

MODELO HEURÍSTICO DINÁMICO CON LÓGICA DIFUSA PARA MEJORAR LA GESTIÓN EN EMPRESAS MOLINERAS DE ARROZ CÁSCARA DE LAMBAYEQUE

HEURISTIC MODEL WITH DYNAMIC FUZZY LOGIC TO IMPROVE MANAGEMENT COMPANIES MILLING paddy LAMBAYEQUE

José Fortunato Zuloaga Cachay¹
César Wilder Vallejos Dávila²

Fecha de recepción: 13 marzo 2015
Fecha de aceptación: 02 septiembre 2015

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo mejorar la Gestión Integral de las medianas y grandes empresas molineras de arroz cáscara de la Provincia de Lambayeque, en base a la oportuna toma de decisiones de los procesos productivos y de la reinversión conveniente en tecnología productiva.

Para mejorar la toma de decisiones de los gerentes y dueños de empresas, se construyó un modelo heurístico dinámico con lógica difusa con el propósito de simular los procesos de producción en diferentes escenarios y proyectados en el

1 Ingeniero de Sistemas y Computación, Maestro en Educación, Profesor Asociado a tiempo parcial de la Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú, jfzuloagac@crece.uss.edu.pe, Registro ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0003-2363-0817>

2 Ingeniero de Sistemas y Computación, Gerente de la Empresa CeslySoft, Chiclayo, Perú, Registro ORCID iD:<http://orcid.org/0000-0002-5306-349X>

tiempo, con el cual se logró tomar las decisiones pertinentes dado que se pudo determinar el tiempo de recuperación de la inversión.

La construcción de la herramienta dinámica se realizó en base a los indicadores de la variable dependiente Gestión Integral, con el que se realizó la recopilación de información promedio de las 20 medianas y grandes Empresas Molineras de arroz cáscara y en el que sin intervenir ni modificar la situación actual posibilitó la visualización de situaciones futuras con total seguridad.

El trabajo de investigación permitió demostrar que la variable difusa como la calidad de arroz pilado, se puede modelar dinámicamente e interactuar con variables cuantitativas en un modelo dinámico heurístico que permite mejorar la Gestión Integral.

Palabras clave: *Modelo Heurístico, Modelo Dinámico, Lógica Difusa, Simulación, Gestión Integral.*

Abstract

This research work aims improve the integral management of paddy rice from Lambayeque province, on base of the timely making decision of the productive processes and of the reinvestment desirable in productive technology.

To improve the making decision of managers and business owners, a model was built dynamic heuristic with fuzzy logic with the purpose of simulating the processes of production in different scenarios and projected In the time, with wich is unable to take the relevant decisions, since it was unable to determine the time of recovery of investment.

The construction of the dynamic tool was based on the indicators of the dependent variable Integral Management, with that gathering information average of the 20 Mills of paddy rice and that without intervening or modify the current situation made possible the display of future situations with total security.

The research work enabled us to demonstrate that the variable diffuse as the quality of hulled rice, can be modeled and dynamically interact with quantitative variables in a dynamic model heuristic that allows us to improve the Integral Management.

1. Introducción

Según el Consejo Internacional de Cereales, el arroz es un alimento que se cultiva masivamente en el mundo con mayor cantidad de toneladas métricas por año después del maíz y el trigo. En este sentido Martínez, H. (2005) considera que la producción masiva de diversas variedades de arroz ha obligado a las empresas molineras de arroz cáscara a incrementar su nivel tecnológico en sus diversos procesos (secado, pilado, selección y pulido), mediante la adquisición de maquinarias como: secadoras industriales, selectoras, pulidoras, entre otros.

En nuestro país, según el Ministerio de Agricultura, en el periodo 2009-2010, las regiones de Lambayeque, Piura y La Libertad en la costa, Amazonas y San Martín en la selva, son los mayores productores de arroz cáscara que proveen este cereal al mercado nacional, cuyo procesamiento de pilado se realiza a través de maquinaria de diversa tecnología. La Región Lambayeque, es la más importante zona productora de arroz de la Costa Norte del Perú, con una producción de 402659 toneladas durante el periodo enero-octubre del año 2010.

El incremento acelerado de la producción ha impulsado en los últimos 20 años la instalación paulatina de muchas Empresas Molineras de arroz cáscara para procesar la creciente producción de arroz. Dichos procesos trajo consigo una variedad de problemas que son comunes para la mayoría de Empresas Molineras, tanto en la producción, como en la Gestión de sus procesos.

Esta problemática se resume de la siguiente manera: el 80% de las empresas molineras de arroz cáscara de la Provincia de Lambayeque, realizan el proceso de secado de manera artesanal por no contar con secadoras industriales, lo que dificulta un secado uniforme del producto y el deterioro de la calidad final del arroz pilado al obtener un producto fracturado o quebrado, con el consecuente incremento de subproductos como ñelen y arrocillo, cuyo precio es inferior al de arroz pilado, ocasionando pérdidas económicas en un aproximado de 450,000 nuevos soles por año, aproximadamente. Igualmente, en el proceso de pilado, el 5% de un aproximado de 5,000 clientes que separan turno para pilar, no lo pueden realizar debido a que el arroz cáscara no está seco, por motivos de clima o porque no llegó la cuadrilla (estibadores), lo cual detiene o paraliza la producción en un equivalente de 400 horas por año, esta situación origina que dichas empresas dejen de percibir 180,000 nuevos soles anuales aproximadamente.

Además existen temporadas, normalmente en los meses de mayo, junio, julio y agosto, en el que la producción de arroz en cáscara aumenta en 40% de un total de 225,000 toneladas, cantidad que sobrepasa la capacidad máxima de almacenamiento, generando el incremento de costos de almacenaje, transporte y estiba en aproximadamente 210,000 nuevos soles por año.

Asimismo, el 20% de las empresas molineras, no realizan un adecuado análisis de arroz cáscara (toma de muestras para observar los parámetros que definen calidad de arroz pilado tales como el quebrado, tiza, mancha), debido a que no cuentan con las herramientas necesarias para realizar este proceso.

Además, en el área de almacén el 90% de de las empresas molineras no disponen de parihuelas (maderas) para apilar la producción, por lo que el almacenamiento lo realizan sobre el piso, esto lo hace propenso a malograrse y ser atacados por agentes fitopatógenos (microorganismo, normalmente el hongo) que deterioran el producto, y ocasionan pérdidas del orden de 146,000 nuevos soles al año. Pérdidas que se incrementan cuando el área de comercialización y el área de producción, no se encuentran completamente cohesionados, lo que repercute en la oportuna toma de decisiones respecto al almacenamiento de productos, dado que, en ocasiones existe una sobre producción del orden de 7% de 225,000 toneladas por año, de un determinado producto, y en otras ocasiones, el desabastecimiento del mismo. Y puesto que solo el 8% de las empresas molineras han implementado el área de marketing para promocionar las marcas de sus productos, las restantes empresas no cuentan con dicha área formalmente establecida, situación que perjudica la rotación adecuada de los productos.

Considerando lo antes mencionado, en el presente trabajo de investigación se ha formulado la siguiente pregunta: ¿De qué manera la simulación del modelo heurístico dinámico con lógica difusa podría apoyar la gestión Integral en las medianas y grandes empresas molineras de arroz cáscara de la provincia de Lambayeque? Planteamiento que en el desarrollo de la misma se demostró el alcance de la propuesta a través de la comprobación de la hipótesis de investigación, indica que mediante simulación del modelo heurístico dinámico con lógica difusa se mejorará la gestión integral de las medianas y grandes empresas molineras de arroz cáscara de la provincia de Lambayeque.

Se propuso además, como objetivo general, mejorar la gestión de las medianas y grandes Empresas Molineras de arroz cáscara mediante la simulación Coss,Raúl (2003), de un modelo heurístico dinámico con lógica

difusa Rauch-Hindin, W. (1989), como apoyo a la toma de decisiones. Por consiguiente, se han trazado los siguientes objetivos específicos: Reducir el volumen de pérdida de arroz cáscara por estiba y desestiba en el proceso de secado, así como, incrementar el nivel de producción de arroz pilado para generar rentabilidad en las empresas molineras, asimismo, se propuso mejorar la calidad de arroz pilado mediante uso de secadora industrial, igualmente, se planteó mejorar la clasificación de arroz pilado mediante la utilización de selectora por color con el fin de incrementar la utilidad de la Empresa. Por otro lado, para el cuidado y conservación del producto se propuso mantener el arroz pilado en buen estado y conservación de calidad, haciendo uso de buenas prácticas de almacenamiento, y finalmente Aumentar la utilidad por ventas de arroz pilado y subproductos, con la finalidad de reinvertir en mejoramiento del proceso de producción.

2. Material y Métodos

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizó la Metodología de Dinámica de Sistemas Fernández, Javier (2005), consistente en los siguientes procesos:

- a) Situación problemática no estructurada.
- b) Situación problemática estructurada.
- c) Definiciones básicas de sistemas pertinentes.
- d) Modelos conceptuales de los sistemas nombrados en las definiciones básicas.
- e) Comparación del proceso 4 con el proceso 2.
- f) Cambios sistemáticamente deseables y culturalmente factibles.
- g) Acción para mejorar la situación problemática.

Para tal efecto, se utilizó los diagramas de Forrester, J. (2003), como herramienta de modelamiento que posibilitó una traducción del Diagrama Causal, a una terminología que sea factible la escritura de las ecuaciones en un sistema computacional.

La herramienta de dinámica de sistemas, aplicado al presente trabajo, de acuerdo con Aracil, J. (1997), es el STELLA, cuyo entorno informático de amplia capacidad interactiva, permite construir modelos empleando procedimientos gráficos, mediante íconos, de modo que al establecer su estructura se generan las ecuaciones.

Para el recojo de información de los procesos productivos de las Empresas Molineras de arroz cáscara, se utilizó un instrumento denominado Guía de Observación, construida en base a los siguientes indicadores:

- a) Nivel de acopio.
- b) Volumen de secado.
- c) Volumen de estiba en el secado de arroz cáscara.
- d) Volumen de desestiba en el secado de arroz cáscara.
- e) Pilado.
- f) Calidad de arroz pilado.
- g) Comercialización.
- h) Costo de producción.
- i) Almacenamiento de arroz pilado y subproductos.
- j) Utilidad de ventas mensual.

Una vez realizada la recogida de datos entre los años 2011 y 2012, a través de la Guía de Observación, en las 20 medianas y grandes empresas molineras de arroz cáscara, se procedió a la clasificación de datos de investigación relacionados con las variables de estudio: Modelo heurístico dinámico con lógica difusa (Variable Independiente) y gestión integral de procesos en empresas molineras (Variable Dependiente). En seguida, se modeló dinámicamente siguiendo la metodología de dinámica de sistemas, Vélez, I. (2003). Tanto la situación actual de las empresas molineras, como la situación deseable o propuesta, en el que se estableció el diagrama causal del modelo contenedor, modelo solucionador, diagrama de Forrester, Fernández, J. (2005), ecuaciones y posterior aplicación de la herramienta computacional Stella, con el fin de modelar dinámicamente ambos modelos, permitiendo de esta manera evaluar dichos modelos visualizando su estado final en diferentes escenarios posibles.

Por otra parte, para la contrastación de la hipótesis se procedió a la realización de pruebas en base a los indicadores de la variable dependiente Gestión Integral de las empresas molineras de arroz cáscara. Los principales sub indicadores que hemos considerado son:

- a) Volumen de secado diario.
- b) Tiempo de secado (por TM – obtenido del indicador: volumen de secado)
- c) Porcentaje de quebrado (del indicador: calidad de arroz pilado).
- d) Utilidad (en función del precio de venta de arroz pilado)

Con los datos sistematizados, se realizó la contrastación de hipótesis con la técnica estadística denominada Prueba t de Student para dos muestras,

y para la aplicación del mencionado estadístico de prueba, se realizó la prueba de hipótesis para la varianza.

Sin embargo, para los siguientes indicadores de la variable dependiente se realizó una descripción de las principales medidas de posición y dispersión.

- a) Pérdida por merma en el secado (del indicador: volumen de secado)
- b) Pérdida por merma en la estiba (del indicador volumen de estiba en el secado).
- c) Pérdida por merma en la desestiba (del indicador volumen de desestiba en el secado).

3. Resultados

El modelo dinámico con lógica difusa se implementó siguiendo la metodología de dinámica de sistemas con las etapas que a continuación se detalla brevemente:

Situación no estructurada. Ficha técnica de la institución

Empresa.- Empresas Molineras de arroz cáscara de la Provincia de Lambayeque.

Tipo de empresa.- De Producción

Giro del Negocio.- Empresa agroindustrial dedicada principalmente al almacenamiento y pilado de arroz en cáscara, además, provee insumos agroquímicos a los agricultores de la región Lambayeque, proporciona empréstitos a pequeños y grandes agricultores, asesora con profesionales vinculados a la agricultura para mejorar el rendimiento del arroz de sus clientes.

Reseña Histórica.- Las molineras de arroz en cáscara, desarrollan sus actividades en el distrito, provincia y departamento de Lambayeque, dedicadas al servicio de pilado de arroz cáscara y seleccionado por color. Las empresas se desarrollaron aprovechando una gran oportunidad de mercado, dado el incremento del consumo de arroz en la población, producto del cambio en el hábito alimenticio que migraron de los tubérculos a los cereales, en especial el arroz. En los últimos 8 años, el crecimiento de las actividades y volúmenes de procesamiento en la región Lambayeque, se han incrementado en 100 %, habiéndose consolidado en el mercado de Lima como uno de los principales proveedores de arroz a granel del Mercado de Productores de Santa Anita, siendo reconocidos por los clientes y agricultores como uno de los mejores servicios que se brinda al cliente.

Descripción del sistema contenedor del problema

a. Sistema contenedor del problema: Administrador

Descripción Ontológica.- Persona que se anticipa a los acontecimientos, con don de mando, con conocimientos de recursos humanos y logística.

Descripción Epistemológica.- Encargado de la buena marcha de la empresa, es el coordinador general de todas las áreas con las que cuenta la empresa. Sistematiza información y toma las decisiones adecuadas y pertinentes.

b. Sistema contenedor del problema: Cliente

Descripción Ontológica.- Persona con habilidades para el negocio de productos alimenticios, poseedora de capital de inversión y cuenta con una mediana o gran empresa comercial.

Descripción Epistemológica.- Persona que solicita en compra productos que la empresa expende y recibir el producto de buena calidad y ser atendido con respeto y cordialidad.

Situación Estructurada.- Identificación del sistema solucionador del problema.

a. Sistema solucionador del problema: Investigadores

Descripción Ontológica del SSP.- Conformado por dos ingenieros de Sistemas y Computación.

Descripción Epistemológica del SSP.- Los Investigadores ponen a consideración el fruto del desarrollado del estudio y análisis, que hizo cada integrante en la ciudad de Chiclayo, identificando los diferentes problemas en el sistema de almacenamiento para dar sus posibles alternativas de solución.

b. Sistema solucionador del problema: Gerente

Descripción Ontológica del SSP.- Personal de la institución, profesionalmente preparado para dirigir la institución y tomar las decisiones en beneficio de la institución y con conocimientos en gestión de logística.

Descripción Epistemológica del SSP.- Es el propietario quien dirige la organización, su función es mantener la estabilidad de la empresa agroindustrial, es el indicado para gestionar el crecimiento económico de la empresa tomando en cuenta las fortalezas y oportunidades. Toma decisiones en el área de producción, almacenamiento, comercialización y despacho.

Las empresas molineras a través del tiempo, en sus inicios, la maquinaria no era sofisticada, los operaban los mismos propietarios o la familia y solo se dedicaban al servicio de maquila. La comercialización era local. Actualmente la comercialización del arroz pilado y sub productos es a nivel nacional, la maquinaria ha mejorado pero todavía falta realizar inversiones para estar al nivel de otras empresas molineras de Sudamérica. Se espera, en el futuro, mejorar infraestructura, inversiones en tecnología y como consecuencia de ello, se daría la exportación del arroz pilado.

Resultados del modelo dinámico difuso

El diseño del modelo dinámico difuso se elaboró siguiendo la metodología de dinámica de sistemas según Martínez, M. (2005), y la utilización de los diagramas de Forrester. Posteriormente se procedió a construir mediante la herramienta informática STELLA, un simulador, que permitió establecer distintos escenarios posibles tanto del modelo contenedor como del modelo solucionador, habiendo obtenido los siguientes resultados:

1. Reducción del volumen de pérdida de arroz cáscara, en el proceso de secado.-La realidad actual muestra que el 80% de las empresas molineras de arroz cáscara utilizan el secado artesanal para el proceso de secado, realizándose un promedio de 24,84 toneladas diarias aproximadamente, lo que ocasiona una pérdida por merma del 0.21%, que incluye merma por secado, estiba y desestiba. En el modelo solucionador propuesto se adquirió tecnología como: secadora industrial a un costo de S/. 950,000 para el proceso de secado tecnificado en reemplazo del secado artesanal, inversión que se logra recuperar en función del financiamiento que se realiza para la adquisición de dicha maquinaria, puesto que el monto de reinversión aumentó debido a que con esta maquinaria se logró mejorar la calidad de arroz pilado y la consecuente venta del producto a un precio mayor. Con la secadora industrial, se logró reducir a 0% el volumen de merma por proceso de secado, estiba y desestiba; asimismo, con dicha secadora se logró secar un promedio de 249,85 toneladas en un solo día con una rapidez de 25 toneladas por hora.

2. Mejoramiento de la calidad de arroz pilado.- La calidad de arroz pilado se definió en base a los parámetros siguientes: Extra (4% de quebrado, 0% de mancha, 0% de tiza y 4% de panza blanca); Superior (8% de quebrado, 4% de mancha, 4% de tiza y 6% de panza blanca); Corriente (30% de quebrado, 10% de mancha, 12% de tiza y 20% de panza blanca). En el modelo solucionador los parámetros definidos se mantuvieron, sin embargo, con la utilización de secadora industrial el porcentaje de quebrado de un lote determinado de arroz cáscara se redujo en 2.98 %, lo que permitió incrementar la calidad de arroz y mejoró los ingresos por la venta de dicho lote.

3. Mejoramiento de la clasificación de arroz pilado.- En el modelo solucionador se mejoró la clasificación de arroz pilado mediante la utilización de selectora por color el cual permitió la extracción de los defectos como: mancha, tiza y panza blanca, los cuales incrementaron el volumen de los subproductos como: arrocillo (10.8%), polvillo (5.4%) y ñelén (0.9%) de arroz pilado, quedando solo arroz de buena calidad y con el que se logró incrementar la utilidad hasta un 3% respecto al modelo contenedor. El costo de cada selectora es aproximadamente de S/. 300,000, cuya inversión será recuperada en corto plazo, ya que dicha maquinaria mejora el proceso de selección aumentando la calidad del producto final y como consecuencia del mejoramiento de la calidad del arroz pilado, el ingreso por ventas aumenta proporcionalmente.

4. Calidad de arroz pilado.- Que el 70% del volumen almacenado de arroz cáscara pertenece a los agricultores y el restante 30% es propiedad de las empresas molineras. Esta situación se invierte en el almacenamiento de arroz pilado, pues, los agricultores tienen sólo el 15% del volumen total, y las empresas molineras han obtenido el 85% del volumen de arroz. Información que es muy importante, pues como se observa, gran porcentaje de arroz pilado pertenece a la Empresa que adquiere mediante compra directa al agricultor para ser comercializado a un precio mayor. Producción que deberá ser almacenado en las mejores condiciones para evitar el deterioro y la contaminación del producto por agentes fitopatógenos y de esta manera conservar la calidad de arroz pilado; sin embargo, en la situación actual, se observa que las Empresas Molineras no cuentan con buenas prácticas de almacenamiento y por tanto no poseen la suficiente cantidad de parihuelas para un correcto almacenamiento del producto, lo que conlleva a un almacenamiento donde el arroz pilado entra en contacto con el suelo. Esta situación se revierte en nuestra propuesta al considerar la adquisición de parihuelas según el área del almacén de arroz pilado y la implementación de Buenas Prácticas en el área de almacenamiento, Inversión que se recupera al vender el producto a mejor precio ya que la calidad del arroz pilado en mejores condiciones de almacenamiento mantiene sus características de calidad.

5. Aumento de la utilidad por ventajas.- La utilidad neta en el modelo solucionador se incrementó en un 30% anual por la venta de arroz pilado y subproductos, lo que permitió incrementar el fondo para reinversión, con el que se logró amortizar la deuda contraída y la cancelación de la maquinaria adquirida.

Contrastación de la hipótesis

A continuación se presenta la contrastación de la hipótesis, según Vargas, A. (1995), para el indicador: volumen de secado diario (Toneladas).

Prueba de la homogeneidad de varianzas.

Formulación de hipótesis

$$H_0: \sigma_{Mc}^2 = \sigma_{Ms}^2$$
$$H_A: \sigma_{Mc}^2 \neq \sigma_{Ms}^2$$

H_0 : Hipótesis nula (La varianza del modelo contenedor es igual a la varianza del modelo solucionador)

H_A : Hipótesis alterna (La varianza del modelo contenedor es diferente a la varianza del modelo solucionador)

σ_{Mc}^2 : Varianza del modelo contenedor

σ_{Ms}^2 : Varianza del modelo solucionador

Nivel de significancia: $\alpha=0.05$

Estadístico de Prueba:

Prueba F para varianzas de dos muestras:

$$F = \frac{S_{Mc}^2}{S_{Ms}^2}$$

Región Crítica

$$F(1 - \alpha, n_1 - 1, n_2 - 1)$$

α = Nivel de significancia = 0.05

n_1 = Número de datos del Modelo Contenedor = 15

n_2 = Número de datos del Modelo Solucionador = 4

Grados de libertad del Modelo Contenedor: $n_1-1= 15 - 1 = 14$

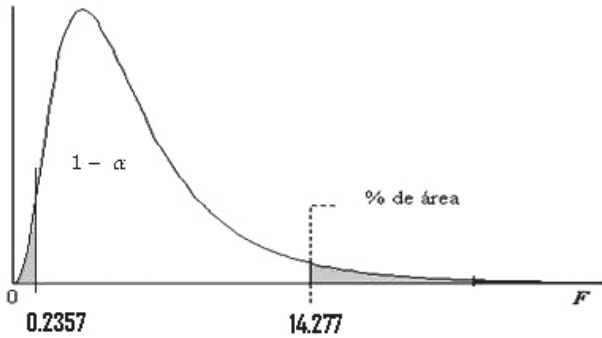
Grados de libertad del Modelo Solucionador: $n_2-1= 4 - 1 = 3$

Para calcular el valor F, se utilizó la tabla de valores F de la distribución F de Fisher.

$$F(0.975, 14, 3) = 14.277$$

$$f_{\left(\frac{\alpha}{2}, r_1, r_2\right)} = \frac{1}{f_{\left(1-\frac{\alpha}{2}, r_1, r_2\right)}}$$

$$f_{(0.025, 14, 3)} = \frac{1}{f_{\left(1-\frac{\alpha}{2}, r_1, r_2\right)}} = \frac{1}{4.242} = 0.2357$$



Valor del estadístico

$$F = \frac{S_{Mc}^2}{S_{Ms}^2} = \frac{146.061652}{8520.77667}$$

$$F = 0.01714182$$

Decisión

Como $F_c = 0.0171418 \notin$ a la RC (Región Crítica). Se rechaza H_0 .

Conclusión

Asumimos que las Varianzas de las dos muestras son diferentes.
Prueba de Hipótesis.

a) Formulación de Hipótesis

$$H_0: \mu_{Mc} - \mu_{Ms} = 0$$

El volumen promedio de secado utilizando el modelo contenedor es igual utilizando el modelo solucionador.

$$H_A: \mu_{Mc} - \mu_{Ms} < 0$$

El volumen promedio de secado utilizando el modelo solucionador es mayor que el modelo contenedor.

H_0 : Hipótesis Nula.

H_A : Hipótesis Alterna.

b) Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

c) Estadístico de Prueba

Donde:

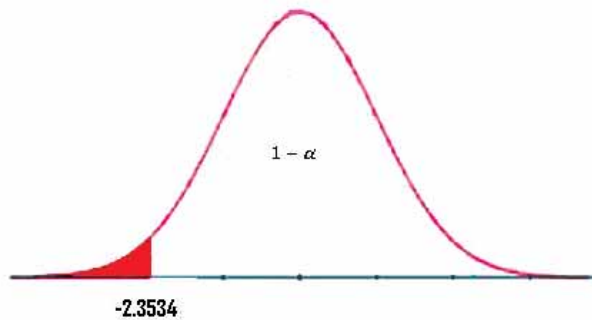
\bar{X}_{Mc} : Media del modelo contenedor.

\bar{X}_{Ms} : Media del modelo solucionador.

$\mu_{Mc} - \mu_{Ms}$: Diferencia hipotética de las medias.

n_c y n_s : Número de observaciones del modelo contenedor y solucionador respectivamente.

d) Región Crítica



Valor crítico de T: $t_{(1-\alpha, r)}$

$$\alpha = 0,05$$

$$n_c = 15$$

$$n_s = 4$$

$$r = \frac{\left[\frac{S_{Mc}^2}{n_c} + \frac{S_{Ms}^2}{n_s} \right]^2}{\frac{\left[\frac{S_{Mc}^2}{n_c} \right]^2}{n_c - 1} + \frac{\left[\frac{S_{Ms}^2}{n_s} \right]^2}{n_s - 1}} = \frac{\left[\frac{21334,0063}{15} + \frac{72603635,01}{4} \right]^2}{\frac{\left[\frac{21334,0063}{15} \right]^2}{14} + \frac{\left[\frac{72603635,01}{4} \right]^2}{3}} = 3,00$$

e) Valor del estadístico

$$r = 3$$

$$t_{(0,95, 3)} = 2,3534$$

$$t = \frac{(24,8433 - 249,85) - 0}{\sqrt{\frac{146,0616524}{15} + \frac{8520,776667}{4}}} = -4,864020973$$

$$t = -4,8640$$

f) Decisión

$t = -4.8640 \in$ a la región crítica. Por tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

g) Conclusión

A un 95% de confianza se estima que el volumen de secado es mayor utilizando el modelo solucionador.

Del mismo modo se procedió a realizar la contrastación de la hipótesis según indicador: tiempo de secado, porcentaje de quebrado y utilidad. Mientras que, para los indicadores pérdida por merma en el secado, pérdida por merma en la estiba y pérdida por merma en la desestiba, se realizó una descripción de las principales medidas de posición y dispersión. Como el realizado según pérdida por merma en el secado.

En el secado del modelo contenedor se registra una merma promedio de $6464 \pm 3143,87$ Kg. de arroz cáscara al año, con un coeficiente de variación del 48,64%, cuya varianza es 9883940 Kg². La merma mínima es de 3120 Kg. y la máxima es de 12500 Kg.

4. Discusión

En el presente trabajo de investigación, con la finalidad de apoyar y mejorar la oportuna toma de decisiones, se aplicó una solución tecnológica mediante simulación, que mejoró significativamente la gestión integral de las empresas molineras de arroz cáscara.

Es decir, que no fue necesario intervenir físicamente en las empresas, sino que mediante simulación, según Riverola, J. y Cuadrado, B. (2003) afirman que, con dinámica de sistemas de un modelo heurístico con lógica difusa, se logró simular el comportamiento de la producción y comercialización de las empresas molineras de arroz con altos índices de precisión. Asimismo, nuestro producto de modelamiento se puede proyectar en el tiempo y con posibles escenarios empresariales, lo cual permitió optimizar la toma de decisiones con la finalidad de mejorar la gestión integral de las empresas molineras.

En lo económico, las Empresas Molineras mejoraron sus procesos empresariales, teniendo la oportunidad de crecer económicamente y convertirse potencialmente en empresas modernas y renovadas,

tanto en la gestión integral de sus procesos como en la fidelización de sus clientes (Atehortúa, F. et al. [2008]); condiciones que posibilitan la disposición de mayores recursos económicos, necesarios para renovar su maquinaria con tecnología actualizada y consecuentemente mejorar sus procesos de gestión empresarial.

Asimismo, en cuanto a lo científico, el desarrollo del presente trabajo de investigación aportó al conocimiento científico, puesto que el desarrollo del modelo se basó en la utilización de variables difusas, tal como la calidad de arroz pilado, que siendo una variable cualitativa, se pudo modelar dentro de un rango de cantidades que se traslapan entre sí. Es por ello que, la calidad de arroz pilado encontrándose en función de porcentajes de algunos parámetros como: quebrado, mancha, tiza y panza blanca, se modeló teniendo en cuenta tres categorías que designan una determinada calidad de arroz según porcentaje de los parámetros establecidos, siendo estas, arroz extra, arroz superior y arroz corriente.

El comportamiento de la variable difusa permitió obtener mejores resultados, en diferentes escenarios, mediante simulación y en el que los resultados fueron contrastados con información actualizada de los procesos que se presentan en dichas molineras. Además, teniendo en cuenta que nuestra propuesta basada en la utilización de técnicas de lógica difusa para el modelamiento de los procesos productivos y de gestión de las empresas molineras, posibilitó una mejor toma de decisiones para la ejecución de estrategias pertinentes y oportunas para el mejoramiento de la Empresa.

Finalmente, el presente trabajo permitió promover en las medianas y grandes Empresas Molineras de arroz cáscara, tomar las decisiones oportunas para mejorar la gestión de los procesos en la empresa, que vaya en beneficio de la población lambayecana y demás regiones del país, dado que el consumo de arroz es masivo tanto a nivel local como a nivel nacional y cualquier variación en el precio o desabastecimiento del mismo es muy sensible para la economía familiar.

5. Conclusiones

En el presente trabajo de investigación mediante simulación del modelo heurístico dinámico con lógica difusa se arribó a las siguientes conclusiones:

- Se redujo a 0% el volumen de merma por estiba y desestiba de arroz cáscara en el proceso de secado industrial, respecto a la merma de 0.3% del secado artesanal.
- Se mejoró la calidad de arroz pilado al reducir en 2% el porcentaje de quebrado con la ayuda de secadora industrial, permitiendo incrementar la calidad de arroz pilado y el mejoramiento de los ingresos por la venta de un lote determinado.
- Se mejoró la clasificación de arroz pilado mediante la utilización de selectora por color el cual permitió la extracción de los defectos como: mancha, tiza y panza blanca, los cuales incrementaron el volumen de los subproductos quedando solo arroz de buena calidad y con el que se logró incrementar la utilidad hasta un 3% respecto al modelo contenedor.
- Se propuso la adquisición de parihuelas según la superficie de almacenamiento, y la implementación de buenas prácticas de almacenamiento con el fin de obtener un adecuado almacenamiento del arroz pilado, cuya inversión se puede recuperar al vender el producto a mejor precio ya que la calidad del arroz pilado en mejores condiciones de almacenamiento mantiene sus características de calidad.
- Se incrementó en un 30% la utilidad anual por la venta de arroz pilado y subproductos, lo que permitió incrementar el fondo para reinversión, con el que se logró amortizar la deuda contraída y la cancelación de la maquinaria adquirida.

6. Referencias

- Aracil, J. (1995). *Dinámica de Sistemas*. (1ª edición). Madrid: Editorial Isdefe.
- Atehortúa, F. et al. (2008). *Sistema de Gestión Integral*. Una sola gestión, un solo equipo. Universidad de Antioquia. Colombia.
- Coss, R. (2003). *Simulación: Un enfoque práctico*. México: Limusa, S.A.
- Fernández, J. (2005). *Sistemas organizacionales: Teoría y práctica*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- García, J. (2003). *Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas*. España.

- Héctor J. Martínez, H. J. (2005). *Agroindustria y competitividad*. Recuperado desde:<http://books.google.com.pe/books?isbn=9589328652>
- Martínez, M. (2005). *Ideas para el cambio y el aprendizaje en la organización: Una perspectiva sistémica*. (2º Edic). Bogotá: Editorial Ecoe ediciones. 2005.
- Rauch-Hindin, W. (1989). *Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la actividad empresarial, la Ciencia y la Industria*. España: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Riverola, J. y Cuadrado, B. (2003). *Arte y oficio de la simulación*. España: Ediciones Universidad de Navarra. S.A.
- Vargas, A. (1995). *Estadística descriptiva e inferencial*. (2ª edición). España: Universidad de Castilla-La Mancha.
- Vélez, I. (2003). *Decisiones empresariales bajo riesgo e incertidumbre*. Bogotá: Editorial Norma.