

Artículo científico

Optimización del tiempo de producción de queso Dambo en empresa de lácteos de Santa Cruz de la Sierra

Optimization of the production time of Dambo cheese in a dairy company in Santa Cruz de la Sierra

Resumen

OBJETIVO: Optimizar el tiempo de producción en el proceso de fabricación de queso Dambo en la empresa láctea de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. **MÉTODO:** Aplicación sistemática de técnicas de análisis exhaustivo del proceso productivo actual, mediante un estudio de tiempos en la elaboración del queso Dambo y el desarrollo de una técnica de procedimientos operativos orientada a la optimización del proceso. **RESULTADOS:** Se logró incrementar la productividad, medida en términos de producción de queso por obrero-hora, lo que evidencia una mejora significativa en la eficiencia del proceso y una reducción en los costos laborales, contribuyendo a una mayor rentabilidad de la producción. Asimismo, se implementaron ajustes en varias etapas, que permitieron reducir el tiempo total de fabricación sin afectar la calidad del queso. **CONCLUSIÓN:** El análisis de productividad reflejó un incremento del 16.67% en la producción de queso por obrero-hora y una disminución del 15% en los costos de mano de obra (0.0003 \$us/Kg de queso).

En consecuencia, se cumplió satisfactoriamente el objetivo principal del estudio, optimizando el tiempo de producción en la elaboración de queso Dambo en la empresa láctea de Santa Cruz.

Palabras clave: producción de queso, reducción de costos, eficiencia del proceso, optimización, queso Dambo.

Abstract

OBJECTIVE: To optimize the production time in the Dambo cheese manufacturing process in the dairy company of Santa Cruz de la Sierra. **METHOD:** Systematic application of exhaustive analysis techniques of the current production process, through a time study in the production of Dambo cheese and the development of an operating procedures technique aimed at optimizing the process. **RESULTS:** Productivity was increased, measured in terms of cheese production per worker-hour, which shows a significant improvement in the efficiency of the process and a

reduction in labor costs, contributing to greater production profitability. Also, adjustments were implemented in several stages, which allowed reducing the total manufacturing time without affecting the quality of the cheese. **CONCLUSION:** The productivity analysis showed a 16.67% increase in cheese production per worker-hour and a 15% decrease in labor costs (US\$0.0003/kg of cheese).

Consequently, the main objective of the study was satisfactorily fulfilled, optimizing the production time in the production of Dambo cheese in the Santa Cruz dairy company.

Key words: cheese production, cost reduction, process efficiency, optimization, Dambo cheese.

Introducción

En la industria láctea, la eficiencia en los procesos de producción se erige como un elemento importante para asegurar la competitividad y la rentabilidad de las empresas. La elaboración de queso Dambo, es un producto de alta demanda y exige una gestión meticulosa de los tiempos y recursos, con el objetivo de optimizar el rendimiento sin sacrificar la calidad. En este escenario, la empresa se enfrenta al reto de reducir el tiempo de producción, mejorar la productividad y minimizar los costos laborales, lo que se traduce en una mayor sostenibilidad y rentabilidad del negocio.

Para abordar esta problemática, se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo del proceso productivo actual. A través de un estudio sistemático de tiempos y la implementación de estrategias orientadas a la eficiencia, se busca incrementar la producción por obrero-hora y reducir costos de mano de obra, contribuyendo a una operación más ágil y efectiva.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran avances significativos en la productividad, destacando un incremento del 16.67% en la producción de queso por obrero-hora. Este aumento evidencia la efectividad de una gestión optimizada del proceso productivo. Además, se logró una reducción del 15% en los costos laborales, lo que contribuye a una mejora notable en la rentabilidad de la empresa.

Metodología

Para mejorar el proceso de producción del queso Dambo en la empresa láctea de Santa Cruz de la sierra, se llevó a cabo un análisis detallado del flujo de trabajo, con el fin de identificar

oportunidades de optimización que permitieran reducir los tiempos de fabricación sin afectar la calidad del producto. La metodología cuantitativa empleada esta basada en los registros de datos y su análisis estadístico para cada etapa de la producción, desde la preparación de los ingredientes hasta el almacenamiento del queso producido. Documentando minuciosamente los tiempos y las interacciones entre los operarios y las máquinas.

El primer paso fue la realización de un estudio de tiempos, utilizando cronometraje preciso para medir cuánto tardaba cada fase del proceso. Con los datos obtenidos detallados en la tabla 1 se analizaron los momentos en los que el flujo de trabajo se veía ralentizado, ya sea por esperas innecesarias, movimientos poco eficientes o tareas que podían ajustarse para ser más ágiles. Para complementar esta observación, se entrevistó a los trabajadores, quienes compartieron su experiencia sobre los desafíos y oportunidades dentro de la producción diaria. A partir de los resultados del proceso, se estableció la mejora del sistema de producción implementando cambios en la dosificación de la levadura que permite acelerar el tiempo de coagulación, la sustitución de una bomba centrífuga de 10 a 20 m³/h y en el uso de los equipos, de manera que las transiciones entre las etapas fueran más fluidas. Otro punto importante fue la capacitación in-situ del personal, asegurando que todos comprendieran y aplicaran las mejoras en sus actividades diarias.

Para evaluar la efectividad de estos cambios, se hizo una comparación entre los tiempos de producción antes y después de la optimización. Al finalizar el estudio, se logró una reducción notable en el tiempo total de producción y una mejora en la productividad por trabajador, demostrando que una gestión eficiente puede hacer una diferencia tangible en la industria láctea.

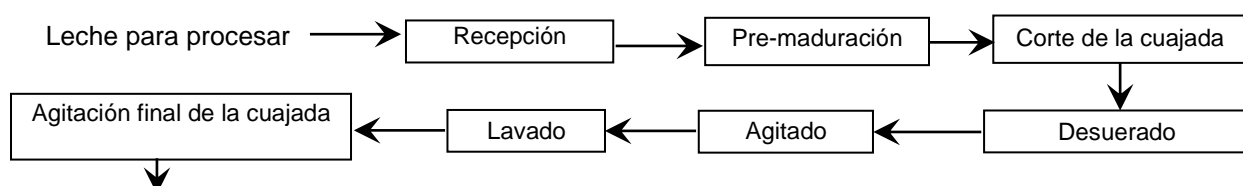
Resultado y Discusión

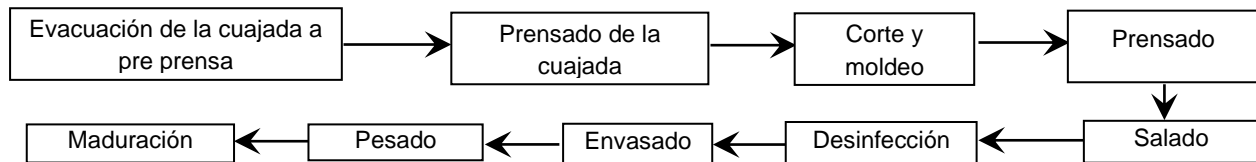
Se detalla el proceso de producción del queso Dambo, destacando las etapas clave involucradas en la elaboración de este producto lácteo. A continuación, se describen cada una de las fases representadas en la figura:

La figura 1, presenta en detalle el diagrama de bloques del proceso de producción, ilustrando cada una de las etapas por las que se desarrolla el proceso de fabricación.

Figura 1

Descripción del proceso de producción de queso Dambo





Nota: Diagrama de bloques del proceso de producción de queso Dambo

En la tabla uno se detalla los datos de cinco mediciones que implica el proceso actual de un lote de producción.

Como se puede apreciar el tiempo empleado de un lote de producción requiere de 24 días, nueve horas y nueve minutos. Basado en el tiempo detallado en el cuadro anterior.

Toda la información y datos presentados en las tablas uno y dos, corresponden al trabajo de campo, realizado durante la presente investigación.

La optimización de los procesos productivos es una prioridad en cualquier industria láctea, donde la implementación de metodologías eficientes permite mejorar la rentabilidad, Baquero Castillo, et al. (2024)

En este sentido, la automatización y el monitoreo inteligente han demostrado ser herramientas clave para reducir tiempos de producción y aumentar la eficiencia operativa en empresas del sector alimentario. Tallón (2019).

Tabla 1

Tiempos de lotes de producción de queso Dambo en condiciones no optimizadas

Nº	Descripción	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T _{prom}	Operación
		Minutos							¿Qué se hace?
1	Preparación de la línea de producción	18	22	19	20	18	21	19,67	Preparación del equipo y línea de producción con la esterilización con agua caliente a una temperatura de 85 ° C durante 20 minutos.
2	Recepción de	38	45	42	41	39	40	40,83	Recepción de la leche a procesar

	leche								empleando una bomba de 10.000 litros/h.
3	Premaduración	28	29	31	32	30	29	29,83	Calentamiento de la leche en el tanque enchaquetado por medio de vapor hasta que alcance la temp. de 33 ° C (Temp. de inoculación) y adición del cultivo. El tiempo empleado actualmente es de 30 minutos, empleando 4 sobres de cultivo homofermentativos mesófiles,
4	Corte de la cuajada	8	9	11	12	10	11	10,17	El tiempo de corte de la cuajada es de 10 minutos, logrando una separación del suero y homogeneidad en tamaño de los granos (aprox. 5 a 6 mm). Proceso que depende de la experiencia del operador para lograr un tamaño uniforme de granos.
5	Desuerado	8	7	11	13	11	10	10,00	Es un proceso en el cual se da la separación de fases, el suero por tener mayor densidad queda en la superficie y la cuajada sedimenta en el fondo de la tina quesera,
6	Agitado	4	6	5	4	4	5	4,67	Una vez finalizado la separación del suero se efectúa una agitación rápida durante 5 minutos, con la finalidad de uniformizar el tamaño de los granos de la cuajada, evitando así la aglutinación.
7	Lavado	32	31	29	31	26	26	29,17	Posteriormente se efectúa un lavado con agua caliente a una temperatura de 62 ° C en un volumen similar al del suero eliminado, la misma que se vierte en forma gradual durante 30 minutos, llegando tener una masa final con una temperatura de 38 ° C.
8	Agitación final de la cuajada	44	42	46	44	46	47	44,83	Se efectúa una agitación en a tina quesera de la cuajada durante un tiempo de 45 minutos, proceso por el cual los granos adquieren mayor consistencia y con ello soportar la presión a ejercer en el pre prensado.
9	Evacuación de la cuajada a preprensa	4	5	5	4,5	6	4	4,75	Concluida la agitación final de la cuajada, se procede a la evacuación de la masa a la tina de preprensa con una distribución uniforme y posteriormente ser sometida a presión.
10	Prensado de la cuajada y control	28	32	30	29	29	30	29,67	Posteriormente se procede a la apertura de la válvula neumática que permita el ingreso el flujo de aire en el sistema a una presión de 6 bares por un tiempo de 30 minutos.
Nota. Datos de trabajo de campo en procesos productivos.....									Continuación

Tabla 2 (Continuación)

Tiempos de lotes de producción de queso Dambo en condiciones no optimizadas

Nº	Descripción	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T _{prom}	Operación ¿Qué se hace?
		Minutos							
11	Corte y moldeo	32	31	29	30	29	31	30,33	En el proceso de corte simultáneamente se efectúa el moldeo que esta dado por la longitud de corte de las cuchillas del sistema que permiten obtener una masa

									fraccionada en tamaños uniformes. En la cual se obtienen quesos con pesos aproximados de 2.500 gramos.
12	Prensado	125	120	118	118	119	121	120,17	Este proceso se efectúa con el propósito de eliminar la mayor parte del suero por presión (4 bares en un tiempo de una hora), obteniendo a través de este procedimiento una masa de sólidos y una masa contenida en el producto final de suero líquido.
13	Salado del queso Dambo	1440	1440	1440	1440,0	1440,0	1440,0	1440,0	Concluido el proceso de prensado el queso es sometido a un baño de salmuera con la finalidad de lograr la incorporación de CINA en toda la masa, lo cual se logra en un tiempo de 24 horas, empleando una disolución de sal de 26 ° Be.
14	Desinfección	41	39	40	38	39	41	39,67	El queso una vez que ha incorporado el CINA en la masa es sometido a una solución de Natamicina (Delbosit) que tiene la finalidad de inhibir el desarrollo de mohos y otros microorganismos, constituyéndose en un preservante del producto.
15	Oreo	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	En un tiempo de 48 horas el queso es expuesto al oreo, que consiste en la eliminación de la humedad superficial en forma natural.
16	Pesado	15,2	15,3	14,8	14,6	14,4	15,6	14,98	El pesaje se efectúa con una balanza digital de 4 dígitos en la cual se imprime el peso en un adhesivo y se coloca en cada barra de todo el lote de producción para posteriormente pasar al envasado.
17	Envasado	118	119	122	121	120	121	120,17	Concluido el proceso de oreo el queso es sometido a un proceso de envasado en vacío. El tiempo de envasado es de dos horas del lote de producción equivalentes a 600 Kg de queso
18	Almacenaje a cámara de Maduración	30.240	30.240	30.240	30.240	30.240	30.240	30.240	El producto es almacenado en la cámara de maduración por un espacio de 21 días en la cual el queso adquiere las características organolépticas del queso que llega al consumidor.
	Tiempo total en minutos	35.103	35.112	35.113	35.112	35.100	35.113	35.109	
	Tiempo en días	24,377	24,38	24,38	24,38	24,38	24,38	24,38	
	Días enteros	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	
	Horas	9,05	9,21	9,21	9,20	9,01	9,21	9,15	
	Horas enteras	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	
	Minutos	3,20	12,30	12,80	12,10	0,40	12,60	8,90	

Nota. Datos de trabajo de campo en procesos productivos.

La transformación digital en plantas lácteas ha facilitado una gestión más eficiente de recursos, optimizando la planificación estratégica y mejorando el rendimiento operativo mediante el uso de tecnologías avanzadas, tal como lo indica. Alarcón Rincón (2024). Lo cual es una tarea pendiente para la planta de lácteos santa cruz de la sierra, debido al uso de tecnología al igual que el uso de simulaciones de eventos discretos.

La simulación de eventos discretos se ha consolidado como una herramienta efectiva para evaluar mejoras en la capacidad de producción y la eficiencia de procesos dentro de la industria alimentaria. Peña Ariza & Felizzola Jiménez (2020).

En el siguiente cuadro se detalla un resumen de los datos de medición de los tiempos registrados en seis mediciones de producción de un lote de producción de queso Dambo registrados entre los meses de septiembre a octubre del 2003.

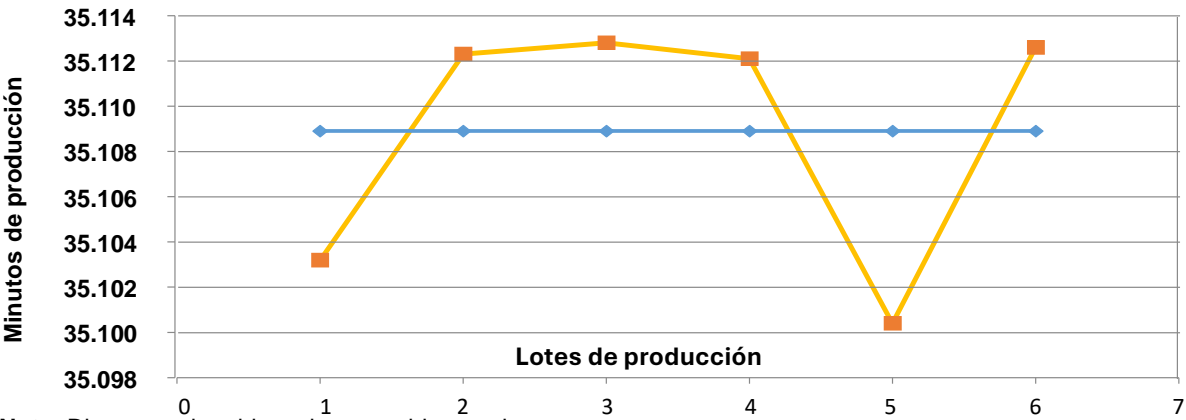
Tabla 2
Tiempos de lotes de producción de queso Dambo de 6 lotes

Datos	Tiempo en minutos	
	Lotes	Promedio
T ₁	35.103,2	35.108,9
T ₂	35.112,3	35.108,9
T ₃	35.112,8	35.108,9
T ₄	35.112,1	35.108,9
T ₅	35.100,4	35.108,9
T ₆	35.112,6	35.108,9

Nota: Datos obtenidos de la tabla 1.

La figura dos resume mediciones de producción de queso Dambo (septiembre-octubre 2023), con dos lotes por debajo del promedio.

Figura 2
Diagrama de tiempos de producción de queso Dambo de 6 lotes



Nota: Diagrama obtenido en base a tabla anterior.

Propuesta para la optimización del proceso de producción de queso Dambo

En la tabla cuatro se detalla la propuesta para la optimización del tiempo en el proceso de producción de queso Dambo.

Tabla 3

Detalle de tiempos empleado y propuesto

Operación	Proceso actual	Propuesta
Preparación de la línea de producción	El proceso de saneamiento actual emplea agua caliente a 85 ° C, la cual fluye en el sistema durante 20 minutos aproximadamente para garantizar la inocuidad de la línea de flujo de la leche a emplear en la producción de queso.	Para disminuir el tiempo de saneamiento de la línea se propone incrementar la temperatura del agua caliente a 90 ° C y disminuir el tiempo de flujo a través de la línea en 10 minutos.
Recepción de leche	En la actualidad el flujo de la leche que se emplea tiene una temperatura de 4 ° C en los silos de almacenamiento, posteriormente pasa al intercambiador de placas de 4 etapas donde se estandariza a 3 % de materia grasa y posteriormente se pasteuriza para pasar por las etapas de enfriamiento de donde sale a 24 ° C y ser depositada en la tina quesera. El tiempo empleado depende de la bomba de flujo que tiene un caudal de 10.000 litros/h, empleando un tiempo de 40 minutos.	La sustitución de la bomba de flujo actual por una bomba de 20.000 litros/h, permitirá la disminución en el tiempo de bombeo de los silos al sistema compuesto por el intercambiador de placas de cuatro etapas, pasteurizador y descremadora empleando 20 minutos, prueba efectuada en una ocasión que, por fallas en la bomba, no se instaló en el sistema. Resultados que fueron verificados por medio de toma de muestras y cultivos microbiológicos.
Premaduración	La inoculación se efectúa en la tina quesera cuando la leche está a la temperatura de 32 a 33 °C, en este proceso en la cual se inocula un cultivo que da lugar al desarrollo de microorganismos lácticos que sintetizan la lactosa en ácido láctico. Proceso que se interrumpe en el momento adecuado antes que la leche coagule, en la cual se desea alcanzar una acidez de 14 ° D. El tiempo empleado actualmente es de 30 minutos, empleando 4 sobres de cultivo homofermentativos mesófiles.	Para disminuir el tiempo de premaduración se puede acelerar el proceso de acción de los microorganismos mediante el uso de tres sobres de cultivos homofermentativos mesófilos y un cultivo homofermentativos termófilo cuya especie tiene las características de comportamiento en relación a otras especies de microorganismos. Prueba efectuada a escala piloto empleando un tiempo de 20 minutos sin alterar la calidad del queso.
Lavado del cuajo	El lavado de la cuajada consiste en la incorporación de agua caliente a una temperatura de 62 ° C con la finalidad de eliminar por absorción el ácido láctico empleando actualmente 30 minutos.	Este proceso se puede reducir a 20 minutos por medio de empleo de agua a 65 ° C sin afectar la concentración deseada de los componentes del cuajo.
Agitado de la cuajada final	El tiempo de agitado de 45 minutos.	Se puede disminuir el tiempo de agitado de 45 minutos a 15 minutos logrando alcanzar la misma consistencia de los granos, ya que está relacionada a la temperatura del agua empleada en el proceso de lavado, logrando alcanzar la temperatura final de toda la masa de 39 ° C.

Nota: Tabla comparativa datos de procesos experimentales y propuesta para cada etapa de producción

Tabla 4*Análisis comparativo de tiempos empleado y propuesto*

Nº	Descripción	Tiempo		
		Actual	Propuesto	Reducción
1	Preparación de la línea de producción	19,67	9,67	10
2	Recepción de leche	40,83	20,83	20
3	Premaduración	29,83	19,83	10
4	Corte de la cuajada	10,17	10,17	0
5	Desuerado	10,00	10,00	0
6	Agitado	4,67	4,67	0
7	Lavado	29,17	19,17	10
8	Agitación final de la cuajada	44,83	14,83	30
9	Evacuación de la cuajada a pre prensa	4,75	4,75	0
10	Prensado de la cuajada y control	29,67	29,67	0
11	Corte y moldeo	30,33	30,33	0
12	Prensado	120,17	120,17	0
13	Salado del queso Dambo	1.440,00	1.440,00	0
14	Desinfección	39,67	39,67	0
15	Oreo	2.880,00	2.880,00	0
16	Pesado	14,98	14,98	0
17	Envasado	120,17	120,17	0
18	Almacenaje a cámara Maduración	30.240,00	30.240,00	0
Tiempo total en minutos		35.108,9	35.028,9	80
Tiempo total en horas		585,15	583,82	
Tiempo en días totales		24,381	24,326	
Días enteros		24,00	24,00	
Horas		9,15	7,82	
Horas enteras		9,00	7,00	
Minutos		8,90	48,90	

Nota: Tabla comparativa datos de procesos experimentales y propuesta para cada etapa de producción

Análisis de tiempo optimizado

Para apreciar el tiempo optimizado por lote de producción y considerando que en la planta de producción de queso se trabaja en las 24 horas de producción por día, en el siguiente cuadro se puede apreciar que en un día de producción se obtiene 240 minutos que se reducirá la producción que es equivalente a cuatro horas.

Tabla 5*Tiempo optimizado en un día de producción*

Detalle	Tiempo
Un día de producción	Optimizado
Primer turno	80,0 min
Segundo turno	80,0 min
Tercer Turno	80,0 min
Tiempo total	240,0 Min
	4 Horas

Tabla 6*Tiempo de proceso actual*

Nº	Descripción	Tiempo de proceso actual					
		7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00
1	Preparación de la línea de producción	■					
2	Recepción de leche	■	■				
3	Premaduración		■				
4	Corte de la cuajada		■				
5	Desuerado		■				
6	Agitado		■				
7	Lavado		■				
8	Agitación final de la cuajada		■	■			
9	Evacuación de la cuajada a pre prensa			■			
10	Prensado de la cuajada y control			■	■		
11	Corte y moldeo				■		
12	Prensado				■	■	■

Nota: Tabla comparativa datos de procesos experimentales y propuesta para cada etapa de producción**Tabla 7***Tiempos de proceso optimizado*

Nº	Descripción	Tiempos de proceso optimizado				
		7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00
1	Preparación de la línea de producción	■				
2	Recepción de leche	■				
3	Premaduración		■			
4	Corte de la cuajada		■			
5	Desuerado		■			
6	Agitado		■			
7	Lavado		■			
8	Agitación final de la cuajada		■	■		
9	Evacuación de la cuajada a pre prensa			■		
10	Prensado de la cuajada y control			■	■	
11	Corte y moldeo				■	
12	Prensado				■	■

Nota: Tabla comparativa datos de procesos experimentales y propuesta para cada etapa de producción

Reducir cuatro horas diarias genera una disminución mensual de hasta tres días laborables, equivalente a 4-20 horas de producción, optimizando significativamente el rendimiento en todos los meses evaluados.

Tabla 8
Tiempo optimizado en un año de producción

Mes	Días Lab.	Horas	Tiempo optimizado		
			Días	Días enteros	Horas
Enero	23	92	3,83	3	20
Febrero	19	76	3,17	3	4
Marzo	20	80	3,33	3	8
Abril	21	84	3,50	3	12
Mayo	22	88	3,67	3	16
Junio	21	84	3,50	3	12
Julio	23	92	3,83	3	20
Agosto	21	84	3,50	3	12
Septiembre	22	88	3,67	3	16
Octubre	23	92	3,83	3	20
Noviembre	22	88	3,67	3	16
Diciembre	20	80	3,33	3	8
Total	257	1.028	42,83	36	164

Nota: Datos de tiempos registrados en base a la tasa de rendimiento global (TRG)

En la tabla 9 se detalla la nómina de personal de un turno de producción de la planta de producción de quesos la empresa de producción de lácteos y derivados

Tabla 9
Personal del área de producción de quesos

	Cargo	Nombres y apellidos	Sueldo mensual	
			Bs	\$us
1	Jefe de sección	Armando Herrera	4.500	642,9
2	Operador de tina de quesos	Pablo Bejarano	3.500	500,0
3	Operador de Preprensa	Celso Tolavi	3.500	500,0
4	Operador de la prensa	Julio Rodas	3.500	500,0
5	Encargado de Salmuera	Eduardo Ramallo	3.000	428,6
6	Ayudante de salmuera	Javier Vaca	2.500	357,1
7	Ayudante de planta	Ovidio Barbosa	2.500	357,1
8	Ayudante de planta	Limber Nogales	2.500	357,1
			25.500	3.642,9

Nota: Datos de personal de la planta de producción de queso

Con ocho personas por turno y tres turnos diarios, 24 empleados operan en la producción de quesos. La productividad se mide como la relación entre resultados obtenidos y recursos utilizados, optimizando procesos dentro de este esquema de producción.

Incremento de la producción por disminución del tiempo de procesos

Empleando la misma cantidad de trabajadores por turno, se puede apreciar que la producción por queso equivale a tres lotes y medio de producción por día, aclarando que en realidad se procesa 4 lotes y que al segundo día el primer turno completa la producción total del cuarto lote.

Tabla 10

Incremento de la producción de quesos por día

Detalle Un día de producción	Kg de queso	
	Actual	Optimizado
Producción de queso diario	1.800	2.100

Nota: Datos de producción para un día de producción con y sin optimización

Tabla 11

Incremento anual de la producción por año

Mes	Días Lab.	Kg de queso		Mes	Días Lab.	Kg de queso	
		Actual	Optimizado			Actual	Optimizado
Enero	23	41.400	48.300	Julio	23	41.400	48.300
Febrero	19	34.200	39.900	Agosto	21	37.800	44.100
Marzo	20	36.000	42.000	Septiembre	22	39.600	46.200
Abril	21	37.800	44.100	Octubre	23	41.400	48.300
Mayo	22	39.600	46.200	Noviembre	22	39.600	46.200
Junio	21	37.800	44.100	Diciembre	20	36.000	42.000
Total		257	462.600	Total		257	539.700

Nota: Datos de producción mensual de producción con y sin optimización

Los tres turnos de producción están conformados de la siguiente forma:

Primer turno:	7:00 a 15:00	8 h/día	8 operarios
Segundo turno:	15:00 a 23:00	8 h/día	8 operarios
Tercer turno:	23:00 a 07:00	<u>8 h/día</u>	<u>8 operarios</u>
Total:		24 h/día	24 operarios

Con base en el cuadro anterior se puede determinar que, empleando la misma mano de obra en los tres turnos con la optimización se logra incrementar la productividad del personal empleado, tal como se aprecia en el siguiente cuadro.

La Tabla 12 ofrece un análisis detallado de los turnos de trabajo en la producción del queso Dambo en la empresa láctea de Santa Cruz de la Sierra, días laborables por mes y la eficiencia operativa, así como su impacto en la productividad.

Tabla 12

Incremento de la productividad por mano de obra

Mes	Días Lab.	Kg de queso	
		Actual	Optimizado
Enero	23	41.400	48.300
Febrero	19	34.200	39.900
Marzo	20	36.000	42.000
Abril	21	37.800	44.100
Mayo	22	39.600	46.200
Junio	21	37.800	44.100
Julio	23	41.400	48.300
Agosto	21	37.800	44.100
Septiembre	22	39.600	46.200
Octubre	23	41.400	48.300
Noviembre	22	39.600	46.200
Diciembre	20	36.000	42.000
Total	257	462.600	539.700

Nota: Datos de producción mensual de producción con y sin optimización

La Tabla 13 presenta un análisis comparativo de los indicadores de productividad antes y después de la implementación de las mejoras en el proceso de producción del queso Dambo.

Tabla 13

Resumen del incremento de la productividad por mano de obra

Detalle	Días Lab.	Kg de queso	
		Actual	Optimizado
Total	257	462.600	539.700
Mano de obra		24	24
Kg/persona-año		19.275,0	22.487,5
Kg/persona-día		75	87,5

Nota: Análisis comparativo de los indicadores de productividad en la producción de queso Dambo, antes y después de la implementación de mejoras en el proceso.

$$P_{\text{inicial}} = \frac{462.600 \text{ Kg de queso}}{24 \text{ hombres} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \times 257 \text{ días}} = \frac{37,5 \text{ Kg de queso}}{\text{hombre} \cdot \text{h}}$$

$$P_{\text{optimizada}} = \frac{539.700 \text{ Kg de queso}}{24 \text{ hombres} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \times 257 \text{ días}} = \frac{43,75 \text{ Kg de queso}}{\text{hombre} - \text{h}}$$

$$\Delta P = \frac{P - P_{\text{anterior}}}{P_{\text{anterior}}} \times 100 = \frac{43,75 - 37,5}{37,5} \times 100 = 16,67\%$$

Estimándose un incremento de la productividad en 16,67 %

Costo de productividad alcanzada por disminución de tiempo de procesos

El análisis muestra que dividir los haberes anuales de 24 trabajadores entre la producción alcanzada reducen el costo laboral en un 15 %, optimizando el precio de producción significativamente.

Tabla 14

Disminución de costo de producción por mano de obra

Mes	Días Lab.	Actual	Kg de queso	
				Optimizado
Enero	23	41.400		48.300
Febrero	19	34.200		39.900
Marzo	20	36.000		42.000
Abril	21	37.800		44.100
Mayo	22	39.600		46.200
Junio	21	37.800		44.100
Julio	23	41.400		48.300
Agosto	21	37.800		44.100
Septiembre	22	39.600		46.200
Octubre	23	41.400		48.300
Noviembre	22	39.600		46.200
Diciembre	20	36.000		42.000
Total	257	462.600		539.700
Mano de obra			24	24
Kg/persona-año			19.275,0	22.487,5
Kg/persona-día			75	87,5
Sueldo anual \$us			910,71	910,71
Costo \$us/Kg			0,0020	0,0017
Costo Bs/Kg			0,014	0,012

$$P_{\text{inicial}} = \frac{910,71 \text{ $us}}{462.600 \text{ Kg de queso}} = \frac{0,002 \text{ $us}}{\text{Kg de queso}}$$

$$P_{\text{optimizada}} = \frac{910,71 \text{ $us}}{539.700 \text{ Kg de queso}} = \frac{0,0017 \text{ $us}}{\text{Kg de queso}}$$

$$\Delta P = \frac{P - P_{\text{anterior}}}{P_{\text{anterior}}} \times 100\% = \frac{0,0017 - 0,002}{0,002} \times 100\% = -15 \%$$

La optimización del tiempo de producción en la fabricación de queso Dambo es clave para mejorar la eficiencia y rentabilidad en la industria láctea. Los resultados obtenidos nos muestran un incremento del 16.67% en la producción por obrero-hora y una reducción del 15% en costos laborales, lo que evidencia la importancia de una gestión estratégica del proceso productivo.

La reducción del tiempo total de fabricación sin comprometer la calidad del producto es un factor clave en la optimización de procesos industriales. En este sentido, Morillo Cuasquén (2018) señala que el uso de herramientas de simulación, como FlexSim, permite identificar oportunidades de mejora y optimizar la utilización de recursos en la producción de lácteos.

Así también, la aplicación de herramientas Lean Manufacturing en la empresa "Proalim" en Riobamba permitió reducir el tiempo estándar de producción de 4 a 3.6 minutos por unidad, aumentando la productividad laboral en un 42%. Yambi Guzmán (2023). De manera similar, en Lácteos Huacaríz en Cajamarca, la implementación de Lean Manufacturing mejoró la productividad de la línea de quesos en un 92.59%. Soto Herrera (2021).

La integración de Lean Manufacturing con otras metodologías también ha demostrado ser eficaz. Cabrera et al. (2020) combinaron Lean Manufacturing, Control Estadístico de Procesos (SPC) y el sistema HACCP para mejorar la calidad en una empresa alimentaria, logrando una reducción del 89.2% en las devoluciones de productos.

En el contexto de la producción de queso Dambo, investigadores del Instituto Nacional de Alimentos de la Universidad Técnica de Dinamarca desarrollaron un método que reduce el tiempo de maduración en 3-4 semanas, haciendo la producción más rápida y económica (DTU, 2023a). Además, desarrollaron un cultivo láctico que libera enzimas de maduración de manera más eficiente, permitiendo reducir el tiempo de maduración del queso Dambo de aproximadamente 25 a 13 semanas sin comprometer la calidad sensorial del producto (DTU, 2023b).

La aplicación de Lean Six Sigma en la industria láctea ecuatoriana permitió reducir la variabilidad del peso neto de los quesos en un 83%, mejorando la capacidad del proceso. Guerrero-Segovia et al. (2022). Asimismo, la implementación de un sistema de producción Lean en una empresa alimentaria resultó en mejoras significativas en la productividad y la eficiencia. De-La-Fuente Aragón & Ros-McDonnell. (2015).

El uso de tecnologías avanzadas también ha sido explorado. Uthayaseelan (2024), aplicó técnicas de aprendizaje automático para optimizar la calidad y producción del queso Noruega, mientras que Passos et al. (1999) desarrollaron un sensor de termistor calentado para predecir el tiempo de corte de la leche coagulante, mejorando la precisión en el proceso de producción.

Además, la implementación de tratamientos térmicos suaves y bioconservantes ha demostrado ser eficaz para reducir el deterioro microbiano y extender la vida útil de los quesos artesanales de leche cruda. Silva et al. (2023). En pequeños establecimientos rurales, las condiciones tecnológicas de corte y cocción afectan significativamente el rendimiento del queso y las pérdidas de compuestos en el suero. PubMed. (2019).

Por último, la aplicación de mapas de flujo de valor ha sido efectiva para identificar operaciones con mayor riesgo de contaminación cruzada en la cadena de suministro de productos lácteos. Kumar & Shankar. (2022). La implementación de sistemas de producción Lean también ha demostrado mejorar la productividad en pequeñas empresas de producción de queso. Samamé et al. (2020).

La optimización de procesos en la industria láctea ha sido objeto de muchos estudios en los últimos años. Hernández-Terrones (2022), señala que el diseño de planes de mejora en la producción de quesos permite incrementar la productividad y reducir costos operativos.

Asimismo, estudios han resaltado la importancia de la automatización y digitalización en la producción de alimentos. Morillo-Cuasquén (2018), menciona que la simulación computacional facilita la toma de decisiones y optimiza la planificación de actividades en la industria láctea.

Otros estudios han demostrado que la implementación de tecnologías avanzadas en la fabricación de queso Dambo podría representar una oportunidad para incrementar la productividad y reducir costos operativos. Hernández Terrones. (2022).

Por consiguiente, la aplicación de modelos de simulación ha sido clave para identificar cuellos de botella y optimizar la planificación de actividades en la producción de lácteos. Morillo Cuasquén. (2018).

CONCLUSIONES

El estudio analiza la producción de quesos en la planta industrializadora de productos lácteos de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, destacando la importancia de controlar cada etapa para garantizar calidad. Limitado a optimizar tiempos en el proceso, se excluye el análisis de tecnología y movimientos, ya que la planta opera con lotes de 6,000 litros de leche. El enfoque se centra en reducir tiempos en etapas específicas del proceso para mejorar la eficiencia sin modificar la tecnología existente, estos tiempos se detallan de la manera siguiente:

1. Preparación de la línea de producción	10 min.
2. Recepción de leche	20 min.
3. Pre-maduración	10 min.
4. Lavado	10 min.
5. Agitación final de la cuajada	30 min.

Reducir 80 minutos por lote genera cuatro horas adicionales diarias en tres turnos, aumentando la productividad anual un 16,67 % (queso/obrero-hora) en 257 días laborables. Además, el análisis revela una reducción del 15 % en costos laborales, como se pudo ver durante el presente trabajo, optimizando significativamente la relación entre productividad y mano de obra.

REFERENCIAS

- Alarcón-Rincón, M. T. (2024). Propuesta de mejora de procesos en una planta de lácteos mediante transformación digital. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/86139/10766491962024.pdf?sequence=2>
- Baquero-Castillo, M., Rojas-Aldana, J., & Sánchez-Parra, A. (2024). Optimización de los procesos de la industria alimentaria a través del uso de la metodología Lean Manufacturing. Universidad EAN. <https://repository.universidadean.edu.co/bitstreams/cd95f82f-1845-40a0-ac3c-2c487cb8de16/download>
- Cabrera, J., Corpus, O., Maradiegue, F., & Alvarez-Merino, J. C. (2020). Improving quality by implementing lean manufacturing, SPC, and HACCP in the food industry: A case study. The South African Journal of Industrial Engineering, 31(4), 194–207.

<https://doi.org/10.7166/31-4-2363>

De-La-Fuente-Aragón, M. V., & Ros-McDonnell, L. (2015). Implementing a lean production system on a food company: A case study. *International Journal of Engineering Management and Economics*, 5(2), 129–142.

<https://doi.org/10.1504/IJEME.2015.069904>

DTU. (2023a). Production of Danbo cheese can be accelerated with a new solution. Technical University of Denmark. <https://www.food.dtu.dk/english/newsarchive/2023/02/production-of-danbo-cheese-can-be-accelerated-with-a-new-solution>

DTU. (2023b). New cheese culture can halve ripening time and improve taste. Technical University of Denmark.

<https://www.food.dtu.dk/english/newsarchive/2023/08/new-cheese-culture-can-halve-ripening-time-and-improve-taste>

Guerrero-Segovia, Y. N., Herrera, C., Trujillo, R., & Burneo, P. (2022). Application of Lean Six Sigma in the Ecuadorian Dairy Industry: Variability Reduction of the Net Weight of Cheeses. 3rd South American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.

<https://doi.org/10.46254/SA03.20220035>

Hernández-Terrones, A. R. (2022). Diseño de un plan de mejora del proceso de producción de quesos para incrementar la productividad en la empresa de productos lácteos San Mateo S.R.L. Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/31758>

Kumar, U., & Shankar, R. (2022). Application of Value Stream Mapping for Lean Operation: An Indian Case Study of a Dairy Firm. *Global Business Review*, 23(1), 1–17. <https://doi.org/10.1177/09721509221113002>

Morillo-Cuasquén, D. D. (2018). Optimización de recursos en la producción de quesos de la industria de lácteos San Luis. Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8136/3/ART%c3%8dCULO.pdf>

Passos, E. F., Monteiro, P. S., Oliveira, R. C., Martins, J. G. O., Alves, H. G., & Brandão, S. C. C. (1999). Predicting the Cutting Time of Coagulating Milk for Cheese Production Using a Heated Thermistor. *Journal of Food Science*, 64(5), 879–882. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15932.x>

- Peña-Ariza, L. V., & Felizzola-Jiménez, H. A. (2020). Optimización de la capacidad de producción en una empresa de alimentos usando simulación de eventos discretos. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 28(2), 277-290. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000200277>
- PubMed. (2019). Effects of technological settings on yield, curd, whey, and cheese composition during the cheese-making process from raw sheep milk in small rural dairies: Emphasis on cutting and cooking conditions. *Journal of Dairy Science*, 102(9), 7752–7763. [10.3168/jds.2019-16401](https://doi.org/10.3168/jds.2019-16401)
- Samamé, C. E., Macassi, I. A., & Alvarez, J. C. (2020). Improving Productivity in Small Cheese Production Enterprises. In *Handbook of Research on Increasing the Competitiveness of SMEs* (pp. 20). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9425-3.ch019>
- Silva, B. N., Teixeira, J. A., Cadavez, V., & Gonzales-Barron, U. (2023). Mild Heat Treatment and Biopreservatives for Artisanal Raw Milk Cheeses: Reducing Microbial Spoilage and Extending Shelf-Life through Thermisation, Plant Extracts and Lactic Acid Bacteria. *Foods*, 12(17), 3206. <https://doi.org/10.3390/foods12173206>
- Soto-Herrera, M. P. (2021). Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la línea de quesos en Lácteos Huacaríz E.I.R.L. - Cajamarca 2021. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/119691>
- Tallón, I. (2019). Sostenibilidad, rentabilidad y eficiencia en la industria alimentaria con el uso de tecnologías inteligentes. Interempresas. <https://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/246342-Sostenibilidad-rentabilidad-eficiencia-industria-alimentaria-uso-tecnologias-inteligentes.html>
- Uthayaseelan, M. (2024). Data-driven optimization of an industrial cheese production process [Tesis de maestría, Norwegian University of Life Sciences]. Brage NMBU. <https://hdl.handle.net/11250/3148064>
- Yambi-Guzmán, A. R. (2023). Implementación de herramientas Lean Manufacturing en la línea de quesos para el mejoramiento productivo de la Empresa “PROALIM” ubicada en la ciudad de Riobamba. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/20073>

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM) y la Universidad Privada Domingo Savio (UPDS), por el apoyo en el desarrollo del presente trabajo.

Sobre los autores:

Financiamiento de la investigación

Proyecto de investigación, sin financiamiento.

Declaración de intereses

Declaramos no tener ningún conflicto de intereses, que puedan haber influido en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

Declaración de consentimiento informado

El estudio se realizó respetando el Código de ética y buenas prácticas editoriales de publicación.

Derechos de uso

Copyright© 2025. Este texto está protegido por la [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente, siempre que cumpla la condición de atribución: usted debe reconocer el crédito de una obra de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace.