades de los operarios no detalladas	Para estandarizar los Roles y Responsabilidades, se recomienda crear una Matriz de Roles y Responsabilidades y formalizarla como parte integral de las Políticas empresariales. Esta matriz debe ser socializada con los empleados.
P10	Flujo de proceso sin criterio de técnico de diseño	<p>Se calcularon los tiempos necesarios para las tareas del proceso productivo designados como tiempo estándar para cada actividad del proceso <i>ts</i>. Deben incluirse en la Matriz de roles y responsabilidades. Así se obtienen métricas estándar para calcular la carga de trabajo y se evita el sobrecargo de tareas.</p> <p>Se recomienda estandarizar el proceso productivo, una vez realizado el cambio del sistema de tanques, en conjunto con la creación de los diagramas de flujo, cursogramas analíticos y sinópticos descritos en la propuesta de mejora de este estudio.</p>
P5	Controles manuales basados en la experiencia del operador (turbidez, color, etc.)	Se sugiere adquirir un espectrofotómetro UV/VIS para la medición de parámetros de calidad. La implementación de este equipo ayuda a prevenir posibles errores de percepción que puedan afectar la calidad del producto, pues al momento el control de calidad de la cerveza depende del criterio del observador. Mediante el uso de un equipo y software adecuados, se logra garantizar la calidad del producto, estandarizando los parámetros de calidad de los lotes producidos.

*S5  
MANTENER  
SHITSUKE*

Se recomienda realizar auditorías recurrentes de los procesos y actividades estandarizados que se proponen implementar en la empresa, tanto internas y externas. de esta manera se logra mantener el nivel de calidad de los productos.

Se debe capacitar constantemente al personal sobre las buenas prácticas y los procesos estandarizados, de modo que se genere consciencia y una cultura empresarial.

Se sugiere designar un "Champion" para cada uno de los principios de las 5S, quien será el responsable de asegurar el cumplimiento de prácticas y estándares correspondientes, y socializarlos. Además, se aconseja seleccionar un par de personas que apoyen al "Champion" de forma rotativa para que todos los empleados puedan integrarse a estas iniciativas y contribuyan activamente con la mejora continua, haciendo propia la cultura empresarial.

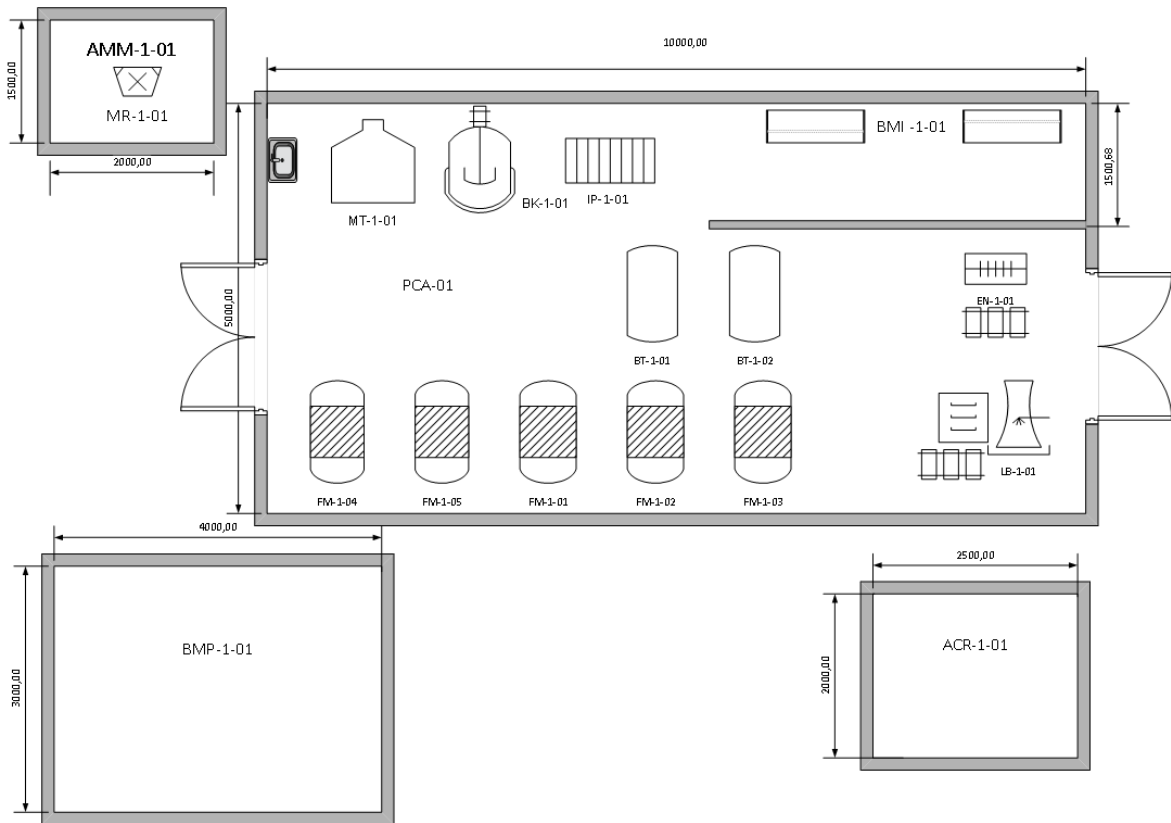
#### **4.4.3. Redistribución de equipos en planta Lay Out**

El análisis de problemas a través de herramientas como el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y el diagrama de Vester ha conducido a la consideración de una propuesta adicional. Esta propuesta implica el examen de la redistribución física de los equipos en la planta, con el objetivo de reducir desperdicios asociados a movimientos y tiempos innecesarios. En la situación actual, se ha observado que el producto retrocede desde la zona donde se encuentran ubicados los Brite tanks hacia la zona de envasado.

El retroceso del producto debido a la disposición actual de la planta no se considera la opción más adecuada, ya que, según Muther, (1978), las demoras, movimientos innecesarios o intersección de actividades son factores que generan congestión y provocan confusión. Se han documentado casos en los que se logró reducir hasta un 45% en costos de mano de obra y se eliminaron problemas de congestión y desorganización mediante la reconfiguración del diseño de la planta.

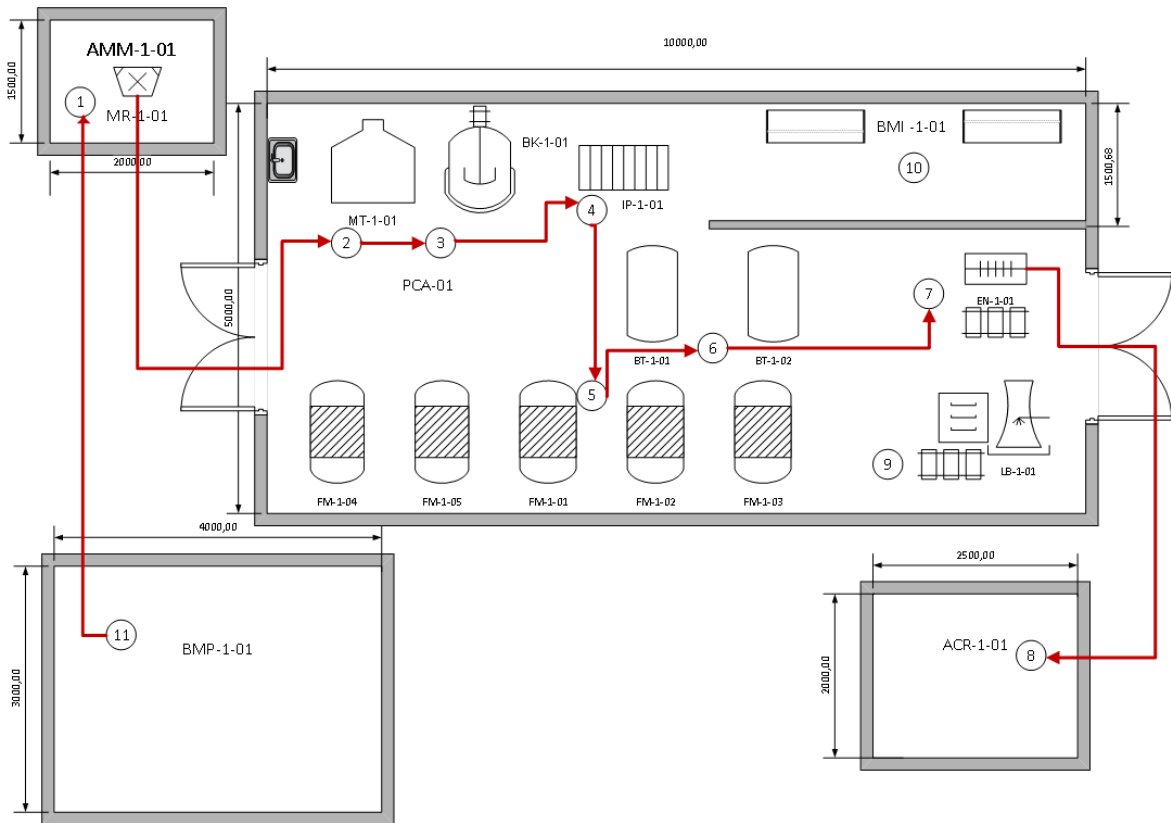
Para alinearse con los principios del Lean Manufacturing, la distribución en planta debe adherirse al principio de la mínima distancia recorrida. Este principio implica colocar las operaciones sucesivas una junto a la otra, de manera que la descarga de material de una operación se realice en el sitio donde la siguiente lo recoge. Además, se establece que no deben existir retrocesos, siendo factible el recorrido en zigzag o círculos (Muther, 1978).

La distribución propuesta en la Figura 34 es una disposición por proceso, en la cual el flujo del material determina la ubicación de las operaciones. Además, se plantea la disposición de los equipos de una misma operación de manera contigua, con el objetivo de evitar movimientos innecesarios y cumplir con los principios de distribución en planta. Esta configuración busca optimizar la eficiencia al facilitar la secuencia lógica de las actividades y reducir la distancia recorrida por el material.



**Figura 42.** Lay Out propuesta de mejora distribución de equipos en planta

Como resultado, también se aprecia el nuevo flujo de recorrido del material en la Figura 36. El diagrama de recorrido revela que el flujo puede evitar retrocesos en la planta, lo que a su vez reduce los movimientos de los operadores al cargar material hacia el almacenamiento. Esto se traduce en una disminución de aproximadamente 90 minutos en los tiempos de traslado. La propuesta tiene el potencial de mejorar el rendimiento de los operadores al reducir el esfuerzo necesario para transportar el producto a lo largo del proceso.



**Figura 43.** Diagrama de recorrido del material en la propuesta de mejora de distribución de equipos en planta



## 5. CONCLUSIONES.

- Se caracterizó la situación actual del proceso de fabricación de cerveza QUAD utilizando diversas herramientas como el diagrama de bloques, el diagrama de flujo, así como cursogramas sinópticos y analíticos para cada una de las operaciones. En este análisis se identificaron ocho operaciones fundamentales dentro del proceso de fabricación de cerveza, las cuales son: molienda, macerado, filtrado 1, cocción, fermentación, maduración, filtrado 2 y envasado.
- Se midieron los tiempos estándar, normal, de ciclo de la situación actual de cada una de las ocho operaciones que forman el proceso. Se construyó el VSM actual del proceso, a partir de este se obtuvo los tiempos estándar del proceso con un valor 25,02 días y un tiempo de ciclo 44,69 min/L.
- El tiempo disponible de la planta fue constante y correspondió a 35880 min, el tiempo Takt calculado en este estudio fue 33,02 min/L.
- Para esta situación se encontró que la productividad total del proceso corresponde a 29,97 MI/día y 200 mL/USD, respecto a la productividad promedio con una eficiencia del 79,5 %.
- Se observó que las etapas con mayores tiempos de ciclo fueron la maceración, filtrado 1 y cocción. La necesidad de realizar por duplicado estas operaciones para producir un lote de 1000 L de cerveza fue uno de los principales desafíos del proceso.
- Se identificaron problemas críticos en el flujo de proceso y en los equipos, revelando la carencia de criterios técnicos de diseño. Además, el desorden y la falta de organización en la planta se destacaron como problemas que impactan negativamente en el proceso, brindando oportunidades evidentes para mejoras significativas.
- Se propone el reemplazo de los tres tanques actuales de las operaciones de maceración, filtrado 1 y cocción. Por un sistema de dos tanques con calentamiento incorporado y de un volumen aproximado de 1300 L de para incrementar la productividad y evitar la doble cocción.

- Se planteó una modificación en el diagrama de flujo de recorrido en la planta, centrándose en la disposición de los equipos e incorporando el nuevo sistema de reactores. El objetivo es optimizar el flujo de proceso y prevenir el retorno del producto en proceso a áreas físicas previamente recorridas en la planta
- Se sugirió la implementación del sistema de las 5S como medida para prevenir, mejorar y controlar la desorganización y limpieza en la planta. Esto incluiría la clasificación de áreas, colocación de letreros para identificar la ubicación de insumos, equipos auxiliares y herramientas utilizadas en el proceso. Adicionalmente, se propuso establecer calendarios de actividades para coordinar las limpiezas de herramientas y tanques secundarios en un solo día, aprovechando los procesos de maduración o fermentación. Dentro de la herramienta de las 5s se incluyó la asignación de responsabilidades y designación de "Champions" de cada S para asegurar el compromiso del personal en la posible implementación de la herramienta.
- La propuesta de mejora del proceso incrementó la capacidad de producción de las operaciones de maceración, filtrado 1 y cocción de 560 L a 1300 L y de 560 L a 1400 L, con esto se obtuvo una reducción del tiempo de estándar de proceso de un día.
- Como resultado de la reducción de un día en el tiempo estándar de proceso se planteó el incremento de la producción con el fin de mejorar la productividad total de 29,97 L/día. La productividad promedio de 200 a 289 mL/USD.
- Con la propuesta de mejora y las alternativas que esta involucra se alcanzó el objetivo de mejorar la productividad y con ello capacidad de producción para este proceso.

## **6. RECOMENDACIONES.**

- Con base en la propuesta de mejora, se recomienda considerar un estudio de factibilidad económica para la implementación del nuevo sistema de tanques en el proceso de fabricación de cerveza.
- Se sugiere la implementación de un programa que facilite el mantenimiento del orden y coordine las actividades de limpieza. De esta manera, se posibilita la aplicación de mejoras continuas al proceso de producción.
- Realizar un estudio complementario de tiempos y movimientos para cada una de las operaciones del proceso. Esto permitirá identificar, sugerir o cambiar actividades que resulten innecesarias, contribuyendo a optimizar de forma detallada cada operación del proceso.
- Se sugiere ampliar el mismo estudio a los procesos de fabricación de menor demanda en la planta. Esto permitirá obtener un conocimiento sistémico del estado y la productividad actuales de toda la instalación.
- Se sugiere implementar un sistema de registros de producción detallado que describa las actividades identificadas en este estudio. Esto ayudará a comunicar eficazmente dichas operaciones al personal, asegurando una comprensión clara de su importancia en el proceso.

## REFERENCIAS.

- Alpízar, J., & Ruiz, M. (2017). *Ciencias agrarias* (Vol. 166, Issue 653). <https://doi.org/10.3989/arbor.2000.i653.1001>
- Aramburú, E., & Aliaga, L. (2016). *Una herramienta para priorizar: el diagrama de Vester*. [https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/69764/2016-32 Una herramienta para priorizar El Diagrama de Vester. ARAMBURU%2CCarlos y Lucía ALIAGA.pdf?sequence=1](https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/69764/2016-32%20Una%20herramienta%20para%20priorizar%20El%20Diagrama%20de%20Vester.%20ARAMBURU%2CCarlos%20y%20Lucía%20ALIAGA.pdf?sequence=1)
- ASOCERV. (2022). *Estadísticas*. <https://asocerv.beer/estadisticas>
- Avella, M. (2019). Importancia de los KPI en la Logística y su impacto en el servicio al cliente. *Gestiopolis*, 1–19.
- Baiano, A. (2021). Craft beer: An overview. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 20, Issue 2, pp. 1829–1856). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12693>
- Baraei, E. K., & Mirzaei, M. (2018). Identification of factors affecting on organizational agility and its impact on productivity. *Journal of Management and ...*, 6(4), 59–65. <http://journals.researchub.org/index.php/JMAS/article/view/403>
- Buiatti, S., Guglielmotti, M., & Passaghe, P. (2021). Industrial beer versus Craft beer: definitions and nuances. In *Case Studies in the Beer Sector* (pp. 3–14). Elsevier. [https://books.google.com.br/books?id=D2zqDwAAQBAJ&pg=PA9&lpg=PA9&dq=The+industrial+production+is+usually+a+completely+automated+process,+which+distinguishes+it+from+production+in+craft+microbreweries.+Although+raw+materials+\(cereals,+water,+hops,+and+yeas](https://books.google.com.br/books?id=D2zqDwAAQBAJ&pg=PA9&lpg=PA9&dq=The+industrial+production+is+usually+a+completely+automated+process,+which+distinguishes+it+from+production+in+craft+microbreweries.+Although+raw+materials+(cereals,+water,+hops,+and+yeas)
- Campos, O. P., Leme, F. M., Fortuna, G. C., de Oliveira Gomes, J. A., Neves, C. S., do Carmo de Oliveira Arruda, R., & Bonfim, F. P. G. (2023). Morphological characteristics, trichomes, and phytochemistry of inflorescences of *Humulus lupulus* L: Comparison of cropping systems and varieties. *Australian Journal of Crop Science*, 17(3), 263–274. <https://doi.org/10.21475/AJCS.23.17.03.P3754>

- Carro, R., & González, D. (2012). *PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD*.  
[https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1607/1/02\\_productividad\\_competitividad.pdf](https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf)
- Chaparro, O. (1995). Manual para la Gestión de Proyectos de Desarrollo Tecnológico. Análisis y Priorización de Problemas. In *Tres Notas Entorno a la Ciencia y Responsabilidad del Intelectual* (p. 100).  
<http://hdl.handle.net/20.500.12324/31788>
- Chase, R., & Jacobs, R. (2011). *Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros* (Mc Graw Hill (ed.)).
- Delers, A. (2015). *El principio de Pareto. Optimice su negocio con la regla del 80/20* (50 minutos (ed.)). <https://ereader.perlego.com/1/book/3570756/0>
- REGLAMENTO LEY PARA FOMENTO PRODUCTIVO, ATRACCION DE INVERSIONES, (2018). iRLcL
- EUROPEAN BEER STAR. (2016). *Categories and Beer Styles of the European Beer Star - European Beer Star*. <https://www.european-beer-star.com/ebs-en/wettbewerb/kategorien/>
- Fernández, M. (2014). *Lean Manufacturing En Español: Cómo eliminar desperdicios e incrementar ganancias de Miguel F. Gómez - Libros en Google Play*.  
<https://play.google.com/store/books/details?id=L-SaDgAAQBAJ&rdid=book-L-SaDgAAQBAJ&rdot=1>
- García, R. (2014). Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo. In *Ingeniería de métodos y medición del trabajo: Vol. 2a Edición* (Issue Mexico, p. 459). [https://faabenavides.files.wordpress.com/2011/03/estudio-del-trabajo\\_ingenierc3ada-de-mc3a9todos-roberto-garcc3ada-criollo-mcgraw\\_hill.pdf](https://faabenavides.files.wordpress.com/2011/03/estudio-del-trabajo_ingenierc3ada-de-mc3a9todos-roberto-garcc3ada-criollo-mcgraw_hill.pdf)
- González, H. (2012). Una Herramienta De Mejora, El Oee (Efectividad Global Del Equipo). In *Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya*. UvMcL
- Gutiérrez, P. H. (2006). *Calidad Total y Productividad* (P. Roig & A. Delgado (eds.); 3rd ed.). Mc Graw Hill.
- Hernandez, J. C., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación medio ambiente industria y energía*.

<http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion-enlace>

Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). Mc Graw Hill. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25246403%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4249520>

Jaramillo, P. (2016). *Cervezas Artesanales un mercado que emerge bien*. 50–55.

Jones, D., & Womak, J. (2000). *LEAN THINKING* (Planeta (ed.)).

López, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la Calidad*. <https://ereader.perlego.com/1/book/2173569/7>

Lowry, S. M., Maynard, H. B., & Stegemerten, G. J. (1940). *Time and Motion Study and Formulas for Wage Incentives*. [https://books.google.com.ec/books/about/Time\\_and\\_Motion\\_Study\\_and\\_Formulas\\_for\\_W.html?id=fLpgAAAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Time_and_Motion_Study_and_Formulas_for_W.html?id=fLpgAAAAMAAJ&redir_esc=y)

Manzano Ramírez, M., & Gisbert Soler, V. (2016). Lean Manufacturing: implantación 5S. *3C Tecnología\_Glosas de Innovación Aplicadas a La Pyme*, 5(4), 16–26. <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n4e20.16-26>

Meyers, F. (2000). Estudio de metodos y tiempos para la manufactura ágil. In *Pearson Education* (p. 334). [https://www.academia.edu/28556729/Meyers\\_Estudio\\_de\\_Tiempos\\_y\\_Movimientos\\_para\\_la\\_Manufactura\\_Agil\\_2\\_ed](https://www.academia.edu/28556729/Meyers_Estudio_de_Tiempos_y_Movimientos_para_la_Manufactura_Agil_2_ed)

Montilla, A., Velásquez, M., & Cevallos, L. (2023). Perspectivas de comercialización de cerveza artesanal como producto gastronómico en la ciudad de Manta, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 69–80. <https://doi.org/https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol16iss41.2023pp69-80p>

Moraes, I. de O. (2021). *Biotechnologia Industrial - Vol. 4 Biotechnologia Na Produção de Alimentos*. Editora Edgard Blucher Ltda.

Muñoz, J., Zapata, C., Urquijo, Z., & Medina, P. (2022). *Lean Manufacturing*

*Modelos y herramientas.*

- Muther, R. (1978). *Distribución en Planta*. Mc Graw Hill.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo* (M. G. Hill (ed.)).
- Palacios, L. (2009). *Ingeniería de Métodos movimientos y tiempos* (ECOE (ed.)).
- Palange, A., & Dhattrak, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 46, 729–736. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>
- Priest, F., & Stewart, G. (2006). *Handbook of Brewing* (Secobd). Taylor & Francis.
- Rajadell, M., & García, J. (2010). *LEAN MANUFACTURING La evidencia de una necesidad*. Diaz de Santos.
- Rathod, B., Shinde, P., Raut, D., & Waghmare, G. (2022). Optimization of Cycle Time by Lean Manufacturing Techniques-Line Balancing. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, May 2016. <https://www.researchgate.net/publication/340154243%0AOptimization>
- Rother, M., & Shook, J. (2005). *Learning to see value stream mapping to add value and eliminate muda*.
- SAGE. (2020). *Orden y limpieza en el puesto de trabajo | Sage Advice*. <https://www.sage.com/es-es/blog/orden-y-limpieza-en-el-puesto-de-trabajo-las-5-s/>
- Sanchis, R. (2020). Diagramación de Procesos. In *Universitat Politècnica de València* (Vol. 1). <https://riunet.upv.es/handle/10251/144115>
- Santos, A. P., Pozzetti, J., Vieira De Moraes, P., & Avelino, C. (2020). Utilização da ferramenta Diagrama de Pareto para auxiliar na identificação dos principais problemas nas empresas. *Unisaesiano*, 1–12. <https://unisaesiano.com.br/aracatuba/wp-content/uploads/2020/12/Artigo-Utilizacao-da-ferramenta-Diagrama-de-Pareto-para-auxiliar-na-identificacao-dos-principais-problemas-nas-empresas-Pronto.pdf>
- Seth, D., & Gupta, V. (2005). Application of value stream mapping for lean


- operations and cycle time reduction: An Indian case study. *Production Planning and Control*, 16(1), 44–59. <https://doi.org/10.1080/09537280512331325281>
- Soto, F. (2015). *Medición Automatizada de la Eficiencia por medio de Pesaje* (Issue 1606). UvMcL
- Suave, A., & Souza, C. (2022). *PROCESSO BIOTECNOLÓGICO DA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL: UMA REVISÃO NARRATIVA* [Universidade Vale do Rio Doce]. Xr5ex
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Thakur, A. (2016). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques: A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *REST Journal on Emerging Trends in Modelling and Manufacturing*, 2(3), 62–72. [www.restpublisher.com/journals/jemm](http://www.restpublisher.com/journals/jemm)
- Valverde Álvarez, A. (2020). *Manual de análisis para el control de calidad de la cerveza en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental*. 1–123. [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/106310/TFG-3285-VALVERDE\\_ALVAREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/106310/TFG-3285-VALVERDE_ALVAREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vargas, E., & Camero, J. W. (2021). Application of Lean Manufacturing (5s and Kaizen) to Increase the Productivity in the Aqueous Adhesives Production Area of a Manufacturing Company. *Industrial Data*, 24(2), 249–271.
- Vargas, J., Muratalla, G., & Jiménez, M. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 5, 153–154.
- Verdezoto, E. (2018). *GESTIÓN DE INDICADORES PKI EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN PARA CARVAGU S.A.* [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/37143/1/TESIS\\_Graduacion.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/37143/1/TESIS_Graduacion.pdf)
- Wahab, A. N. A., Mukhtar, M., & Sulaiman, R. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *Procedia Technology*, 11(December 2013), 1292–1298. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.327>



## ANEXOS

### ANEXO I: Productos Fabricados por la empresa Quiteña


**Tabla A I.** Características de la Cerveza tipo MUNAY

Presentación Comercial	Características	Descripción /valor
	Amargor (IBU)	15
	Tipo	Ale
	Grado Alcohólico	6.7°
	Estilo	Belgian Golden Strong Ale
	Presentación	750mL / Pintas
	Precio	\$ 8.12
	Maridaje	Rosbif, cordero o caza, a la plancha o asado.
	Graduación alcohólica (ALC/VOL)	8.5%

#### **Cerveza ABBEY ALE**

Una cerveza inspirada en las abadías de Bélgica. Aroma característico a frutos rojos confitados, caramelo y malta. Suntuosa y compleja en boca con un buen grado alcohólico. En la Tabla A II se presentan las características de este producto.


**Tabla A II.** Características de la Cerveza tipo ABBEY ALE

Presentación Comercial	Características	Descripción /valor
	Amargor (IBU)	15
	Tipo	Ale
	Estilo	Belgian Dark Strong Ale
	Presentación	325mL/750mL / Pintas
	Grado Alcohólico	5.9°
	Precio	\$3.25 – \$7.30
	Maridaje	Rosbif, cordero o caza, a la brasa o asados.
	Graduación alcohólica (ALC/VOL)	5.9%

### Cerveza PALE LAGER

Mezcla de lúpulos americanos y europeos. Tipo de fermentación lager (fermentada en frío). Caracterizada por su bajo amargor y perfil de fermentación limpio la hacen fácil de tomar. En la Tabla A III se muestran las características de esta cerveza.

**Tabla A III33.** Características de la Cerveza Pale Lager


<b>Presentación Comercial</b>	<b>Características</b>	<b>Descripción /valor</b>
	Amargor (IBU)	20
	Tipo	Ale
	Estilo	American Pale Ale
	Presentación	325mL/750mL / Pintas
	Grado Alcohólico	4.9°
	Precio	\$3.25 – \$7.30
	Maridaje	Amplia variedad de comida: empanadas, queso inglés, hamburguesa.
Graduación alcohólica (ALC/VOL)	4.9%	

### Cerveza STOUT

Cerveza de color oscura con aromas a café, malta y chocolate. Sabor tostado con perfil limpio de fermentación. Sabores torrefactos y grado alcohólico característicos. En la Tabla A IV se muestran las características de esta cerveza.

**Tabla A IV.** Características de la Cerveza STOUT


<b>Presentación Comercial</b>	<b>Características</b>	<b>Descripción /valor</b>
	Amargor (IBU)	18
	Tipo	Ale
	Estilo	American Stout
	Presentación	325mL/750mL / Pintas
	Grado Alcohólico	6.0°
	Precio	\$3.25 – \$7.30

	<b>Maridaje</b>	Alimentos ahumados: barbacoa, embutidos, carnes asadas, pescado.
	<b>Graduación alcohólica (ALC/VOL)</b>	6.0%

### Cerveza IPA

Cerveza amarga, contenido alto en lúpulos. De aroma frutal y cítricos.

**Tabla A V.** Características de la Cerveza IPA

<b>Presentación Comercial</b>	<b>Características</b>	<b>Descripción /valor</b>
	Amargor (IBU)	18
	Tipo	Ale
	Estilo	India Pale Ale
	Presentación	325mL
	Grado Alcohólico	6.0°
	Precio	\$3.00
	Maridaje	Alimentos ahumados: barbacoa, embutidos, carnes asadas, pescado.
	Graduación alcohólica (ALC/VOL)	6.0%

## ANEXO II. Demanda Productos empresa Quiteña año 2022

**Tabla A VI.** Demanda anual 2022 por Tipo de Cerveza empresa Quiteña

<b>Meses</b>	<b>QUAD</b>	<b>LAGER</b>	<b>ABBEY</b>	<b>RED IPA</b>	<b>STOUT</b>	<b>MUNAY</b>
Enero	781	300	300	200	200	200
Febrero	1398	400	400	350	0	300
Marzo	1604	500	500	400	150	200
Abril	1461	400	400	200	100	350
Mayo	717	350	200	150	50	180
Junio	910	400	150	180	150	480
Julio	1780	500	175	225	200	500
Agosto	965	750	220	300	150	600
Septiembre	1228	800	185	375	100	300
Octubre	2150	300	450	200	125	400
Noviembre	2148	400	300	120	118	200
Diciembre	2233	500	200	180	130	300
Promedio	1447.92	466.67	290.00	240.00	122.75	334.17

**ANEXO III.** Descripción y codificación de actividades de cada operación del proceso de fabricación de cerveza

**Tabla. A VII.** Descripción y codificación de actividades por Operación

<b>DESCRIPCION DE ACTIVIDADES</b>	<b>CODIFICACION</b>
<b>MOLIENDA</b>	
Mover los bultos desde la bodega hacia la planta	TR1
Cargar del molino	ES1
Moler de granos de malta	OP1
Verificar visualmente tamaño de grano	IN1
Recoger desechos	OP2
Trasladar granos molidos al tanque de mosturación	TR2
Limpiar molino	OP3
Almacenar porción de malta para segunda parada	ALM1

<b>MACERADO</b>	
Limpiar el tanque reactor	OP4
Cargar agua caliente al reactor	OP5
Macerar	OP6
Mezclar de los ingredientes formación de mosto	OP7
Medir de temperatura	IN2

<b>FILTRADO 1</b>	
Abrir válvulas para separación del mosto	OP8
Separar mosto de granos y residuos de maceración	OP9
Recolectar residuos de filtrado y mosto	OP10
Trasladar mosto a reactor de cocción	TR3
Mover desechos a bodega	TR4

<b>COCIÓN</b>	
Regular temperatura de cocción	IN3
Cocer el mosto	OP11
Controlar densidad y pH	IN4
Adicionar Lúpulo a la cocción	OP12
Ejecutar proceso Whirpool	OP13
Sedimentar	ES2
Enfriar por intercambiador de placas	ES3
Trasvasar al tanque de fermentación	TR5
Limpiar de tanque de cocción	OP14
Limpiar y sanitizar el intercambiador de placas	OP15

<b>FERMENTACIÓN</b>	
Sanitizar el tanque reactor	OP16
Esperar la cocción de la segunda parada de mosto	ES4
Activar la levadura	OP17
Adicionar la levadura al mosto	OP18
Medir la densidad	IN5
Fermentar	OP19
Controlar de temperatura (automático)	IN6
Controlar atenuación	IN7
Separar la levadura	OP20

<b>MADURACIÓN</b>	
Presurizar el fermentador	ES5
Enfriar el mosto fermentado entre 1°C y 2°C	OP21
Flocular la levadura	OP22
Separar levadura	OP23
Adicionar clarificante	OP24
Estabilizar cerveza	OP25
Control organoléptico del producto	IN8

<b>FILTRADO 2</b>	
Sanitizar el tanque BRITE TANK	ES6
Filtrar	OP26
Separar residuos de filtrado y cerveza	OP27
Transportar a hacia envasado	TR6

<b>ENVASADO</b>	
Limpiar sistema de envasado	ES7
Envasar en barriles	OP28
Mover a cuarto frío	TR7
Sanitizar barriles y botellas	OP29

**ANEXO IV.** Consideraciones del sistema Westinghouse para calificar habilidades, esfuerzo, condiciones y Holguras recomendadas por ILO.

**Tabla. A VIII.** Sistema Westinghouse - Calificación de Habilidades

<b>SISTEMA WESTINGHOUSE PARA CALIFICAR HABILIDADES</b>		
+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Fuente: Lowry; Maynard; Stegemerten; 1940

**Tabla. A IX.** Sistema Westinghouse - Calificación de las Condiciones

<b>SISTEMA WESTINGHOUSE PARA CALIFICAR LAS CONDICIONES</b>		
+0.06	A	Excesivo
+0.04	B	Excesivo
+0.02	C	Excelente
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Aceptable

Fuente: Lowry; Maynard; Stegemerten; 1940

**Tabla. A X.** Sistema Westinghouse - Calificación del Esfuerzo

<b>SISTEMA WESTINGHOUSE PARA CALIFICAR EL ESFUERZO</b>		
+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno

+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Fuente: Lowry; Maynard; Stegemerten; 1940

**Tabla. A XI.** Holguras recomendadas por ILO

<b>HOLGURAS RECOMENDADAS POR ILO</b>				
A. Constantes	1	Personal	5	
	2	Por fatiga básica	4	
B. Variables	1	Por estar parado	2	
	2	Por posición anormal	Un poco incómoda	0
			Incómoda (flexionado)	2
			Muy incómoda (acostado, estirado)	7
	3	Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar, empujar)	5 lbs	0
			10 lbs	1
			15 lbs	2
			20 lbs	3
			25 lbs	4
			30 lbs	5
			35 lbs	7
			40 lbs	9
			45 lbs	11
			50 lbs	13
			60 lbs	17
	70 lbs	22		
	4	Mala iluminación	Un poco bajo	0
			Bastante bajo	2
			Muy inadecuada	5
	5	Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable	0-100	
	6	Atención cercana	Trabajo bastante fino	0
			Trabajo fino o exacto	2
			Trabajo muy fino o muy exacto	5
	7	Nivel de ruido	Continuo	0
			Intermitente fuerte	2
			Intermitente muy fuerte	5
			De tono alto	5
8	Esfuerzo mental	Proceso bastante complejo	1	
		Espacio de atención compleja o amplia	4	
		Muy complejo	8	
9	Monotonía	Baja	0	
		Media	1	



			Alta	4
	10	Tedio	Algo tedioso	0
			Tedioso	2
			Muy tedioso	5

**ANEXO V.** Registros de tiempos y cálculos de tiempos promedio, estándar, útil de las actividades de cada operación.

**Tabla. A XII.** Registro de tiempos y cálculos de tiempos estándar, normal, útil de la operación Molienda: Estado Actual

<b>MOLIENDA</b>												
Cod. Operación	Actividades	t1	t2	t3	t4	t5	tprom (min)	tprom (h)	valoración (FV)	tn	ts	# operador
TR1	Mover los bultos desde la bodega hacia la planta	25	30	26	27	30	27.6	0.46	108%	0.50	<b>0.58</b>	1
ES1	Cargar del molino	25	18	16	10	20	17.8	0.30	108%	0.32	<b>0.37</b>	1
OP1	Moler de granos de malta	128	180	175	162	240	177	2.95	108%	3.19	<b>3.73</b>	1
IN1	Verificar visualmente tamaño de grano	55	65	45	50	60	55	0.92	108%	0.99	<b>1.16</b>	1
OP2	Recoger desechos	32	40	28	25	30	31	0.52	108%	0.56	<b>0.65</b>	1
TR2	Trasladar granos molidos al tanque de maceración	28	34	30	29	28	29.8	0.50	108%	0.54	<b>0.63</b>	1
OP3	Limpiar molino	35	25	15	24	20	23.8	0.40	108%	0.43	<b>0.50</b>	1
ALM1	Almacenar porción de malta para segunda parada	279.57	251.82	267.33	258.57	283.45	268.15	4.47				1
	tiempo útil min	273.00	327.00	290.00	277.00	368.00	<b>tiempo útil</b>	<b>5.12h</b>		t total estándar	<b>6.47h</b>	

**Tabla. A XIII.** Registro de tiempos y cálculos de tiempos estándar, normal, útil de la operación Maceración: Estado Actual

MACERACIÓN												
Cod. Operación	Actividades	t1	t2	t3	t4	t5	T prom (min)	T prom (h)	valoración (FV)	tn	ts	# operador
OP4	Limpiar el tanque de maceración	44	49	37	45	42	43.4	0.72	108%	0.78	<b>0.91</b>	2
OP5	Cargar agua caliente al reactor	30	32	44	38	40	36.8	0.61	108%	0.66	<b>0.78</b>	2
OP6	Macerar tiempos tomados de las dos porciones	145	130	129	120	125	266.4	4.44	108%	4.80	<b>5.61</b>	1
		130	138	140	135	140						
		<b>275</b>	<b>268</b>	<b>269</b>	<b>255</b>	<b>265</b>						
OP7	Mezclar los ingredientes formación de mosto	125	136	120	130	120	126.2	2.10	108%	2.27	<b>2.66</b>	2
IN2	Medir temperatura	40	44	30	46	40	40	0.67	108%	0.72	<b>0.84</b>	2
	tiempo útil (min)	514.00	529.00	500.00	514.00	507.00	<b>tiempo útil</b>	<b>8.55 h</b>		t total estándar	<b>10.80 h</b>	

**Tabla. A XIV.** Registro de tiempos y cálculos de tiempos estándar, normal, útil de la operación Filtrado 1: Estado Actual

FILTRADO 1												
Cod. Operación	Actividades	t1	t2	t3	t4	t5	tprom (min)	tprom (h)	valoración (FV)	tn	ts	# operador
OP8	Abrir fondo falso para separación del mosto	20	17	16	20	15	17.6	0.29	108%	0.32	<b>0.37</b>	1
OP9	Separar mosto de granos y residuos de maceración	98	86	102	80	105	94.2	1.57	108%	1.70	<b>1.98</b>	2
OP10	Recolectar residuos de filtrado y mosto	37	41	43	40	45	41.2	0.69	108%	0.74	<b>0.87</b>	2
TR3	Trasladar mosto a reactor de cocción	86	70	65	75	80	75.2	1.25	108%	1.35	<b>1.58</b>	1
TR4	Mover a bodega de los desechos	30	29	33	35	30	31.4	0.523	108%	0.57	<b>0.66</b>	2
	tiempo útil (min)	271.00	243.00	259.00	250.00	275.00	<b>tiempo útil</b>	<b>4.33h</b>		total estándar	<b>5.47 h</b>	

**Tabla. A XV.** Registro de tiempos y cálculos de tiempos estándar, normal, útil de la operación Filtrado 1: Estado Actual

COCCION												
Cod. Operación	Actividades	t1	t2	t3	t4	t5	tprom (min)	tprom (h)	valoración (FV)	tn	ts	# operador
IN3	Regular temperatura de cocción	32	34	31	40	45	36.4	0.61	108%	0.66	<b>0.77</b>	2
OP11	Cocer el mosto	190	170	155	216	190	184.2	3.07	108%	3.32	<b>3.88</b>	1
IN4	Controlar densidad y pH	26	18	20	16	20	20	0.33	108%	0.36	<b>0.42</b>	1
OP12	Adicionar Lúpulo a la cocción	20	22	25	20	26	22.6	0.38	108%	0.41	<b>0.48</b>	1
OP13	Ejecutar proceso Whirlpool	55	40	45	52	60	50.4	0.84	108%	0.91	<b>1.06</b>	1
ES2	Sedimentar	66	60	50	60	60	59.2	0.99	108%	1.07	<b>1.25</b>	2
ES3	Enfriar por intercambiador de placas	130	124	120	136	120	126	2.10	108%	2.27	<b>2.65</b>	2
TR5	Trasvasar al tanque de fermentación	66	60	76	60	66	65.6	1.09	108%	1.18	<b>1.38</b>	2
OP14	Limpiar de tanque de cocción	82	76	45	70	75	69.6	1.16	108%	1.25	<b>1.47</b>	2
OP15	Limpiar y sanitizar el intercambiador de placas	216	182	195	216	180	197.8	3.30	108%	3.56	<b>4.17</b>	2
	tiempo útil (min)	857.00	768.00	742.00	870.00	822.00	<b>tiempo útil</b>	<b>13.53</b>		t total estándar	<b>17.10</b>	1025.79

**Tabla. A XVI.** Registro de tiempos y cálculos de tiempos estándar, normal, útil de la operación Fermentación: Estado Actual

FERMENTACION												
Cod. Operación	Actividades	t1	t2	t3	t4	t5	tprom (min)	tprom (h)	valoración (FV)	tn	ts	# operador
OP16	Sanitizar el fermentador	200	150	158	160	175	168.6	2.81	108%	3.03	<b>3.55</b>	2
ES4	Esperar el segundo lote de mosto cocido	148	120	119	120	115	124.4	2.07	108%	2.24	<b>2.62</b>	2
OP17	Activar la levadura	8	10	12	10	8	9.6	0.16	108%	0.17	<b>0.20</b>	1
OP18	Adicionar levadura al mosto	11	5	9	6	7	7.6	0.13	108%	0.14	<b>0.16</b>	1
IN5	Medir densidad	20	15	13	19	11	15.6	0.26	108%	0.28	<b>0.33</b>	1
OP19	Fermentar	10800	10944	9360	9504	9320	9985.6	166.43	108%	179.74	<b>210.30</b>	1
IN6	Controlar de temperatura (automático)	66	66	66	66	66	66	1.10	108%	1.19	<b>1.39</b>	1
IN7	Controlar atenuación	19	20	17	22	15	18.6	0.31	108%	0.33	<b>0.39</b>	1
OP20	Separar la levadura	63	58	60	62	60	60.6	1.01	108%	1.09	<b>1.28</b>	2
	tiempo útil (min)	11230.00	11287.00	9718.00	9862.00	9685.00	<b>tiempo útil</b>	<b>172.61 h</b>		t total estándar	<b>218.11 h</b>	

**Tabla. A XVII.** Registro de tiempos y cálculos de tiempos estándar, normal, útil de la operación Maduración: Estado Actual

MADURACION												
Cod. Operación	Actividades	t1	t2	t3	t4	t5	tprom (min)	tprom (h)	valoración (FV)	tn	ts	# operador
ES5	Presurizar el fermentador	45	35	30	33	35	35.6	0.59	108%	0.64	<b>0.75</b>	1
OP21	Enfriar el mosto fermentado entre 1°C y 2°C	1200	1180	1260	1320	1200	1232	20.53	108%	22.18	<b>25.95</b>	1
OP22	Flocular la levadura	360	290	300	378	285	322.6	5.38	108%	5.81	<b>6.79</b>	1
OP23	Separar levadura y mosto fermentado	66	60	58	62	60	61.2	1.02	108%	1.10	<b>1.29</b>	2
OP24	Adicionar clarificante	12	10	17	21	25	17	0.28	108%	0.31	<b>0.36</b>	1
OP25	Estabilizar cerveza	8640	10944	8352	8928	7632	8899.2	148.32	108%	160.19	<b>187.42</b>	1
IN8	Control organoléptico del producto	20	15	18	14	12	15.8	0.26	108%	0.28	<b>0.33</b>	
	tiempo útil	10323.00	12519.00	10017.00	10742.00	9237.00	<b>tiempo útil</b>	<b>176.13 h</b>		total estándar	<b>222.55 h</b>	

**Tabla. A XVIII.** Registro de tiempos y cálculos de tiempos estándar, normal, útil de la operación Filtrado 2: Estado Actual

FILTRADO 2												
Cod. Operación	Actividades	t1	t2	t3	t4	t5	tprom (min)	tprom (h)	valoración (FV)	tn	ts	# operador
ES6	Sanitizar el tanque BRITE TANK	245	190	270	220	210	227	3.78	108%	4.09	<b>4.78</b>	2
OP26	Filtrar	3168	2736	3744	3312	3168	3225.6	53.76	108%	58.06	<b>67.93</b>	1
OP27	Separar residuos de filtrado y cerveza	101	94	106	96	110	101.4	1.69	108%	1.83	<b>2.14</b>	1
TR6	Transportar a hacia envasado	30	25	36	40	33	32.8	0.55	108%	0.59	<b>0.69</b>	1
	tiempo útil	3544.00	3045.00	4156.00	3668.00	3521.00	<b>tiempo útil</b>	<b>59.78 h</b>		total estándar	<b>75.54 h</b>	

**Tabla. A XIX.** Registro de tiempos y cálculos de tiempos estándar, normal, útil de la operación Envasado: Estado Actual

ENVASADO												
Cod. Operación	Actividades	t1	t2	t3	t4	t5	tprom (min)	tprom (h)	valoración (FV)	tn	ts	# operador
ES7	Limpiar sistema de envasado	40	30	36	38	30	34.8	0.58	108%	0.63	<b>0.73</b>	2
OP28	Envasar en barriles	1728	1918	1858	1768	1728	1800	30.00	108%	32.40	<b>37.91</b>	1
TR7	Mover a cuarto frío	55	58	72	70	60	63	1.05	108%	1.13	<b>1.33</b>	1
OP29	Sanitizar barriles y botellas	260	220	230	220	270	240	4.00	108%	4.32	<b>5.05</b>	2
	tiempo útil	2083.00	2226.00	2196.00	2096.00	2088.00	<b>tiempo útil</b>	<b>35.63 h</b>		total estándar	<b>45.02 h</b>	

**Tabla. A XX.** Resumen cálculos de tiempos estándar, normal, útil del proceso: Estado Actual

	t1	t2	t3	t4	t5	promedio
tiempo útil (h)	484.92	515.73	464.63	471.32	441.72	475.66
<b>tiempo útil días</b>	<b>20.20</b>	<b>21.489</b>	<b>19.360</b>	<b>19.638</b>	<b>18.40</b>	<b>19.82</b>
tiempo estándar ts (h)	612.74	651.68	587.11	595.56	558.15	601.05
<b>tiempo estándar días</b>	<b>25.53</b>	<b>27.15</b>	<b>24.46</b>	<b>24.81</b>	<b>23.26</b>	<b>25.04</b>

**ANEXO VI.** Registros de materias primas, perdidas cantidad producida en las operaciones del proceso de fabricación de cerveza

**Tabla. A XXI.** Registro cantidades materia prima, pérdidas, producto y desechos operación: Molienda.

Molienda						
Parámetro	medición					
Unidad	1	2	3	4	5	PROMEDIO
Cantidad que ingresa (kg)	257	260	261.00	300	270	269.6
% de pérdidas	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
Cantidad producida (kg)	250.575	253.5	254.48	292.5	263.25	262.86
Desecho (kg)	6.425	6.5	6.53	7.5	6.75	6.74

**Tabla. A XXV.** Registro cantidades materia prima, pérdidas, producto y desechos operación: Fermentación.

FERMENTACIÓN						
Parámetro	medición					
Unidad	1	2	3	4	5	PROMEDIO
Cantidad que ingresa (kg)	849.37	895.26	904.64	883.05	861.89	878.84
% de pérdidas	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Cantidad producida (kg)	806.9	850.50	859.41	838.90	818.80	834.90
Desecho (kg)	42.5	44.76	45.23	44.15	43.09	43.94

**Tabla. A XXVI.** Registro cantidades materia prima, pérdidas, producto y desechos operación: Maduración.

MADURACIÓN						
Parámetro	medición					
Unidad	1	2	3	4	5	PROMEDIO
Cant que ingresa (kg)	806.9	850.50	859.41	838.90	818.80	834.90
% de pérdidas	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Cantidad producida (kg)	806.9	850.50	859.41	838.90	818.80	<b>834.90</b>
Desecho (kg)	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



**Tabla. A XXII.** Registro cantidades materia prima, pérdidas, producto y desechos operación: Maceración.

MACERACION (L)																
Parámetro	MEDICION 1			MEDICION 2			MEDICION 3			MEDICION 4			MEDICION 5			PROM
Unidad	1	2	suma	1	2	suma	1	2	suma	1	2	suma	1	2	suma	
Cant que ingresa (kg)	510.0	525.0	1035.0	540	530	1070	520	550	1070	530	525	1055	470	490	960	1038.0
% de pérdidas	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Cantidad producida (kg)	593.9	608.9	1202.9	624.9	614.9	1239.8	605.2	635.2	1240.5	627.99	622.99	1250.98	558.0	578.2	1136.2	<b>1214.1</b>
Desecho (kg)	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0

**Tabla. A XXIII.** Registro cantidades materia prima, pérdidas, producto y desechos operación: Filtrado 1

FILTRADO 1 (L)																
Parámetro	MEDICION 1			MEDICION 2			MEDICION 3			MEDICION 4			MEDICION 5			PROM
Unidad	1	2	suma	1	2	suma	1	2	suma	1	2	suma	1	2	suma	
Cant que ingresa (kg)	593.9	608.9	1202.9	624.92	614.92	1239.85	605.25	635.25	1240.50	627.99	622.99	1250.9	558,00	578.19	1136.2	1214.1
% de pérdidas	24.0%	24.0%	21.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%
Cantidad producida (kg)	451.4	462.8	914.2	474.94	467.34	942.28	459.99	482.79	942.78	477.27	473.47	950.74	424.08	439.42	863.50	<b>922.7</b>
Desecho (kg)	142.5	125.0	267.5	149.98	125.00	274.98	145.26	152.46	297.72	150.72	149.52	300.23	133.92	138.76	272.69	282.6

**Tabla. A XXIV.** Registro cantidades materia prima, pérdidas, producto y desechos operación: Filtrado 1

COCCIÓN (L)																
Parámetro	MEDICION 1			MEDICION 2			MEDICION 3			MEDICION 4			MEDICION 5			
Unidad	1	2	suma	1	2	suma	1	2	suma	1	2	suma	1	2	suma	PROM
Cant que ingresa (kg)	482.40	482.8	965.2	520.00	497.34	1017.3	508.00	520.00	1028.00	510.00	493.47	1003.47	480.00	499.42	979.42	998.7
% de pérdidas	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%
Cantidad producida (kg)	424.51	424.9	849.4	457.60	437.66	895.26	447.04	457.60	904.64	448.80	434.25	883.05	422.40	439.49	861.89	<b>878.8</b>
Desecho (kg)	57.89	57.94	115.82	62.40	59.68	122.08	60.96	62.40	123.36	61.20	59.22	120.42	57.60	59.93	117.53	119.8

**Tabla. A XXVII.** Registro cantidades materia prima, pérdidas, producto y desechos operación: Filtrado 2.

FILTRADO 2						
Parámetro	medición					
Unidad	1	2	3	4	5	PROMEDIO
Cant que ingresa (kg)	806.9	850.50	859.41	838.90	818.80	834.90
% de pérdidas	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
Cantidad producida (kg)	742.3	782.46	790.66	771.79	753.29	<b>768.11</b>
Desecho (kg)	64.6	68.04	68.753	67.11	65.50	66.79

**Tabla. A XXVIII.** Registro cantidades materia prima, pérdidas, producto y desechos operación: Envasado.

ENVASADO						
Parámetro	medición					
Unidad	1	2	3	4	5	PROMEDIO
Cant que ingresa (kg)	742.3	782.46	790.66	771.79	753.29	768.11
% de pérdidas	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
Cantidad producida (kg)	723.8	762.90	770.89	752.49	734.46	<b>748.91</b>
Desecho (kg)	18.6	19.6	19.77	19.29	18.83	19.20

**Tabla. A XXIX.** Promedios de mediciones de cantidades materia prima, pérdidas, producto y desechos operaciones en el proceso de fabricación de cerveza.:

Estado Actual.

Parámetro	Molienda	Maceración	Filtrado 1	Cocción	Ferment.	Maduración	Filtrado 2	Envasado
Unidad	kg	L	L	L	L	L	L	L
Cantidad que ingresa	269.6	1214.1	922.70	878.84	834.9	834.9	768.1	748.9
% de pérdidas	2.50%	0.00%	22.80%	12.00%	5.00%	0.00%	8.00%	2.50%
Cantidad producida	262.86	1214.1	922.70	878.84	834.9	834.9	768.1	<b>748.9</b>
Desecho	6.74	0.0	282.63	119.84	43.9	0.0	66.8	19.2

**ANEXO VII.** Cálculo de tiempos de VA y VNA del proceso de fabricación de cerveza

**Tabla. A XXX.** Tiempos de valor agregado y valor no agregado de cada operación.

<b>DESCRIPCION DE ACTIVIDADES</b>	<b>CODIFICACION</b>	<b>ts (h)</b>	<b>VA</b>	<b>VNA</b>
<b>MOLIENDA</b>				
Mover los bultos desde la bodega hacia la planta	TR1	<b>0.58</b>		<b>X</b>
Cargar del molino	ES1	<b>0.37</b>		X
Moler de granos de malta	OP1	<b>3.73</b>	X	
Verificar visualmente tamaño de grano	IN1	<b>1.16</b>		X
Recoger desechos	OP2	<b>0.65</b>		X
Trasladar granos molidos al tanque de mosturación	TR2	<b>0.63</b>		X
Limpiar molino	OP3	<b>0.50</b>		X
Almacenar porción de malta para segunda parada	AL1	<b>4.47</b>		X
	<b>ts</b>	<b>6.47</b>	<b>3.73</b>	<b>8.37</b>
<b>MACERADO</b>				
	<b>CODIFICACION</b>	<b>ts (h)</b>	<b>VA</b>	<b>VNA</b>
Limpiar el tanque reactor	OP4	<b>0.91</b>		<b>X</b>
Cargar agua caliente al reactor	OP5	<b>0.78</b>		X
Macerar	OP6	<b>5.61</b>	X	
Mezclar de los ingredientes formación de mosto	OP7	<b>2.66</b>		
Medir de temperatura	IN2	<b>0.84</b>		X
	<b>ts</b>	<b>10.80</b>	<b>5.61</b>	<b>2.53</b>
<b>FILTRADO 1</b>				
	<b>CODIFICACION</b>	<b>ts (h)</b>	<b>VA</b>	<b>VNA</b>
Abrir fondo falso para separación del mosto	OP8	<b>0.37</b>	X	
Separar mosto de granos y residuos de maceración	OP9	<b>1.98</b>	X	
Recolectar residuos de filtrado y mosto	OP10	<b>0.87</b>		X
Mover desechos a bodega	TR3	<b>1.58</b>		X
Trasvasar mosto a reactor de cocción	TR4	<b>0.66</b>		X
	<b>ts</b>	<b>5.47</b>	<b>2.35</b>	<b>3.11</b>
<b>COCIÓN</b>				
	<b>CODIFICACION</b>	<b>ts (h)</b>	<b>VA</b>	<b>VNA</b>
Regular temperatura de cocción	IN3	<b>0.77</b>		X
Cocer el mosto	OP11	<b>3.88</b>	X	
Controlar densidad y pH	IN4	<b>0.42</b>		
Adicionar Lúpulo a la cocción	OP12	<b>0.48</b>	X	
Ejecutar proceso Whirlpool	OP13	<b>1.06</b>	X	
Sedimentar	ES2	<b>1.25</b>	X	

Enfriar por intercambiador de placas	ES3	<b>2.65</b>	X	
Trasvasar al tanque de fermentación	TR5	<b>1.38</b>		X
Limpieza de tanque de cocción	OP14	<b>1.47</b>		X
Limpieza y sanitización del intercambiador de placas	OP15	<b>4.17</b>		X
	<b>ts</b>	<b>17.10</b>	<b>9.32</b>	<b>7.78</b>
<b>FERMENTACIÓN</b>	<b>CODIFICACION</b>	<b>ts (h)</b>	<b>VA</b>	<b>VNA</b>
Sanitizar el tanque reactor	OP16	3.55		X
Esperar la cocción de la segunda parada de mosto	ES4	2.62		X
Activar la levadura	OP17	0.20	X	
Adicionar la levadura al mosto	OP18	0.16	X	
Medir la densidad	IN5	0.33		
Fermentar	OP19	210.30	X	
Controlar de temperatura (automático)	IN6	1.39		
Controlar atenuación	IN7	0.39		
Separar la levadura	OP20	1.28		X
	<b>ts</b>	<b>218.11</b>	<b>210.66</b>	<b>7.45</b>
<b>MADURACIÓN</b>	<b>CODIFICACION</b>	<b>ts (h)</b>	<b>VA</b>	<b>VNA</b>
Presurizar el fermentador	ES5	0.75		X
Enfriar el mosto fermentado entre 1°C y 2°C	OP21	25.95	X	
Flocular la levadura	OP22	6.79	X	
Separar levadura	OP23	1.29	X	
Adicionar clarificante	OP24	0.36	X	
Estabilizar cerveza	OP25	187.42	X	
Control organoléptico del producto	IN8	0.33		
	<b>ts</b>	<b>222.55</b>	<b>221.80</b>	<b>0.75</b>
<b>FILTRADO 2</b>	<b>CODIFICACION</b>	<b>ts (h)</b>	<b>VA</b>	<b>VNA</b>
Sanitizar el tanque BRITE TANK	ES6	4.78		X
Filtrar	OP26	67.93	X	
Separar residuos de filtrado y cerveza	OP27	2.14		X
Transportar a hacia envasado	TR6	0.69		X
	<b>ts</b>	<b>75.54</b>	<b>67.93</b>	<b>7.61</b>
<b>ENVASADO</b>	<b>CODIFICACION</b>	<b>ts (h)</b>	<b>VA</b>	<b>VNA</b>
Limpieza sistema de envasado	ES7	0.73		X
Envasar en barriles	OP28	37.91	X	
Mover a cuarto frío	TR7	1.33		X
Sanitizar barriles y botellas	OP29	5.05		X
	<b>ts</b>	<b>45.02</b>	<b>37.91</b>	<b>2.06</b>
	SUM	h	559.31	39.65
	ACTIVIDADES	días	23.30	1.65

### ANEXO VIII. Matriz de correlación

DIMENSION	ID	Descripción	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	Influencia	Dependencia	%
MANO DE OBRA	P1	Actividades de los operarios no definidas		3	0	2	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	14	13	8.00%
	P2	Sobrecarga de trabajo a operadores	3		0	3	1	0	3	0	0	0	3	0	0	3	16	31	9.14%
	P3	Personal limitado	0	3		1	0	0	2	0	0	2	2	1	0	3	14	3	8.00%
MEDICION	P4	Falta de medición de tiempos de proceso	1	3	1		1	2	0	0	0	1	2	0	0	1	12	10	6.86%
	P5	Controles manuales basados en la experiencia del operador	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	5	1.71%
MATERIALES	P6	El material retrocede físicamente en la planta durante el proceso	0	2	0	0	0		0	0	0	0	1	0	0	2	5	15	2.86%
	P7	Extenso tiempo en lavado de equipos y materiales	0	3	0	1	0	0		0	0	0	2	0	0	1	7	19	4.00%
MAQUINAS	P8	Equipos no cuentan con un criterio técnico de diseño	2	3	0	1	2	3	3		1	3	0	2	0	2	22	8	12.57%
	P9	Ausencia de tecnología de envasado	0	2	0	0	0	1	1	0		0	0	0	0	0	4	5	2.29%
METODO	P10	Flujo de proceso sin criterios técnicos de diseño	3	3	2	0	1	3	2	3	2		1	1	1	3	25	13	14.29%
	P11	Falta de coordinación de actividades de limpieza	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0		0	0	3	8	17	4.57%
	P12	Ausencia de sistema de planificación de la producción	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0		0	3	9	6
MEDIO AMBIENTE	P13	Espacio en planta y bodegas limitado	0	2	0	0	0	3	0	2	2	3	0	0		2	14	1	8.00%
	P14	Desorden y desorganización de la planta	3	3	0	2	0	3	2	2	0	2	3	2	0		22	29	12.57%
Dependencia			13	31	3	10	5	15	19	8	5	13	17	6	1	29			
<b>TOTAL</b>																	175	175	100.0%

### ANEXO IX. Matriz Diagrama de Pareto

ID	Descripción	Influencia	%	% Acumulado	
P10	Flujo de proceso sin criterios técnicos de diseño	25	14.29%	14.29%	80%
P8	Equipos no cuentan con un criterio técnico de diseño	22	12.57%	26.86%	
P14	Desorden y desorganización de la planta	22	12.57%	39.43%	
P2	Sobrecarga de trabajo a operadores	16	9.14%	48.57%	
P1	Actividades de los operarios no definidas	14	8.00%	56.57%	
P3	Personal limitado	14	8.00%	64.57%	
P13	Espacio en planta y bodegas limitado	14	8.00%	72.57%	
P4	Falta de medición de tiempos de proceso	12	6.86%	79.43%	
P12	Ausencia de sistema de planificación de la producción	9	5.14%	84.57%	20%
P11	Falta de coordinación de actividades de limpieza	8	4.57%	89.14%	
P7	Extenso tiempo en lavado de equipos y materiales	7	4.00%	93.14%	
P6	El material retrocede físicamente en la planta durante el proceso	5	2.86%	96.00%	
P9	Ausencia de tecnología de envasado	4	2.29%	98.29%	
P5	Controles manuales basados en la experiencia del operador	3	1.71%	100.00%	

### ANEXO X. Cálculos adicionales Métricas VSM: Estado Actual

**Tabla. A XXXI. Cálculo Tiempo Takt**

Datos empresa demanda 2023					
Por cerveza QUAD	enero	febrero	marzo	abril	mayo
	682.9	1240.3	1374.6	1266.0	1228.9
Tiempo total disponible (min)	35880.00	35880.00	35880.00	35880.00	35880.00
TAK TIME (min/L)	52.54	28.93	26.10	28.34	29.20
	PROMEDIO				33,02%

**Tabla. A XXXII. Cálculo Rendimiento**

Parámetros	Molienda	Maceración	Filtrado 1	Cocción	Ferment.	Madur.	Filtrado 2	Envasado
litros/kilogramos prod	40.628	1244.1	922.7	878.84	834.9	834.9	768.1	748.9
prod prevista / cap max	300	1300	1300	1100	2400	2400	2000	2000
Rendimiento	13.54%	95.70%	70.98%	79.89%	34.79%	34.79%	38.41%	37.45%
	PROMEDIO							50,69%

**Tabla. A XXXIII.** Cálculo Productividad Total: Estado Actual

Tiempo total disponible(min)	35880.00	35880.00	35880.00	35880.00	35880.00	
Tiempo útil (min)	29095.00	30944.00	27878.00	28279.00	26503.00	28539.80
Producción Real (L)	723.8	762.9	770.89	752.49	734.46	748.908
Prod. Planificada (L)	1000	1100	1100	1100	1000	1060
Eficiencia	81.09%	86.24%	77.70%	78.82%	73.87%	79.54%
<b>PRODUCTIVIDAD (L/día)</b>	<b>28.35</b>	<b>28.10</b>	<b>31.51</b>	<b>30.32</b>	<b>31.58</b>	<b>29.97</b>

**Tabla XXXIV.** Cálculo Productividad Promedio: Estado Actual

	Valor (USD)
Mano de obra	\$1 453.50
Materia prima	\$865.27
Insumos	\$ 775.00
Transporte	\$100.00
Servicios Básicos	\$48.33
Varios	\$500.00
<b>Total</b>	<b>\$3 742.10</b>

	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	promedio
Producción real Qp (L)	723.8	762.9	770.89	752.49	734.46	748.908
Costo por lote	\$3 742.10	\$3 742.10	\$3 742.10	\$3 742.10	\$3 742.10	
<b>Productividad Prom (mL/USD)</b>	<b>193.42</b>	<b>203.87</b>	<b>206.00</b>	<b>201.09</b>	<b>196.27</b>	<b>200.13</b>



**ANEXO XI.** Descripción y codificación de actividades de cada operación del proceso de fabricación de cerveza: PROPUESTA DE MEJORA

**Tabla. A XXXV.** Descripción y codificación de actividades por Operación:  
Propuesta de mejora

#	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	CODIFICACION
<b>1</b>	<b>MOLIENDA</b>	
2	Mover los bultos desde la bodega hacia la planta	P-TR1
3	Cargar del molino	P-ES1
4	Moler de granos de malta	P-OP1
5	Verificar visualmente tamaño de grano	P-IN1
6	Recoger desechos	P-OP2
7	Trasladar granos molidos al tanque de mosturación	P-TR2
8	Limpiar molino	P-OP3
	<b>MACERADO</b>	
1	Limpiar el tanque reactor	P-OP4
2	Macerar	P-OP5
3	Medir de temperatura	IN2
	<b>FILTRADO 1</b>	
1	Abrir fondo falso para separación del mosto	P-OP6
2	Separar mosto de granos y residuos de maceración	P-OP7
3	Recolectar residuos de filtrado y mosto	P-OP8
4	Mover desechos a bodega	P-TR3
5	Trasladar mosto a reactor de cocción	P-TR4
	<b>COCIÓN</b>	
1	Regular temperatura de cocción	P-IN3
2	Cocer el mosto	POP9
3	Controlar densidad y pH	P-IN4
4	Adicionar Lúpulo a la cocción	P-OP10
5	Ejecutar proceso Whirpool	P-OP11
6	Sedimentar	P-ES2
7	Enfriar por intercambaidor de placas	P-ES3
8	Trasvasar al tanque de fermentación	P-TR5
9	Limpiar de tanque de cocción	P-OP12
10	Limpiar y sanitizar el intercambiador de placas	P-OP13

<b>FERMENTACIÓN</b>		
1	Sanitizar el tanque reactor	P-OP14
2	Activar la levadura	P-OP15
3	Adicionar la levadura al mosto	P-OP16
4	Medir la densidad	P-IN5
5	Fermentar	P-OP17
6	Controlar de temperatura (automático)	P-IN6
7	Controlar atenuación	P-IN7
8	Separar la levadura	P-OP18
<b>MADURACIÓN</b>		
1	Presurizar el fermentador	P-ES4
2	Enfriar el mosto fermentado entre 1°C y 2°C	P-OP19
3	Flocular la levadura	P-OP20
4	Separar levadura	P-OP21
5	Adicionar clarificante	P-OP22
6	Estabilizar cerveza	P-OP23
7	Control organoleptico del producto	P-IN8
<b>FILTRADO 2</b>		
1	Sanitizar el tanque BRITE TANK	P-ES5
2	Filtrar	P-OP24
3	Separar residuos de filtrado y cerveza	P-OP25
4	Transportar a hacia envasado	P-TR6
<b>ENVASADO</b>		
1	Limpiar sistema de envasado	P-ES6
2	Envasar en barriles	P-OP26
3	Mover a cuarto frío	P-TR7
4	Sanitizar barriles y botellas	P-OP27

**ANEXO XII.** Registros de tiempos y cálculos de tiempos promedio, estándar, útil de las actividades de cada operación.:

**PROPUESTA DE MEJORA**

**Tabla. A XXXVI.** Registros de tiempos y cálculos de tiempos promedio, estándar, útil de las actividades operación: Molienda.

**PROPUESTA DE MEJORA**

COD	Actividades	t1	t2	t3	t4	t5	tprom (min)	tprom (h)	valoración (FV)	tn	ts	# operadores
P-TR1	Mover los bultos desde la bodega hacia la planta	25	30	26	27	30	27.6	0.46	108%	0.50	<b>0.58</b>	1
P-ES1	Cargar del molino	25	18	16	10	20	17.8	0.30	108%	0.32	<b>0.37</b>	1
P-OP1	Moler de granos de malta	128	180	175	162	240	177	2.95	108%	3.19	<b>3.73</b>	1
P-IN1	Verificar visualmente tamaño de grano	55	65	45	50	60	55	0.92	108%	0.99	<b>1.16</b>	1
P-OP2	Recoger desechos	32	40	28	25	30	31	0.52	108%	0.56	<b>0.65</b>	1
P-TR2	Trasladar granos molidos al tanque de maceración	28	34	30	29	28	29.8	0.50	108%	0.54	<b>0.63</b>	1
P-OP3	Limpiar molino	35	25	15	24	20	23.8	0.40	108%	0.43	<b>0,50</b>	1
	tiempo útil	273.00	327.00	290.00	277.00	368.00	<b>tiempo útil</b>	<b>5.12 h</b>		<b>total estándar</b>	<b>6.47 h</b>	

**Tabla. A XXXVII.** Registros de tiempos y cálculos de tiempos promedio, estándar, útil de las actividades operación: Macerado.

PROPUESTA DE MEJORA

<b>MACERADO</b>									
COD	Actividades	t1	t2	tprom (min)	tprom (h)	valoracion (FV)	tn	ts	# operadores
P-OP4	Limpiar el tanque de maceración	37	49	43	0.72	108%	0.77	<b>0.91</b>	2
P-OP5	Macerar	138	140	139	2.32	108%	2.50	<b>2.93</b>	1
IN2	Medir temperatura	15	23	19	0.32	108%	0.34	<b>0.40</b>	2
	tiempo útil	190.00	212.00	<b>tiempo útil</b>	<b>3.35 h</b>		total estándar	<b>4.23 h</b>	

**Tabla. A XXXVIII.** Registros de tiempos y cálculos de tiempos promedio, estándar, útil de las actividades operación: Filtrado.

PROPUESTA DE MEJORA

<b>FILTRADO 1</b>									
COD	Actividades	t1	t2	tprom (min)	tprom (h)	valoración (FV)	tn	ts	# operadores
P-OP6	Abrir fondo falso para separación del mosto	10	8	9	0.15	108%	0.16	<b>0.19</b>	1
P-OP7	Separar mosto de granos y residuos de maceración	53	49	51	0.85	108%	0.92	<b>1.07</b>	2
P-OP8	Recolectar residuos de filtrado y mosto	18.5	20.1	19.3	0.32	108%	0.35	<b>0.41</b>	2
P-TR3	Trasladar mosto a reactor de cocción	40	40	40	0.67	108%	0.72	<b>0.84</b>	1
P-TR4	Mover a bodega de los desechos	15	18	16.5	0.275	108%	0.30	<b>0.35</b>	2
				<b>tiempo útil</b>	<b>2.26 h</b>		total estándar	<b>2.86 h</b>	

**Tabla. A XXXIX.** Registros de tiempos y cálculos de tiempos promedio, estándar, útil de las actividades operación: Cocción  
PROPUESTA DE MEJORA

COCCION									
COD	Actividades	t1	t2	tprom (min)	tprom (h)	valoracion (FV)	tn	ts	# operadores
P-IN3	Regular temperatura de cocción	30	40	35	0.58	108%	0.63	<b>0.74</b>	2
POP9	Cocer el mosto	90	120	105	1.75	108%	1.89	<b>2.21</b>	1
P-IN4	Controlar densidad y pH	26	18	22	0.37	108%	0.40	<b>0.46</b>	1
P-OP10	Adicionar Lúpulo a la cocción	10	15	12.5	0.21	108%	0.23	<b>0.26</b>	1
P-OP11	Ejecutar proceso Whirpool	30	20	25	0.42	108%	0.45	<b>0.53</b>	1
P-ES2	Sedimentar	33	30	31.5	0.53	108%	0.57	<b>0.66</b>	2
P-ES3	Enfriar por intercambiador de placas	130	124	127	2.12	108%	2.29	<b>2.67</b>	2
P-TR5	Trasvasar al tanque de fermentación	30	40	35	0.58	108%	0.63	<b>0.74</b>	2
P-OP12	Limpiar de tanque de cocción	41	33	37	0.62	108%	0.67	<b>0.78</b>	2
P-OP13	Limpiar y sanitizar el intercambiador de placas	108	100	104	1.73	108%	1.87	<b>2.19</b>	2
	tiempo útil	502.00	522.00	<b>tiempo útil</b>	<b>8.53 h</b>		total estándar	<b>10.78 h</b>	

**Tabla. A XXXX.** Registros de tiempos y cálculos de tiempos promedio, estándar, útil de las actividades operación:  
Fermentación. PROPUESTA DE MEJORA

COD	Actividades	t1	t2	t3	t4	t5	tprom (min)	tprom (h)	valoración (FV)	tn	ts	# operador
P-OP14	Sanitizar el fermentador	200	150	158	160	175	168.6	2.81	108%	3.03	<b>3.55</b>	2
P-OP15	Activar la levadura	8	10	12	10	8	9.6	0.16	108%	0.17	<b>0.20</b>	1

P-OP16	Adicionar levadura al mosto	11	5	9	6	7	7.6	0.13	108%	0.14	<b>0.16</b>	1
P-IN5	Medir densidad	20	15	13	19	11	15.6	0.26	108%	0.28	<b>0.33</b>	1
P-OP17	Fermentar	10800	10944	9360	9504	9320	9985.6	166.43	108%	179.74	<b>210.30</b>	1
P-IN6	Controlar de temperatura (automático)	66	66	66	66	66	66	1.10	108%	1.19	<b>1.39</b>	1
P-IN7	Controlar atenuación	19	20	17	22	15	18.6	0.31	108%	0.33	<b>0.39</b>	1
P-OP18	Separar la levadura	63	58	60	62	60	60.6	1.01	108%	1.09	<b>1.28</b>	2
	tiempo útil	11082.00	11167.00	9599.00	9742.00	9570.00	<b>tiempo útil</b>	<b>170.53 h</b>		total estándar	<b>215.49 h</b>	

**Tabla. A XXXXI.** Registros de tiempos y cálculos de tiempos promedio, estándar, útil de las actividades operación: Maduración.

PROPUESTA DE MEJORA

MADURACION												
COD	Actividades	t1	t2	t3	t4	t5	tprom (min)	tprom (h)	valoracion (FV)	tn	ts	# operador
P-ES4	Presurizar el fermentador	45	35	30	33	35	35.6	0.59	108%	0.64	<b>0.75</b>	1
P-OP19	Enfriar el mosto fermentado entre 1°C y 2°C	1200	1180	1260	1320	1200	1232	20.53	108%	22.18	<b>25.95</b>	1
P-OP20	Flocular la levadura	360	290	300	378	285	322.6	5.38	108%	5.81	<b>6.79</b>	1
P-OP21	Separar levadura y mosto fermentado	66	60	58	62	60	61.2	1.02	108%	1.10	<b>1.29</b>	2
P-OP22	Adicionar clarificante	12	10	17	21	25	17	0.28	108%	0.31	<b>0.36</b>	1
P-OP23	Estabilizar cerveza	8640	10944	8352	8928	7632	8899.2	148.32	108%	160.19	<b>187.42</b>	1
P-IN8	Control organoléptico del producto	20	15	18	14	12	15.8	0.26	108%	0.28	<b>0.33</b>	
	tiempo útil	10323.00	12519.00	10017.00	10742.00	9237.00	<b>tiempo útil</b>	<b>176.13 h</b>		total estándar	<b>222.55 h</b>	

**Tabla. A XXXXII.** Registros de tiempos y cálculos de tiempos promedio, estándar, útil de las actividades operación: Filtrado 2  
PROPUESTA DE MEJORA











<b>FILTRADO 2</b>									
COD	Actividades	t1	t2	tprom (min)	tprom (h)	valoración (FV)	tn	ts	# operadores
P-ES5	Sanitizar el tanque BRITE TANK	270	190	230	3.83	108%	4.14	<b>4.84</b>	2
P-OP24	Filtrar	3168	2736	2952	49.20	108%	53.14	<b>62.17</b>	1
P-OP25	Separar residuos de filtrado y cerveza	110	94	102	1.70	108%	1.84	<b>2.15</b>	1
P-TR6	Transportar a hacia envasado	20	15	17.5	0.29	108%	0.32	<b>0.37</b>	1
	tiempo útil	3568.00	3035.00	<b>tiempo útil</b>	<b>55.03 h</b>		total estándar	<b>69.53 h</b>	

**Tabla. A XXXXIII.** Registros de tiempos y cálculos de tiempos promedio, estándar, útil de las actividades operación: Envasado  
PROPUESTA DE MEJORA

<b>ENVASADO</b>									
COD	Actividades	t1	t2	tprom (min)	tprom (h)	valoración (FV)	tn	ts	# operadores
P-ES6	Limpia sistema de envasado	40	30	35	0.58	108%	0.63	<b>0.74</b>	2
P-OP26	Envasar en barriles	1728	1918	1823	30.38	108%	32.81	<b>38.39</b>	1
P-TR7	Mover a cuarto frío	40	30	35	0.58	108%	0.63	<b>0.74</b>	1
P-OP27	Sanitizar barriles y botellas	260	220	240	4.00	108%	4.32	<b>5.05</b>	2
	tiempo útil	2068.00	2198.00	<b>tiempo útil</b>	<b>35.55 h</b>		total estándar	<b>44.92 h</b>	











**ANEXO XIII. Cursogramas Analíticos de las operaciones del Proceso de fabricación de cerveza: PROPUESTA DE MEJORA**

**Tabla. A XXXIV. Cursograma Analítico Operación Molienda: Propuesta de Mejora.**











CURSOGRAMA ANALITICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA				INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD	
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
<b>Situación:</b>	<input type="checkbox"/> ACTUAL <input checked="" type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación / Transformación	3	4.88		
<b>Elaborado por:</b>	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	2	1.21		
<b>Producto:</b>	Cerveza QUAD		Control/Inspección	1	1.16		
<b>Etapa del proceso:</b>	MOLIENDA MALTA		Espera	1	0.37		
<b>Fecha:</b>	15/11/2023		Almacenamiento	0	0		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
							
1	Mover los bultos desde la bodega hacia la planta		X				0.58
2	Cargar del molino				X		0.37
3	Moler de granos de malta	X					3.73
4	Verificar visualmente tamaño de grano			X			1.16
5	Recoger desechos	X					0.65
6	Trasladar granos molidos al tanque de maceración		X				0.63
7	Limpiar molino	X					0.50
<b>Tiempo Total ts (h)</b>						<b>6,47</b>	



**Tabla. A XXXXV.** Cursograma Analítico Operación Maceración: Propuesta de Mejora

CURSOGRAMA ANALITICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA			INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD		
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
<b>Situación:</b>	<input type="checkbox"/> ACTUAL <input checked="" type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación / Transformación	2	3.83		
<b>Elaborado por:</b>	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	0	0		
<b>Producto:</b>	Cerveza QUAD		Control/Inspección	1	0.40		
<b>Etapa del proceso:</b>	Macerado		Espera	0	0		
<b>Fecha:</b>	15/11/2023		Almacenamiento	0	0		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
							
1	Limpiar el tanque de maceración	X					0.91
2	Macerar	X					2.93
3	Medir temperatura			X			0.40
Tiempo Total ts (h)						4.23	











**Tabla. A XXXXVI. Cursograma Analítico Operación Filtrado 1: Propuesta de Mejora**

CURSOGRAMA ANALITICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA			INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD		
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
<b>Situación:</b>	<input type="checkbox"/> ACTUAL <input checked="" type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación / Transformación	3	1.67		
<b>Elaborado por:</b>	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	2	1.19		
<b>Producto:</b>	Cerveza QUAD		Control/Inspección	0	0.00		
<b>Etapas del proceso:</b>	FILTRADO 1		Espera	0	0		
<b>Fecha:</b>	15/11/2023		Almacenamiento	0	0		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
							
1	Abrir fondo falso para separación del mosto	X					0.19
2	Separar mosto de granos y residuos de maceración	X					1.07
3	Recolectar residuos de filtrado y mosto	X					0.41
4	Trasladar mosto a reactor de cocción		X				0.84
5	Mover a bodega de los desechos		X				0.35
					Tiempo Total ts (h)	2,86	











**Tabla. A XXXXVII. Cursograma Analítico Operación Cocción: Propuesta de Mejora**

CURSOGRAMA ANALITICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA		INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
<b>Situación:</b>	<input type="checkbox"/> ACTUAL <input checked="" type="checkbox"/> PROPUESTO	●	Operación / Transformación	5	6.0		
<b>Elaborado por:</b>	Lisbeth Mena Pérez	➔	Transporte	1	0.7		
<b>Producto</b>	Cerveza QUAD / LAGER	■	Control/Inspección	2	1.2		
<b>Etapas del proceso:</b>	COCCIÓN	◐	Espera	2	3.34		
<b>Fecha:</b>	15/11/2023	▼	Almacenamiento	0	0		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
		●	➔	■	◐	▼	
1	Regular temperatura de cocción			X			0.74
2	Cocer el mosto	X					2.21
3	Controlar densidad y pH			X			0.46
4	Adicionar Lúpulo a la cocción	X					0.26
5	Ejecutar proceso Whirpool	X					0.53
6	Sedimentar				X		0.66
7	Enfriar por intercambiador de placas				X		2.67
8	Trasvasar al tanque de fermentación		X				0.74
9	Limpiar de tanque de cocción	X					0.78
10	Limpiar y sanitizar el intercambiador de placas	X					2.19
					<b>Tiempo Total ts (h)</b>	<b>10,78</b>	











**Tabla. A XXXXVIII.** Cursograma Analítico Operación Fermentación: Propuesta de Mejora

CURSOGRAMA ANALITICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA			INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD		
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
<b>Situación:</b>	<input type="checkbox"/> ACTUAL <input checked="" type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación / Transformación	5	215.5		
<b>Elaborado por:</b>	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	0	0.0		
<b>Producto:</b>	Cerveza QUAD		Control/Inspección	3	2.1		
<b>Etapa del proceso:</b>	Fermentación		Espera	0	0.0		
<b>Fecha:</b>	15/11/2023		Almacenamiento	0	0.0		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
							
1	Sanitizar el fermentador	X					3.55
2	Activar la levadura	X					0.20
3	Adicionar la levadura al mosto	X					0.16
4	Medir densidad			X			0.33
5	Fermentar	X					210.30
6	Controlar de temperatura (automático)			X			1.39
7	Controlar atenuación			X			0.39
8	Separar la levadura	X					1.28
					Tiempo Total ts (h)	215.49	











**Tabla. A XXXXIX.** Cursograma Analítico Maduración: Propuesta de Mejora

CURSOGRAMA ANALITICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA			INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD		
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
<b>Situación:</b>	<input type="checkbox"/> ACTUAL <input checked="" type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación / Transformación	5	616.81		
<b>Elaborado por:</b>	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	0	0.00		
<b>Producto:</b>	Cerveza QUAD		Control/Inspección	1	0.33		
<b>Etapa del proceso:</b>	Maduración		Espera	1	0.75		
<b>Fecha:</b>	15/11/2023		Almacenamiento	0	0.00		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
							
1	Presurizar el fermentador				X		0.75
2	Enfriar el mosto fermentado entre 1°C y 2°C	X					25.95
3	Flocular la levadura	X					6.79
4	Separar levadura y mosto fermentado	X					1.29
5	Adicionar clarificante	X					0.36
6	Estabilizar cerveza	X					187.42
7	Control organoléptico del producto			X			0.33
					Tiempo Total ts (h)		222.55

. **Tabla. A L.** Cursograma Analítico Filtrado 2: Propuesta de Mejora

CURSOGRAMA ANALITICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA			INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD		
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
<b>Situación:</b>	<input type="checkbox"/> ACTUAL <input checked="" type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación	2	64.32		
<b>Elaborado por:</b>	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	1	0.37		
<b>Producto:</b>	Cerveza QUAD / LAGER		Control de calidad/Inspección	0	0		
<b>Etapa del proceso:</b>	FILTRADO 2		Espera	1	4.84		
<b>Fecha:</b>	15/11/2023		Almacenamiento	0	0		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (h)
							
1	Sanitizar el tanque BRITE TANK				X		4.84
2	Filtrar	X					62.17
3	Separar residuos de filtrado y cerveza	X					2.15
4	Transportar a hacia envasado		X				0.37
					Tiempo Total ts (h)	<b>69.53</b>	

. **Tabla. A LI.** Cursograma Analítico Envasado: Propuesta de Mejora

CURSOGRAMA ANALITICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL		SIMBOLOGÍA			INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD		
		Símbolo	Descripción	# Repeticiones	ts acumulado (h)		
<b>Situación:</b>	<input type="checkbox"/> ACTUAL <input checked="" type="checkbox"/> PROPUESTO		Operación	2	44.18		
<b>Elaborado por:</b>	Lisbeth Mena Pérez		Transporte	1	0.74		
<b>Producto:</b>	Cerveza QUAD / LAGER		Control de calidad/Inspección	0	0		
<b>Etapas del proceso:</b>	ENVASADO		Espera	1	0.74		
<b>Fecha:</b>	15/11/2023		Almacenamiento	0	0		
#	Descripción de la actividad	SIMBOLOS DEL PROCESO					Tiempo ts (horas)
							
1	Limpiar sistema de envasado				X		0.74
2	Envasar en barriles	X					38.39
3	Mover a cuarto frío		X				0.74
4	Sanitizar barriles y botellas	X					5.05
					Tiempo Total ts (h)	44.92	

**ANEXO XIV** Registros de materias primas, pérdidas cantidad producida en las operaciones del proceso de fabricación de cerveza: **PROPUESTA DE MEJORA**

MACERACION (L)			
Parámetro	MEDICION		
unidad	1	2	PROMEDIO
Cant que ingresa	1055.0	960	1007.5
% de pérdidas	0.00%	0.00%	0.0
Cantidad producida	1251.0	1136.2	<b>1193.6</b>
Desecho	0.0	0	0.0

FILTRADO 1 (L)			
Parámetro	MEDICION		
unidad	1	2	PROMEDIO
Cant que ingresa	1251.0	1136.19	1193.58
% de pérdidas	21.50%	21.50%	0.22
Cantidad producida	982.0	891.91	<b>936.96</b>
Desecho	269.0	244.28	256.62

COCCIÓN (L)			
Parámetro	MEDICION		
unidad	1	2	suma
Cant que ingresa	1019.05	993.88	1006.46
% de pérdidas	0.08	0.08	0.08
Cantidad producida	942.62	919.34	<b>930.98</b>
Desecho	76.43	74.54	75.48

FERMENTACIÓN			
Parámetro	medición		
unidad	1	2	PROMEDIO
Cant que ingresa	942.62	919.34	930.98
% de pérdidas	0.05	0.05	5.00%
Cantidad producida	895.49	873.37	<b>884.43</b>
Desecho	47.13	45.97	46.55

MADURACIÓN			
Parámetro	medición		
unidad	1	2	PROMEDIO
Cant que ingresa	895.5	873.37	884.43



% de pérdidas	0.0	0.00	0.00%
Cantidad producida	895.5	873.37	<b>884.43</b>
Desecho	0.0	0.00	0.00

FILTRADO 2			
Parámetro	medición		
unidad	1	2	PROMEDIO
Cant que ingresa	895.5	873.37	884.43
% de pérdidas	0.1	0.08	8.00%
Cantidad producida	823.8	803.50	<b>813.67</b>
Desecho	71.6	69.87	70.75

ENVASADO			
Parámetro	medición		
unidad	1	2	PROMEDIO
Cant que ingresa	823.8	803.50	813.67
% de pérdidas	0.0	0.03	2.50%
Cantidad producida	803.3	783.41	<b>793.33</b>
Desecho	20.6	20.09	20.34

**ANEXO XV. Cálculo de tiempos de VA y VNA del proceso de fabricación de cerveza: PROPUESTA DE MEJORA**

**Tabla. A LII.** Tiempos de valor agregado y valor no agregado de cada operación.

Propuesta de mejora

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	CODIFICACION	ts (h)	VA	VNA
<b>MOLIENDA</b>				
Mover los bultos desde la bodega hacia la planta	P-TR1	<b>0.58</b>		<b>X</b>
Cargar del molino	P-ES1	<b>0.37</b>		X
Moler de granos de malta	P-OP1	<b>3.73</b>	X	
Verificar visualmente tamaño de grano	P-IN1	<b>1.16</b>		X
Recoger desechos	P-OP2	<b>0.65</b>		X
Trasladar granos molidos al tanque de mosturación	P-TR2	<b>0.63</b>		X
Limpiar molino	P-OP3	<b>0.50</b>		X
				X
<b>MACERADO</b>				
	<b>ts</b>	<b>6.47</b>	<b>3.73</b>	<b>3.90</b>
Limpiar el tanque reactor	P-OP4	<b>0.91</b>		<b>X</b>
Macerar	P-OP5	<b>2.93</b>	X	
Medir de temperatura	IN2	<b>0.40</b>		X
	<b>ts</b>	<b>4.233</b>	<b>2.93</b>	<b>1.31</b>
<b>FILTRADO 1</b>				
Abrir fondo falso para separación del mosto	P-OP6	<b>0.19</b>	X	
Separar mosto de granos y residuos de maceración	P-OP7	<b>1.07</b>	X	
Recolectar residuos de filtrado y mosto	P-OP8	<b>0.41</b>		X
Trasladar mosto a reactor de cocción	P-TR3	<b>0.84</b>		X
Mover a bodega de los desechos	P-TR4	<b>0.35</b>		X
	<b>ts</b>	<b>2.86</b>	<b>1.26</b>	<b>1.60</b>
<b>COCIÓN</b>				
Regular temperatura de cocción	P-IN3	<b>0.74</b>		X
Cocer el mosto	POP9	<b>2.21</b>	X	
Controlar densidad y pH	P-IN4	<b>0.46</b>		
Adicionar Lúpulo a la cocción	P-OP10	<b>0.26</b>	X	
Ejecutar proceso Whirlpool	P-OP11	<b>0.53</b>	X	
Sedimentar	P-ES2	<b>0.66</b>	X	
Enfriar por intercambiador de placas	P-ES3	<b>2.67</b>	X	
Trasvasar al tanque de fermentación	P-TR5	<b>0.74</b>		X
Limpiar de tanque de cocción	P-OP12	<b>0.78</b>		X
Limpiar y sanitizar el intercambiador de placas	P-OP13	<b>2.19</b>		X
	<b>ts</b>	<b>10.78</b>	<b>6.34</b>	<b>4.44</b>

<b>FERMENTACIÓN</b>				
Sanitizar el tanque reactor	P-OP14	3.55		X
Activar la levadura	P-OP15	0.20	X	
Adicionar la levadura al mosto	P-OP16	0.16	X	
Medir la densidad	P-IN5	0.33		
Fermentar	P-OP17	210.30	X	
Controlar de temperatura (automático)	P-IN6	1.39		
Controlar atenuación	P-IN7	0.39		
Separar la levadura	P-OP18	1.28		X
	ts	215.49	<b>210.66</b>	<b>4.83</b>
<b>MADURACIÓN</b>				
Presurizar el fermentador	P-ES4	0.75		X
Enfriar el mosto fermentado entre 1°C y 2°C	P-OP19	25.95	X	
Flocular la levadura	P-OP20	6.79	X	
Separar levadura	P-OP21	1.29	X	
Adicionar clarificante	P-OP22	0.36	X	
Estabilizar cerveza	P-OP23	187.42	X	
Control organoleptico del pRoducto	P-IN8	0.33		
	ts	222.55	<b>221.80</b>	<b>0.75</b>
<b>FILTRADO 2</b>				
Sanitizar el tanque BRITE TANK	P-ES5	4.84		X
Filtrar	P-OP24	62.17	X	
Separar residuos de filtrado y cerveza	P-OP25	2.15		X
Transportar a hacia envasado	P-TR6	0.37		X
	ts	<b>69.53</b>	<b>62.17</b>	<b>7.36</b>
<b>ENVASADO</b>				
Limpiar sistema de envasado	P-ES6	0.74		X
Envasar en barriles	P-OP26	38.39	X	
Mover a cuarto frío	P-TR7	0.74		X
Sanitizar barriles y botellas	P-OP27	5.05		X
	ts	44.92	<b>38.39</b>	<b>6.53</b>
	SUM		547.28	30.71
	ACTIVIDADES		22.80	1.28

**ANEXO XVI. Cálculos adicionales Métricas VSM: PROPUESTA DE MEJORA**

**Tabla. A LIII. Cálculo Rendimiento: PROPUESTA DE MEJORA**

Parámetros	Molienda	Maceración	Filtrado 1	Cocción	Ferment.	Madur.	Filtrado 2	Envasado
litros/kilogramos prod	40.63	2387.2	1873.92	1861.96	1768.86	1768.86	1627.34	1586.66
prod prevista / cap max	300	2600	2600	2600	2400	2400	2000	2000
Rendimiento	13.54%	<b>91.82%</b>	<b>72.07%</b>	<b>71.61%</b>	<b>73.70%</b>	<b>73.70%</b>	<b>81.37%</b>	<b>79.33%</b>
PROMEDIO								69,64%

**Tabla. A LIV. Cálculo Productividad Total: PROPUESTA DE MEJORA**

Parámetros	Escenario 1	Escenario 2
Tiempo total disponible(min)	35880.00	35880.00
Tiempo útil (min)	28142,50	28238,70
Producción Real (L)	793,33	1586
EFICIENCIA	78,44%	78,70%
<b>Tiempo estándar ts</b>	<b>24,03</b>	<b>25,02</b>
<b>Productividad (L/día)</b>	<b>33,01</b>	<b>28.10</b>

**\*Nota:** en la aproximación del tiempo útil del escenario 2 se consideró el tiempo útil 19,02 días del proceso más el tiempo útil requerido para duplicar la producción a 1586 L.

**Tabla LV. Cálculo Productividad Promedio: PROPUESTA DE MEJORA**

	Valor (USD)
Mano de obra	\$1 453,50
Materia prima	\$1730,54
Insumos	\$1550,0
Transporte	\$200.00
Servicios Básicos	\$63,33
Varios	\$500,00
<b>Total</b>	<b>\$5497,37</b>

Parámetro	mes 1
Producción real Qp (L)	1586,6
Costo por lote	\$5497,37
<b>Productividad Prom (mL/USD)</b>	<b>288,61</b>