



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
PAPA DE UNA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS, PARA UN PROCESO DE
PRODUCCIÓN EFICIENTE Y SUSTENTABLE**

José Humberto Martínez Córdova

Asesorado por el Ing. Oscar Estuardo Guerra Rosal

Guatemala, febrero de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
PAPA DE UNA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS, PARA UN PROCESO DE
PRODUCCIÓN EFICIENTE Y SUSTENTABLE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ HUMBERTO MARTÍNEZ CÓRDOVA

ASESORADO POR EL ING. OSCAR ESTUARDO GUERRA ROSAL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Rosa Amarilis Dubón Mazariegos
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. Francisco Arturo Hernández Arriaza
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PAPA DE UNA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS, PARA UN PROCESO DE PRODUCCIÓN EFICIENTE Y SUSTENTABLE

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 27 de mayo de 2016.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'José Humberto Martínez Córdova'.

José Humberto Martínez Córdova

Guatemala, agosto de 2017

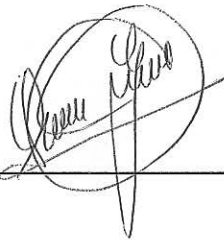
Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela a.i.
Ingeniería Mecánica Industrial
Presente

Por este medio me permito informarle que he procedido a revisar el trabajo de graduación titulado **“REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PAPA DE UNA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS, PARA UN PROCESO DE PRODUCCIÓN EFICIENTE Y SUSTENTABLE.”** elaborado por el estudiante José Humberto Martínez Córdova quien se identifica con el número de carné 2012-13206, a mi criterio, el mismo cumple con los objetivos trazados según el protocolo presentado, por lo que apruebo su publicación.

Sin otro particular,

Atentamente,

f. _____



Ing. Oscar Estuardo Guerra Rosal
Colegiado No. 7510
Asesor

Oscar E. Guerra Rosal
INGENIERO INDUSTRIAL
COL. No. 7510 CIG



REF.REV.EMI.128.017

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PAPA DE UNA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS, PARA UN PROCESO DE PRODUCCIÓN EFICIENTE Y SUSTENTABLE**, presentado por el estudiante universitario **José Humberto Martínez Córdova**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Edwin Ixpata Reyes
Ing. Mec-Industrial
Colegiado No. 7128

Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.023.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PAPA DE UNA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS, PARA UN PROCESO DE PRODUCCIÓN EFICIENTE Y SUSTENTABLE**, presentado por el estudiante universitario **José Humberto Martínez Córdova**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2018.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

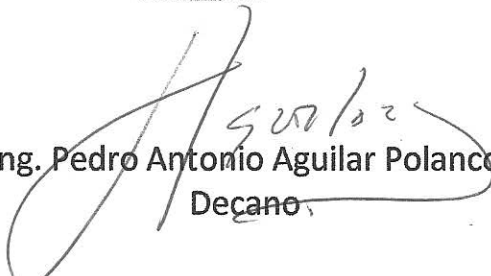


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 060.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PAPA DE UNA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS, PARA UN PROCESO DE PRODUCCIÓN EFICIENTE Y SUSTENTABLE**, presentado por el estudiante universitario: **José Humberto Martínez Córdova**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, febrero de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Todopoderoso.
Mis padres	Humberto Martínez y Brenda Córdova.
Mis abuelos	Humberto Martínez, Rosa López, Vinicio Córdova y Gloria Castellanos.
Mi hermana	María José Martínez Córdova.
Mis tíos	Karina, Marco y Azucena Córdova, Pablo Garza, Patricia Martínez, Mynor Monzón, Primo Miranda, Blanca y Carlos Castellanos.
Mi familia	Al resto de mi familia, porque de una u otra forma, estuvo apoyándome a lo largo de este camino.
Mis amigos	Bryan Argueta, Rodrigo Guerra, Carlos Velásquez, Brayan Auyon, Francisco Auyon, Smaylin Escobar, Miguel Ramírez, Óscar García, Derek, Giovanni y Nylman Fuentes.
Mi novia	Dayana Fernanda Rodríguez López

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida y ser una constante guía en mí camino.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la mejor casa de estudios en Guatemala.
Facultad de Ingeniería	Por ser la encargada de mi formación profesional.
Mis padres	Por su incondicional apoyo moral y económico, pero, sobre todo, por darme la vida, esto es para ustedes. Dios los bendiga siempre.
Mi familia	Por su constante apoyo y por creer que podía alcanzar esta meta.
Mis amigos	Por compartir este largo camino a mi lado, y por ser más que amigos, mis hermanos.
Mi novia	Por todo su apoyo, cariño y amor incondicional en esta última etapa de mi carrera. Te amo.
Ing. Óscar Guerra	Por su apoyo y asesoría en la realización de este trabajo de graduación.

Ing. Cesar Aku (q.d.e.p)	Por haberme apoyado al inicio de este trabajo de graduación. Sé que desde el cielo me apoyaste en el resto de este camino
Ing. Krista Bocanegra	Por su apoyo y ser la responsable de la idea de este trabajo de graduación. Dios te bendiga siempre.
Ing. Carlos del Águila	Por su apoyo incondicional durante la realización de este trabajo de graduación. Dios te bendiga siempre
Fábrica de Productos Alimenticios René	Por haberme abierto las puertas de sus instalaciones para realizar el presente trabajo de graduación.
Colegio Liceo Guatemala	Por la formación académica que recibí durante 11 años y enseñarme el valor de la responsabilidad, perseverancia y humildad.
Todos mis catedráticos	Por sus enseñanzas y haberme compartido su conocimiento para mi formación.

ÍNDICE GENERAL

Índice de ilustraciones.....	VII
Lista de símbolos	IX
Glosario	XI
Resumen	XV
Objetivos	XVII
Introducción.....	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Historia	1
1.1.2. Ubicación	3
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Visión.....	4
1.1.5. Valores	4
1.1.6. Principios	5
1.2. Producción.....	5
1.2.1. Materias primas principales	5
1.2.2. Líneas de producción	7
1.2.2.1. Línea de tortilla	7
1.2.2.1.1. Línea CC 1500	7
1.2.2.1.2. Línea DTC 2000	7
1.2.2.1.3. Línea CC 2000	8
1.2.2.1.4. Línea CC 3000	8
1.2.2.2. Líneas de papa (PC-10)	8
1.2.2.3. Líneas Pellet-Hula	9

	1.2.2.4.	Área de extruidos	9
		1.2.2.4.1. Líneas de fritos.....	9
		1.2.2.4.2. Líneas de Crunchy	9
		1.2.2.4.3. Líneas de Cheetos	10
	1.2.2.5.	Líneas de plátano.....	10
	1.2.2.6.	Líneas de manía.....	10
	1.2.3.	Productos	11
1.3.		Ambiente	12
	1.3.1.	Política.....	12
	1.3.2.	Sustentabilidad.....	12
	1.3.3.	Gestión ambiental	15
2.		SITUACION ACTUAL.....	17
2.1.		Agua potable	17
	2.1.1.	Fuentes de abastecimiento	17
	2.1.2.	Consumo	18
		2.1.2.1. Principal.....	18
		2.1.2.2. Secundario	19
2.2.		Línea de papa (PC-10).....	21
	2.2.1.	Materia prima	21
	2.2.2.	Descripción de las etapas del proceso de producción.....	22
		2.2.2.1. Etapa de lavado	22
		2.2.2.1.1. Bodega de papa.....	22
		2.2.2.1.2. Tolva principal	22
		2.2.2.1.3. Destoner/Hidrolift	23
		2.2.2.2. Etapa de pelado	23
		2.2.2.2.1. Pelado.....	23
		2.2.2.2.2. Mesa de corte	23

	2.2.2.2.3.	Tolva secundaria	24
	2.2.2.2.4.	Banda inclinada	24
	2.2.2.2.5.	Iso Flo.....	24
2.2.2.3.		Etapa de rebanado	24
	2.2.2.3.1.	Rebanadoras	24
	2.2.2.3.2.	Flume	25
	2.2.2.3.3.	Lavadora	25
	2.2.2.3.4.	Tolva de desperdicio	25
2.2.2.4.		Etapa de freído	26
	2.2.2.4.1.	Freidor	26
	2.2.2.4.2.	Mesa de selección.....	26
	2.2.2.4.3.	Sazonado	26
	2.2.2.4.4.	Empaque	26
2.2.3.		Diagrama de flujo del proceso	27
2.2.4.		Distribución de la línea	31
2.2.5.		Uso de agua en el proceso de producción	32
	2.2.5.1.	Etapa de lavado	32
	2.2.5.2.	Etapa de pelado.....	32
	2.2.5.3.	Etapa de rebanado	33
	2.2.5.4.	Etapa de freído	34
2.2.6.		Control de agua en el proceso.....	34
	2.2.6.1.	Equipos de medición	35
		2.2.6.1.1. Evaluación.....	36
	2.2.6.2.	Registros de consumo de agua	36
	2.2.6.3.	Índices de consumo.....	37
2.2.7.		Recirculación de agua en el proceso.....	38
2.2.8.		Plan de monitoreo.....	38
2.2.9.		Estándar de agua	38
2.3.		Planta de tratamiento de agua residual industrial.....	39

2.3.1.	Agua residual industrial	40
2.3.2.	Tratamiento	40
2.3.2.1.	Operación.....	41
2.3.2.2.	Químicos utilizados	41
2.3.3.	Agua postratamiento	42
3.	PROPUESTA PARA LA REDUCCION DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PAPA.....	43
3.1.	Mapa de flujo de consumo de agua	43
3.2.	Recirculación de agua por proceso	44
3.3.	Monitoreo de consumo de agua.....	44
3.3.1.	Características de producción	45
3.3.2.	Metodología para la medición	45
3.3.3.	Asignación de recursos	46
3.3.4.	Monitoreo	47
3.3.4.1.	Línea	47
3.3.4.2.	Etapas del proceso.....	51
3.4.	Análisis de consumo	64
3.4.1.	Balance hídrico.....	65
3.4.1.1.	Entrada.....	65
3.4.1.2.	Etapas del proceso.....	65
3.4.1.3.	Salida	66
3.4.1.4.	Índices de consumo	67
3.5.	Análisis de resultados	68
3.6.	Oportunidad de mejora.....	69
3.7.	Selección de la etapa del proceso	70
3.7.1.	Diagrama de la etapa seleccionada	71
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	73

4.1.	Equipos de medición	73
4.1.1.	Medidores de agua	73
4.2.	Mejora en el proceso de recirculación de agua	75
4.3.	Plan de monitoreo de consumo de agua	79
4.3.1.	Etapa de lavado.....	79
4.3.2.	Etapa de pelado.....	80
4.3.3.	Etapa de rebanado	81
4.3.4.	Etapa de freído	82
4.4.	Índices de consumo.....	82
4.5.	Control de consumo de agua en proceso	83
4.5.1.1.	Hoja de control.....	83
5.	MEJORA CONTINUA.....	87
5.1.	Mantenimiento de equipos de medición	87
5.1.1.	Preventivo.....	87
5.1.2.	Correctivo	88
5.2.	Plan de seguimiento	88
5.3.	Capacitación al personal operativo.....	89
5.3.1.	Gestión ambiental.....	89
5.3.2.	Sustentabilidad de la producción	90
5.4.	Revisión y evaluación periódica	91
5.4.1.	Plan de monitoreo de consumo de agua	91
5.4.2.	Hoja de control.....	91
5.5.	Crear cultura de eficiencia	92
	CONCLUSIONES.....	93
	RECOMENDACIONES	97
	BIBLIOGRAFÍA	99
	ANEXO	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Distribución del consumo principal de agua	18
2.	Distribución del consumo secundario de agua	20
3.	Diagrama de flujo de proceso línea de papa	27
4.	Distribución de la línea de papa	31
5.	Mapa de flujo de consumo de agua	43
6.	Consumo de agua potable línea de papa.....	50
7.	Índices de consumo línea de papa.....	50
8.	Peladora de papa.....	53
9.	Medición de caudal en espreas de la peladora	54
10.	Tolva secundaria	56
11.	Rebanadora	58
12.	Medición de caudal en rebanadoras	59
13.	Lavadora de papa	62
14.	Diagrama balance hídrico	66
15.	Índices de consumo	67
16.	Diagrama etapas seleccionadas	71
17.	Rotámetro	75
18.	Recuperador de almidón	76
19.	Criba para eliminar sólidos.....	77
20.	Hidrociclones.....	78
21.	Funcionamiento del sistema recuperador de almidón	79
22.	Hoja de control peladora, rebanadoras y lavadora.....	84
23.	Hoja de control Hidrolift, Destoner y tolva secundaria.....	85
24.	Hoja de control recuperador de almidón	86

TABLAS

25.	Uso de agua en etapa de lavado	32
26.	Uso de agua en etapa de pelado	33
27.	Uso de agua en etapa de rebanado.....	33
28.	Uso de agua en etapa de freído	34
29.	Registros de consumo de agua por proceso	36
30.	Estándar de agua PC-10	39
31.	Flujo de agua PC-10	39
32.	Litros consumidos de agua potable en línea de papa.....	47
33.	Kilogramos producidos en línea de papa	48
34.	Índices de consumo línea de papa	49
35.	Caudal de agua potable en Hidrolift & Destoner	51
36.	Resumen caudal de agua etapa lavado.....	52
37.	Caudal de agua potable en la peladora	54
38.	Caudal de agua potable en la tolva secundaria	56
39.	Resumen caudal de agua etapa pelado	57
40.	Caudal de agua potable en rebanadora 1	59
41.	Caudal de agua potable en rebanadora 2.....	60
42.	Caudal de agua potable en lavadora	62
43.	Resumen caudal de agua etapa rebanado	64
44.	Análisis de consumo agua potable	64
45.	Consumo de agua real por proceso.....	65
46.	Análisis de consumo real frente a estándar	68
47.	Resumen de medidores de agua	73

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
/	División
=	Igual
m	Metro
Kg	Kilogramo
Lt	Litros
Ph	Potencial de hidrógeno
%	Porcentaje
Bf	Base frita
*	Multiplicación
+	Suma
Σ	Sumatoria

GLOSARIO

Almidón	Nombre común de un hidrato de carbono inodoro e insípido, en forma de grano o polvo, abundante en casi todos los vegetales; tiene usos alimenticios e industriales.
Base frita (BF)	Kilogramos producidos en una línea de producción después de su salida del freidor.
Boquilla	Pieza pequeña y hueca, y en general cónica, de metal, marfil o madera, que se adapta al tubo de algunos instrumentos.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo.
Criba	Equipo que contiene un cilindro en su interior, su función principal es la separación de sólidos a través del movimiento rotatorio por medio de una malla.
Destoner	Equipo de metal encargado de remover la suciedad de la papa cruda que le ingresa.
Efluente	Líquido que procede de una planta industrial.
Electroválvulas	Dispositivos diseñados para controlar el flujo de un fluido.

Espreas	Dispositivos en forma de tubo con un pequeño diámetro que inyectan y regulan el paso de fluidos.
Extrusor	Máquina para extruir mediante el cual se obliga a una sustancia a pasar por un troquel, creando así distintas formas.
Film	Material de empaque.
Flume	Recipiente en forma trapecio, tiene como función principal retirar el almidón de la papa ya rebanada y transportarla al siguiente proceso a través de un constante remojo por medio de agua recirculada.
Freidor	Equipo o electrodoméstico que se utiliza para freír.
Hidrolift	Equipo elevador de papa cruda a través de un movimiento ascendente por medio de espirales metálicas.
Intercambiador	Es un equipo radiador diseñado para transferir calor entre dos fluidos, o entre la superficie de un sólido y un fluido en movimiento.
Iso Flo	Equipo especial, que tienen como función principal, la separación en dos vías, la papa cruda hacia las dos rebanadoras.

Lavadora	Equipo de gran tamaño, que tiene como función principal lavar y remover el exceso de almidón de la papa antes de su ingreso al freidor
Polímero	Sustancia que consiste en grandes moléculas formadas por muchas unidades pequeñas que se repiten, llamadas monómeras.
Rebanadora	Máquina que corta o divide algo de una parte a otra.
Residuo	Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.
Rotámetro	Medidor de flujo industrial que se utiliza para medir el caudal de líquidos y gases.
Sémola	Materia prima utilizada para realizar le proceso de extruido.
Slurry	Fórmula líquida de color naranja hecha a través de la mezcla de varios condimentos.
Tomblor	Equipo cilíndrico en el cual se inyecta el condimento y se encarga de realizar el sazonado del producto.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación, desarrollado en las instalaciones de Fábrica de Productos Alimenticios René y Cía. S.C.A., S.A. (PepsiCo Alimentos), describe la reducción del consumo de agua potable utilizada en la línea de producción de papa para lograr un proceso de producción eficiente y sustentable.

El trabajo inició con un reconocimiento general de toda la línea de producción de papa, el cual consistió en determinar la cantidad de agua que se consumía por cada una de las etapas del proceso de producción de la línea. Para ello se realizó un plan de monitoreo, contemplando tres pasos fundamentales; en el primero la medición de caudal *in situ* en cada uno de los procesos. Una vez con los resultados del primer paso, se determinó la cantidad de agua potable utilizada en litros por hora y la cantidad de papa procesada en kilogramos, tomando como base la capacidad de la línea de papa en kilogramos por hora y, finalmente, se calcularon los índices de consumo de agua en cada una de los procesos, cuya relación quedó en: litros/kilogramos, un dato muy importante para utilizarlo como comparación y de eficiencia.

Por otra parte, se realizó un balance hídrico, el cual consistió en determinar las áreas con mayor consumo de agua potable y, asimismo, identificar pérdidas de agua durante todo el proceso.

Con el cálculo de los índices de consumo y el desarrollo del balance hídrico, se realizó un análisis comparativo entre los índices de consumo real

calculados y los índices de consumo estándar. Esto debido a que la línea de producción de papa se encuentra sujeta a un estándar en litros por kilogramo para cada una de las etapas del proceso y, para tres de ellos, un caudal estándar por temas de auditoría.

Se evaluó la situación del proceso de la línea de producción de papa, en relación con el uso del agua potable, y se logró determinar que gran parte de los procesos se encontraban desviados de manera muy significativa en comparación con el estándar

Como siguiente etapa, partiendo de las áreas de oportunidad debidamente identificadas, se propone la implementación de equipos de medición de agua en cada una de las etapas del proceso de producción. Con la instalación de estos equipos se logran alcanzar los índices de consumo indicados por el estándar de la línea y, por ende, el uso eficiente de agua potable para la operación.

Como parte de la sustentabilidad de la producción, se propone la implementación de un equipo recuperador de almidón, el cual es una tecnología poco usual pero que posee una gran oportunidad para el aprovechamiento del agua como reúso en otros procesos de la línea de producción como consecuencia de la separación del almidón del agua.

Finalmente, se propone la implementación de hojas de control, apoyados por un plan de monitoreo diario, capacitación a operadores líderes de la línea y auxiliares del proceso, de tal forma que permita crear cultura de eficiencia y sustentabilidad.

OBJETIVOS

General

Reducir el consumo de agua potable en la línea de producción de papa de una fábrica de productos alimenticios para un proceso de producción eficiente y sustentable.

Específicos

1. Identificar las etapas del proceso de producción que utilizan agua potable.
2. Determinar qué etapas del proceso de producción tienen un incremento en el consumo de agua potable.
3. Utilizar las mejores prácticas para el uso eficiente del agua.
4. Lograr un desempeño ambiental en la utilización eficiente del consumo de agua potable.
5. Desarrollar un proceso de producción más limpio, planteando oportunidades de mejora, reducción de insumos y aumento de productividad.
6. Promover la incorporación de tecnologías limpias, que permitan alcanzar los estándares ambientales.

7. Minimizar la contaminación ambiental reduciendo el consumo de agua potable.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el agua es uno de los insumos más utilizados en las industrias, principalmente en aquellas destinadas a la fabricación de productos alimenticios. Durante los procesos de producción de estas industrias, el agua interviene en su mayoría; sin embargo, no forma parte del producto final y viene a formar parte de las materias residuales de producción que son desechadas y que muchas veces se generan en cantidades excesivas.

Como consecuencia de las cantidades excesivas de materia residual, específicamente del consumo de agua potable utilizada en los procesos de producción, se generan impactos ambientales negativos, y, por ende, la sustentabilidad de la producción se ve afectada. Asimismo, un mal aprovechamiento de los recursos e insumos empleados, principalmente el agua potable, origina procesos ineficientes.

El consumo de agua potable hoy en día tiene una falta de atención, sobre todo en las grandes industrias que no poseen una gestión ambiental adecuada en sus procesos y que únicamente se dedican a la producción masiva. Sin embargo, existen industrias que sí lo poseen, pero buscan la mejora continua, a través de cambios operacionales, tecnologías más limpias y eficientes que se encuentren en sintonía con la sustentabilidad de la producción y la eficiencia de la misma.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Descripción de la empresa

Fábrica de Productos Alimenticios René y Cía. S.C.A., es orgullosamente una empresa guatemalteca, que forma parte del Grupo Frito Lay International.

1.1.1. Historia

- 1961

Año cuando el Sr. René Menéndez, los hermanos Nashin y Enrique Misshan se asocian para formar la empresa René Menéndez y Compañía, la cual se ubicó en la 11 av., entre 3ª. y 4ª. calle de la zona 1 de la ciudad de Guatemala. En este mismo año se inician operaciones de forma manual y de distribución local, siendo los primeros productos, las papalinas Tip Top y el arroz inflado Rosbit.

- 1962

A finales de este año, se llega a un acuerdo con Isidoro Filler's, de origen judío y radicado en Atlanta USA, quien autoriza el uso de la marca Filler's, mediante un *royalty* para fabricar los primeros Cheez-Trix, Bacon-Crisp y el actual producto líder TorTrix. El Sr. Filler's también proporcionó una freidora de chicharrón, la que operó hasta el 2000 y tres freidores en herradura con sus extrusores para Tor-Trix. La fábrica se traslada a la 21 calle entre 11 y 12 avenidas de la zona 1, en la ciudad de Guatemala.

- 1965

El 8 de agosto de este año se forma la empresa Productos Alimenticios René, S.A. Este mismo año se incorpora la marca Carimba, fabricante de manías, plátano y papa frita, mediante la compra de la misma a la familia de Vilma Rivera. Esta fábrica operó en un edificio a inmediaciones de la terminal de buses de la zona 4.

- 1966

Se adquiere la primera empacadora automática, una Profit Maker, la cual para 2001, aun se utilizaba para empacar bolsas familiares.

- 1968

La corporación Beatrice Food, opera la empresa desde 1968 hasta 1988, utilizando las mismas marcas Fillers y Carimba.

- 1975

Productos Alimenticios René, S.A se traslada a su actual edificio en la calzada San Juan 34-01 de la zona 7 en la ciudad de Guatemala, con el propósito de ampliar su capacidad de operación en cuanto a bodega de materia prima, bodega de producto terminado, área de fabricación y servicios para sus colaboradores.

- 1985

La fábrica Carimba se traslada de su edificio en las cercanías de la terminal de buses de la zona 4, al edificio de Productos Alimenticios René, S.A.

- 1988

Este año, la operación pasa a ser dirigida por la corporación Savoy Brands, perteneciente al importante grupo Polar, el cual manejaba las marcas establecidas.

- 1998

Se da la unión estratégica entre Savoy Brands y Frito Lay entre varios países de la región para conformar Snaks Latín América.

- 2005

Este año se instalaron nuevas líneas de producción, entre ellas la línea de plátano que fue traída de Honduras.

- 2008

El grupo PepsiCo toma posesión de Productos Alimenticios René, S.A y en la actualidad siguen creciendo en muchos países con la variedad de sus productos en el mercado.

1.1.2. Ubicación

Fábrica de Productos Alimenticios René y Cía. S.C.A. se encuentra actualmente en la calzada San Juan, 34-01 de la zona 7 de la ciudad de Guatemala.

1.1.3. Misión

Ser la primera empresa de productos de alimentación y bebidas de conveniencia. Esforzarse por ofrecer valor a los inversores a la vez que proporcionar oportunidades de crecimiento y enriquecimiento a los empleados,

socios comerciales y a las comunidades en las que se desarrollan operaciones. En todo lo que hace la empresa, lucha por la honestidad, la justicia y la integridad.

1.1.4. Visión

Poner en marcha iniciativas que beneficien a la sociedad y comprometerse a crear valor para el accionista convirtiendo PepsiCo en una empresa verdaderamente sostenible.

1.1.5. Valores

Fábrica de Productos Alimenticios René y Cía. S.C.A., se caracteriza por ser una empresa seria y eficiente, con muchos valores que rigen su día a día.

- Crecimiento sostenido

Es fundamental para motivar y medir el éxito. Buscarlo estimula la innovación, agrega valor a los resultados y ayuda a entender cómo las acciones que hoy se toman impactan en el futuro. Se entiende como el crecimiento de las personas y el desempeño de la compañía. Otorga prioridad para hacer la diferencia y lograr que las cosas sucedan.

- Personas capaces y facultadas

Se concede libertad para actuar y pensar en formas que hagan sentir que sí se han realizado las actividades, y que son congruentes con los procesos corporativos, considerando las necesidades de la compañía.

1.1.6. Principios

Fábrica de Productos Alimenticios René y Cía. S.C.A., se caracteriza por tener los siguientes principios:

- Cuidar a sus clientes, consumidores y al mundo
- Vender solo productos de los que se pueda estar orgullosos
- Hablar con honestidad y franqueza
- Balance a corto y largo plazo
- Ganar con diversidad e inclusión
- Respetar a los demás y obtener el éxito

1.2. Producción

La producción de Fábrica de Productos Alimenticios René y Cía. S.C.A. es masiva, alcanzando en promedio durante los últimos 5 años 35 a 40 toneladas de producción anualmente. Por ser la planta producción que abastece los países de toda Centroamérica, es orgullosamente conocida a nivel global PepsiCo, como el HUB de Centroamérica. Las materias primas y las líneas de producción para la fabricación de los productos se detallarán en los siguientes capítulos.

1.2.1. Materias primas principales

Maíz amarillo: esta materia prima es utilizada principalmente para la fabricación de TorTrix y Doritos, importada de Estados Unidos de América y, en ocasiones, obtenida en el mercado local.

Papa: es utilizada especialmente para la elaboración de Lay's originales y Lay's Max. Generalmente, se obtiene del mercado local y en ocasiones es importada de Canadá.

Aceite vegetal: esta materia prima se utiliza en un 85 % de los procesos de producción de la planta. La función primordial de esta materia prima es realizar la fritura del producto.

Cal: es utilizada únicamente para realizar el cocimiento del maíz, específicamente en el área de las marmitas.

Sémola de maíz: materia prima utilizada en el área de extruidos para fabricar los productos: Cheetos, Fritos y Crunchy.

Plátano: materia prima utilizada para la fabricación del producto: Caribas, el cual consiste en rodajas de plátano. Dicha materia prima es obtenida en el mercado local.

Harina de papa: se utiliza para la elaboración del producto: Hula Hoop (anillos de papa).

Almidón de papa: forma parte del producto Hula Hoop, ya que tanto la harina como el almidón, se unen para formar una sola mezcla.

Manía: utilizada para fabricar el Chocomax, el cual es manía cubierta con chocolate.

Pellet: piel de cerdo deshidratada utilizada para la elaboración del chicharrón criollo, los sabritones y crujitos.

1.2.2. Líneas de producción

La planta está conformada por tres plataformas de producción, las cuales consisten en plataforma de maíz, papa y extruidos. Cada una compuesta por líneas de producción para la fabricación de los diversos productos. Adicionalmente, cuenta con una línea de producción de plátano, Pellet-Hula y de manía.

1.2.2.1. Línea de tortilla

Líneas de producción donde la materia prima principal es el maíz y la cal, esta última para el pelado del maíz. En estas líneas se fabrican los tradicionales TorTrix y Doritos con los distintos y únicos sabores que los caracterizan en el mercado.

1.2.2.1.1. Línea CC 1500

El nombre de esta línea de producción proviene de sus siglas Corn Chip (CC) y se conoce técnicamente así ya que su capacidad de operación es de 1 500 libras de producto de maíz por hora. El producto que se elabora es el tradicional TorTrix.

1.2.2.1.2. Línea DTC 2000

Dorito Tortilla Chip (DTC) es una línea de producción que posee operaciones similares a la anterior, la única diferencia es que las hojuelas crudas pasan a través del horno y son secadas en ambas caras para, posteriormente, realizar la fritura. Su capacidad de operación es de 2 000 libras

de producto de maíz por hora. El producto que se elabora en esta línea de producción es el Dorito.

1.2.2.1.3. Línea CC 2000

Línea similar a la CC 1 500, la diferencia radica en la capacidad de operación, que es 2 000 libras de producto de maíz por hora. El producto elaborado es el tradicional TorTrix.

1.2.2.1.4. Línea CC 3000

Actualmente, es la línea más grande de la planta de producción, ya que su capacidad de operación es de 3 000 libras de producto de maíz por hora. Así como las líneas de producción CC 1 500 y CC 2 000, el producto que se elabora en esta línea de producción también es el TorTrix.

1.2.2.2. Líneas de papa (PC-10)

Como su nombre lo indica, es la línea de producción que fabrica los productos hechos a base de papa. Se conoce técnicamente a nivel mundial como PC-10 *Potatoe Chip* cuya capacidad de operación es de 1 000 libras horas de papa. Es una de las más grandes en cuanto a maquinaria y personal operativo de proceso. Es una de las líneas más sofisticadas y la que más agua consume en el proceso de producción. Los principales productos elaborados son: las papas Lay's originales y papas Lay's Max, cada una con su respectivo sabor.

1.2.2.3. Líneas Pellet-Hula

Línea de producción relativamente pequeña, donde la materia principal es la piel de cerdo y la harina de papa. Los productos elaborados son los famosos Hula Hoops (anillitos de papa) y Sabritones.

1.2.2.4. Área de extruidos

Líneas de producción que se caracterizan por fabricar productos a base de secciones transversales definidas y fijas, es decir, figuras. La principal materia prima es la sémola de maíz y son líneas que no utilizan agua para los procesos, únicamente para la sanitización y limpieza.

1.2.2.4.1. Líneas de fritos

Línea de producción que fabrica gran cantidad de productos para su exportación; entre ellos están los Fritos y Kachitos. Dentro de esa gama de productos se encuentra el Piconcitos, que sí forma parte del mercado local.

1.2.2.4.2. Líneas de Crunchy

Línea de producción donde el principal producto de elaboración es el Cheeto en presentación crunchy, el más crujiente, delgado y con sabor a queso.

1.2.2.4.3. Líneas de Cheetos

Línea de producción donde el principal producto de elaboración es el tradicional Cheeto. Elaborado bajo una formulación de *slurry* (condimento a base de agua y queso).

1.2.2.5. Líneas de plátano

Línea de producción muy particular, exclusivamente para la elaboración de productos hechos a base de plátano. Similar a la línea de producción de papa, debido a que las distintas etapas que componen el proceso consumen gran cantidad de agua y porque la maquinaria utilizada para el proceso es similar, como por ejemplo, las rebanadoras y la lavadora de hojuelas. La materia prima principal es el plátano ya pelado, donde posteriormente es convertido en hojuela con toques de sabor a barbacoa y barbacoa picante. Actualmente, se elabora un producto que no forma parte del catálogo de productos para la venta local. Este producto, a su vez, es exportado al país vecino de Honduras.

1.2.2.6. Líneas de maní

Una de las líneas más pequeñas de la planta de producción. El maní, como materia prima, es ingresada al proceso convirtiéndolo en un maní cubierto de chocolate. El principal producto es el tradicional Chocomax.

1.2.3. Productos



Papas Lay's



Papas Lay's Max



Tortrix



Doritos



Hula Hoops



Caribas



Cheetos



Cheetos Crunchy



Crujitos



Fritos



Sabritones



Kachitos



Piconcitos



Chicharron



Chocomax

Fuente: elaboración propia.

1.3. Ambiente

Actualmente, la empresa cuenta con el compromiso de invertir en un mejor futuro para la gente y el planeta, por lo que busca formas innovadoras de minimizar los impactos ambientales mediante el uso más eficiente de los recursos naturales.

1.3.1. Política

PepsiCo, bajo su estricta política ambiental hace énfasis en lo siguiente: conscientes de que todos los días PepsiCo depende de los recursos naturales del planeta, la promesa es minimizar el impacto de las operaciones en el ambiente, a través de innovación y del uso más eficiente de los recursos naturales. Los pilares fundamentales de la política son:

- Reducir la contaminación ambiental
- Cumplir con las leyes
- Mejorar el desempeño ambiental continuamente

1.3.2. Sustentabilidad

Para la parte de sustentabilidad, PepsiCo indica que su promesa es ser un buen ciudadano del mundo al proteger los recursos naturales del planeta a través de la innovación y el uso más eficiente de la tierra, la energía, el agua y los materiales de envase durante sus operaciones.

PepsiCo sabe que para obtener mejores resultados debe enfocarse en el cuidado y preservación de los aspectos relevantes del negocio como; agua, energía, empaque y agricultura. En este sentido, cada iniciativa implementada

está pensada y adaptada a las distintas unidades de negocio del Grupo PepsiCo, así como a los usos que se hace de cada uno de los recursos naturales durante todo el proceso, desde su origen hasta su distribución y venta. De esta forma en PepsiCo continuamente se desarrollan nuevas formas de contribuir a la construcción de un futuro más saludable para todos y para el planeta.

- Agua

En PepsiCo la estrategia y compromiso con el ahorro y el uso eficiente del agua tiene como eje central el respeto del derecho universal al vital líquido. Por esto busca preservar los recursos hídricos a través de la eficiencia en las operaciones, y el esfuerzo por lograr un balance positivo en su uso.

Se trabaja continuamente en el desarrollo e implementación de avanzadas tecnologías que permitan reducir al mínimo el requerimiento de agua en sus operaciones.

Dentro de las acciones más relevantes, PepsiCo Colombia invirtió en una planta de tratamiento de aguas residuales, que permite reutilizar hasta el 75 % del agua en la planta. También en la línea de producción de papa, la planta tiene una tecnología que permite la reutilización del agua.

- Cambio climático

Conscientes de que el uso correcto de la energía y de los combustibles se traduce en beneficios tanto para las comunidades como para la empresa, en PepsiCo se está trabajando intensamente en la implementación de acciones innovadoras para reducir el uso de los mismos, a la vez que se explora el uso de energías alternas. En 2008 PepsiCo invirtió en tecnología, como tubos solares, lo que permite la operación de la planta de Funza (Cundinamarca)

utilizar la luz solar durante periodos más largos como fuente de luz y ayuda para ahorrar energía.

Para reducir la huella de carbono de las operaciones en un 30 % en comparación con motores que funcionan con derivados del petróleo, PepsiCo invirtió para transformar algunos de los vehículos, que se utilizan para la distribución y venta de los productos, en medios de gas natural vehicular, generando ahorros en combustible.

En las operaciones se cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). También se optimiza los procesos de sanitización y de limpieza de equipos de manufactura y se instalaron equipos ahorradores de agua y de manufactura con habilidad de reuso de agua en proceso.

- Tierra y empaque

En PepsiCo se trabaja para replantear la manera en la que se cultiva, obtiene, crea, envasa y entrega los productos para minimizar su impacto en la tierra. Se cuenta con tecnologías de sellado, estandarización y optimización en los tamaños y calibres de los empaques y contenedores de producto que permiten reducir la cantidad utilizada de estos materiales.

- Con los colaboradores

Promover una transformación cultural en favor de la conservación y cuidado del agua entre los asociados mediante programas de concientización.

1.3.3. Gestión ambiental

- Cumplimiento de Ley

Para la Ley de Protección y Mejoramiento Ambiental 68-86 y Ley del Cambio Climático 7-2003, PepsiCo cuenta con una licencia ambiental, la cual certifica que dicha empresa se encuentra apta para operar.

Para el reglamento del reúso y las descargas de aguas residuales y disposición de lodos 236-2006, PepsiCo realiza un estudio técnico de aguas residuales (ETAR).

Para la política de gestión de desechos sólidos, PepsiCo cuenta con un plan de manejo integrado de desechos sólidos.

- Desechos

Actualmente la empresa genera desechos orgánicos, inorgánicos y peligrosos, los cuales tienen un plan que busca la reducción de los impactos medio ambientales.

Desechos orgánicos: son los desechos producto de los desperdicios de producto terminado o semi-procesado. Una empresa, los toma y los se los lleva una empresa que se llama La Granja y se los proporciona como alimento a cerdos de engorde.

Desechos inorgánicos: son los desechos producto del material de empaque, son utilizados para generar energía y calentar a los cerdos de engorde a través de la incineración.

Desechos sólidos: son los desechos producto del material plástico, el cual es reciclado y enviado a un proveedor, donde nuevamente será plástico.

Desechos peligrosos: este tipo de desecho es todo aquel que proviene, específicamente, del equipo de protección personal; como las cofias, mascarillas, guantes y batas. Actualmente, una empresa, llamada Ecotermo, toma posesión de estos desechos y los maneja de una forma segura y controlada.

Reciclaje:

Constantemente se mide el reciclaje dentro de la empresa, reportando cada cierto tiempo un porcentaje del mismo. Actualmente, la meta es reciclar el 90 % de los desechos. Una cierta cantidad en kilogramos de desechos reciclados se divide dentro del total de kilogramos de residuos, logrando de esta forma, medir el reciclaje.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Agua potable

Se denomina agua potable al agua que se puede consumir o beber sin que exista peligro para la salud del ser humano. Actualmente, los dos pozos propios de la empresa suministran el agua para la planta de producción y de toda la empresa en general las 24 horas al día.

2.1.1. Fuentes de abastecimiento

La fuente de abastecimiento principal de agua es mediante dos pozos, como ya se mencionó anteriormente. Las características de los pozos son las siguientes:

- 6 pulgadas de diámetro
- 2 580 metros de profundidad

Para la extracción y distribución de agua se utiliza el siguiente equipo:

- Una bomba de 60 hp: extrae el agua desde el pozo hacia la cisterna.
- Una bomba de 10 y tres de 30 hp: estas bombas se encuentran en el cuarto de máquinas. Son las encargadas de extraer el agua de la cisterna e impulsarla hacia la planta de producción.
- Sistema de tuberías: sistema por el cual se utiliza para trasladar y distribuir toda el agua en los procesos de las diferentes líneas de producción.

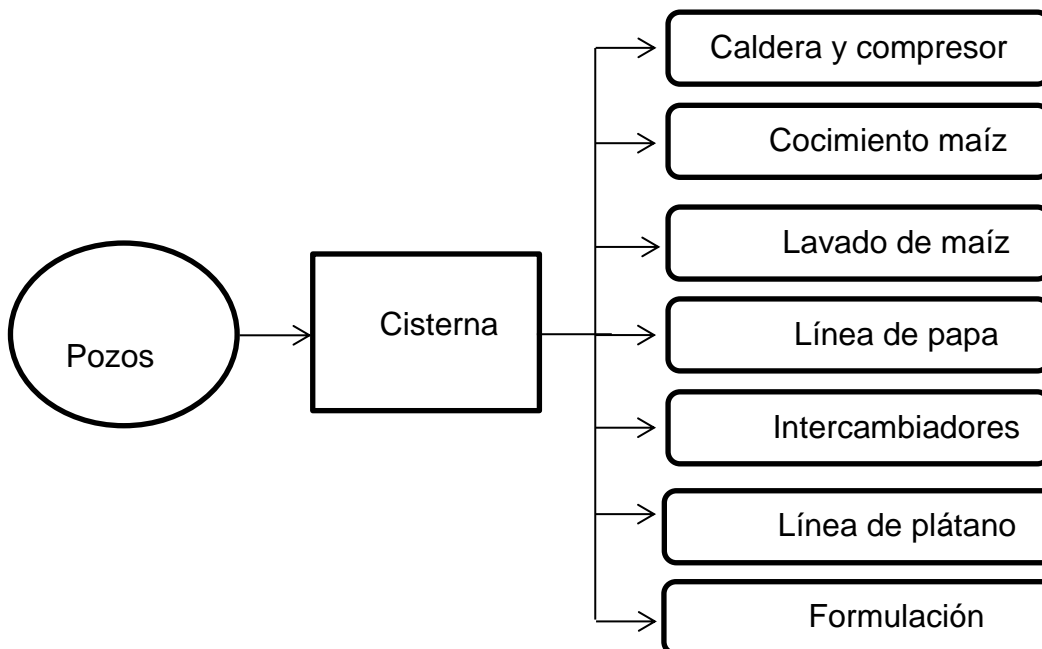
2.1.2. Consumo

Es importante conocer en dónde se consume el agua, por ello se explica a continuación.

2.1.2.1. Principal

El consumo principal de agua se da en la planta de producción, ya que el consumo interviene de forma directa en el proceso de producción. En el siguiente diagrama, se detalla los consumos principales de agua dentro de la planta.

Figura 1. **Distribución del consumo principal de agua**



Fuente: elaboración propia.

Calderas y compresores: las calderas trabajan para producir vapor, el cual es utilizado para el cocimiento del maíz. Las líneas de producción que realizan este proceso son las siguientes: CC 1500, DTC 2000, CC 2000 y CC 3000. Los compresores realizan operaciones vitales para el buen funcionamiento de maquinaria y equipos; y son utilizados para empaquetado.

Cocimiento del maíz: para el cocimiento de maíz una cantidad o medida específica es mezclada con cal y agua. Esta mezcla es cocinada con vapor caliente. El maíz cocido reposa por cierto tiempo para incrementar la humedad, suavizar los granos y aflojar la cascarilla.

Línea de papa (PC 10): es la línea de producción que más utiliza agua en el proceso.

Intercambiadores de placas: maquinaria utilizada para enfriar el aceite a través de agua fría. Debido a que las líneas de producción trabajan las 24 horas al día, es necesario que el aceite, después de ser utilizado para freír los productos, se enfríe para que pueda ser reutilizado.

Línea de plátano: es la segunda línea de producción que más utiliza agua en el proceso.

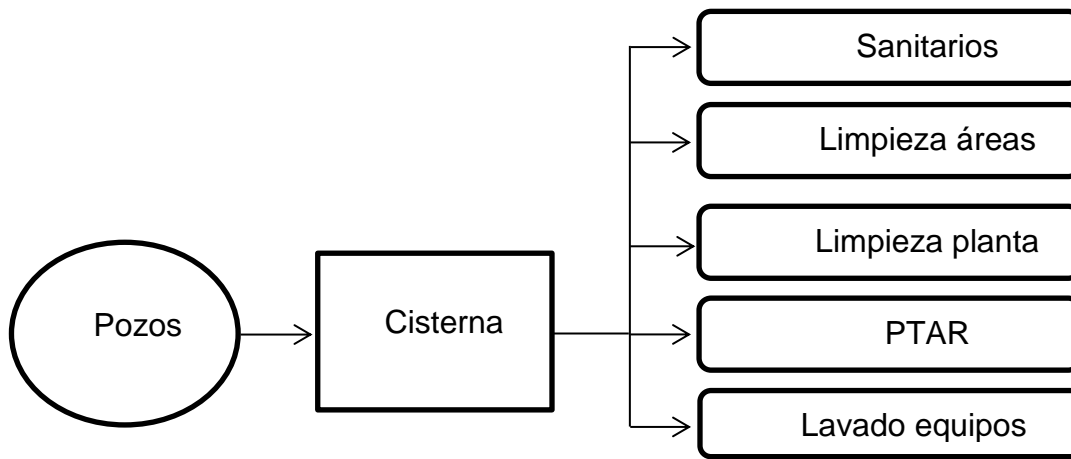
Formulación: la mezcla de fórmulas requiere de una cierta cantidad de agua para lograr un porcentaje de humedad.

2.1.2.2. Secundario

Este tipo de consumo es importante, sin embargo, no interviene de forma directa en el proceso de producción. El consumo se ve reflejado en otras áreas

de la empresa, donde es utilizado en tareas u otras actividades rutinarias. La frecuencia del consumo es variada.

Figura 2. **Distribución del consumo secundario de agua**



Fuente: elaboración propia.

Sanitarios: en los sanitarios el agua es utilizada para las operaciones básicas del mismo.

Limpieza de áreas: la limpieza de los pisos de las diferentes áreas administrativas de la empresa el agua es fundamental. Diariamente se realiza esta limpieza en las instalaciones.

Limpieza de la planta de producción: se realiza con mayor frecuencia en las áreas de cocimientos de maíz y extrusión, donde el agua es fundamental para realizar dicha limpieza.

Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR): el agua es empleada para operaciones básicas; como: sanitarios, laboratorio, limpieza y jardinería.

Lavado de equipos: debido a que las líneas de producción operan las 24 horas al día es necesario que los equipos se encuentren en las mejores condiciones. La inocuidad de los alimentos es fundamental.

2.2. Línea de papa (PC-10)

Es una de las líneas de producción más sofisticadas que existen dentro de la planta de producción. En esta línea se producen básicamente dos productos:

- Papas Lays
- Papas Max

Las papas Lays son hojuelas lisas y delgadas, las papas Max son hojuelas onduladas y mucho más gruesas; cada una con su respectivo sabor, el cual es disfrutado por los consumidores como una boquita crujiente. La línea de producción de papa es también conocida como PC-10.: *Potatoe* Chip. La capacidad de producción de la misma es de 1 000 libras por hora, lo que es equivalente a 454 kilogramos por hora de base frita. La base frita es todo el producto que sale después del freidor.

2.2.1. Materia prima

La principal materia prima que la línea utiliza para la fabricación de los productos es 100 % papa natural. Además de ello, se utiliza aceite vegetal para freír la hojuela, sazonado que es una fórmula previamente elaborada para darle

sabor a la hojuela según el producto que se esté fabricando. Este sazonado puede ser sabor sal yodada, crema, especias y queso con cebolla.

2.2.2. Descripción de las etapas del proceso de producción

La línea de producción consta de varios procesos y maquinaria, contemplados en diferentes etapas, las cuales están directamente relacionadas con la calidad del producto terminado, ya que en ellas los operarios de proceso tienen la habilidad para efectuar con responsabilidad los procedimientos y la operación de la maquinaria. Las etapas de producción con sus respectivos procesos están descritas a continuación.

2.2.2.1. Etapa de lavado

La etapa de lavado es el inicio del proceso de producción, la papa cruda, a través de una serie de operaciones en la maquinaria, ingresa y es procesada para el respectivo lavado con agua potable. Los procesos correspondientes a esta etapa se muestran a continuación:

2.2.2.1.1. Bodega de papa

Bodega donde la papa cruda proveniente de los camiones y es ingresada para su almacenamiento.

2.2.2.1.2. Tolva principal

Es un cuarto que almacena cierta cantidad de papa cruda, después de que esta haya ingresado desde la bodega de papa. Dicho cuarto se encuentra a temperatura ambiente de tal forma que permita que la papa cruda no se descomponga.

2.2.2.1.3. Destoner/Hidrolift

Son dos máquinas que físicamente se encuentran unidas, sin embargo, cada una de ellas realiza un proceso diferente. El Destoner lava con abundante agua la papa cruda que cae de la tolva principal. El Hidrolift, por su parte, recibe la papa cruda ya lavada del Destoner y con una pieza mecánica en forma de espiral y con agua, eleva la papa hacia la etapa de pelado.

2.2.2.2. Etapa de pelado

Etapa donde el principal procedimiento o proceso es el pelado de la papa cruda ya lavada. En ella se encuentra la primera tarea realizada por los operarios de proceso; la maquinaria, por su parte, realiza procesos automáticos programados por los mismos operarios.

2.2.2.2.1. Pelado

Para el pelado de la papa cruda ya lavada, es utilizada una peladora, la cual consta de rodillos abrasivos y en forma senoidal y cepillos. Al momento del pelado cuatro espreas arrojan agua en forma de abanico a una alta presión dentro de la peladora. El uso de agua es indispensable en este proceso.

2.2.2.2.2. Mesa de corte

En la mesa de corte se encuentran cuatro operarios de proceso, su tarea consiste en realizar un corte a la papa ya pelada. Para realizar el corte utilizan un molde, el cual les permite ingresar la papa y observar el tamaño de la misma; si la papa entra al molde, no necesita corte, si no entra, entonces sí.

2.2.2.2.3. Tolva secundaria

Es un recipiente que contiene cierto volumen de agua, este recibe la papa que cae de la mesa de corte. La función principal es almacenar la papa durante cierto tiempo con agua y acomodarla para el siguiente proceso.

2.2.2.2.4. Banda inclinada

Se encuentra dentro de la tolva secundaria, su función principal es trasladar la papa en ciertas porciones hacia arriba, donde se encuentra el siguiente proceso.

2.2.2.2.5. Iso Flo

Máquina especial que tienen como función principal, separar en dos caminos la papa que viene de la banda inclinada, esto debido a que el siguiente proceso consta de dos rebanadoras.

2.2.2.3. Etapa de rebanado

Etapa donde la papa es convertida en hojuela, posteriormente a ello es lavada.

2.2.2.3.1. Rebanadoras

La papa es convertida en hojuela a través de las rebanadoras, las cuales son dos. Las rebanadoras son una especie tipo tambor que por dentro contiene cuchillas muy filosas. El uso de agua es indispensable en este proceso, es por ello que ambas rebanadoras cuentan con una alimentación de agua por encima

y otra por los lados a través de unas pequeñas y delgadas mangueras de color azul.

2.2.2.3.2. Flume

El Flume es un recipiente en forma de trapecio que utiliza agua recirculada. La función principal del Flume es retirar el almidón de la papa ya rebanada y transportarla al siguiente proceso en constante remojo.

2.2.2.3.3. Lavadora

La papa ya rebanada y sin almidón, es lavada con barras de espreas por encima y por los costados. Al mismo tiempo es trasladada al siguiente proceso mediante una banda transportadora. La lavadora es el equipo que utiliza agua para su funcionalidad.

2.2.2.3.4. Tolva de desperdicio

Tanque donde se almacena todo el desperdicio que deja el rebanado de la papa justo después de salir de la lavadora. Por otra parte, existe un equipo denominado "AirSweep", el cual es una succionadora de aire que se encarga de secar la hojuela inmediatamente después de salir de la lavadora. De esta succión surgen los pedazos de papa que ingresan a la tolva de desperdicio. La utilización de agua es importante, ya que a través de ella, todo el desperdicio es removido.

2.2.2.4. Etapa de freído

Durante esta etapa se realiza el freimiento de la hojuela con aceite vegetal, se sazona con sabores, según el producto que se esté fabricando y se empaca.

2.2.2.4.1. Freidor

Su principal función es freír la hojuela que sale de la lavadora, utiliza aceite vegetal para realizar dicho freimiento.

2.2.2.4.2. Mesa de selección

En la mesa de selección se encuentran 2 o 4 operarios, esto depende del turno. Su función principal es seleccionar las hojuelas que, por alguna u otra razón, salen quemadas o bien, no se alinean con los estándares de calidad establecidos para la hojuela de papa.

2.2.2.4.3. Sazonado

El sazonado lo realiza una máquina denominada Tombler. En ella ingresa la papa y con ayuda de movimientos giratorios, sazona ambas caras de la hojuela. La sazón es preparada con anterioridad a través de la mezcla de varios sacos de condimentos.

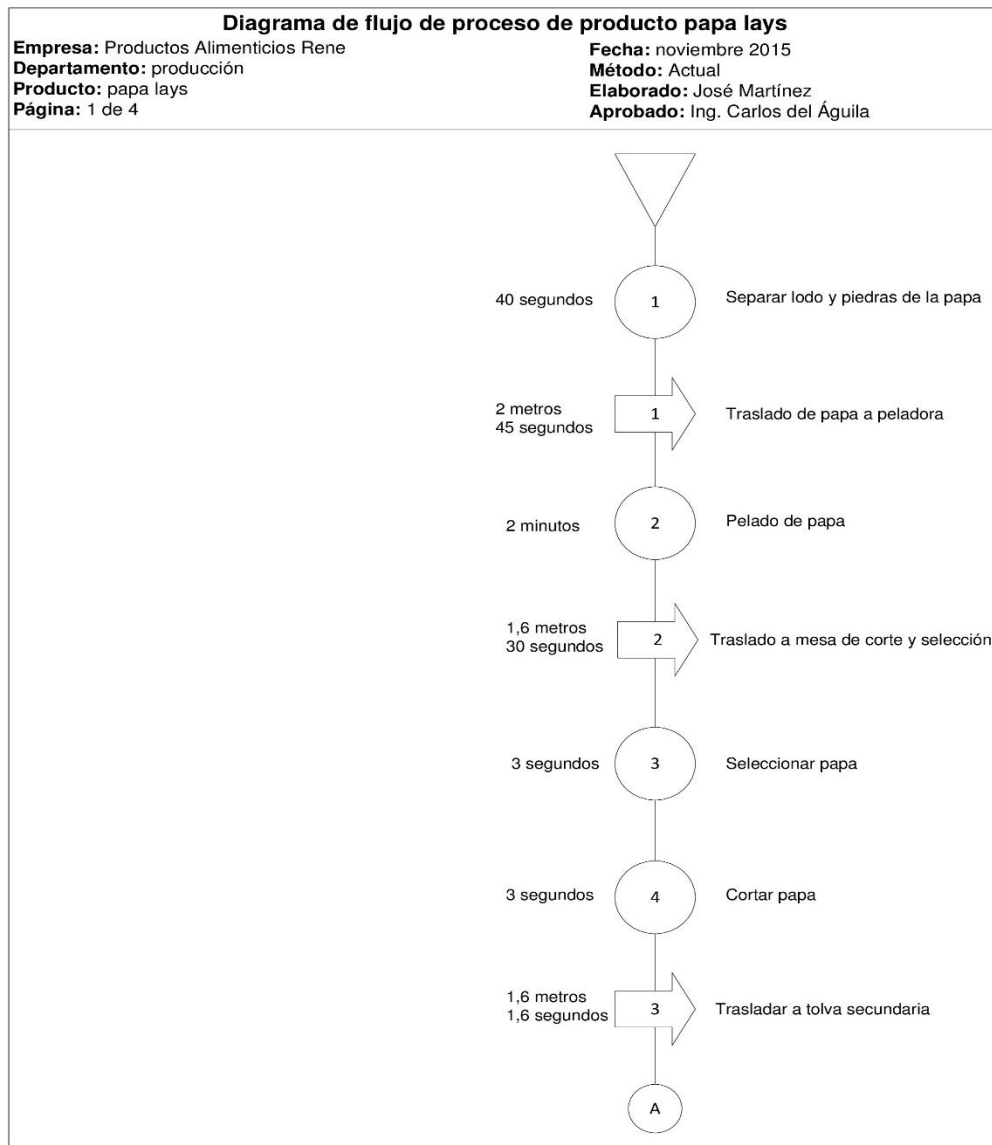
2.2.2.4.4. Empaque

Se realiza el respectivo empaque de las hojuelas de papa con material de empaque (Film).

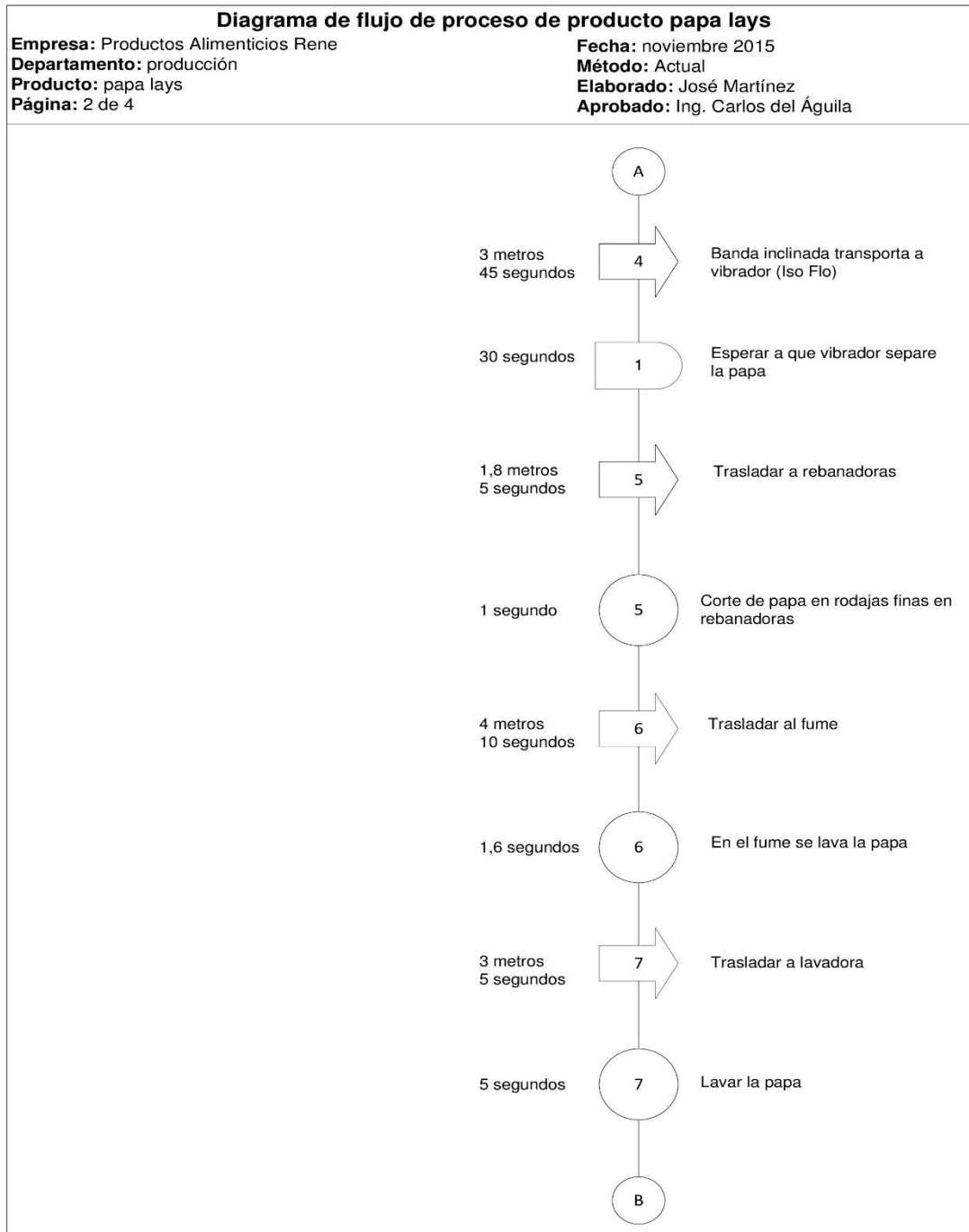
2.2.3. Diagrama de flujo del proceso

A continuación, se presenta gráficamente el proceso de la línea de papa.

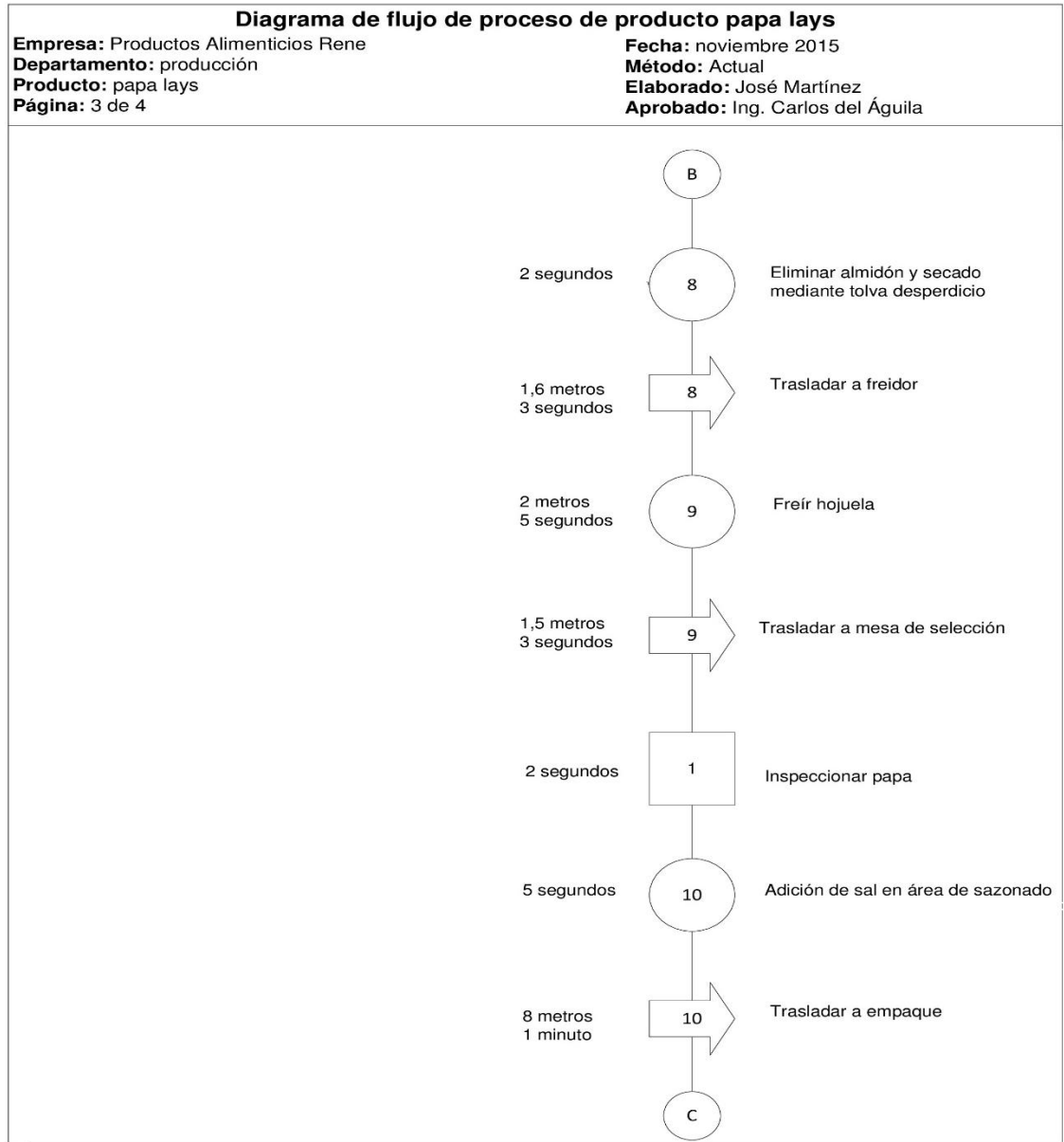
Figura 3. Diagrama de flujo de proceso línea de papa



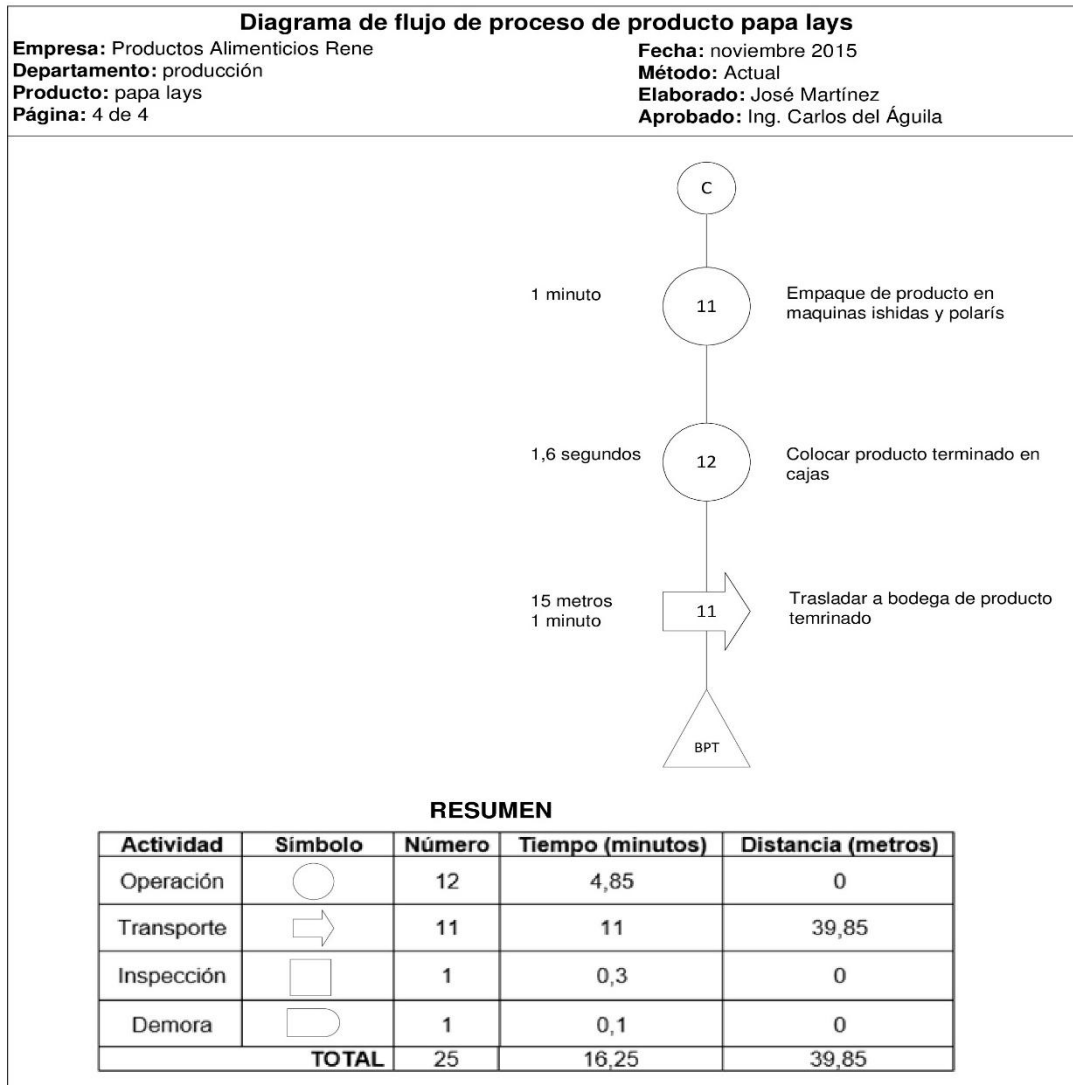
Continuación de figura 3.



Continuación de figura 3.



Continuación de figura 3.

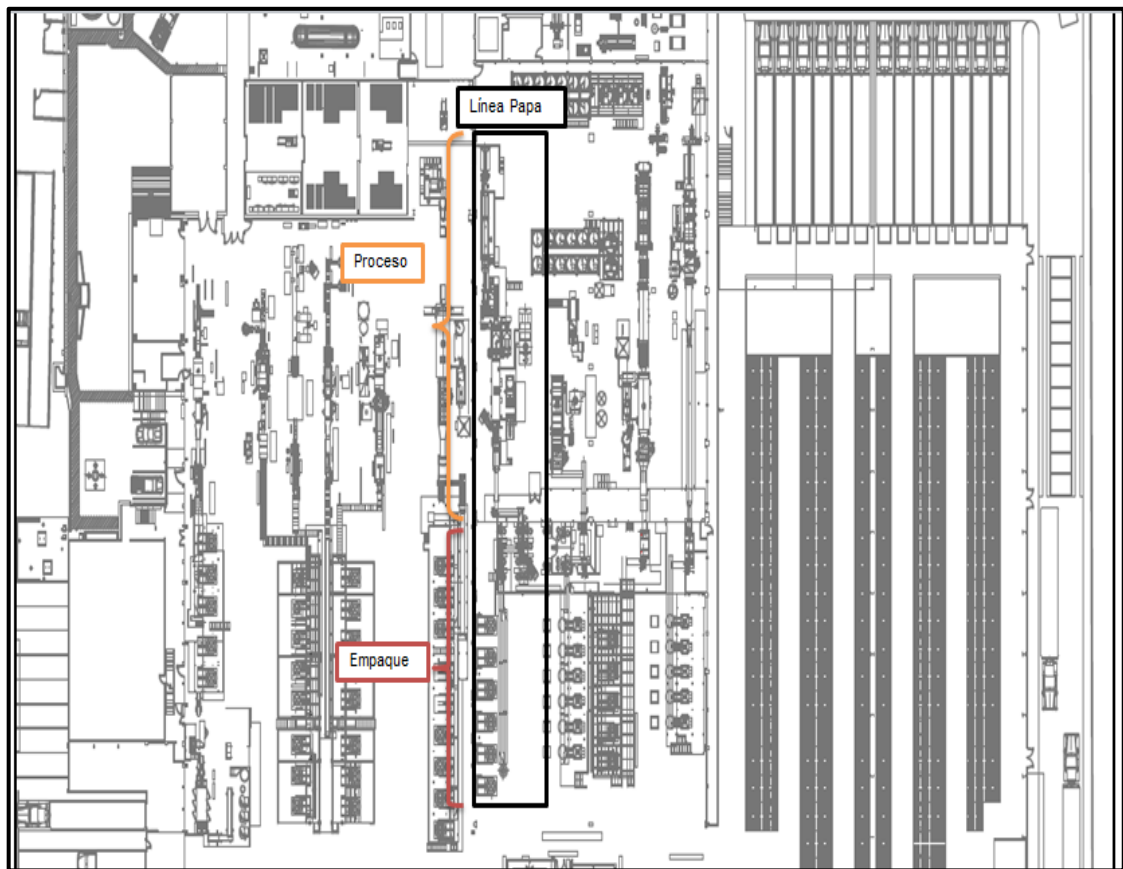


Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Distribución de la línea

La línea de producción de papa se encuentra distribuida como se muestra en la siguiente figura.

Figura 4. Distribución de la línea de papa



Fuente: fábrica de productos alimenticios René.

2.2.5. Uso de agua en el proceso de producción

En los siguientes recuadros, donde se muestra por etapas de producción, conjuntamente con cada uno de los procesos correspondientes, se detalla la utilización o no de agua potable.

2.2.5.1. Etapa de lavado

A continuación, se detallan los procesos de utilización de agua para la etapa de lavado.

Tabla I. **Uso de agua en etapa de lavado**

Etapa lavado		
Proceso	Uso de agua	Descripción
Bodega de papa	No	No utilización de agua
Tolva principal	No	No utilización de agua
Destoner / Hidrolift	Si	Lavado de papa cruda

Fuente: elaboración propia.

2.2.5.2. Etapa de pelado

A continuación, se detallan los procesos de utilización de agua para la etapa de pelado.

Tabla II. **Uso de agua en etapa de pelado**

Etapa pelado		
Proceso	Uso de agua	Descripción
Pelado	Si	Al momento del pelado, la papa es lavada mediante espreas
Mesa de corte	Si	Espreas arrojan agua en forma de abanico
Tolva secundaria	Si	Almacena la papa pelada con agua
Banda inclinada	Si	Se arroja agua al momento de transportar la papa
Iso Flo	No	No utilización de agua

Fuente: elaboración propia.

2.2.5.3. **Etapa de rebanado**

A continuación, se detallan los procesos de utilización de agua para la etapa de rebanado.

Tabla III. **Uso de agua en etapa de rebanado**

Etapa rebanado		
Proceso	Uso de agua	Descripción
Rebanado	Si	Dos rebanadoras utilizan agua para el rebanado de la papa
Flume	No	Agua recirculada de la lavadora
Lavadora	Si	Lavado de papa rebanada
Tolva de desperdicio	Si	Remover del desperdicio

Fuente: elaboración propia.

2.2.5.4. Etapa de freído

A continuación, se detallan los procesos de utilización de agua para la etapa de freído.

Tabla IV. **Uso de agua en etapa de freído**

Etapa freído		
Proceso	Uso de agua	Descripción
Freidor	No	No utilización de agua
Mesa de selección	No	No utilización de agua
Sazonado	No	No utilización de agua
Empaque	No	No utilización de agua

Fuente: elaboración propia.

Aproximadamente un 45 % de la línea de producción de papa utiliza agua potable. Dentro de este porcentaje está incluida la etapa de freído, la cual no representa consumo alguno de agua, obviamente. Sin embargo, al descartar esta etapa, la línea de producción de papa realmente utiliza alrededor del 58 % de agua. Lo cual establece una mayor visibilidad en cuanto al consumo de agua dentro del proceso de producción e indica que es la principal línea consumidora de este recurso hídrico.

2.2.6. Control de agua en el proceso

El control de agua en el proceso de producción de la línea de papa no es el apropiado. Existen equipos de medición de alta calidad, sin embargo, se regulan manualmente de acuerdo con las indicaciones del encargado de la línea, quien es el único, junto con un pequeño porcentaje de los operadores de proceso de la línea, que conoce sobre los estándares establecidos.

Además, no existe un único encargado de llevar el control de agua, es decir, que regule llaves de paso de agua, verifique los rotámetros y electroválvulas, tenga hojas de control y que tenga un tiempo definido para la verificación del consumo de agua en la línea de producción.

- **Electroválvulas**

Las electroválvulas son dispositivos diseñados para controlar el flujo de un fluido. Están diseñadas para utilizarse con agua, gas, aire, gas combustible, vapor entre otros. Pueden estar fabricadas en latón, acero inoxidable o tubería de pvc. Dependiendo del fluido en el que se vayan a utilizar, así es el material de la válvula. Actualmente son utilizadas para agua y son de acero inoxidable. No cuentan con un programa de mantenimiento y no son verificadas para determinar si su funcionamiento es correcto.

Llaves de paso de agua: controlan el paso o no de agua en las tuberías. Varias de estas llaves se encuentran en las diferentes etapas y procesos de producción de la línea.

2.2.6.1. Equipos de medición

Los equipos de medición que se encuentran en la línea de producción son los siguientes:

- **Rotámetros**

Este equipo de medición de flujo de agua, se encuentra instalado en la etapa de rebanado, específicamente en las rebanadoras y en la lavadora.

2.2.6.1.1. Evaluación

Los equipos de medición de agua de la línea no se encuentran calibrados. Tampoco existe un plan o una gestión de calibración para estos equipos. Debido al tiempo que estos llevan en la línea, factores como el sarro los ha afectado, principalmente a los rotámetros; impidiendo que su funcionalidad sea la correcta.

2.2.6.2. Registros de consumo de agua

Dentro de los registros de consumo de agua se encuentran los que aparecen en la tabla V, sin embargo, no están completos, lo que significa que en ciertas etapas del proceso no se cuentan con los registros respectivos debido a que no se han realizado mediciones. Cabe destacar que los registros son anticuados, y no se tiene una actualización.

Tabla V. **Registros de consumo de agua por proceso**

Cantidad	Operación	Galones / min	Litros/ min
1	Destoner	5	20
1	Peladora	13,5	52
1	Mesa corte	0	0
2	Rebanadora	4	15
1	Lavadora	20	77
Total de agua		51,5	199

Fuente: entrevista con el jefe de la línea de producción de papa.

Por lo que la cantidad de galones de agua totales por hora es de: 3 090, siendo esto 74 160 galones por día. Ambos datos resultan de multiplicar el total

de agua (51,5 galones/min) por 60 y 24 respectivamente. Para este registro se obtuvieron 510 kilogramos de base frita de producción.

2.2.6.3. Índices de consumo

Los índices son uno de los parámetros que se utilizan para medir la eficiencia y el rendimiento de cualquier actividad productiva. Para establecer los índices de consumo, específicamente de agua, es necesario utilizar la cantidad de kilogramos de base frita producidas. La base frita es la hojuela que sale después del freidor, siendo esto el producto terminado.

Los índices de consumo de agua de la línea de producción de papa permiten dar una visibilidad sobre cómo se encuentran la línea en cuanto a la utilización de agua por cada kilogramo de base frita. El objetivo de los índices es utilizarlos para establecer la eficiencia de la línea, de tal forma que permitan determinar acciones que conlleven a la sustentabilidad de la producción.

Tomando como base el total de agua del registro actual, específicamente en galones/hora, y la cantidad de kilogramos por hora de base frita, se aplica la relación galones por hora/ kilogramos de base frita por hora, como se muestra a continuación:

$$\text{Índice consumo} = \frac{3\,090 \text{ galones/hora}}{510 \text{ Kg de base frita/hora}} = 6,06 \frac{\text{galones}}{\text{Kg de base frita}}$$

Por lo tanto, 6,06 galones de agua son utilizados para producir un kilogramo de base frita, lo mismo que decir 22,72 litros por kilogramo.

2.2.7. Recirculación de agua en el proceso

Es importante mencionar que dentro de la línea existe sistema de recirculación de agua. Sin embargo, se da en una etapa del proceso.

Dicha etapa es la de rebanado, la cual dentro de uno de sus procesos se encuentra el Flume, recipiente en forma trapecio que tiene como función principal retirar el almidón de la papa ya rebanada y transportarla al siguiente proceso a través de un constante remojo por medio de agua recirculada. Se le denomina recirculada, ya que es agua que proviene de la lavadora, proceso que se encuentra posteriormente.

2.2.8. Plan de monitoreo

La línea de producción de papa cuenta con datos específicos sobre el consumo de agua que debe utilizarse en algunos de los procesos. Sin embargo, no existe un dato específico sobre el uso total de agua en toda la línea. Es por tal razón que no existe un plan de monitoreo adecuado y concreto que permita de alguna u otra forma establecer los lineamientos en los cuales se debe trabajar el consumo de agua potable, tomando en cuenta los estándares establecidos.

2.2.9. Estándar de agua

El estándar de agua para la línea de producción de papa es el siguiente:

Tabla VI. **Estándar de agua PC-10**

Operación unitaria	Estándar
	Lt/Kg - BF
Halver	0,00
Destoner/Hidrolift	2,75
Tolva secundaria	0,40
Peladora	4,17
Cabezal rebanadora (2)	2,34
Lavado rebanadas	8,37
USO TOTAL AGUA	18,03

Fuente: jefe de la línea de producción de papa.

Cabe mencionar que por auditorías en la línea de producción de papa se consideran los siguientes flujos de agua potable en ciertos procesos:

Tabla VII. **Flujo de agua PC-10**

Operación unitaria	GPM
Peladora	12
Cabezal rebanadora (2)	4
Lavado rebanadas	20

Fuente: entrevista al jefe de la línea de producción de papa.

2.3. **Planta de tratamiento de agua residual industrial**

La planta de tratamiento de la empresa es de tipo fisicoquímica dedicada al tratamiento de agua residual industrial. A la planta de tratamiento llega toda el agua que se utiliza en los procesos de producción (consumos primarios) y consumos secundarios. Para el consumo secundario, específicamente los sanitarios, el agua utilizada tiene tratamiento en una pequeña planta doméstica

de tratamiento de agua, en la cual se lleva un proceso simple para, posteriormente, realizar la descarga en el colector municipal.

En la planta de tratamiento de agua residual se aplican diversos químicos para neutralizar el agua y separar lodos para su posterior descarga en el colector municipal. Debido a la estricta política de gestión ambiental, la empresa busca cumplir todos los requerimientos legales del ambiente en materia de aguas residuales, mediante el tratamiento de agua utilizado en sus procesos.

2.3.1. Agua residual industrial

Es el agua utilizada en los procesos de producción, sin embargo, no forma parte del producto terminado. Debido a que es una empresa dedicada a la fabricación de alimentos, el agua utilizada en la producción generalmente es para lavar y cocer el maíz, para lavar y procesar la papa y el plátano.

2.3.2. Tratamiento

El tratamiento del agua utilizada en los procesos de producción consta de tres fases. La primera fase inicia cuando el agua es depositada en un tanque de homogenización, donde a través de bombas sumergibles el agua es impulsada hacia la unidad de flotación, denominada fase dos. En esta fase los lodos flotan y son trasladados hacia los tanques de lodos y, posteriormente, son llevados a un filtro banda, la cual comprime los lodos en una masa para su descarga final en un camión de volteo.

En la tercera fase, el agua casi sin lodos es trasladada a un reactor de acondicionamiento y a otro reactor biodigestor. En el primero el agua es almacenada, para que posteriormente ingrese al reactor biodigestor. En dicho

reactor, una especie de bacterias se encarga de consumir las partículas diminutas de lodo existentes. El objetivo final de la planta de tratamiento es neutralizar el Ph del agua residual industrial, de tal forma que permita cumplir con los requerimientos legales del ambiente.

2.3.2.1. Operación

La operación de la planta es de manera automática. Actualmente, la planta opera las veinticuatro horas al día, exceptuando los días en que no hay producción o los días de asueto. En la operación de la planta se determina, mediante tableros digitales, caudales de entrada y caudales de salida, la cantidad en galones por minuto o metros cúbicos por hora del flujo de agua residual. Asimismo, indican los niveles de acides o alcalinidad del agua.

2.3.2.2. Químicos utilizados

Coagulante: se utiliza para separar los sólidos del agua de proceso provenientes de la planta de producción; estos sólidos generalmente son cal o pequeñas migajas de maíz. Las características de este químico son: incoloro, olor característico, y estado líquido.

Floculante: una vez aislados los sólidos del agua, el floculante los une en lodos para formar un tipo de masa en donde la filtro banda los desecha a un camión de volteo. El floculante es un polímetro de forma granular de color blanco que se pone en maduración en un equipo para que a través de un proceso pueda pasar a la forma líquida.

Ácido sulfúrico e hidróxido de sodio: el ácido sulfúrico se utiliza para estabilizar el Ph cuando el agua se encuentra muy alcalina ($\text{Ph} \geq 8$). Y el

hidróxido de sodio se usa cuando el agua que entra a la planta de tratamiento se encuentra muy acida ($\text{Ph} \leq 6$), ambos químicos se utilizan según el caso que se presente.

2.3.3. Agua postratamiento

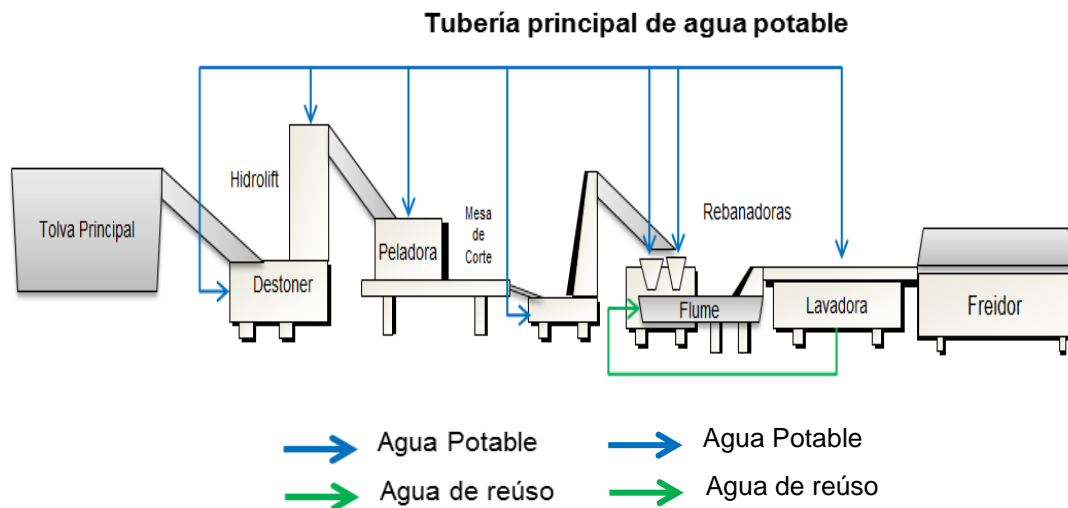
La disposición final del agua, después de pasar por todo el proceso para neutralizarla, es el alcantarillado público o colector municipal. Para los próximos se estará construyendo otra fase para la planta de tratamiento que permita la reutilización del agua.

3. PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PAPA

3.1. Mapa de flujo de consumo de agua

Para determinar la propuesta, es importante proporcionar un mapa de flujo de consumo de agua, el cual muestre con detalle la intervención del agua en cada uno de los procesos de las distintas etapas de las cuales está compuesta la línea de producción, ya que este tipo de mapas permitirá una mayor visibilidad sobre las áreas de oportunidad de las propuestas por implementar.

Figura 5. Mapa de flujo de consumo de agua



Fuente: elaboración propia.

3.2. Recirculación de agua por proceso

Se parte de que los procesos de recirculación de agua inician con el reuso de agua de un proceso para ser utilizado en otro. Dentro de las propuestas por implementar para la reducción del consumo de agua potable en la línea de producción de papa se destacan las siguientes:

- Reuso de agua del proceso de la lavadora en el proceso del Destoner/Hidrolift.

El agua de reuso será aquella que ha sido recuperada del proceso de la lavadora y será procesada por un equipo recuperador de almidón para reducir su concentración de sólidos y ser enviada a los procesos del Destoner e Hidrolift.

3.3. Monitoreo de consumo de agua

Por otra parte, otra de la propuesta es desarrollar un plan de monitoreo sobre el consumo de agua en cada uno de los procesos de la línea de producción de papa a través de la instalación o cambio de equipo de medición, de tal forma que permitan identificar las desviaciones en cuanto al consumo y desarrollar mejor la propuesta que ayude al uso óptimo de agua potable en la línea de producción de papa.

El plan de monitoreo sobre el consumo de agua actual de la línea, considera las características de producción, la metodología por emplear para la puesta en marcha del monitoreo, la asignación de recursos y finalmente la ejecución de la medición. Esto, permitirá un mayor entendimiento sobre el

comportamiento acerca del consumo de agua y un mayor enfoque sobre las áreas de oportunidad.

3.3.1. Características de producción

Es importante determinar y conocer las principales características de producción de la línea de producción de papa. Con esto, se podrá desarrollar un plan de monitoreo sobre el consumo de agua real acordes con los planes de producción y demás eventualidades de operación.

Dentro de las principales características de producción de la línea se pueden mencionar las siguientes:

- Producción en línea.
- Producción por pedidos.
- Paros programados por cambios de producto.
- Por lo general, la producción está sujeta a un máximo de 21 horas diarias y de 22 días al mes.

3.3.2. Metodología para la medición

La metodología para realizar la medición se basará en lo descrito a continuación:

- Paso 1: realizar mediciones *in situ* del caudal de agua en cada una de las etapas del proceso de la línea de papa para identificar las áreas de oportunidad. Es importante mencionar que si el proceso cuenta con medidor de flujo de agua, deberá regularse a como lo indica el estándar

según la tabla VII, para asegurar que, efectivamente, se tiene un flujo de agua correcto.

- Paso 2: determinar la cantidad de agua utilizada en litros por hora y la cantidad de papa procesada en kilogramos por hora. Para esta última, se empleará 454 kg/hora (capacidad de la línea) para cada una de las etapas del proceso.
- Paso 3: con los pasos 1 y 2, determinar los índices de consumo para cada una de las etapas del proceso de producción, esto es la relación de los litros de agua potable consumidos y los kilogramos de papa procesados.

El objetivo que se pretende con los tres pasos anteriormente descritos, es lograr un balance de consumo de agua en la línea de producción y así mismo obtener gráficos de consumo de agua.

3.3.3. Asignación de recursos

La mayor parte de los recursos que serán utilizados para llevar a cabo los estudios sobre el consumo de agua potable en la línea de producción de papa a través de la metodología de aforo son bastantes sencillos y de fácil obtención. Mismos que se detallan a continuación:

- Cubetas de plástico con medición de agua en litros
- Cronómetro
- Bolsas plásticas
- Mangueras plásticas

Otro de los recursos importantes y fundamentales para poder llevar a cabo el monitoreo es un programa denominado “Vantage Point”, un software utilizado en la planta de producción para la medición de agua en línea para cada una de las líneas de producción. Este programa detalla el consumo de agua a la entrada de cada una de las líneas, específicamente de la línea de producción de papa, la cual es la línea objetivo.

3.3.4. Monitoreo

Los datos obtenidos al momento de realizar el monitoreo, a partir de la metodología y asignación de recursos, se detallarán de la siguiente forma:

- Línea: monitoreo sobre el caudal de agua utilizado en la línea de producción.
- Etapas del proceso: monitoreo sobre el caudal de agua utilizado en cada una de las etapas del proceso.

3.3.4.1. Línea

- Paso 1: se obtuvieron los datos sobre el consumo de agua potable de la línea de producción de papa gracias al programa “Vantage Point” y se estableció un consumo de agua promedio.

Tabla VIII. **Litros consumidos de agua potable en línea de papa**

Mes	Agua (litros)
Enero	6 847 070,00
Febrero	6 662 800,00
Marzo	6 779 670,00
Abril	5 660 500,00
Mayo	5 685 680,00
Junio	5 979 450,00

Continuación de tabla VIII

Julio	8 145 020,00
Agosto	6 454 950,00
Promedio	6 526 892,50

Fuente: Vantage Point, Fábrica de productos alimenticios René.

- Paso 2: se obtuvieron los datos sobre los kilogramos de papa procesados en la línea de producción gracias al sistema SAP y se estableció un promedio de producción en kilogramos.

Tabla IX. **Kilogramos producidos en línea de papa**

Mes	Producción (Kg)
Enero	254 129,42
Febrero	228 664,06
Marzo	243 464,03
Abril	172 547,33
Mayo	207 462,51
Junio	231 201,23
Julio	237 101,99
Agosto	219 338,09
Promedio	224 238,58

Fuente: Sistema SAP, Fábrica de productos alimenticios René.

- Paso 3: se determinaron los índices de consumo por mes a través de la relación de los litros consumidos de agua potable y los kilogramos producidos por la línea de producción de papa:

Ejemplo:

Índice de consumo: enero = $6\ 847\ 070,00 / 254\ 129,42 = 26,94$ lt/kg

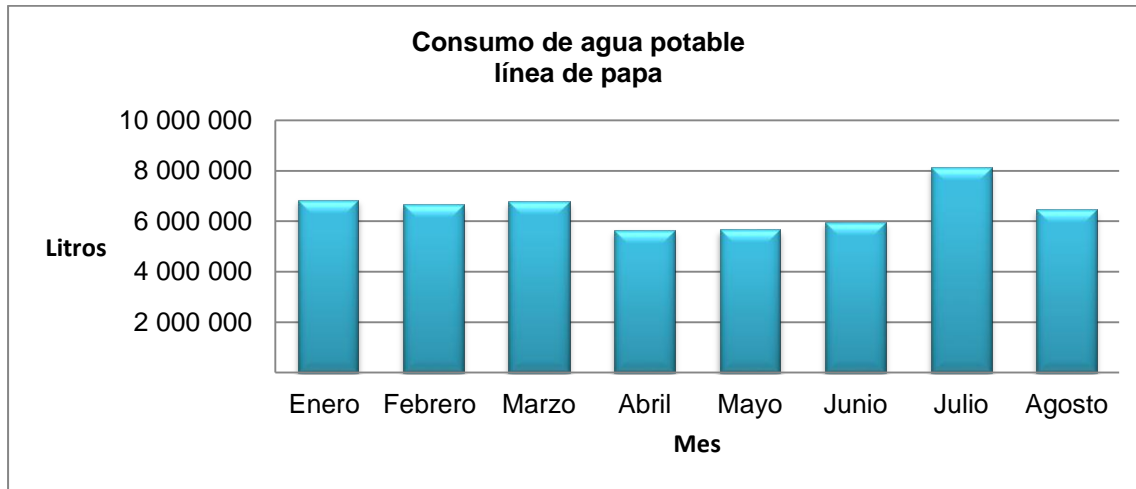
Asimismo, se estableció un índice de consumo promedio y finalmente se obtuvieron gráficos de comportamiento sobre el consumo de agua potable y los índices de consumo.

Tabla X. **Índices de consumo línea de papa**

Mes	Agua (litros)	Producción (Kg)	Índice de consumo (lt/kg)
Enero	6 847 070,00	254 129,42	26,94
Febrero	6 662 800,00	228 664,06	29,14
Marzo	6 779 670,00	243 464,03	27,85
Abril	5 660 500,00	172 547,33	32,81
Mayo	5 685 680,00	207 462,51	27,41
Junio	5 979 450,00	231 201,23	25,86
Julio	8 145 020,00	237 101,99	34,35
Agosto	6 454 950,00	219 338,09	29,43
Promedio	6 526 892,50	224 238,58	29,22

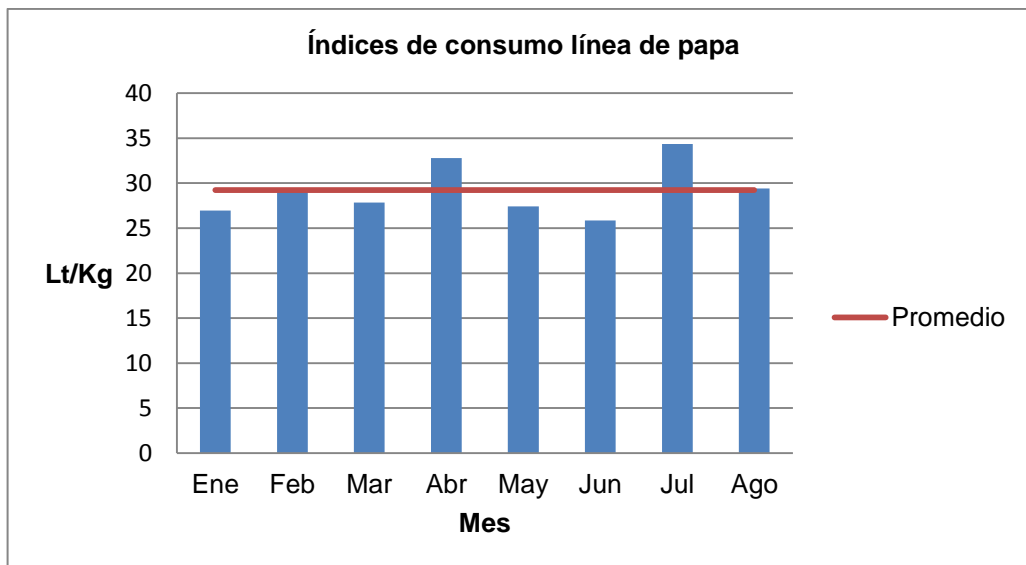
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Consumo de agua potable línea de papa



Fuente: Vantage Point, fábrica de productos alimenticios René.

Figura 7. Índices de consumo línea de papa



Fuente: elaboración propia.

3.3.4.2. Etapas del proceso

Cabe mencionar que, para realizar las mediciones sobre el consumo de agua potable en cada una de las diferentes etapas del proceso, fue necesario que la línea de producción se encontrara detenida, puesto que es una línea sujeta a 21 horas promedio diarias de producción. Sin embargo, a consecuencia de un lavado y un paro programado en la línea de producción por dos días, fue posible realizar estas mediciones.

- Etapa de lavado

Para la etapa de lavado, el único proceso que utiliza agua en su operación es el Destoner e Hidrolift.

- Paso 1: se determinó el caudal promedio de agua potable para el Hidrolift & Destoner a través de la toma de tiempos de llenado de un recipiente de 24 litros.

Tabla XI. Caudal de agua potable en Hidrolift & Destoner

Día	Etapa	Lavado		
	Proceso	Hidrolift & Destoner		
	Medición	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)	Litros / minuto
1	1	30,32	24,00	47,49
	2	30,31	24,00	47,51
	3	30,15	24,00	47,76
	4	30,22	23,00	45,67
	5	30,27	23,00	45,59
2	1	30,24	24,00	47,62
	2	30,14	24,00	47,78
	3	30,18	24,00	47,71

Continuación de tabla XI

2	4	30,26	23,00	45,60
	5	30,25	23,00	45,62
	Promedio	30,23	23,60	46,84

Fuente: elaboración propia.

- Paso 2: los kilogramos de papa procesada son de 454 kilogramos por hora y debido a que el caudal promedio está dado en litros por minuto, se realizará la conversión a litros por hora sabiendo que:

$$1 \text{ hora} = 60 \text{ minutos}$$

$$\text{Hidrolift \& Destoner} = 46,84 \text{ lt/min} * 60 \text{ min/hr} = 2\ 810,40 \text{ litros por hora}$$

- Paso 3: se determinó el índice de consumo a través de la relación de los litros consumidos de agua potable y los kilogramos producidos:

$$\begin{aligned} \text{Índice de consumo Hidrolift \& Destoner} &= (2\ 810,40 \text{ lt}) / 454 \text{ kg} = \\ &6,19 \text{ lt/kg} \end{aligned}$$

Tabla XII. **Resumen caudal de agua etapa lavado**

Etapa	Proceso	Caudal (lt/hora)	Índice consumo (lt/kg)
Lavado	Hidrolift & Destoner	2 810,40	6,19
Total		2 810,40	6,19

Fuente: elaboración propia.

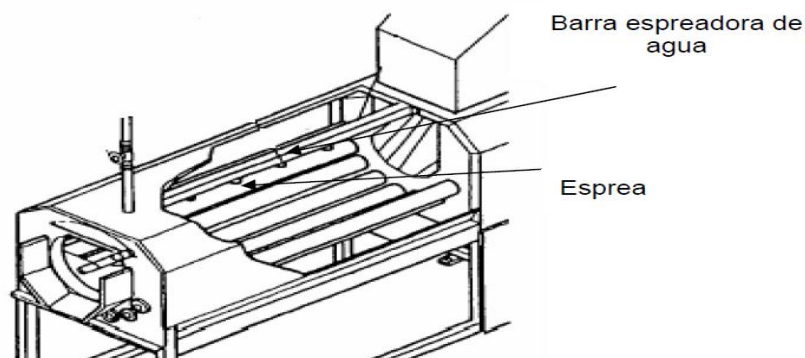
- Etapa pelado

Para la etapa de pelado, los procesos que utilizan agua en su operación son la peladora, mesa de corte, tolva secundaria y banda inclinada. Sin embargo, la medición se realizó únicamente para la peladora y tolva secundaria, puesto que para el resto de los procesos el agua fue deshabilitada.

Peladora

- Paso 1: se determinó el caudal promedio de agua potable para la Peladora a través de las espreas. En ellas se colocaron bolsas plásticas y luego se vertió el agua en un recipiente con medida para determinar la cantidad de agua arrojada por cada una de ellas en un tiempo determinado.

Figura 8. **Peladora de papa**



Fuente: Fábrica de productos alimenticios René *Manual básico para operarios*, página 88.

Figura 9. **Medición de caudal en espreas de la peladora**



Fuente: investigación propia.

Tabla XIII. **Caudal de agua potable en la peladora**

Día	Etapa	Pelado		
	Proceso	Peladora		
	Esprea	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)	Litros / minuto
1	1	30,01	8,00	15,99
	2	30,48	8,00	15,75
	3	30,48	9,00	17,72
	4	30,22	8,00	15,88
2	1	30,30	8,00	15,84
	2	30,41	8,00	15,78
	3	30,35	9,00	17,79
	4	30,05	8,00	15,97
	Promedio	30,29	8,25	16,34

Fuente: elaboración propia.

- Paso 2: los kilogramos de papa procesada son de 454 kilogramos por hora y debido a que el caudal promedio por cada esprea está dado en litros por minuto y puesto que la peladora cuenta con 4 espreas, se realizará la conversión sabiendo que:

$$1 \text{ hora} = 60 \text{ minutos}$$

Una esprea peladora = $16,34 \text{ lt/min} * 60 \text{ min/hr} = 980 \text{ litros por hora}$

Total espreas peladora = $980 * 4 = 3\,920 \text{ litros por hora}$

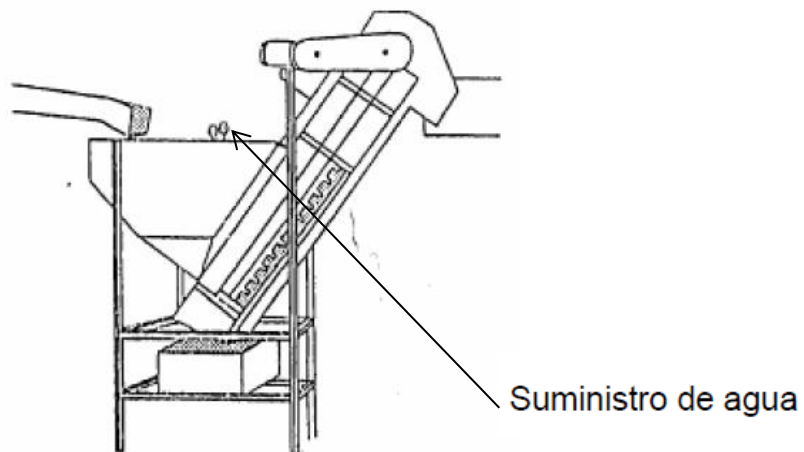
- Paso 3: se determinó el índice de consumo a través de la relación de los litros consumidos de agua potable y los kilogramos producidos:

$$\text{Índice de consumo peladora} = (3\,920 \text{ lt}) / 454 \text{ kg} = 8,63 \text{ lt/kg}$$

Tolva secundaria

- Paso 1: se determinó el caudal promedio de agua potable de la tolva secundaria a través de la toma de tiempos de llenado de un recipiente de dos litros.

Figura 10. Tolva secundaria



Fuente: Fábrica de productos alimenticios René. *Manual básico para operarios*, página 89

Tabla XIV. Caudal de agua potable en la tolva secundaria

Día	Etapa	Pelado		
	Proceso	Tolva Secundaria		
	Medición	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)	Litros / minuto
1	1	40,00	2,00	3,00
	2	40,05	2,00	3,00
	3	40,10	2,00	2,99
	4	40,90	2,00	2,93
	5	41,00	2,00	2,93
2	1	40,08	2,00	2,99
	2	40,70	2,00	2,95
	3	41,00	2,00	2,93
	4	40,75	2,00	2,94
	5	39,98	2,00	3,00
	Promedio	40,46	2,00	2,97

Fuente: elaboración propia.

- Paso 2: los kilogramos de papa procesada son de 454 kilogramos por hora y debido a que el caudal promedio está dado en litros por minuto, se realizará la conversión a litros por hora sabiendo que:

$$1 \text{ hora} = 60 \text{ minutos}$$

$$\text{Tolva secundaria} = 2,97 \text{ lt/min} * 60 \text{ min/hr} = 178 \text{ litros por hora}$$

- Paso 3: se determinó el índice de consumo a través de la relación de los litros consumidos de agua potable y los kilogramos producidos:

$$\text{Índice de consumo tolva secundaria} = (178 \text{ lt}) / 454 \text{ kg} = 0,39 \text{ lt/kg}$$

Tabla XV. **Resumen caudal de agua etapa pelado**

Etapa	Proceso	Caudal (lt/hora)	Índice consumo (lt/kg)
Pelado	Peladora	3 920,00	8,63
	Tolva secundaria	178,00	0,39
Total		4 098,00	9,02

Fuente: elaboración propia.

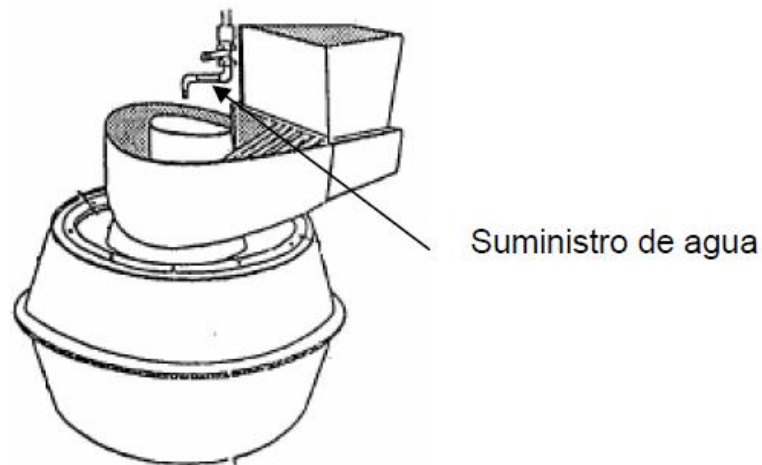
- Etapa rebanado

Para la etapa de rebanado, los procesos que utilizan agua potable en su operación son las rebanadoras y lavadora.

Rebanadoras

- Paso 1: se determinó el caudal promedio de agua potable para las dos rebanadoras a través de la colocación de recipientes con medida en litros debajo de ellas para determinar la cantidad de agua arrojada por cada una. Se reguló el medidor de flujo a 2 galones por minuto para cada una de las rebanadoras.

Figura 11. **Rebanadora**



Fuente: Fábrica de productos alimenticios René *Manual básico para operarios*, pagina 91.

Figura 12. **Medición de caudal en rebanadoras**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Caudal de agua potable en rebanadora 1**

Día	Etapa	Rebanado		
	Proceso	Rebanadoras 1		
	Rebanadora 1	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)	Litros / minuto
1	1	60,08	12,00	11,98
	2	60,50	13,00	12,89
	3	59,98	12,00	12,00
	4	60,10	12,00	11,98
	5	60,00	12,00	12,00
		Promedio	60,13	12,30
2	1	60,30	13,00	12,94
	2	60,06	12,00	11,99
	3	59,95	12,00	12,01
	4	60,01	13,00	13,00
	5	60,35	12,00	11,93
		Promedio	60,13	12,30

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Caudal de agua potable en rebanadora 2**

Día	Etapa	Rebanado		
	Proceso	Rebanadoras 2		
1	Rebanadora 2	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)	Litros / minuto
	1	60,08	22,00	21,97
	2	60,50	23,00	22,81
	3	59,98	22,00	22,01
	4	60,10	22,00	21,96
	5	60,00	22,00	22,00
	Promedio	60,13	22,00	21,95
2	1	60,30	22,00	21,89
	2	60,06	22,00	21,98
	3	59,95	21,00	21,02
	4	60,01	22,00	22,00
	5	60,35	22,00	21,87
	Promedio	60,13	22,00	21,95

Fuente: elaboración propia.

- Paso 2: los kilogramos de papa procesada son de 454 kilogramos por hora y debido a que el caudal promedio está dado en litros por minuto para cada una de las rebanadoras, se realizará la conversión a litros por hora sabiendo que:

$$1 \text{ hora} = 60 \text{ minutos}$$

$$\text{Rebanadora 1} = 12,27 \text{ lt/min} * 60 \text{ min/hr} = 736,2 \text{ litros por hora}$$

$$\text{Rebanadora 2} = 21,95 \text{ lt/min} * 60 \text{ min/hr} = 1\ 317 \text{ litros por hora}$$

$$\text{Total rebanadoras} = 2\ 053,20 \text{ litros por hora}$$

Realizando la conversión a galones por minuto, para realizar una comparación respecto de lo que indica el medidor de flujo, se obtiene que:

Total rebanadoras = 2 053,20 litros por hora
2 053,20 litros por hora / 3,785 galones = 9,04 galones por minuto

Por lo tanto, ambas rebanadoras se encuentran un poco más que el doble de lo que solicita el estándar de auditoría para el flujo de agua, el cual es de cuatro galones por minuto.

- Paso 3: se determinó el índice de consumo a través de la relación de los litros consumidos de agua potable y los kilogramos producidos:

Índice de consumo rebanadora 1 = $(736,2 \text{ lt}) / 454 \text{ kg} = 1,62 \text{ lt/kg}$

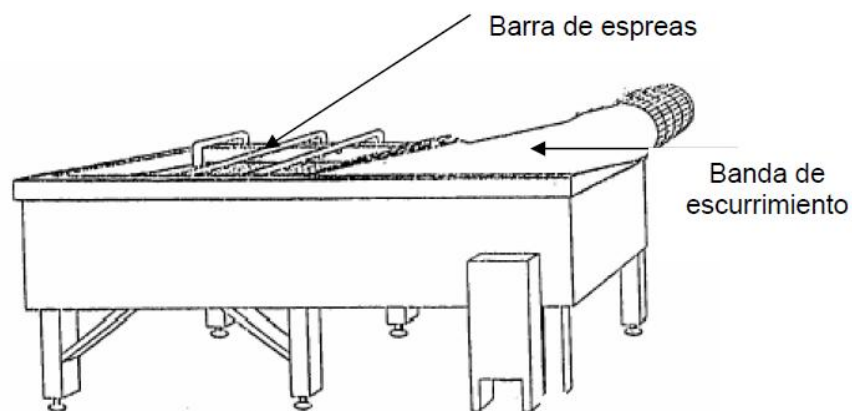
Índice de consumo rebanadora 2 = $(1\ 317 \text{ lt}) / 454 \text{ kg} = 2,90 \text{ lt/kg}$

Índice de consumo total rebanadoras = $4,52 \text{ lt/kg}$

Lavadora

- Paso 1: se determinó el caudal promedio de agua potable para la lavadora a través de las espreas. En ellas se colocaron bolsas plásticas y luego se vertió el agua en un recipiente con medida para determinar la cantidad de agua arrojada por cada una de ellas en un tiempo determinado. Se reguló el medidor de flujo a 20 galones por minuto.

Figura 13. Lavadora de papa



Fuente: Fábrica de Productos Alimenticios René .Manual básico para operarios, página 92 .

Tabla XVIII. Caudal de agua potable en lavadora

Día	Etapa	Rebanado		
	Proceso	Lavadora		
	Esprea	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)	Litros / minuto
1	1	30,05	42	83,86
	2	30,12	41	81,67
	3	30,09	42	83,75
	4	30,13	42	83,64
2	1	30,1	41	81,73
	2	30,12	42	83,67
	3	30,11	42	83,69
	4	30,08	40	79,79
	Promedio	30,10	51,125	82,72

Fuente: elaboración propia.

- Paso 2: los kilogramos de papa procesada son de 454 kilogramos por hora y debido a que el caudal promedio está dado en litros por minuto para la lavadora de papa, se realizará la conversión a litros por hora sabiendo que:

$$1 \text{ hora} = 60 \text{ minutos}$$

$$\text{Lavadora} = 82,72 \text{ lt/min} * 60 \text{ min/hr} = 4\,963,45 \text{ litros por hora}$$

Realizando la conversión a galones por minuto, para realizar una comparación respecto de lo que indica el medidor de flujo, se obtiene que:

$$\text{Total lavadora} = 4\,963,00 \text{ litros por hora}$$

$$4\,963,00 \text{ litros por hora} / 3,785 \text{ galones} = 21,85 \text{ galones por minuto}$$

Por lo tanto, la unidad lavadora se encuentra un 1,85 galones por minuto de más respecto de lo que solicita el estándar de auditoria para el flujo de agua, el cual es de 20 galones por minuto.

- Paso 3: se determinó el índice de consumo a través de la relación de los litros consumidos de agua potable y los kilogramos producidos:

$$\text{Índice de consumo lavadora} = (4\,963,45 \text{ lt}) / 454 \text{ kg} = 10,93 \text{ lt/kg}$$

Tabla XIX. **Resumen caudal de agua etapa rebanado**

Etapa	Proceso	Caudal (lt/hora)	Índice consumo (lt/kg)
Rebanado	Rebanadoras	2 053,20	4,52
	Lavadora	4 963,45	10,93
Total		8 167,20	15,45

Fuente: elaboración propia.

3.4. Análisis de consumo

Partiendo de los consumos de agua potable por proceso, como se indica en la siguiente tabla, se determina que los procesos que más utilizan agua son los de la lavadora y los de la peladora.

Tabla XX. **Análisis de consumo agua potable**

Etapa	Proceso	Caudal (lt/hora)	Contribución sobre consumo total (%)
Lavado	Hidrolift & Destoner	2 810,40	20,18
Pelado	Peladora	3 920,00	28,15
	Tolva Secundaria	178	1,27
Rebanado	Rebanadoras	2 053,20	14,74
	Lavadora	4 963	35,64
Freído		0	0
Total		13 925,05	100

Fuente: elaboración propia.

Ambos procesos, lavadora y peladora, representan el 35,64 % y 28,15 % respectivamente. Seguidamente del Hidrolift & Destoner que representan el 20,18 %, las rebanadoras el 14,74 % y la tolva secundaria un 1,27 % sobre el total del consumo de agua potable.

3.4.1. Balance hídrico

Un balance hídrico mide las cantidades de dicho recurso que entran en un proceso y la producción que se genera como resultado de ese proceso. Una de las leyes básicas establece que el total de agua entrante deberá ser equivalente al total saliente.

3.4.1.1. Entrada

Partiendo de la tabla IX, se establece que el consumo de agua potable que entra a la línea de producción de papa mensual es 6 526 892,50 litros de agua potable al mes en promedio. Considerando 21 horas diarias y 22 días de producción.

3.4.1.2. Etapas del proceso

Establecidos los consumos de agua potable por proceso, como se indica en la siguiente tabla, se procede a realizar el balance hídrico en el proceso de la línea de producción de papa. Esto, para determinar si los caudales por proceso dan como resultado el caudal de entrada (calculado anteriormente).

Tabla XXI. Consumo de agua real por proceso

Etapas	Proceso	Caudal (lt/hora)
Lavado	Hidrolift & Destoner	2 810,40
Pelado	Peladora	3 920,00
	Tolva secundaria	178
Rebanado	Rebanadoras	2 053,20
	Lavadora	4 963
Freído		0
Total		13 925,05

Fuente: elaboración propia.

Sabiendo que el consumo de agua real es de 13 925,05 litros por hora, y que la producción está sujeta a 21 horas diarias de producción con 22 días de trabajo al mes, se establece el consumo de agua en el proceso de la siguiente forma:

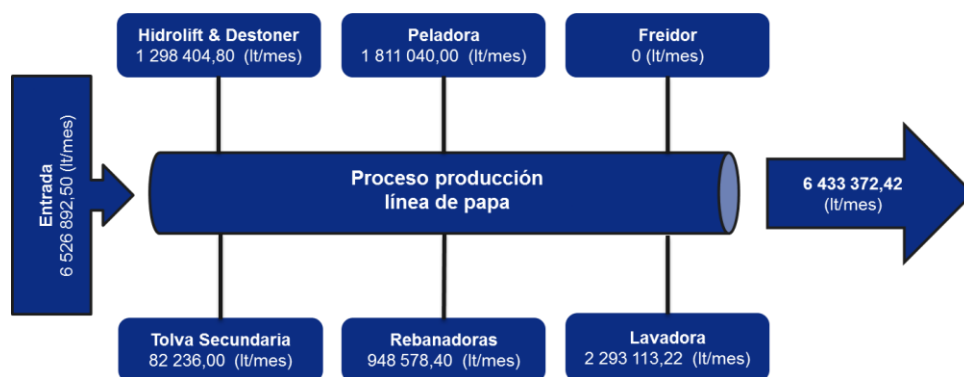
$$\text{Consumo de agua potable real mensual} = (13\ 925,05) \times (21 \text{ horas}) \times (22 \text{ días}) = 6\ 433\ 372,42 \text{ litros / mes}$$

El balance por proceso evidencia que el consumo de agua potable es muy cercano al consumo de agua potable que entra a la línea de producción.

3.4.1.3. Salida

Con los consumos de agua potable a la entrada de la línea de producción promedio y los caudales de agua por cada una de los procesos de la línea de producción de papa, se presenta un diagrama que esquematiza el consumo real anteriormente descrito.

Figura 14. Diagrama balance hídrico



Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que existe una pérdida de 1,45 % de agua potable durante el proceso. Esto se debe a la adherencia del agua en la papa durante el proceso.

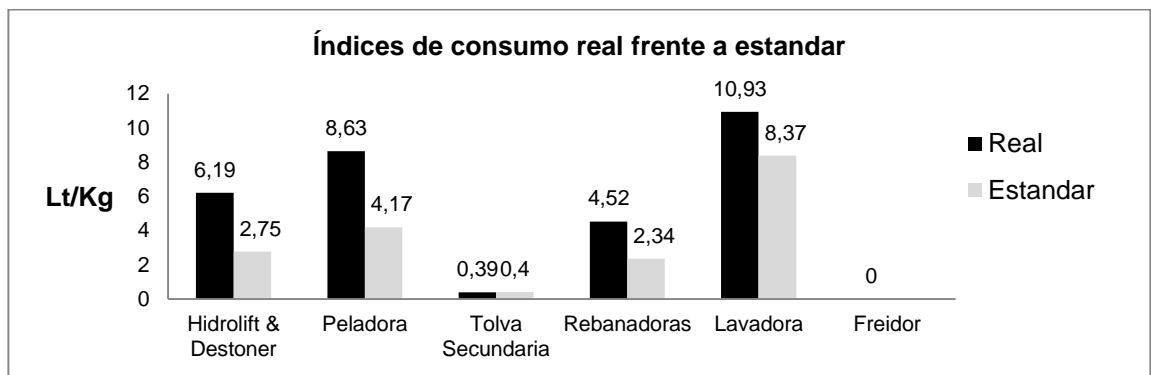
3.4.1.4. Índices de consumo

Los índices de consumo, que anteriormente fueron calculados en el paso número 3 para cada uno de los procesos de producción de la línea de papa, son parámetros fundamentales que determinan la eficiencia sobre el consumo de agua utilizado por cada kilogramo de producto elaborado.

El objetivo de estos parámetros consiste en determinar o establecer si existe diferencia o desviación alguna con el estándar de la línea, partiendo de un análisis sobre los índices de consumo para cada uno de los procesos considerando el consumo de agua a la entrada, en el proceso y a la salida de la línea de producción, como se observa en el balance hídrico.

En la siguiente gráfica, se esquematiza los índices de consumo por cada uno de los procesos comparado con el estándar.

Figura 15. Índices de consumo



Fuente: elaboración propia.

3.5. Análisis de resultados

A partir del análisis de consumo de agua potable realizado, el balance hídrico y a raíz de la metodología implementada para determinar los índices de consumo por proceso, partiendo del estándar sobre el consumo de agua de la línea de producción de papa, el cual se encuentra detallado en la tabla VI, para poder llevar a cabo una comparación con los resultados obtenidos, se determinó lo siguiente:

Tabla XXII. Análisis de consumo real frente a estándar

Etapas	Proceso	Caudal (lt/hora)	Índice consumo real (lt/kg)	Estándar (lt/kg)
Lavado	Hidrolift & Destoner	2 810,40	6,19	2,75
Pelado	Peladora	3 920,00	8,63	4,17
	Tolva secundaria	178	0,39	0,40
Rebanado	Rebanadoras	2 053,20	4,52	2,34
	Lavadora	4 963	10,93	8,77
Freído		0	0	NA
Total		13 925,05	30,66	18,03

Fuente: elaboración propia.

En cada una de las etapas del proceso de producción de la línea de papa, existe una desviación significativa entre los índices de consumo real y el estándar de la línea, y, por ende, en el total de la línea.

Para la etapa de lavado, específicamente en el proceso de Hidrolift & Destoner, la desviación es de 3,44 lt/kg de más. Para la etapa de pelado, específicamente la peladora, puesto que para la tolva secundaria el índice de consumo está por debajo del índice estándar. La desviación es de 4,46 lt/kg de más y para la etapa de rebanado, la cual se ve representada por las

rebanadoras y la lavadora, la desviación es de 2,18 lt/kg y 2,16 lt/kg de más, respectivamente.

Por lo tanto, se puede concluir que la línea de producción de papa está 12,63 lt/kg de más, siendo esto un 70 % arriba sobre el consumo estándar. Por otra parte, es importante mencionar que a pesar de regular los flujos de agua en las rebanadoras y en la lavadora, al momento de hacer la medición *in situ*, se logró determinar que los medidores de flujo no regulan correctamente. Puesto que para una de las rebanadoras se determinó que el consumo real es de 3,21 gpm y para la otra de 5,79 gpm, estando el medidor a 2gpm por cada una a como lo pide el estándar en el caso puntual de las auditorias. Asimismo, se determinó que la unidad lavadora su consumo real es de 21,85 galones por minuto, regulando el medidor de flujo a 20 galones por minuto.

3.6. Oportunidad de mejora

Con base al análisis sobre los resultados obtenidos, se observa que la oportunidad de mejora se encuentra en los siguientes procesos:

- Lavadora
- Peladora
- Hidrolift & Destoner
- Rebanadoras

Dado que son los procesos que se encuentran desviados respecto del consumo estándar a consecuencia de:

- Falta de procesos de recirculación o reúso de agua en la línea de producción de papa.

- Inexistencia de un plan de monitoreo que permita un mejor y un mayor control operacional sobre el consumo de agua en cada uno de los procesos.
- Inexactitud de los equipos de medición instalados en la línea de producción, a consecuencia de no contar con un programa de mantenimiento el cual asegure que los caudales son los correctos en cada uno de los procesos que componen la línea de producción de papa.
- Falta de comunicación al personal operativo sobre los estándares establecidos para el correcto funcionamiento de la línea de producción en cuanto al consumo de agua ideal y necesario.

3.7. Selección de la etapa del proceso

Las etapas seleccionadas para la implementación son:

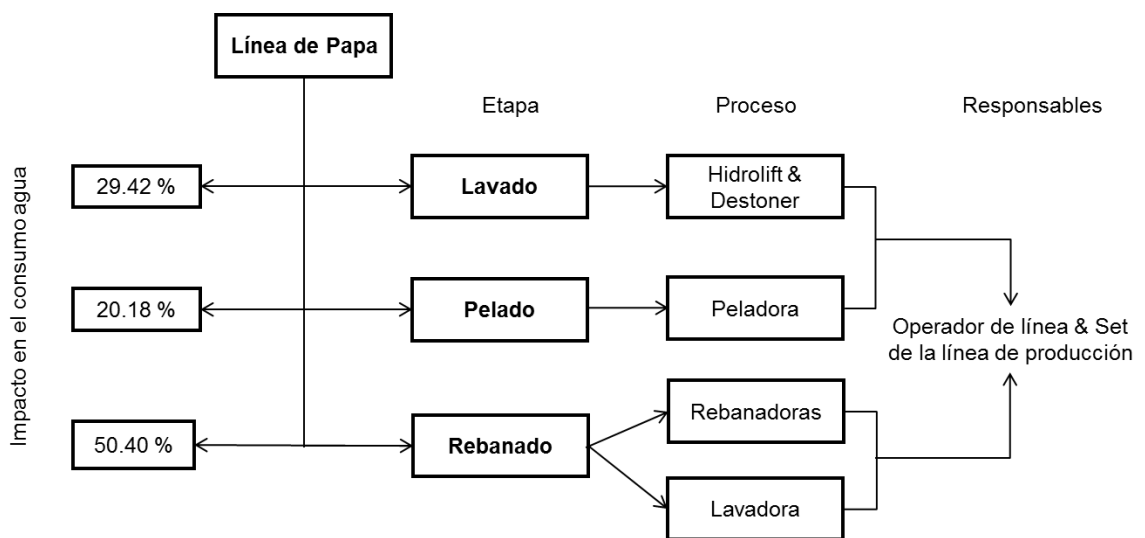
- Lavado
- Rebanado
- Pelado

La implementación viene a consecuencia del reúso de agua de la lavadora hacia Destoner e Hidrolift a través de un sistema de recuperación de almidón. Por otra parte, para la etapa de lavado y pelado, el cambio o implementación de equipos de medición de agua propicia un mayor control sobre el consumo bajo un plan de monitoreo.

3.7.1. Diagrama de la etapa seleccionada

Para mayor claridad, la información se presenta en un diagrama.

Figura 16. Diagrama etapas seleccionadas



Fuente: elaboración propia.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Equipos de medición

Antes de empezar con la implementación de mejora en el proceso de recirculación de agua y en el plan de monitoreo sobre el consumo, es fundamental la parte de la medición a través de la implementación de equipos medidores de agua. Puesto que la medición brinda una mayor precisión de operación y permite identificar las áreas de oportunidad cuando estas se encuentran en desviación.

4.1.1. Medidores de agua

Será necesario la instalación de medidores de agua en las etapas de lavado y pelado. Por otra parte, será necesario realizar el cambio de los medidores de agua de la etapa de rebanado. Estos medidores de agua permitirán un mejor control operativo y una mayor estabilidad sobre los flujos de agua que se encuentran estandarizados.

Tabla XXIII. **Resumen de medidores de agua**

Medidores de agua			
Etapas	Proceso	Existencia	Cambio
Lavado	Hidrolift & Destoner	No	NA
Pelado	Peladora	No	NA
	Tolva secundaria	No	NA
Rebanado	Rebanadoras	Si	Si
	Lavadora	Si	Si

Fuente: elaboración propia.

- Rotámetros

El rotámetro es un medidor de flujo industrial que se utiliza para medir el caudal de líquidos y gases. El rotámetro consiste en un tubo y un flotador. La respuesta del flotador a los cambios de caudal es lineal, y un rango de flujo estándar. El rotámetro es popular debido a que tiene una escala lineal, un rango de medición relativamente largo y una baja caída de presión. Es fácil de manejar, simple de instalar y mantener.

La operación del rotámetro se basa en el principio de área variable: El flujo de fluido eleva el flotador en un tubo ahusado, lo que aumenta el área para el paso del fluido. Cuanto mayor es el flujo, más alto se eleva el flotador. La altura del flotador es directamente proporcional al caudal. Con líquidos, el flotador se eleva por una combinación de la flotabilidad del líquido y la altura equivalente de velocidad del fluido.

El flotador se mueve hacia arriba o hacia abajo en el tubo en proporción al caudal de fluido y el área anular entre el flotador y la pared del tubo. El flotador alcanza una posición estable en el tubo cuando la fuerza ascensional que ejerce el fluido en movimiento es igual a la fuerza gravitatoria hacia abajo que ejerce el peso del flotador. Un cambio en el caudal afecta este equilibrio de fuerzas. El flotador luego se mueve hacia arriba o hacia abajo, y cambia el área anular hasta que nuevamente alcanza una posición en la que las fuerzas están en equilibrio.

Para satisfacer la ecuación de fuerzas, el flotador del rotámetro supone una posición distinta para cada caudal constante. Sin embargo, es importante señalar que debido a que la posición del flotador depende de la gravedad, los rotámetros deben estar orientados y montados verticalmente.

Figura 17. Rotámetro



Fuente: investigación propia.

4.2. Mejora en el proceso de recirculación de agua

Los resultados del monitoreo en el capítulo 3 permiten observar que la mejora en el proceso de recirculación es importante y necesaria para reducir el consumo de agua y, partiendo de que los procesos de recirculación de agua inician con el reúso de agua de un proceso para ser utilizado en otro. La mejora en la línea de producción de papa consiste en el reutilizar el agua que sale de la unidad lavadora y enviarla al proceso del Destoner e Hidrolift.

En esta parte, entra en función la tecnología, el cual consiste en un sistema recuperador de almidón, medio por el cual se logre esta implementación y se obtenga un mejor beneficio en el uso del agua potable en la línea de producción de papa.

En el proceso de la lavadora de las hojuelas de papa, estas son enjuagadas con agua potable para reducir su contenido de almidón superficial, previo a la entrada del freidor. El agua almidonada del lavador de hojuela es enviada al sistema de recuperación de almidón.

- **Recuperador de almidón**

El recuperador de almidón tiene la función de separar el almidón del agua reacondicionándola para su reúso. El agua almidonada es procesada a través de una serie de etapas para separar el almidón del agua (criba de eliminación de sólidos, hidrociclones, bomba de vacío y secador).

El agua separada del almidón es almacenada en una tina para posteriormente ser reusada. Finalmente, el agua separada del almidón es enviada mediante una bomba de transferencia hacia el proceso de papa para ser reusada en los procesos del Hidrolift y Destoner.

Figura 18. Recuperador de almidón



Fuente: Programa conservación de los recursos. Fábrica de productos alimenticios René.

Los componentes del sistema de recuperador de almidón se detallarán a continuación:

- Criba para eliminar sólidos

La criba para eliminar sólidos es un equipo que, a través del movimiento vibratorio en su parte superficial, separa todos los sólidos grandes que contiene el agua almidonada.

Figura 19. **Criba para eliminar sólidos**



Fuente: Programa conservación de los recursos. Fábrica de productos alimenticios René.

- Hidrociclones

Los hidrociclones son equipos de gran eficacia para la separación de un 97 % de las partículas de peso específico superior al agua. Con la alimentación tangencial, el ciclón convierte la cabeza de presión debido a la bomba de alimentación del agua almidonada en un rápido movimiento de remolino

causando que los sólidos en suspensión se separen. Este equipo es fundamental, puesto que a pesar de que separa el 97 % de las partículas del agua, es el equipo que recupera el 80 % de almidón que se encuentra en el agua.

Figura 20. **Hidrociclones**



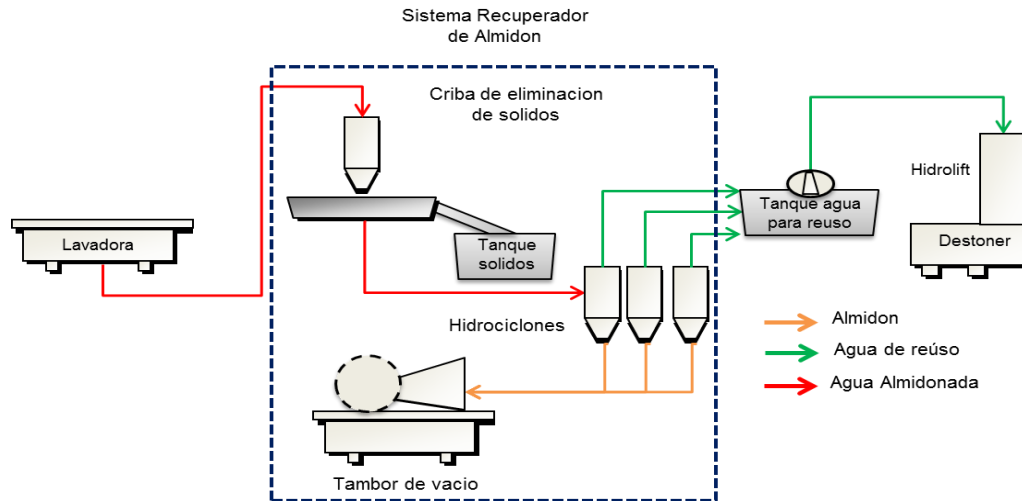
Fuente: Programa conservación de los recursos, Fábrica de productos alimenticios René.

- **Tambor de vacío**

El tambor de vacío tiene la finalidad de concentrar el almidón recuperado, gracias a los hidrociclones, y deshidratar el almidón para que este quede completamente seco.

Por otra parte, con la separación del almidón del agua, este puede venderse para ser utilizado en la industria. Esto contribuye aun más, ya que no solo se obtiene un aprovechamiento del agua, sino que también un beneficio económico para la empresa.

Figura 21. **Funcionamiento del sistema recuperador de almidón**



Fuente: elaboración propia.

4.3. Plan de monitoreo de consumo de agua

Es necesario la implementación de un plan de monitoreo sobre el consumo de agua en cada una de las etapas del proceso de producción de la línea de papa, puesto que con la implementación de medidores de agua y la mejora en el proceso de recirculación de agua. Siendo este último el reuso de agua de un proceso a otro, es fundamental tener el control operacional que permita alcanzar los estándares establecidos en cuanto al consumo de agua en la línea de producción de papa.

4.3.1. Etapa de lavado

Para la etapa de lavado, compuesta por el Hidrolift y el Destoner, el plan de monitoreo sobre el consumo de agua consiste en lo siguiente:

- Con el medidor de flujo instalado en el Destoner e Hidrolift, se debe monitorear constantemente el consumo de agua.
- Debido a que el estándar para el consumo de agua indica 2,75 lt/kg para el Hidrolift y el Destoner, se debe mantener el flujo de agua en el medidor a 5,50 galones por minuto. Esto, viene a consecuencia del siguiente cálculo:

Flujo de agua en el medidor del Destoner & Hidrolift

$2,75 \text{ lt/kg} * 454 \text{ kg/hora} * 1 \text{ gal}/3,785 \text{ lt} * 1 \text{ hora}/60 \text{ min} = 5,50 \text{ galones por minuto}$

- Con el sistema de recuperación de almidón instalado, se puede eliminar totalmente la entrada de agua potable en el Destoner e Hidrolift, manteniendo un flujo de 5,50 gpm de agua reusada.
- Se debe asegurar que el recuperador de almidón esté operando correctamente, con una eficiencia de recuperación de almidón de entre 96 a 99 %.

4.3.2. Etapa de pelado

Para la etapa de pelado, compuesta por la peladora y la tolva secundaria, el plan de monitoreo sobre el consumo de agua consiste en lo siguiente:

Tolva secundaria:

- Con el medidor de flujo instalado en la tolva secundaria, se debe monitorear constantemente el consumo de agua.

- Dado que el estándar para el consumo de agua indica 0,40 lt/kg para la tolva secundaria, se debe mantener el flujo de agua en el medidor a 0,80 galones por minuto. Esto, viene a consecuencia del siguiente cálculo:

Flujo de agua en el medidor de la tolva secundaria
 $0,40 \text{ lt/kg} * 454 \text{ kg/hora} * 1 \text{ gal}/3,785 \text{ lt} * 1 \text{ hora}/60 \text{ min} = 0,80 \text{ galones por minuto}$

Peladora:

- Con el medidor de flujo instalado en la peladora, se debe monitorear constantemente el consumo de agua.
- Dado que el estándar para el flujo de agua, según auditorías, para la peladora indica 12 galones por minuto, este deberá mantenerse siempre al momento de que la línea de producción se encuentre operando.

4.3.3. Etapa de rebanado

Para la etapa de rebanado, compuesta por las rebanadoras y la unidad lavadora, el plan de monitoreo sobre el consumo de agua consiste en lo siguiente:

Rebanadoras:

- Con el cambio del medidor de flujo en ambas rebanadoras, se debe monitorear constantemente el consumo de agua.
- Dado que el estándar para el flujo de agua, según auditorías, para las dos rebanadoras, es de 2 galones por minuto por cada uno, este deberá

mantenerse siempre al momento de que la línea de producción se encuentre operando.

Lavadora:

- Con el cambio del medidor de flujo la unidad lavadora, se debe monitorear constantemente el consumo de agua.
- Dado que el estándar para el flujo de agua, según auditorías, para la unidad lavadora es de 20 galones por minuto, este deberá mantenerse siempre al momento de que la línea de producción se encuentre operando.

4.3.4. Etapa de freído

En la etapa de freído, dado que no se utiliza agua potable durante la operación, el plan de monitoreo no se contempla y no es necesario.

4.4. Índices de consumo

Para tener una mayor visibilidad sobre el desempeño de la línea de producción de papa en cuanto al consumo de agua, es importante establecer estos indicadores.

Los índices de consumo serán los indicadores que permitan determinar y establecer si existe diferencia o desviación alguna con relación al consumo de agua potable en la línea de producción con respecto el estándar y los flujos establecidos por auditoría.

4.5. Control de consumo de agua en proceso

El control sobre el consumo de agua durante la operación de la línea estará siendo apoyado a través de la implementación de hojas de control. Estas, permitan tener una revisión constante durante la operación de la línea en cuanto a los flujos de agua potable establecidos por la línea.

Por otra parte, con lo que se establece en la implementación de la mejora en el proceso de recirculación, a través del sistema de recuperación de almidón, es fundamental contar con hojas de control que permitan establecer una correcta operación del sistema y que ayude al aprovechamiento total del agua almidonada que sale de la unidad lavadora en el Destoner e Hidrolift.

Las hojas de control, que se detallan a continuación, deberán ser creadas para cada uno de los procesos, en los cuales se tenga una revisión diaria por cada turno al momento de la operación de la línea. La idea es llevar este control alineado con los estándares establecidos.

4.5.1.1. Hoja de control

A continuación, se presenta la hoja de control de consumo de agua para la peladora, las rebanadoras y la unidad lavadora.

Figura 22. Hoja de control peladora, rebanadoras y lavadora

CONTROL DE CONSUMO DE AGUA - LINEA DE PAPA												
Proceso	Peladora				Rebanadoras				Lavadora			
	La Peladora se encuentra a 12 gpm?				Las Rebanadoras a 2 gpm?				La Lavadora a 20 gpm?			
01/01/2016												
02/01/2016												
03/01/2016												
04/01/2016												
05/01/2016												
06/01/2016												
07/01/2016												
08/01/2016												
09/01/2016												
10/01/2016												
11/01/2016												
12/01/2016												
13/01/2016												
14/01/2016												
15/01/2016												
16/01/2016												
17/01/2016												
18/01/2016												
19/01/2016												
20/01/2016												
21/01/2016												
22/01/2016												
23/01/2016												
24/01/2016												
25/01/2016												
26/01/2016												
27/01/2016												
28/01/2016												
29/01/2016												
30/01/2016												
OBSERVACIONES												

Fuente: elaboración propia

A continuación, se presenta la hoja de control de consumo de agua para el Hidrolift, Destoner y tolva secundaria.

Figura 23. Hoja de control Hidrolift, Destoner y tolva secundaria

CONTROL DE CONSUMO DE AGUA - LINEA DE PAPA												
Proceso	Hidrolift & Destoner						Tolva Secundaria					
	Se encuentra el Hidrolift & Destoner a 5.50 gpm?						Se encuentra a 0.80 gpm?					
01/01/2016												
02/01/2016												
03/01/2016												
04/01/2016												
05/01/2016												
06/01/2016												
07/01/2016												
08/01/2016												
09/01/2016												
10/01/2016												
11/01/2016												
12/01/2016												
13/01/2016												
14/01/2016												
15/01/2016												
16/01/2016												
17/01/2016												
18/01/2016												
19/01/2016												
20/01/2016												
21/01/2016												
22/01/2016												
23/01/2016												
24/01/2016												
25/01/2016												
26/01/2016												
27/01/2016												
28/01/2016												
29/01/2016												
30/01/2016												
OBSERVACIONES												

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Hoja de control recuperador de almidón

Check-list diario de operación de recuperador de almidón

Operador: _____ Turno: _____
 Fecha: _____

		Primera hora	Segunda revisión	Final de turno
Dosificación de Químico Sanitizante	Si/No			
Criba				
Flujo de agua constante	Si/No			
Ariños flojos y completos	Si/No			
Hélice funcionando y eliminación de espuma	Si/No			
Ciclones				
No. De Ciclones trabajando	#			
No. De Ciclones tapados	#			
Válvulas abiertas 100%/0%	Si/No			
Presión en sistema de 80 a 100 psi	80 - 100 psi			
Eficiencia de ciclones	%			
Tambor de vacío				
Presión de bomba de vacío	30 - 40 psi			
Lámina de almidón constante 1" de grosor	Si/No			
Malla de refacción limpia y lista	Si/No			
Se desborda el agua del tambor?	Si/No			
Velocidad del tambor	RPM			

Notas: _____

Fuente: Programa conservación de los recursos, Fábrica de productos alimenticios René.

5. MEJORA CONTINUA

5.1. Mantenimiento de equipos de medición

El mantenimiento periódico de los instrumentos de medición y control permitirán asegurar el correcto funcionamiento de los equipos, aumentar su vida útil, evitar costosos inconvenientes y asegurar los flujos de agua estandarizados.

5.1.1. Preventivo

El mantenimiento preventivo de los equipos de medición, específicamente de los rotámetros, permitirá prevenir las averías o fallas de estos, de tal forma que asegure el correcto y continuo funcionamiento para evitar desvíos en cuanto al consumo de agua potable en la línea de producción de papa.

Este mantenimiento comprenderá todas las actividades, debidamente programadas, que garanticen la vida útil de los equipos. Dentro de las actividades se mencionan las siguientes:

- Calibración
- Verificación
- Reemplazo de piezas
- Lubricación
- Limpieza
- Inspecciones durante la operación de la línea debidamente programadas
- Inventario de equipos nuevos y repuestos para el total de los equipos

5.1.2. Correctivo

Es importante garantizar la operatividad de los equipos a través de un mantenimiento preventivo, sin embargo, la probabilidad de que ocurra un suceso no esperado en los equipos de medición es alta, puesto que la línea de producción está sujeta a 23 horas diarias de producción y prácticamente el 90 % del total de los días del mes. Lo cual implica que los equipos se vean afectados dada esta situación.

Por tal razón, es importante garantizar que las actividades para el mantenimiento correctivo sean de manera inmediata, partiendo de un inventario de equipos de medición o repuestos nuevos y que los tiempos de paro de la línea de producción sean lo suficiente para realizar cualquier tipo de cambio.

5.2. Plan de seguimiento

Para lograr tan ansiada mejora continua, será necesario establecer un plan de seguimiento que garantice la misma. Para realizar un plan de seguimiento efectivo deben de tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- **Control operacional:** consiste en definir las inspecciones que se van a realizar, la periodicidad, los responsables y como se debe llevar el control en cuanto al consumo de agua durante la operación en la línea de producción de papa. La finalidad de este seguimiento es comprobar que se cumple con el control operacional definido.
- **Objetivos y metas:** se define el seguimiento de los objetivos y metas a través de los estándares establecidos para el consumo de agua en la línea de producción, los cuales establecen que el consumo total de la

línea de producción deberá ser 18,03 litros por kilogramo o menos, considerando los flujos de agua establecidos para cada uno de los procesos. Por otra parte, se debe garantizar el 90 % del aprovechamiento del agua proveniente de la unidad lavadora, a través del sistema de recuperación de almidón, lo cual lleve a la línea de producción por debajo del estándar y garantice una producción eficiente y sustentable.

5.3. Capacitación al personal operativo

Para lograr el compromiso y esfuerzo dentro de la empresa se tiene que propiciar capacitaciones al personal operativo, de tal forma que permitan incrementar los conocimientos y habilidades necesarias para desempeñar sus labores, asimismo un clima laboral positivo que les faculte valorar el cuidado y mejoramiento del planeta.

Los temas fundamentales que tendrán que impartirse a los tres operadores líderes de la línea de producción, junto con los veinte auxiliares de proceso, serán los que se presentan a continuación.

5.3.1. Gestión ambiental

Los temas que se proponen para esta capacitación serán:

- Política ambiental de la empresa
- Legislación ambiental local
 - Ley de Protección y Mejoramiento Ambiental 68 – 86
 - Reglamento del reúso y las descargas de aguas residuales y disposición de lodos 236 – 2006

- Concientización sobre el uso del agua
- Importancia del reciclaje del agua

El propósito con esta capacitación a los operarios líderes y auxiliares de proceso es crear conciencia sobre el uso responsable de los recursos naturales que brinda el planeta, asimismo sobre qué acciones puntuales se deben realizar para tener impactos positivos en el medio ambiente.

5.3.2. Sustentabilidad de la producción

Los temas que se proponen para esta capacitación serán:

- Consumo de agua en la línea de producción de papa y kilogramos producidos
- Los estándares de producción para el consumo de agua en la línea de producción de papa
- Manejo de medidores de agua (rotámetros)
- Control operacional
 - Hojas de control operacional por cada uno de los procesos de la línea de producción de papa
- Sistema recuperador de almidón y su importancia para el aprovechamiento del agua para reúso
 - Hoja de control operacional para el sistema recuperador de almidón
- Índices de consumo

5.4. Revisión y evaluación periódica

La revisión y evaluación periódica es fundamental para el seguimiento a la reducción del consumo de agua en la línea de producción de papa a través de los equipos instalados. Principalmente en dos áreas específicas que son el plan de monitoreo de consumo y las hojas para el control operativo.

5.4.1. Plan de monitoreo de consumo de agua

Las revisiones y evaluaciones periódicas se deben concentrar en las etapas del proceso de la línea de producción de papa que tengan mayor consumo de agua. El objetivo es comparar los cambios que se han obtenido con la implementación de los equipos medidores de agua y el sistema recuperador de almidón.

Una vez instalado los equipos, los operadores líderes de la línea, según el turno de trabajo que corresponda, deben encargarse de verificar el funcionamiento de los equipos, dar mantenimiento, reportar fallas y analizar las mediciones del caudal de agua en cada uno de los procesos. La revisión y evaluación debe contemplar el número de veces que será reusada el agua en el proceso.

5.4.2. Hoja de control

Las hojas de control para el consumo de agua por proceso se deberán revisar diariamente, de tal forma que permitan identificar desvíos significativos y tomar acciones inmediatas. Asimismo, las hojas de control operativo del sistema recuperador de almidón, de tal forma que permita el buen

funcionamiento del sistema y el aprovechamiento máximo del agua a ser reusada.

5.5. Crear cultura de eficiencia

Es imprescindible crear una cultura de eficiencia que se preocupe por todos los aspectos que conlleva producir kilogramos de fritura y la cantidad de agua potable utilizada para lograrlo.

Esta cultura no puede lograrse de manera instantánea, puesto que lleva un tiempo determinado. Esto se logrará a través de las diversas capacitaciones y charlas motivacionales que se impartirán a los operadores líderes y auxiliares de proceso de la línea de producción de papa.

El compromiso de los operadores y auxiliares será clave para alcanzar el éxito en la reducción, puesto que no se deben presentar resistencias al cambio al tener que adoptar nuevas técnicas propuestas para poder lograr eficiencia en la línea de producción de papa con relación al consumo de agua. El mensaje de la empresa es la búsqueda de los kilogramos de fritura con la menor cantidad de agua potable alineado con los estándares establecidos.

CONCLUSIONES

1. De las cuatro etapas identificadas en la línea de producción de papa, las que utilizan agua potable para su funcionamiento, son las etapas de lavado, rebanado y pelado, las cuales tienen participación del 20,19 %, 29,42 % y 50,39 % respectivamente, sobre el consumo total de la línea de producción.
2. Como resultado del monitoreo sobre el consumo de agua para cada una de las etapas, se logró determinar que en cada una de las etapas del proceso de producción de la línea de papa, existía una desviación significativa entre los índices de consumo real y los índices de consumo estándar de la línea. Para la etapa de lavado, específicamente en el proceso de Hidrolift & Destoner, la desviación fue 3,44 lt/kg de más. Para la etapa de pelado, específicamente la peladora, puesto que para la tolva secundaria el índice de consumo se encontraba por debajo del índice estándar, la desviación fue 4,46 lt/kg de más y para la etapa de rebanado, la cual está representada por las rebanadoras y la lavadora, la desviación fue de 2,18 lt/kg y 2,16 lt/kg de más respectivamente. Por lo tanto, se determinó que la línea de producción de papa estaba 12,63 lt/kg de más en comparación con el estándar establecido, siendo esto un 70 % arriba sobre el consumo estándar.
3. Dentro de las mejoras prácticas, para el uso eficiente del agua, se destaca la implementación de equipos para la medición agua, partiendo de un análisis de consumo para la identificación de oportunidades. Asimismo, la implementación de hojas de control, como parte de un

control operacional con los operadores líderes de las líneas, para un mayor control sobre el consumo de agua potable durante la operación de la línea de producción de papa.

4. Para lograr los beneficios de una eficiente utilización del consumo de agua, es importante desarrollar un desempeño ambiental óptimo. Esto se consigue promoviendo estos elementos en tres áreas importantes: la empresa, estado y sociedad en general. El Estado es el ente principal para promover un uso adecuado, del consumo de agua.
5. Al implementar el sistema de recuperación de almidón, se logra desarrollar un proceso de producción más limpio debido al aprovechamiento del agua para su reúso a consecuencia de la separación del almidón del agua almidonada. Por otra parte, se genera un aumento de productividad, puesto que se obtienen beneficios económicos producto de la venta del almidón y, a su vez, se logra una reducción significativa en el consumo de agua en la línea de producción de papa.
6. Para lograr un aumento en la vida de utilización de la fuente donde se obtiene el consumo para la línea de producción de papa, es necesario el aprovechamiento del reúso de agua constantemente, promoviendo la incorporación de tecnologías limpias, como el sistema recuperador de almidón, alineado con los estándares establecidos para el consumo de agua.
7. Al reutilizar el agua, la empresa puede lograr disminuir el riesgo de contaminación, posicionándose en el mercado como una industria que se

preocupa por el entorno social y el mejoramiento del ambiente y sus recursos.

RECOMENDACIONES

1. A los operadores líderes de la línea de producción de papa, monitorear frecuentemente los consumos de agua potable en cada uno de los procesos a través de la revisión diaria por cada turno con las hojas de control, de tal forma que permita determinar si hay alguna desviación en cuanto al consumo de agua establecido.
2. Al jefe de la línea de papa y a los operadores líderes de línea, establecer como prioridad el mantener los consumos de agua potable acordes con los estándares establecidos y desplegar esta información a los auxiliares de proceso, asegurando que todos los turnos se encuentren completamente alineados.
3. Al departamento de mantenimiento, tener siempre un inventario de repuestos para los equipos medidores de flujos, así como también para todos los componentes del equipo recuperador de almidón, de tal forma que asegure un continuo funcionamiento y que no permitan desviaciones en los flujos de agua y al aprovechamiento máximo del agua reutilizada.
4. Al jefe de la línea de papa, realizar evaluaciones periódicas para determinar que los operadores líderes y los auxiliares de proceso estén ejecutando el control operativo a través de las hojas de control para los consumos de agua por proceso y el correcto funcionamiento del equipo recuperador de almidón para el aprovechamiento del agua de reúso.

5. Al jefe de la línea de papa, resaltar a los operarios líderes el llenado de las hojas de control, tanto para la revisión continua de los flujos de agua en cada una de las etapas del proceso como para el sistema de recuperación de almidón, puesto que es de suma importancia mantener los índices de consumo establecidos y asegurar una reducción significativa de consumo de agua en la línea a raíz del aprovechamiento del agua sin almidón que sale de la unidad lavadora para su reúso en la etapa de lavado.

6. Al departamento de capacitación y producción, realizar capacitaciones continuas acordes con los temas propuestos de gestión ambiental y sustentabilidad de la producción, en las cuales se invite a todos los operadores líderes y auxiliares de proceso.

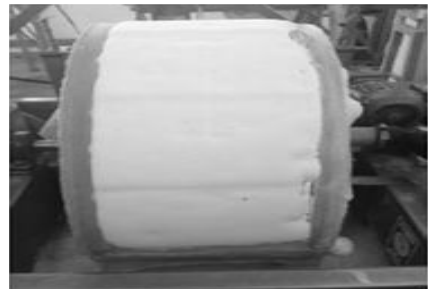
BIBLIOGRAFÍA

1. ARREQUIN CORTES, Felipe. *Uso eficiente del agua*. México, s.e., s.a. 183pp.
2. CANCHE, Álvaro. *Programa de reúso de agua en líneas de papa y líneas de maíz I*. México: PepsiCo Foods Resource Conservation, 2015.
3. CIFUENTES VILLATORO, Alex Rodemiro. *Aprovechamiento del Reciclado de agua en una industria de alimentos, para una producción más limpia*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006.
4. GALINDO HERNÁNDEZ, Zaida Liseth. *Principios de Producción más limpia en Alimentos Kerns de Guatemala, S.A*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005.
5. VALENCIA ARBOLEDA, Jorge. *Teoría y práctica de la purificación del agua I*. 3ra edición Tomo 1, Colombia, McGRAW – HILL, 2000.
6. VALIENTE CIFUENTES, Edwin Roberto. *Optimización de un proceso de ensamble a través del diseño de un sistema de producción en línea en una empresa manufacturera*. Trabajo de graduación de

Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos
de Guatemala, 2003.

ANEXO

Anexo 1. Tambor de vacío



Sistema de recuperación de almidón instalado en una planta de PepsiCo en México. Se observa claramente el almidón que es separado del agua y esta, a su vez, es aprovechada para su reuso en el proceso del Destoner e Hidrolift.

