



# “OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LA PRODUCCIÓN DE QUESOS DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SAN LUIS”

*Autor: Damaris Daniela Morillo Cuasquén*

*Universidad Técnica del Norte, FICA, Carrera de Ingeniería Industrial, Av. 17 de Julio 5-21, Ibarra, Ecuador, Marzo de 2018.  
ddmorilloc@utn.edu.ec*

**Resumen.** La presente investigación fue realizada en la Industria de Lácteos San Luis y persiguió como principal objetivo, optimizar recursos en el proceso de producción de la línea de queso fresco, a través de herramientas de organización del trabajo y contrastando estas, a través de un modelo de simulación. Lo anterior se viabilizó a partir de la aplicación de herramientas de ingeniería de métodos, estudio de tiempos. Además, herramientas informáticas de simulación como FlexSim, en conjunto con sus herramientas ExperFit y Experimenter; SPSS, MedTrab y Microsoft Excel, las cuales facilitaron el diseño y procesamiento estadístico y matemático de la información. FlexSim permitió obtener de una manera sencilla y concreta, datos que la industria no conocía y son de fundamental importancia en la planificación de sus actividades, tales como: capacidades de producción locales y globales, porcentajes de utilización de sus recursos, porcentajes de la incidencia que tienen los paros en el objeto y medios de trabajo, entre otros. Por otra parte, la culminación de este trabajo demostró la factibilidad de aplicación de la simulación, en aras de facilitar la toma de decisiones con respecto a la optimización de recursos y su incidencia favorable en el nivel de productividad actual.

## Palabras Claves

Diagnóstico, simulación de eventos discretos, FlexSim.

**Abstract.** The present investigation was carried out in the Dairy Industry San Luis and pursued as main objective, to optimize resources in the process of production of the fresh cheese line, through work organization tools and contrasting these, through a model of simulation. This was made possible through the application of methods engineering tools, time study. In addition, computer simulation tools such as FlexSim, in conjunction with its ExperFit and Experimenter tools; SPSS, MedTrab and Microsoft Excel, which facilitated the design and statistical and mathematical processing of information. FlexSim

allowed to obtain in a simple and concrete way, data that the industry did not know and are of fundamental importance in the planning of its activities, such as: local and global production capacities, percentages of use of its resources, percentages of the incidence that they have stoppages in the object and means of work, among others. On the other hand, the culmination of this work demonstrated the feasibility of application of the simulation, in order to facilitate decision-making regarding the optimization of resources and their favorable impact on the current level of productivity.

## Keywords

FlexSim, Simulation, diagnosis.

## 1. Introducción

La Industria de Lácteos San Luis es una pequeña industria ubicada en la Provincia Pichincha, Cantón Cayambe, lugar en el cual lleva más de 40 años de producción para el mercado nacional. En ese entonces, comienza produciendo queso para productores de biscochos en Cayambe y Tabacundo. Actualmente, procesa hasta 4000 litros de leche diaria y elabora diferentes tipos de quesos como: mozzarella, maduro, hilado, fresco principalmente. En los últimos tiempos ha ampliado su mercado a ciudades como Quito, Guayaquil, Santo Domingo, Ibarra, y parte de la región Oriental.

Desde sus inicios la Industria de Lácteos San Luis produce de forma artesanal, esta forma le ha servido durante mucho tiempo. En los últimos años y debido a la expansión de su mercado, ha venido enfrentando algunos problemas que afectan el buen desenvolvimiento de la ejecución de la producción, así como, el cumplimiento de los pedidos de los clientes. Dentro de estos problemas se destacan los siguientes.

- ✚ No se controlan los indicadores claves de rendimiento del proceso productivo.
- ✚ De una muestra de 99 pedidos, 59 de ellos no se entregan a tiempo, lo que genera un inventario de aproximadamente 30 quesos por semana que deben ser reprocesados.
- ✚ Se detectan pérdidas de tiempo en los transportes de materia prima estimados del 10%, debido a actividades manuales.

Lo anteriormente mencionado constituye la situación problemática de la presente investigación en la Industria de Lácteos San Luis, que se concreta en la falta de aplicación de herramientas que permitan tomar decisiones acertadas en la programación, ejecución y control del proceso productivo, que se traduzca en un mejor empleo de los recursos existentes; y, por ende, en mejorar el nivel de productividad actual. Lo anterior constituye el problema científico a resolver con la presente investigación.

## 2. Materiales y Métodos

### Caracterización y diagnóstico del sistema de producción

#### Caracterización general de la empresa

Para realizar la caracterización general de la industria se partió desde los factores internos: misión, visión, materia prima, estructura organizativa y gama de productos; y posteriormente los factores externos: principales proveedores y clientes, dentro de este último destaca la cadena de supermercados Santa María a la cual se destina más del 70% de la producción total. De acuerdo al nivel de flexibilidad el sistema se clasificó como una producción por lotes con baja nomenclatura de productos y medianos volúmenes de producción. Pero también de acuerdo a Acevedo el sistema se clasifica como:

Elemento a analizar	Variante de clasificación				
Relación producción-consumo	Entrega directa				
	Con cobertura en el ciclo de entrega	Sin cobertura en el ciclo de entrega	Cuenta existencias		
Forma en que se ejecuta el proceso productivo	Por programas				
	Por ritmos	Frecuencia fija	Cantidad fija	Irregular	Por pedidos
Elemento a optimizar	Ciclo de producción	Fuerza de trabajo	Medios de trabajo	Objeto de trabajo	Otros

### Precisión y enriquecimiento de los problemas que afectan al sistema productivo

#### Problemas:

Altos niveles de desperdicios debido a los transportes entre procesos.

Desconocimiento de la eficiencia del trabajo de los operadores (productividad).

Falta de motivación y capacitación a los trabajadores, es decir, comprometerse con la empresa.

Incumplimiento en fecha y cantidad de los pedidos de los clientes, afectando la imagen de la empresa.

Falta de estandarización del proceso productivo que conlleva al desconocimiento de todos sus indicadores asociados, como lo son los tiempos estándar, capacidad de producción, tiempos de ciclos, ritmo de producción, entre otros.

La figura 1 demuestra que los tres principales problemas que afectan al desempeño de la organización son los que tienen que ver con la medición de indicadores de rendimiento y su mejora que influye directamente en la optimización de recursos.

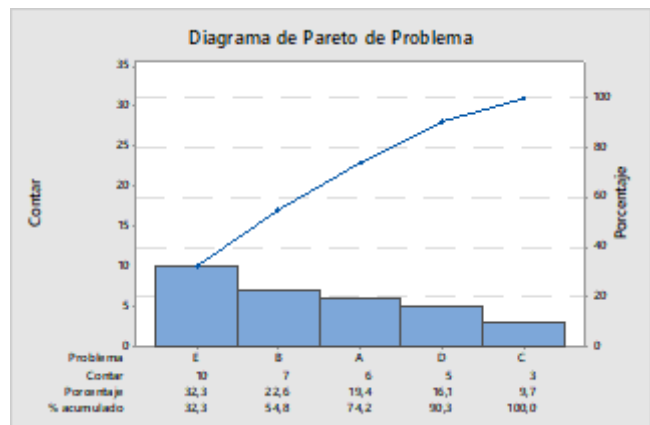


Figura 1. Diagrama de Pareto principales problemas

## 3. Diseño del modelo de simulación

Para el desarrollo del modelo de simulación se empleó FlexSim, versión 7.7.4 y sus paquetes Experfit y Experimenter para el procesamiento estadístico de datos y para la optimización, respectivamente. Para otros análisis estadísticos se empleó el SPSS, versión 22.0 y para la recopilación de la información numérica se utilizó el Excel.

### 3.1 Recolectar y analizar los datos del sistema

Para el desarrollo de este paso se hizo uso de la herramienta Experfit mediante la toma de datos reales y análisis estadístico de los mismos, en la tabla 1 se muestran los resultados y distribuciones a las que se ajustan.



**Tabla 1.** Análisis estadístico de datos

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	
Recepción de leche llenado	loglogistic( 477.417939, 10.863115, 4.575702)
Pasteurizado	beta( 1863.129563, 2067.565922, 0.985688, 1.768948)
Enfriamiento	johnsonbounded( 175.236408, 194.356079, -0.330726, 0.972127)
Coagulación	beta( 1222.951931, 1331.673410, 1.182881, 0.837566)
Corte	weibull( 0.000000, 309.619530, 34.483037)
Desuerado	beta( 810.991815, 936.181800, 1.393121, 0.842459)
Transporte marmita - mesa	johnsonbounded( 1486.852829, 1710.731355, -0.581163, 0.533364)
Moldeado	beta( 12.454636, 17.908544, 7.969867, 8.860412)
Transporte mesa - prensa	weibull( 0.000000, 739.336006, 26.370030)
Prensado	tiempo constante
Desmembramiento	johnsonbounded( 60.933069, 66.197556, -0.184764, 0.400202)
Transporte prensa - salado	loglaplace( 0.000000, 314.993651, 19.607089)
Salado	weibull( 7213.069600, 1900.241490, 2.000000)
Retiro de salmuera	beta( 104.940184, 117.146892, 5.720938, 1.875456)

### 3.2 Experimentación

Para validar el modelo realizado fue necesario conducir un modelo de experimentación, esto se realizó con el Experimenter; una de las herramientas de flexsim. En el modelo se procedió a diseñar un único escenario tomando como referencia al número de trabajadores que actualmente laboran en la empresa, cuatro obreros que se consideran como variables independientes, en base a esa variable se definieron ocho variables dependientes, dentro de las cuales se establecen como las más importantes las siguientes:

- ⚡ Tiempo de ciclo: tiempo de duración del proceso desde la recepción de la leche (llenado) hasta el retiro de salmuera, para un lote de 512 quesos.
- ⚡ Porcentaje de tiempo invertido en transportes: tiempos utilizados en transportar baldes de cuajo desde las marmitas hasta las mesas de trabajo, quesos desde la mesa de trabajo hasta la prensa y gavetas de queso desde la prensa hasta las tinas de salmuera. Dicho porcentaje fue calculado realizando la sumatoria de estos tiempos sobre el tiempo de ciclo
- ⚡ Aprovechamiento de la Jornada Laboral: no se toma en cuenta para la validación del modelo puesto que en el mismo no existen ciertas actividades que en el sistema real se realizan.

Una vez definidas las variables dependientes e independientes se realizó una corrida piloto de 50 réplicas, sin periodo de calentamiento y tiempo de corrida de 32400 segundos.

### 3.3 Validación

Una vez establecidos los datos confiables con los que se trabajó se procedió a realizar la validación con el sistema real, para ellos se utilizó el programa IBM SPSS Statistics, versión 22, en el que se realizó un análisis de comparación de medias con una prueba T para una muestra en cada una

de las variables analizadas: tiempo de ciclo y tiempo invertido en transporte.

Estadísticas de muestra única				
	N	Media	Desviación estándar	Medida de error estándar
SEGUNDOS	26	29169.77	994.404	175.407

Prueba de muestra única				
	Valor de prueba = 27737			
	t	df	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
SEGUNDOS	2.467	25	.021	432.769
				95% de intervalo de confianza de la diferencia
				Inferior Superior
				71.51 794.03

**Figura 2.** Prueba de comparación de medias T

$$H_0: \mu=27737$$

$$H_1: \mu \neq 27737$$

Estadístico: Sigma

Región Crítica: Sigma 0,021 < 0.05; se acepta la H<sub>0</sub>, la variable Tiempo de Ciclo tiene igualdad de medias con el comportamiento del sistema real de la Industria de Lácteos San Luis.

Estadísticas de muestra única				
	N	Media	Desviación estándar	Medida de error estándar
PORCENTAJE	26	9.7612	.41117	.08064

Prueba de muestra única				
	Valor de prueba = 9.58			
	t	df	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
PORCENTAJE	2.247	25	.034	.18115
				95% de intervalo de confianza de la diferencia
				Inferior Superior
				.0151 .3472

**Figura 3.** Prueba de comparación de medias T

$$H_0: \mu=9,58$$

$$H_1: \mu \neq 9,58$$

Estadístico: Sigma

Región Crítica: Sigma < 0.05; se acepta la H<sub>0</sub>, la variable Tiempo invertido en Transportes tiene igualdad de medias con el comportamiento del sistema real de la Industria de Lácteos San Luis.

Del análisis antes realizado se concluye que el modelo diseñado tiene un funcionamiento semejante al sistema real ya que existe igualdad de medias entre ellos y se encuentran en el mismo intervalo de confianza.

Finalmente podemos identificar que la productividad del diseño del modelo de simulación es de:

$$Productividad = \frac{512 \text{ quesos}}{462,28 \text{ minutos}} = 1.11 \text{ q/m}$$

## 4. Resultados

Después de realizar la simulación del sistema real se evidencia que existen tiempos significativos invertidos en transportes en relación al tiempo de ciclo sin ser necesarios en la producción de queso fresco, teniendo la posibilidad de minimizar dichos tiempos ya que la Industria de Lácteos San Luis cuenta con maquinaria capaz de realizar estas actividades, optimizando estos tiempos de transportación. En virtud de buscar un método de optimización se ha tomado como referencia la Fábrica de Quesos Reyes, la cual se dedica a la producción de quesos, la misma cuenta con un sistema de transportación de cuajo por medio de mangueras y una bomba.

La industria de Lácteos San Luis posee equipos como: mangueras de transporte y una bomba de emulsión, utilizados en el proceso de desuerado, mismos que pueden facilitar el transporte del cuajo, optimizando el porcentaje de tiempo utilizado para ello.

### 4.1 Simulación de la propuesta de optimización

Sobre la base del modelo diseñado y descrito en el capítulo anterior se implementó la alternativa de mejora propuesta, misma que consiste en eliminar el transporte del cuajo en baldes desde las marmitas a las mesas de trabajo por los operarios e implementar un sistema de transportación con mangueras y una bomba. En vista de que es un modelo discreto se ha hecho uso de conveyors (bandas transportadoras), en lugar de tuberías que son usualmente utilizadas en modelos de fluidos. Además, para el proceso de experimentación se creó una nueva variable dependiente haciendo referencia al tiempo de transporte de cuajo desde las marmitas hasta las mesas de trabajo. El sistema de modelo propuesto se muestra en la figura 4.



Figura 4. Modelo propuesto

La validación del modelo propuesto se realizó tomando como variables de análisis el “tiempo de transporte de cuajo”, para ello se utilizó nuevamente el programa IBM

SPSS Statistics, versión 22 y se realizó un análisis de comparación de medias de una prueba T para una muestra, donde la prueba T se obtuvo de las investigaciones realizadas en otras empresas que ya hacen uso de este sistema de transportación, tomando como referencia 1500 litros de cuajo y la muestra se obtuvo de una corrida de 50 réplicas del modelo propuesto

Una vez validada la propuesta de mejora y habiendo demostrado la confiabilidad de los datos obtenidos; la tabla 2 muestra una comparación de resultados de las variables dependientes entre el sistema actual y el sistema propuesto, dichos resultados han sido obtenidos para una corrida de 50 réplicas, con un intervalo de confianza del 95% y para un lote de producción de 512 quesos (1500 litros de cuajo)

Tabla 2. Tabla de comparación de resultados.

	SISTEMA DE MODELO ACTUAL	SISTEMA DE MODELO PROPUESTO
TIEMPO DE CICLO	27737 segundos	26324 segundos
APROVECHAMIENTO DE LA JORNADA LABORAL	46,05%	50,05%
PORCENTAJES DE TRANSPORTE	9,58 %	8,97 %
PRODUCTIVIDAD (quesos por minuto)	1,11	1,17

De la comparación realizada entre el sistema actual y el sistema propuesto se puede evidenciar que el porcentaje de tiempo en transportes disminuye considerablemente, pues el mismo representaba el 9,58% del tiempo total y con el sistema propuesto estos tiempos representan el 8,97% del tiempo total, minimizando así el tiempo total de ciclo en 1.413 segundos, con el tiempo reducido hace que la productividad incremente en 0,06 quesos por minuto; es decir empleando el tiempo del sistema actual se puede incrementar la cantidad del lote de producción de 512 a 540 quesos.

Además, se puede evidenciar que existen mejoras en cuanto al desperdicio de cuajo, ya que con la implementación del sistema propuesto y sin la manipulación directa de los trabajadores la cantidad de cuajo saliente de las marmitas es la misma que llega a la mesa de trabajo para el moldeo, situación que anteriormente no existía.

## 5. Conclusiones

La recopilación de las bases teóricas alrededor del problema técnico-profesional planteado permitió confirmar la amplia base conceptual acerca de cada uno de los temas tratados, en



vista de lograr el óptimo uso de recursos disponibles y un mejor desempeño de las principales métricas de rendimiento de este proceso.

En el diagnóstico se evidenció que uno de los principales problemas son los transportes que se realizan de un procedimiento a través de pequeños lotes de producción; existiendo un tiempo de transporte de cuajo desde las marmitas a las mesas de 1657 segundos que representan un 60% del total de transportes y a la vez estos representan el 10% del tiempo total del proceso de producción, además se evidencio que no existen indicadores que reflejen la productividad actual en la empresa.

Se diseñó un modelo de simulación a través de la herramienta Flexsim, el cual demostró un comportamiento igual al sistema real, con un tiempo de ciclo de 27737 segundos, un aprovechamiento de la jornada laboral del 46,05%, transportes del 9,58%, y una productividad de 1,11 quesos por minuto.

Se propuso la implementación de un sistema de transportación de cuajo a través de mangueras y una bomba, reduciendo así tiempo de transporte de cuajo desde las marmitas a las mesas de trabajo en un 0,61% o 1237 segundos, con lo cual se incrementa la productividad en un 5,4%.

## Referencias Bibliográficas

- [1] Acevedo Suarez, J. A., & Rodríguez, U. (1990). Proyecto de organización de las empresas industriales. La Habana.
- [2] Acosta, J. (30 de Julio de 2015). Obtenido de <http://www.ekosnegocios.com/revista/pdfTemas/736.pdf>
- [3] AMY de Castaño, A. M. Y., & Villa, M. E. A. (2012). Pronóstico mediante modelos probabilísticos: una herramienta en la toma demdecisiones. Revista Universidad EAFIT, 33(106), 53-73.
- [4] Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2000). Introducción a los Modelos Cuantitativos para Admisnitración. Mexico: Editorial Iberoamericana.
- [5] Blanco, L., & Kalenatic, D. (1993). Aplicaciones computacionales en producción. Fondo Editorial Universidad Distrital FJC, Bogota, DC Colombia.
- [6] Centro de la Industria Láctea del Ecuador. (5 de Julio de 2014). Industria Láctea del Ecuador.
- [7] Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2014). Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministro (Duodécima ed.). México: Mc Graw Hill.
- [8] Box, J., & Jenkins, G. M. (2001). Time Series Analysis, Forecasting and Control. Mexico: Iberoamericana.
- [9] Dominguez Machuca, J., García González, S., Ruiz Jiménez, A., & Álvarez Gil, M. (1995). El sistema empresa y el subsistema de producción. México: Mc. Graw-Hill.
- [10] Food and Agriculture Organization. (2015).
- [11] Hanke, J. E., & Reitsch, A. (2000). Pronóstico en los Negocios. Prentice Hall.

[12] Hanke, J. E., & Wichern, D. W. (2010). Pronóstico en los negocios. Mexico: Pearson Educación.

[13] Heizer, J., & Render, B. (2009). Principios de Administración de Operaciones (septima ed.). México: Pearson Education.

[14] Ibarra Mirón, S., Cespón Castro, R., & Sarache Castro, W. A. (2004). Procedimientos para la selección de los sistemas de gestión de la producción a aplicar en empresas manufactureras. Alta Dirección, 40(235), 71-81.

[15] Instituto de promoción de exportaciones e importaciones. (2014).

[16] Jiménez, A., Machuca, J. D., Gil, M. Á., Machuca, M. D., & González, S. G. (1995b). Dirección de Operaciones: Aspectos Estratégicos en la Producción y los Servicios.

## Sobre el Autor

**Autor:** DAMARIS DANIELA MORILLO CUASQUEN

**Lugar de Nacimiento:** Ecuador-Carchi-San Gabriel

**Estado civil:** Soltera

**Lugar de Residencia:** Ecuador-Imbabura-Ibarra

Los estudios primarios los realizó en la escuela “Dr. Alberto Acosta Soberón”, ubicada en el cantón Montufar, Provincia del Carchi; la secundaria en el colegio “Nacional Mario Oña Perdomo” Ubicado en el cantón Montúfar, Provincia del Carchi; estudiante de Ingeniería Industrial en la Universidad Técnica del Norte.

## Director de Trabajo de Grado

**MSc Ing. Carlos Machado Orges.**

Ingeniero Industrial, actualmente docente de la Carrera de Ingeniería Industrial.