



REVISTA INGENIO

Diseño del proceso de obtención de queso fresco en la provincia de Chimborazo en el software *SuperPro Designer*

Design of the process for obtaining fresh cheese in the province of Chimborazo using SuperPro Designer software

Danilo Reni Vinocunga-Pillajo | Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador

Aida Salomé Romero Vistin | Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador

Carlos Alfonso Sánchez Vallejo | Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador

ARTICLE HISTORY

Received: 07/11/2022

Accepted: 23/12/2022

PALABRAS CLAVE

Bacteria láctica, factibilidad económica, Quimiag, simulación.

KEYWORDS

Lactic bacteria, economic feasibility, Quimiag, simulation.

RESUMEN

En Ecuador la producción de queso se realiza de manera artesanal, lo cual implica insuficientes condiciones higiénico-sanitarias y calidad comercial. El presente estudio tuvo como objetivo simular el proceso tecnológico de obtención de queso fresco en el software SuperPro Designer versión 12.0. Se establecieron dos casos de estudio, cada caso se constituyó con diferente porcentaje de grasa y proteína en la leche. La tecnología seleccionada para la obtención de queso fresco comprende varios procesos y operaciones unitarias: estandarización, calentamiento, pasteurización, mezclado, coagulación, corte de la cuajada, desuerado, prensado, adición de sal y envasado del queso. La simulación permitió identificar la mejor alternativa económica en la producción de 3500 L del caso 2 con un margen de ganancia de 19,53, PRD DE 1,03, IRR DE 57,82, VAN 7.471.000. Los dos casos de estudio, según su composición de grasa, son catalogados como quesos grasos.

ABSTRACT

In Ecuador, cheese production is carried out in an artisanal way, which implies insufficient hygienic-sanitary conditions and commercial quality. The objective of this study was to simulate the technological process of obtaining fresh cheese in the SuperPro Designer version 12.0 software. Two case studies were established, where each case was constituted with a different percentage of fat and protein in the milk. The selected technology for obtaining fresh cheese included several unitary processes and operations: standardization, heating, pasteurization, mixing, coagulation, cutting the curd, draining the whey, pressing, adding salt and packaging the cheese. The simulation allowed to identify the best economic alternative in the production of 3500 L of case 2 with a profit margin of 19,53, PRD of 1,03, IRR of 57.82, VAN 7.471.000. The two case studies according to their fat composition they are classified as fatty cheeses.

I. INTRODUCCIÓN

La leche es una solución acuosa (suero de leche) de lactosa, sales orgánicas e inorgánicas y numerosos compuestos a nivel de trazas, en la que se encuentran dispersas partículas coloidales de tres rangos de tamaño: proteínas de suero disueltas a nivel molecular, caseínas dispersas (50-500 nm) agregados coloidales (micelas) y lípidos emulsionados como glóbulos grandes (1-20 μm) [1]. La leche de ganado vacuno es la principal materia prima para la elaboración del queso. El procesamiento de

la leche, particularmente la producción del queso, habría sido un desarrollo crítico porque no solo permitió la conservación de los productos lácteos en una forma no perecedera y transportable, sino que también hizo de la leche un producto más digerible para los primeros productores de queso prehistóricos [2].

La elaboración de los primeros quesos se remonta 6000 a. C. en el norte de Europa; actualmente existen más de 2000 variedades de queso en el mundo y la fabricación

de queso continúa avanzando. Existen varios tipos de quesos, incluyendo duros, semiduros, frescos y otros [3]. Los principales microorganismos iniciadores del queso son las bacterias del ácido láctico (BAL) han sido ampliamente estudiados por sus actividades glucolíticas, proteinasas y peptidasas, ya que conducen a la producción de ácidos orgánicos, péptidos y aminoácidos (AA) [4]. Según [5] en el país se producen 6.648.786 L/día de leche. Chimborazo es una de las principales provincias productoras de leche con 431.325 L/día, [6] por lo tanto, se han ubicado estratégicamente centros de acopio de leche. Los dos principales centros en la provincia son Nestlé en La Andaluza y Parmalat en Mocha. El volumen requerido para estos establecimientos lecheros está entre 7000 y 10.000 litros/día, respectivamente [7].

Según [8] el diseño de procesos (DP) identifica los elementos que permiten el desarrollo de un producto de calidad desde su origen hasta el final de su vida útil. Por otro lado, [9] menciona que es una prioridad en el DP identificar operaciones y estrategias de procesamiento del producto para garantizar calidad. Partiendo de las dos premisas anteriores se establece a la calidad como un factor esencial en el DP. En el proceso tecnológico de producción de queso diversos autores relacionan la calidad con diferentes componentes del producto. Autores como [10], demostraron que el % de grasa y % de humedad influyen sobre las características físico-químicas del queso. En cambio, para [11] el rendimiento en la planta quesera está relacionado con la calidad, ya que identificaron que el rendimiento quesero se favorece con incrementos de grasa y proteínas en la leche. Mientras [12] consideran la etapa de salado como un punto crítico para la inocuidad y aseguramiento de la calidad. En la literatura analizada se evidencia la ausencia de trabajos que relacionen el diseño metodológico (indicadores ambientales, económicos y técnicos) de una planta quesera con la calidad del producto.

En Ecuador, gran parte de la producción de queso fresco se realiza de manera artesanal. Lo cual implica insuficientes condiciones higiénico-sanitarias y un escaso control para asegurar la obtención de productos de calidad comercial [13]. Una manera de estandarizar la calidad, sin necesidad de un gasto económico elevado, es mediante la simulación de procesos. La principal ventaja de la simulación es la posibilidad de probar cambios en el escenario virtual antes de que se implementen en el mundo real, por lo tanto, se puede obtener información sobre los riesgos potenciales de antemano y prepararse para ellos [14]. En la actualidad existen potentes softwares de simulación de procesos industriales. El programa *SuperPro Designer* versión 12.0, facilita el modelado y la evaluación de procesos integrados en una amplia gama

de industrias [15].

El presente estudio tuvo como objetivo simular el proceso tecnológico de obtención de queso fresco en el software *SuperPro Designer* versión 12.0. Se tomaron como criterios de calidad el porcentaje de grasa en el producto final.

2. MÉTODO

2.1. CRITERIOS METODOLÓGICOS PARA EL DISEÑO Y SIMULACIÓN DE PROCESO

La metodología utilizada en el presente trabajo consiste en etapas secuenciales empleadas para la implementación de una planta agroindustrial [16]. La metodología empleada ha sido ampliamente utilizada y estudiada. Por ejemplo, [9] implementaron el procedimiento metodológico en el diseño óptimo para la elaboración de miel de caña de azúcar. En cambio [17] emplearon la metodología para determinar los parámetros de operación y de diseño en la calidad del azúcar no centrífugo granulado. En la industria no alimentaria el procedimiento ha sido aplicado en la obtención de ácido cítrico a partir del bagazo de caña [18] y en la producción de bioetanol carburante a partir de bagazo de caña de azúcar [19]. En la figura 1 se muestran las etapas de la simulación del proceso tecnológico de obtención de queso fresco (ver Figura 1).

2.2. ETAPAS METODOLÓGICAS

El diseño de proceso lleva implícito la selección de alternativas basadas en un criterio, según los objetivos planteados. Constituye una actividad práctica compleja debido a que se requiere de una metodología que contemple todas las etapas y variables que intervienen en el diseño. La descripción de los pasos secuenciales empleados en la simulación, [16] [17] y [20] se muestra a continuación:

2.2.1. Producto demandado

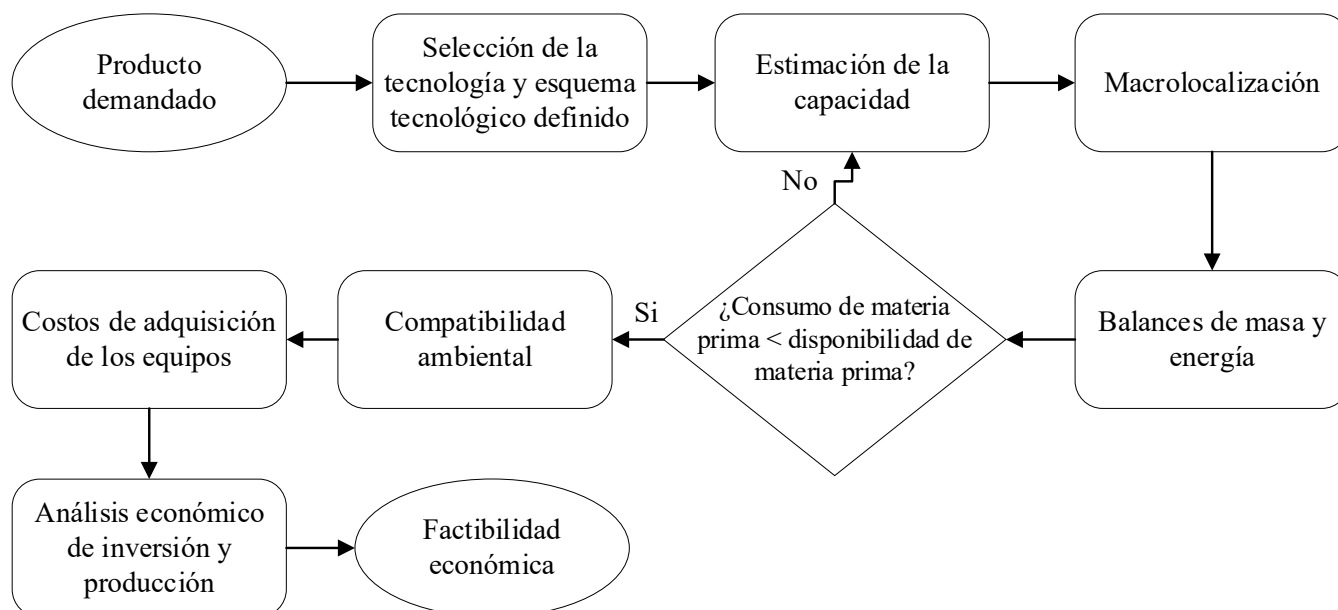
En objetivo es determinar y definir el producto que se demanda, sus criterios de calidad y las materias primas.

2.2.2. Selección de la tecnología y esquema tecnológico definido

En esta etapa se selecciona la tecnología con parámetros operativos que garanticen las especificaciones de calidad del producto demandado. Además, definir el esquema tecnológico a través del diagrama de flujo.

Figura 1

Metodología de diseño de procesos agroindustrial



2.2.3. Estimación de la capacidad

El propósito de este paso es estimar la capacidad de la planta en función de la demanda o la disponibilidad de materias primas.

2.2.4. Macrolocalización

Consiste en decidir la región favorable donde se ubicará la planta, considerando: la disponibilidad de materias primas y los costos de transporte de materias primas o productos terminados.

2.2.5. Balances de masa y energía

El objetivo es determinar el caudal y composición de todas las corrientes involucradas en el proceso con el fin de aprovechar la energía y los materiales involucrados.

2.2.6. Consumo de materia prima < disponibilidad de materia prima

Durante esta etapa se debe comparar la disponibilidad de las materias primas con el consumo de estas. Si la disponibilidad es menor al consumo de materia prima en la planta industrial, se debe volver al literal 2.2.3 y fijar una capacidad idónea.

2.2.7. Compatibilidad ambiental

El objetivo es comparar las cantidades de residuos con normas ambientales, además se deben plantear posibles soluciones para disminuir el impacto ambiental.

2.2.8. Diseño y costo de adquisición de los equipos

Durante esta etapa se establecen los parámetros de diseño y costo de adquisición de cada equipo involucrado en el proceso tecnológico.

2.2.9. Análisis económico de inversión y producción

Durante esta etapa se determina el costo de inversión y operación anual del producto. Este paso es de suma importancia para la siguiente etapa.

2.2.10. Factibilidad económica

Determinar el valor actual neto (VAN), tasa interna de rentabilidad y (TIR), el período de recuperación (PR) para reconocer la factibilidad de la planta.

2.3. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE PROCESOS

Se establecieron dos casos para este estudio (ver Tabla 1), la composición de la materia prima se estableció según la bibliografía consultada. Se seleccionó el porcentaje de grasa y proteína en la leche, porque estas variables están relacionadas con la calidad y el rendimiento en el queso. Cada caso de estudio se simuló con 3 capacidades; 500 L, 2000 L y 3500 L. Se definió el modo de operación continuo (operación anual de 7920 horas, 24 horas en 330 días) [21]. Los costos de las materias primas, servicios auxiliares y equipamiento se establecieron realizando búsquedas en artículos y páginas web. Las materias primas que no se encontraban (Renina, leche y BAL) en el simulador fueron creadas, su estequiometría fue establecida según [1], [3] y [22]. El tiempo de vida del proyecto se considera de 15 a 25 años [23]. Se fijó una tasa de interés del 7% [24] para determinar el Valor Actual Neto (VAN).

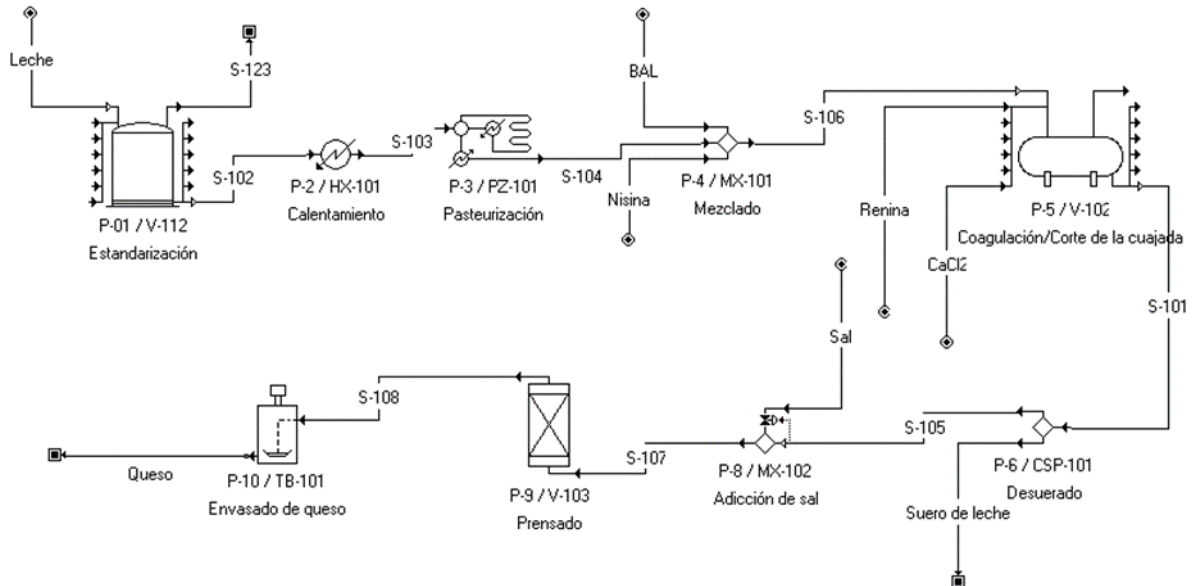
Tabla 1

Estudios de casos planteados

Estudio de caso	Materia prima	Grasa	Proteína	Lactosa	Fuente
Primero	Leche	3,2 %	3,5 %	5,3 %	[45]
Segundo	Leche	4,5 %	3,0 %	3,54 %	[46]

Figura 2

Diagrama de elaboración de queso fresco



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. PRODUCTO DEMANDADO

Queso es la cuajada o sustancia formada por la coagulación de la leche de ciertos mamíferos por cuajo o enzimas similares en presencia de ácido láctico producido por microorganismos añadidos o adventicios, de la que se ha eliminado parte de la humedad por corte, calentamiento y prensado, que ha sido moldeado y luego madurado (también sin madurar) [25]. Es decir, la elaboración del queso fresco implica la sinéresis controlada del coágulo de la leche a través del cuajo. En la última década en Ecuador la demanda de queso aumento en un 126% significando una *per cápita* de 1,7 kilos. Según [26] se prevé un crecimiento de 5,6% en la producción de fresco en los próximos años. La calidad del queso está relacionada con la composición química del producto.

3.2. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y ESQUEMA TECNOLÓGICO DEFINIDO

La tecnología seleccionada para la obtención de queso fresco comprende varios procesos y operaciones unitarias: estandarización, calentamiento, pasteurización, mezclado, coagulación, corte de la cuajada, desuerado,

prensado, adición de sal y envasado del queso. En la figura 2 se muestra el diagrama de elaboración de queso fresco implementado en *Super Pro* (ver Figura 2).

El proceso inicia con la estandarización de leche, según [25], luego se realiza una termización, proceso bastante extendido en la elaboración del queso fresco, normalmente la termización o sub-pasteurización se realiza entre 57-68 °C por 10-20 s [22]. Seguidamente se realiza una pasterización a 72 °C por 15 s, esta etapa permite la inactivación de las enzimas autóctonas de la leche, [27] y la destrucción de los microorganismos como *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, *Mycobacterium tuberculosis* y *Coxiella burnetii*. Además, evita la desnaturalización de las proteínas del suero y su interacción con la β -caseína micelar [28].

La siguiente etapa consiste en una acidificación de la leche. Este proceso consiste en inhibir el crecimiento de organismos indeseables, influye en la tasa de coagulación [29]. La acidificación se realiza a través de la producción *in situ* de ácido láctico con microorganismos como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, [30] cuando se alcanza la acidez deseada (0,01% de aumento), [31] se requiere la adición de cuajo para obtener una cuajada de las características deseadas. La renina es la enzima más empleada durante la coagulación. El pH óptimo para la acción de la renina en la leche es de 5,4. Sin embargo, puede funcionar

Tabla 2*Flujo volumétrico en las diferentes capacidades simuladas*

Etapa/Capacidad	Caso 1			Caso 2		
	500 L	2.000 L	3.500 L	500 L	2.000 L	3.500 L
Estandarización	500	2.000	3.500	500	2.000	3.500
Coagulación y corte	500,23	2.000,93	3.501,62	500,23	2.000,93	3.501,62
Desuerado	405,19	1.620,75	2.863,32	360,60	1441,73	2.522,78
Envasado	95,99	383,98	644,95	139,78	558,73	977,68

Tabla 3*Composición química de los atributos de calidad del queso*

	Caso 1	Caso 2
Grasa	24,08	29,32
Proteína	18,82	17,32
Humedad	56,2	52,76

como un agente de coagulación a un pH casi neutro (6,2-6,4). Durante esta etapa se agregó nisina con la finalidad de frenar el crecimiento de microorganismos y aumentar la vida útil de producto, [32] además se adicionó cloruro de calcio (CaCl_2) para acelerar la coagulación y como reconstituyente del calcio perdido (Figura 2). Cuando la coagulación se haya completado se debe retirar el suero de manera temprana ya que el ácido continúa desarrollándose en la cuajada mientras haya cantidades apreciables de suero. Seguidamente se realizó la adicción de sal en una proporción de 0,1%. Con el objetivo de moldear la masa de queso se realizó un prensado a 10 psi [33]. El envasado del producto final se realizó en unidades de 18 kg con un valor de USD 45.

3.3. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD

La producción de queso fresco se encuentra en una etapa de crecimiento, debido al acuerdo multipartes entre Ecuador y la Unión Europea, es así, que el 35% de la producción de leche es destinada a elaboración de queso [34]. La provincia de Chimborazo cuenta con 63.932 vacas de ordeño que producen 431.325 L/día de leche [6]. Se estima una capacidad tentativa de (500-3 500) kg leche.

3.4. MACROLOCALIZACIÓN

La parroquia Quimiag, presenta una población de 1082 hatos con una producción de 48.865 L leche/día con un promedio de 5,61 L leche/vaca/día, [35] estos niveles altos de producción convierten a la parroquia en una de las principales productoras de leche en la provincia de Chimborazo.

3.5. BALANCES DE MASA Y ENERGÍA

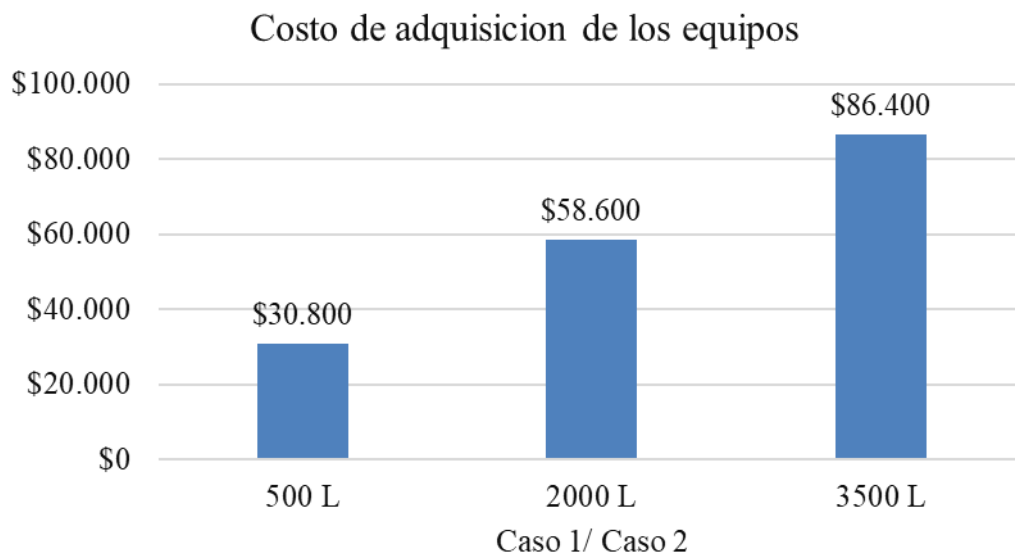
Los balances de masa de las tres capacidades simuladas en los dos casos de estudio se muestran en la tabla 2. Durante las iteraciones de cada caso de estudio las etapas de estandarización, calentamiento y pasteurización el flujo volumétrico se mantiene constante con respecto a la primera etapa, mientras en la etapa de coagulación y corte se observa un leve aumento en los flujos de las corrientes, esto se debe a la adicción de ingredientes (BAL, renina, nisina y CaCl_2). En el proceso tecnológico de desuerado en el caso uno el 81% de leche acidificada se convierte en suero y el porcentaje restante es la cuajada (ver Tabla 2), el rendimiento de suero-cuajada concuerda con lo expuesto por [36]. Mientras en el caso dos el 72,07 % se convierte en suero, esta diferencia en el subproducto está relacionada con el contenido de grasa en la materia prima.

La composición química de grasa y proteína en el queso en el caso uno concuerda con lo expuesto por [37]. En el caso dos la grasa, la proteína y el rendimiento en el queso fresco es mayor que el caso uno (ver Tabla 3), esta diferencia se debe a la composición química de la grasa y proteína en la leche, ya que la caseína (proteína) forma la matriz estructural del queso, facilitando el atrapamiento de la grasa, que a su vez proporciona un mayor rendimiento, además que contribuye a la textura y al sabor del queso. Según la norma NTE INEN 1528, [38] el producto obtenido en los dos casos de estudio es un queso graso.

El porcentaje en la relación leche-ingrediente usado fue el mismo en los dos casos de estudio (ver Tabla 4). Se estableció 0,01g/L de BAL y 0,03g/L de nisina, según lo mencionado por [31], mientras para la renina y CaCl_2 se determinó 0,12 g/L y 0,3 g/L, respectivamente [30].

Tabla 4*Ingredientes utilizados durante la elaboración de queso fresco*

Etapa/Capacidad	Ingrediente	Caso 1/ Caso 2		
		500 L	2 000 L	3 500 L
Mezclado	BAL (g)	5	21	36
	Nisina (g)	15	60	105
Coagulación/Corte de la cuajada	Renina (g)	62	247	433
	CaCl ₂ (g)	150	600	1.050

Figura 3*Costos totales de adquisición de equipos*

3.6. DISPONIBILIDAD Y CONSUMO DE MATERIA PRIMA

La capacidad mínima estudiada fue de 500 L y la máxima de 3500 L, por otra parte, la disponibilidad de leche en la parroquia de Quimiag es de 48.865 L leche/día [35]. Por lo tanto, existe la disponibilidad para la implantación de la planta de queso fresco.

3.7. COMPATIBILIDAD AMBIENTAL

El suero lácteo es el residuo que más se genera en la elaboración de queso, según la composición de la leche procesada representa entre el 70% y 90% del volumen [39]. Además, el suero posee altos índices de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) con 40 g/L y una demanda química de oxígeno (DQO) de 60 g/L, [11] aspectos que motivan la utilización de suero en lugar de desecharlo, por consiguiente, se disminuiría la contaminación ambiental. Además, el 55 % de los nutrientes de la leche están presentes en el suero [39].

En Ecuador se prohíbe la movilización del suero de leche líquido sin el certificado vigente de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), [40] aunque no existe una norma específica para tratar el suero de leche. Diversas fuentes

literarias abordan la transformación del residuo lácteo en productos, por ejemplo, [41] utilizan el coproducto para producir bebidas de suero fermentado, mientras [42] produce ácido cítrico a partir del suero, en cambio [43] produce bioetanol del residuo del queso.

3.8. COSTOS DE ADQUISICIÓN DE LOS EQUIPOS

El costo de adquisición en los dos casos de estudio fue el mismo. En la figura 3 se muestra el costo de adquisición de los equipos con respecto a las diferentes cantidades de 500, 200 y 3500 L/día de leche (ver Figura 3). Se evidencia un crecimiento lineal en las tres capacidades, este comportamiento se debe a la relación del costo de los equipos con los caudales, temperaturas, presiones, potencias, entre otros que caracterizan a cada equipo [21].

3.9. ANÁLISIS ECONÓMICO DE INVERSIÓN Y PRODUCCIÓN

El análisis económico del esquema tecnológico para la producción de queso fresco se realizó en función del

Figura 4

Costo de inversión de la planta quesera

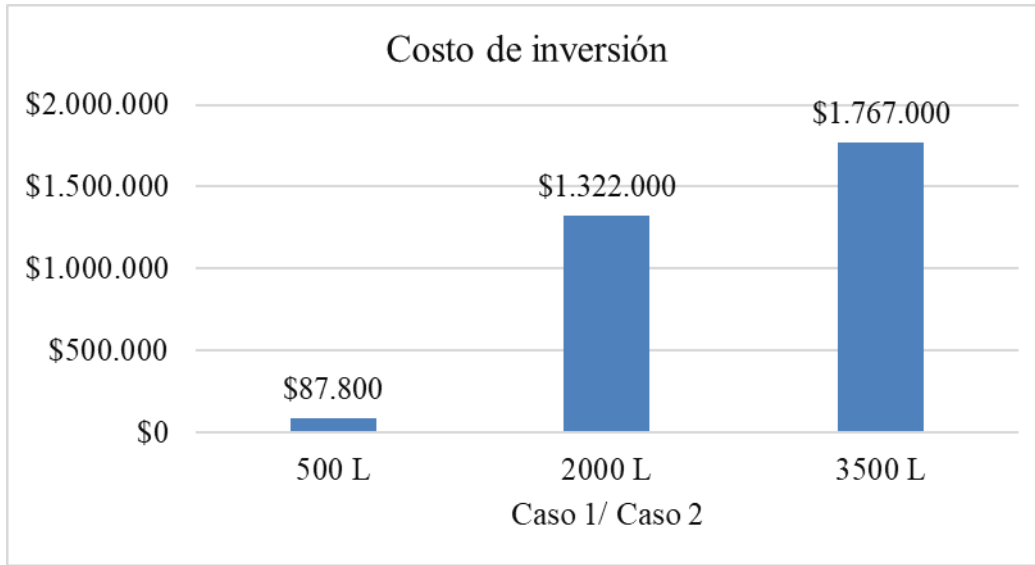
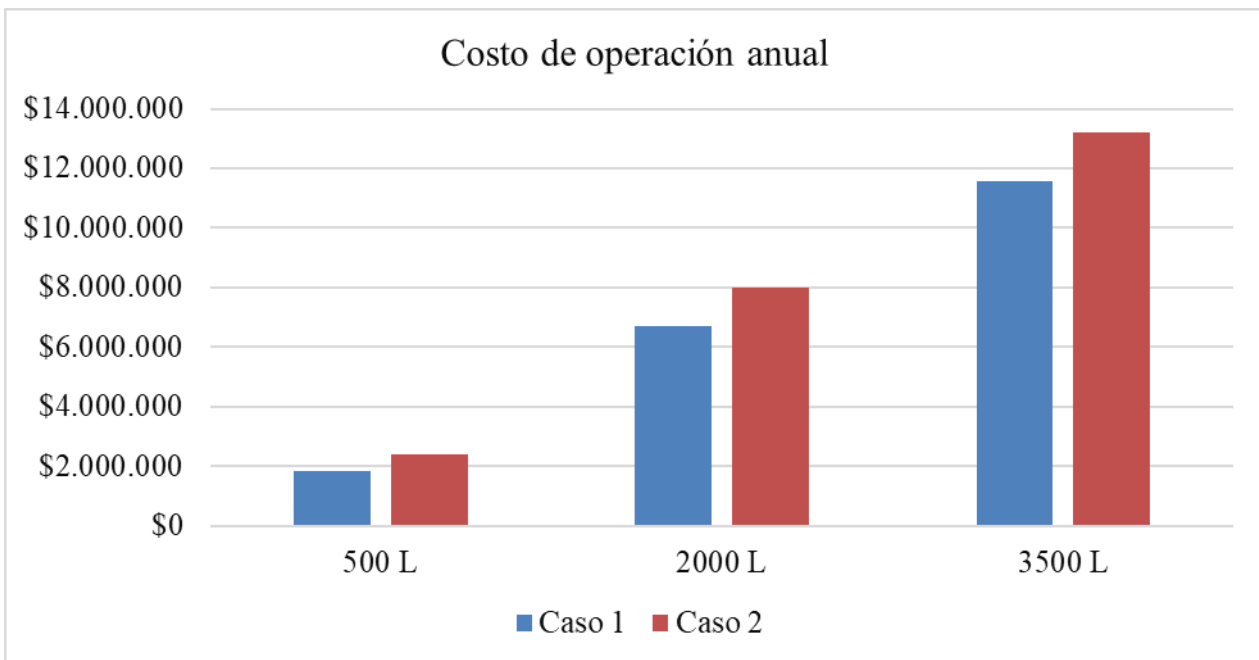


Figura 5

Costo operación anual de la planta quesera



costo de inversión y de operación anual. El costo de inversión en los dos casos de estudio fue el mismo en las tres capacidades simuladas (ver Figura 4). Los criterios económicos considerados incluyeron el costo directo, indirecto y las tarifas y contingencias del contratista.

El costo total de la planta es la suma de los costos directos, más indirectos y el costo directo de capital fijo, es el costo total de la planta más tarifa y contingencia del contratista [21]. Por su parte, el costo de operación anual fue analizado a partir de la capacidad de producción de la planta, estas operaciones involucran los costos de materias primas y servicios. El caso uno presenta un costo

menor al caso dos. La diferencia en el costo de operación anual durante el caso dos se debe a un mayor rendimiento en el producto final (ver Figura 5).

3.10. FACTIBILIDAD ECONÓMICA

El margen de ganancias, período de recuperación descontada (PRD), tasa interna de recuperación (TIR) y valor actual neto (VAN), [24] varía debido al rendimiento en los casos de estudios y cantidad de materia prima sim-

Tabla 5*Indicadores económicos de la planta quesera*

	Caso 1			Caso 2		
	500 L	2.000 L	3.500 L	500 L	2.000 L	3.500 L
Margen de ganancia (%)	4,64	11,88	14,91	6,32	13,37	19,53
PRD (años)	7,41	2,18	1,61	5,5	2,03	1,03
IRR (%)	7,45	39,31	54,2	10,32	42,64	57,82
VAN (\$)	24.000	3.318.000	6.566.000	50.000	3.760.000	7.471.000

ulada. En la tabla 5 se aprecia en la producción de 500 L del caso uno el menor VAN, desde el punto económico esta producción no es rentable, se considera rentable aquella planta con PRD menor de tres años [44]. En las producciones de 2000 L y 3500 L en ambos casos de estudio se visualizan las mejores alternativas de factibilidad económica. Siendo la mejor elección la capacidad de 3500 L del caso dos (ver Tabla 5).

4. CONCLUSIONES

El caso dos de estudio mostró una cantidad mayor de grasa en comparación con el caso uno. Además, el caso dos presentó un mayor rendimiento; por lo tanto, un mayor costo de operación anual. Los dos casos de estudio según su composición grasa son catalogados como quesos grasos. La simulación permitió identificar la mejor alternativa económica en la producción de 3500 L del caso dos con un margen de ganancia de 19,53, PRD de 1,03, IRR de 57,82, VAN 7.471.000.

REFERENCIAS

- [1] O'Mahony, J.A. and P. Fox, *Milk: an overview*, chapter 2, second edition, San Diego, Academic Press, p. 73, 2014.
- [2] Salque, M., P.I. Bogucki, J. Pyzel, I. Sobkowiak-Tabaka, R. Grygiel, M. Szymt and R.P. Evershed, «Earliest evidence for cheese making in the sixth millennium bc in northern Europe», *Nature*, 493, pp. 522-525, 2013.
- [3] Hagi, T., A. Kurahashi, Y. Oguro, K. Kodaira, M. Kobayashi, S. Hayashida, H. Yamashita, Y. Arakawa, T. Miura, K. Sato, S. Tomita, S. Suzuki, K.I. Kusumoto, N. Moriya and M. Nomura, «Effect of sake lees on cheese components in cheese ripened by *Aspergillus oryzae* and lactic acid bacteria», *Journal of Dairy Science*, 2022.
- [4] McMahon, D.J., C.J. Oberg, M.A. Drake, N. Farkye, L.V. Moyes, M.R. Arnold, B. Ganesan, J. Steele and J. R. Broadbent, «Effect of sodium, potassium, magnesium, and calcium salt cations on pH, proteolysis, organic acids, and microbial populations during storage of full-fat Cheddar cheese», *Journal of Dairy Science*, 97, pp. 4780-4798, 2014.
- [5] INEC. *III Censo Nacional Agropecuario*, 2015; [online] Available: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>.
- [6] Franco-Crespo, C., L.V. Morales-Carrasco, N.R. Lascano-Aimacaña and G.A. Cuesta-Chávez, «Dinámica de los pequeños productores de leche en la Sierra centro de Ecuador», *Revista de Ciencias de la Vida*, vol. 30, n.º 2, pp. 103-120, 2019.
- [7] González-Cabrera, M.V., J.L. Loroña-Alarcón and M.F. González-Puente, «Diagnóstico situacional de la cadena agroalimentaria de producción lechera para el sector informal urbano de la provincia de Chimborazo, cantones Riobamba-Chambo», *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, vol. 2, pp. 2-16, 2019.
- [8] Schwabe-Neveu, J., P. Fuentes-Stuardo and J.C. Briede-Westermeyer, «Characterization of product design process of a company that provides design services: proposal based on a process approach», *DYNA*, n.º 83, pp. 148-156, 2016.
- [9] Cerda, V., A. Pérez and E. González, «Procedimiento para el diseño óptimo de procesos considerando la calidad: aplicación en la elaboración de miel de caña», *Revista Centro Azúcar*, vol. 47, n.º 4, pp. 103-113, 2020.
- [10] Portilla Martínez, M.C. and L.A. Caballero Pérez, «Influencia de la materia grasa y acidez de la leche sobre las características físico-químicas del queso pera», *Bistua, Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, vol. 7, 2009.
- [11] Villegas-Soto, N., A. Hernández-Monzón and J.A. Díaz-Abreu, «New technological system for artisanal production of fresh cheese with maximal recovering of the milk components», *Chemical Technology*, vol. 38, n.º 3, p. 640-655, 2018.
- [12] Argüello, P., A. Albuja, A. Rafaela Pacurucu and C. Pilamunga, «Brine microbiological quality used in the production of fresh cheese in an artisanal factory at Quimiag-Chimborazo», *Perfiles*, vol. 1, n.º 2, 2020.
- [13] Arteaga-Solórzano, R.A., M. Armenteros-Amaya, D. Quintana-García and A. Martínez-Vasallo, «Evaluación de las buenas prácticas en la elaboración de queso artesanal en Manabí, Ecuador», *Revista de Salud Animal*, vol. 43, n.º 2, pp. 1-10, 2021.
- [14] García, J., G. Enríquez, M. Ruiz, C. Arévalo and A. Jiménez, «Software Process Simulation Modeling: Systematic literature review», *Computer Standards & Interfaces*, vol. 70, 2020.
- [15] Intelligen Inc. *SuperPro Designer User's Guide*. 2013.

- [Online] Available: https://www.intelligen.com/wp-content/uploads/2020/05/SuperPro_ManualForPrinting_v11.pdf.
- [16] Pérez-Martínez, A., I. Benítez-Cortés, H. Oquendo-Ferrer, M.C. Julián-Ricardo, and P. Galindo-Llanes, «Integración del diseño del sistema de control automático al diseño total de una planta para obtención de alimento animal a partir de residuos de la industria azucarera», *ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar*, vol. 47, n.º 2, pp. 42-51, 2013.
- [17] Cerda, V., E. Yordi, G. Cerda Mejía, R.D. Vinocunga-Pillajo, A. Pérez and E. González, «Procedure for the determination of operation and design parameters considering the quality of non-centrifugal cane sugar», *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 16, pp. 43-50, 2022.
- [18] Tuquerres Curipallo, H., G. Cerda Mejía, V. Tenemasa, K. Diéguez Santana, K. Carrera Sánchez and A. Pérez Martínez, «Diseño del proceso para la obtención de ácido cítrico a partir del bagazo de caña disponible en Pastaza, Ecuador», *Revista Centro Azúcar*, vol. 47, n.º 2, pp. 86-96, 2020.
- [19] Casco-Méndez, G.M., K. Diéguez-Santana, L. Sarduy-Pereira, R.D. Vinocunga-Pillajo, S.I. Pomavilla-Guaminga and A. Pérez-Martínez, «Diseño del proceso de obtención de bioetanol carburante mediante hidrólisis enzimática del bagazo de caña en Pastaza», *Revista Centro Azúcar*, vol. 49, n.º 2, pp. 35-46, 2022.
- [20] Pérez-Martínez, A., E. Cervantes-Mendieta, M. Julián-Ricardo, E. González-Suárez, A. Gómez-Atanay, H. Oquendo-Ferrer, P. Galindo-Llanes, and L. Ramos-Sánchez, «Procedimiento para enfrentar tareas de diseño de procesos de la industria azucarera y sus derivados», *Revista mexicana de ingeniería química*, vol. 11, n.º 2, pp. 333-349, 2012.
- [21] Casco-Méndez, G.M., K. Diéguez-Santana, L. Sarduy-Pereira, R.D. Vinocunga-Pillajo, S.I. Pomavilla-Guaminga and A. Pérez-Martínez, «Diseño del proceso de obtención de bioetanol carburante mediante hidrólisis enzimática del bagazo de caña en Pastaza», vol. 49, n.º 2, p. 35-46, 2022.
- [22] Rukke, E.O., T. Sørhaug, and L. Stepaniak, *Heat treatment of milk: thermization of milk*, Mississippi, Academic Press, p. 82, 2011.
- [23] Poveda-Ramos, G., «Capacidad óptima de plantas industriales», *Revista de Ingeniería*, vol. 18, n.º 1, p. 148-155, 2003.
- [24] Fajardo, L., M. Girón, C. Vásquez, L. Fajardo, X. Zúñiga, L. Solís and J. Pérez, «Valor actual neto y tasa interna de retorno como parámetros de evaluación de las inversiones», *Revista investigación operacional*, vol. 40, n.º 4, p. 469-474, 2019.
- [25] Kulozik, U., «Cheese Technology», *International Journal of Dairy Technology*, vol. 63, n.º 2, pp. 303-303, 2010.
- [26] Pardillos-Lara, M.C., *El mercado del queso en Ecuador*, España Exportación e Inversiones, vol. 1, p. 1-6, 2020.
- [27] Bremer, P., B. Seale, S. Flint, and J. Palmer, *Biofilms in the food and beverage industries*, 1st, Cambridge, United Kingdom, Woodhead Publishing, 2009, p. 431.
- [28] Schoder, D., *Listeria: listeriosis*, Oxford, Academic Press, 2016, p. 566.
- [29] Robles-Rodríguez, C.E., E. Szymańska, T. Huppertz, and L. Özkan, «Dynamic modeling of milk acidification: an empirical approach», *Food and Bioproducts Processing*, n.º 128, p. 41-51, 2021.
- [30] Hernández-Monzón, A. and J.A. Díaz-Abreu, «Nuevo sistema tecnológico para producción artesanal de queso fresco con máximo aprovechamiento de componentes de la leche», *Tecnología Química*, vol. 38, n.º 3, p. 34-49, 2018.
- [31] Olofsson, I., *Guidelines for food safety control of artisan cheese-making*, 1st, Finland, Nordic Council of Ministers, 2010, p. 66.
- [32] Castro, G., E. Valbuena, W. Bríñez, E. Sánchez, H. Vera and A. Tovar, «Comparación del empleo de nisina y cultivos de *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* para la biopreservación de queso blanco», *Revista Científica*, vol. 19, pp. 201-123, 2009.
- [33] Arce-Méndez, J., E. Thompson-Vicente and S. Calderón-Villaplana, «Incorporación de la proteína del suero lácteo en un queso fresco», *Agronomía Mesoamericana*, vol. 27, n.º 1, pp. 61-71, 2015.
- [34] Cevallos-Villegas, D.M., E.A. Montesdeoca-Rodríguez and R.D. Cevallos-Conde, «Relación estratégica para el desarrollo del Ecuador: acuerdo comercial multipartes con la Unión Europea», *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 10, n.º 3, pp. 165-169, 2018.
- [35] Guevara-Fierro, M., *Elaboración de un plan de mejora competitiva de los productores lecheros de la parroquia Químiag, cantón riobamba, provincia de Chimborazo para acceder a la cadena de abastecimiento de la empresa: lácteos San Antonio C. A. Nutri Leche*, tesis de maestría, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2015.
- [36] López-Guzmán, G., E. Palomec-Aragón, K. Carrasco-Ramírez, L. Mata, A. Zulma-Castillejos, E. Ramírez-Rivera and R. Santiago-Cabrera, «Elaboración del queso fresco «cuajada» con dos tipos de cuajos comerciales: impacto sobre las reacciones de preferencia de los consumidores», *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, vol. 3, n.º 1, pp. 014-027, 2012.
- [37] Díaz Galindo, E.P., B. Valladares Carranza, A.D.C. Gutiérrez Castillo, C.M. Arriaga Jordan, B. Quintero-Salazar, P. Cervantes Acosta, and V. Velázquez Ordóñez, «Caracterización de queso fresco comercializado en mercados fijos y populares de Toluca, Estado de México», *Revista Mexicana de Ciencias Agropecuarias*, vol. 8, n.º 2, pp. 139-146, 2017.
- [38] NTE INEN 1528. *Norma general para quesos frescos no madurados*, 2012; [online] Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1528.pdf>.

- [39] Díaz-Abreu, J.A., V.-R. Yunaisi and H.-M. Aldo, «Application of the New Technological System for maximum milk components recovering in industrial Lunch type cheese», *Chemical Technology*, vol. 40, n.º 3, pp. 512-527, 2020.
- [40] FAO. *Resolución n.º 33. Regulación para el control de la movilización del suero de leche líquido*, 2019; [online] Available: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC196145/>.
- [41] Hernández-Monzón, A., D. Rodríguez-Villacis, S. Romagosa-Ibieta, M. Valdés-Marín, and C. Duarte-García, «Evaluation the sensorial quality and the acceptability of different foodstuffs elaborated with addition of aloe juice (Aloe vera) and its relationship with the used dose», *Chemical Technology*, vol. 41, n.º 3, p. 485-503, 2021.
- [42] Sánchez, O., M. Buriticá and A. Garcés, «Obtención de ácido cítrico a partir de suero de leche por fermentación con *Aspergillus spp*», *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. 6, pp. 43-54, 2004.
- [43] Zou, J. and X. Chang, «Whey for bioethanol production by yeast», *Encyclopedia*, vol. 1, p. 3-14, 2022.
- [44] Cavalcante, L.R. and C.H. Rocha, «Investment appraisal and the choice between continuous and discrete cash flow discounting», *Exacta*, vol. 16, n.º 4, p. 125-134, 2018.
- [45] Calderón, A., F. García and G. Martínez, «Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia», *Revista Córdoba*, vol. 11, n.º 1, p. 725-737, 2006.
- [46] Álvarez-Figueroa, M.L., M.L. Pineda-Castro, A. Chacón-Villalobos and E. Cubero-Castillo, «Características físicoquímicas y sensoriales de leches caprina y bovina enteras, descremadas y deslactosadas», *Agronomía Mesoamericana*, vol. 33, pp. 2-20, 2022.