



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL

"Aplicación del sistema en lecho fluidizado para la mejora del proceso de secado de arroz cáscara, en la Piladora Nuevo Horizonte SAC, Lambayeque - Chiclayo, La Victoria 2015"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL

AUTOR:

Pamela del Pilar Sifuentes Guerrero

ASESOR:

Jaime Enrique Molina Vélchez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de gestión empresarial y productiva

LIMA – PERÚ

2015

Página del jurado

TESIS

"APLICACIÓN DEL SISTEMA EN LECHO FLUIDIZADO PARA LA MEJORA DEL
PROCESO DE SECADO DE ARROZ CÁSCARA, EN LA PILADORA NUEVO
HORIZONTE SAC, LAMBAYEQUE - CHICLAYO, LA VICTORIA 2015"

SIFUENTES GUERRERO, PAMELA DEL PILAR
AUTOR

Presentado a la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo para
optar el Grado: Ingeniero Industrial

APROBADO POR:

Mg. Jaime Enrique Molina Vílchez

Dr. Julio Raúl Montoya Molina

Mg. Freddy Armando Ramos Harada

LIMA - 2015

Dedicatoria

Esta tesis es dedicada a Dios y a mis padres. Porque ambos están conmigo en cada paso que doy, dándome fortaleza y apoyo, a ellos por haber velado por mi bienestar y educación. Depositando en mí su confianza en cada proyecto que se me presenta sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

Agradecimiento

Agradezco los resultados de esta tesis, a Dios y a aquellas personas (José Luis Santa María y Eduardo Espinoza) que, de alguna forma, son parte de su culminación. Hacia los colaboradores de la Piladora NH SAC, quienes con su ayuda desinteresada, nos brindaron información relevante. Y a los profesores que me guiaron sobre todo a Mg. Ing. Jaime Molina por sus aportes en el desarrollo de tesis.

Declaratoria de autenticidad

Yo Pamela del Pilar Sifuentes Guerrero con DNI N° 46112549, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 01 Diciembre de 2015.

Pamela del Pilar Sifuentes Guerrero

Presentación

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada "Aplicación del sistema en lecho fluidizado para la mejora del proceso de secado de arroz cáscara, en la Piladora Nuevo Horizonte SAC, Lambayeque - Chiclayo, La Victoria 2015", la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Industrial.

Pamela del Pilar Sifuentes Guerrero

ÍNDICE

Página del jurado	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de autenticidad.....	iv
Presentación	v
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática.....	2
1.2 Trabajos previos.....	7
1.3 Teorías relacionadas al tema	16
1.3.1 Definiciones previas de fluidización de diversos autores	16
1.3.1.1 Fenómeno de fluidización	17
1.3.1.1.1 El lecho fluidizado	17
1.3.1.1.2 Fases del lecho fluidizado	17
1.3.1.1.3 Características de lecho fluidizados.....	18
1.3.1.1.4 Variables que se relacionan en un lecho fluidizado	20
1.3.1.1.5 Secado en lecho fluidizado	21
1.3.1.1.6 Ventajas y desventajas del secado en lecho fluidizado	23
1.3.2 Definiciones previas al proceso de secado	24
1.3.2.1 Generalidades del secado	25
1.3.2.1.1 Condiciones implicadas en el proceso de secado.....	26
1.3.2.1.2 Características del proceso de secado	27
1.3.2.1.3 Técnicas de secado de granos	29
1.3.2.1.4 Secado de granos de arroz	30
1.3.2.1.4.1 Parámetros a considerar para el secado de granos.....	31
1.3.3 Marco conceptual:.....	34
1.4 Formulación del problema.....	35
1.4.1 Problema general.....	35
1.4.2 Problemas específicos	35
1.5 Justificación.....	36
1.5.1 Justificación económica	36
1.5.2 Justificación nutricional/alimenticio	37
1.5.3 Justificación teórica.....	37
1.6 Hipótesis	38
1.6.1 Hipótesis general	38
1.6.2 Hipótesis específicas.....	38
1.7 Objetivos	38

1.7.1 Objetivo General	38
1.7.2 Objetivos específicos	38
II. MÉTODO	39
2.1 Diseño de investigación	39
2.1.1 Tipo de estudio.....	39
2.2. Variables, Operacionalización	40
2.2.1 Definición Conceptual	40
2.2.2 Definición operacional.....	41
2.2.3 Operacionalización de variables	42
2.3 Población y Muestra.....	44
2.3.1 Población	44
2.3.2 Muestra	44
2.4 Desarrollo de la metodología de investigación.....	46
2.4.1 Determinación de la aplicación de secado en lecho fluidizado	46
2.4.2 Ejecución de aplicación del sistema en lecho fluidizado	63
2.4.3 Uso de recursos y Análisis costo/beneficio	90
2.4.4 Otros aportes de usar el sistema en LF	100
2.4.5 Sostenibilidad del sistema de secado en L.F	100
2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	103
2.6 Métodos de análisis de datos	104
2.6.1 Análisis descriptivo:.....	105
2.6.2 Análisis inferencial:	105
2.7 Aspectos éticos	108
III.RESULTADOS	108
IV. DISCUSIÓN	129
V. CONCLUSIÓN	131
VI. RECOMENDACIONES	132
VII. REFERENCIAS	133
ANEXOS	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Pérdidas por razón de la humedad	6
Tabla N° 2: Daño originado al grano	6
Tabla N° 3: Condiciones generales de temperatura al inicio del proceso	32
Tabla N° 4: Temperatura máxima que no debe sobrepasar el grano	32
Tabla N° 5: Flujo de aire para diferentes sistemas de secado de grano	32
Tabla N° 6: Operacionalización de variables	42
Tabla N° 7: Indicadores variable dependiente	43
Tabla N° 8: Población	44
Tabla N° 9: Muestra pre test	45
Tabla N° 10: Muestra post test	45
Tabla N° 11: Problemas identificados en área de producción	48
Tabla N° 12: Causas del deficiente proceso de secado	50
Tabla N° 13: Reporte de avances de estudio	54
Tabla N° 14: Diferencias de los métodos de secado utilizados	55
Tabla N° 15: Selección de secadora frente a materia prima	56
Tabla N° 16: Las exposiciones del sólido a condiciones de calor	57
Tabla N° 17: Material utilizado por el tipo de método en el secado	57
Tabla N° 18: Capacidad y Energía de Consumo para Secadoras seleccionadas	58
Tabla N° 19: Valores aproximados de coeficiente de transferencia	59
Tabla N° 20: Lista de requerimientos para selección de secadora	59
Tabla N° 21: Cuadro resumen comparativo de tipos de secado general	61
Tabla N° 22: Cuadro resumen comparativo tipos de lecho fluidizado	62
Tabla N° 23: Resumen comparativo de sistema de secado de arroz paddy	62
Tabla N° 24: Resultados de secado obtenidos en el CENTREINAR	63
Tabla N° 25: Comparativo de proveedores	63
Tabla N° 26: Evaluación de expertos para selección de proveedores	65
Tabla N° 27: Especificaciones técnicas de la secadora	74
Tabla N° 28: Modelo formato registro humedad – Costa	76
Tabla N° 29: Modelo formato registro humedad - Selva	77
Tabla N° 30: Modelo de Evaluación de la temperatura ambiente (°C)	79
Tabla N° 31: Resumen de datos de humedad final y temperatura de aire – Costa	81
Tabla N° 32: Resumen de datos de humedad final y temperatura de aire - Selva.	82
Tabla N° 33: Cronograma de instalación y montaje de planta de secado	84
Tabla N° 34: Medición de temperaturas de prueba en secadora	88
Tabla N° 35: Tiempo de secado	89

Tabla N° 36: Maquinarias y recursos utilizados planta de secado	90
Tabla N° 37: Costo de habilitación de las secadoras en LF (3)	91
Tabla N° 38: Resumen de Inversión	91
Tabla N° 39: Ingresos mensual secado artesanal	92
Tabla N° 40: Ingresos anual secado artesanal	92
Tabla N° 41: Egresos mensual secado artesanal	93
Tabla N° 42: Egresos anuales secado artesanal	93
Tabla N° 43: Egresos anuales en recursos secado artesanal	93
Tabla N° 44: Mano de Obra secado artesanal	93
Tabla N° 45: Ingresos anual secado L.F	94
Tabla N° 46: Ingresos mensual secado L.F	94
Tabla N° 47: Egresos mensual secado L.F	95
Tabla N° 48: Egresos anual secado L.F	95
Tabla N° 49: Combustible	95
Tabla N° 50: Energía eléctrica	95
Tabla N° 51: Utilidades secado artesanal	96
Tabla N° 52: Utilidades secado LF.	96
Tabla N° 53: Cuadro Comparativo utilidades de secado	96
Tabla N° 54: Cuadro Comparativo de Utilidades de secado – Calculo VAN	97
Tabla N° 55: Cálculos para el VAN	98
Tabla N° 56: VAN	99
Tabla N° 57: Rendimiento de grano entero en meses de campaña (Abril – Julio)	100
Tabla N° 58: Superficie cosechada de arroz 2011 - 2012	101
Tabla N° 59: Comparativo de secado artesanal - LF	102
Tabla N° 60: Indicadores de la Variable Dependiente	103
Tabla N° 61: Estadísticos relacionadas con la dimensión velocidad	109
Tabla N° 62: Prueba de normalidad Vmf	109
Tabla N° 63: Estadísticos relacionadas con la dimensión porosidad	110
Tabla N° 64: Prueba de normalidad Emf	110
Tabla N° 65: Estadísticos relacionadas con la hipótesis estadístico 1- (%) Humedad Costa pre test	111
Tabla N° 66: Estadísticos relacionadas con la hipótesis estadístico 1- (%) Humedad Selva pre test	112
Tabla N° 67: Estadísticos relacionadas con la hipótesis estadístico 1- (%) Humedad Costa post test	112
Tabla N° 68: Estadísticos relacionadas con la hipótesis estadístico 1- (%) Humedad Selva post test	113
Tabla N° 69: Estadísticos relacionadas con la hipótesis estadístico 2- (°C) Selva-Costa pre test	117
Tabla N° 70: Estadísticos relacionadas con la hipótesis estadístico 2- (°C)	117

Costa post test	
Tabla N° 71: Estadísticos relacionadas con la hipótesis estadístico 2- (°C) Selva post test	118
Tabla N° 72: Resumen de resultados Costa	121
Tabla N° 73: Resumen de resultados Selva	121
Tabla N° 74: Prueba de normalidad de la hipótesis estadística 1- (%) Humedad Costa	122
Tabla N° 75: Prueba de normalidad de la hipótesis estadística 1- (%) Humedad Selva	122
Tabla N°76: Prueba de normalidad de la hipótesis estadística 2 Temperatura Costa – Selva	123
Tabla N° 77: Comparación de medias del indicador humedad-Costa (%)	124
Tabla N° 78: Significancia de la comparación de medias del indicador humedad- Costa (%)	124
Tabla N° 79: Comparación de medias del indicador humedad-Selva (%)	125
Tabla N° 80: Significancia de la comparación de medias del indicador humedad-Selva (%)	125
Tabla N° 81: Comparación de medias del indicador Temperatura Costa (°C)	126
Tabla N° 82: Significancia de la comparación de medias del indicador Temperatura-Costa (°C)	127
Tabla N° 83: Comparación de medias del indicador Temperatura Selva (°C)	127
Tabla N° 84: Significancia de la comparación de medias del indicador Temperatura-Selva (°C)	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Formación de un lecho fluidizado a partir de un lecho fijo de partículas	18
Figura N° 2: Relación caída de presión y velocidad	20
Figura N° 3: Prototipo particular del sistema de secado en lecho fluidizado	22
Figura N° 4: Proceso de secado de granos por fluidización	23
Figura N° 5: Proceso de secado de arroz cáscara	33
Figura N° 6: Balance de materia de secado	33
Figura N° 7: Mapa de proceso de Piladora NH SAC	47
Figura N° 8: Pareto 1	49
Figura N° 9: Diagrama causa – efecto	49
Figura N° 10: Pareto 2	50
Figura N° 11: Vaciado del arroz en mantas	52
Figura N° 12: Remoción del grano	52
Figura N° 13: Diagrama de secado natural de arroz paddy	53
Figura N° 14: Clasificación de los métodos de secado por transferencia de calor	55
Figura N° 15: Selección del sistema de secado	61
Figura N° 16: Vista general de localización de planta de secado	66
Figura N° 17: Diagrama de flujo con el sistema en lecho fluidizado	68
Figura N° 18: Análisis SIPOC del secado de arroz	69
Figura N° 19: Sistema interior a los difusores	71
Figura N° 20: Tablero de mando	72
Figura N° 21: Dispositivos de control y regulación	72
Figura N° 22: Control temperatura, humedad y flujo de aire	73
Figura N° 23: Sistema de descarga	73
Figura N° 24: Sistema de operación de secado con el sistema	74
Figura N° 25: Variaciones de Humedad final - Costa	78
Figura N° 26: Variaciones de Humedad final- Selva	78
Figura N° 27: Variación de la Temperatura en el tiempo	83
Figura N° 28: Variación de la Humedad en el tiempo	83
Figura N° 29: Histograma de Humedad-Costa (pre test)	114
Figura N° 30: Histograma de Humedad-Selva (pre test)	114
Figura N° 31: Histograma de Humedad-Costa (Post test)	115
Figura N° 32: Histograma de Humedad-Costa (Post test)	116
Figura N° 33: Histograma de Temperatura Costa - Selva (pre test)	119
Figura N° 34: Histograma de Temperatura Costa (Post test)	120
Figura N° 35: Histograma de Temperatura Selva (Post test)	120
Figura N° 36: Contenido final de humedad (%) promedio	125

Figura N° 37: Temperatura de aire de operación (°C) promedio	128
--	-----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz de Operacionalización	138
Anexo N° 2: Matriz N° 2	139
Anexo N° 3: Formatos de registro de Humedades Costa- Mayo	140
Anexo N° 4: Formatos de registro de Humedades Costa- Junio	141
Anexo N° 5: Formatos de registro de Humedades Selva- Mayo	142
Anexo N° 6: Formatos de registro de Humedades Selva- Junio	143
Anexo N° 7: Formatos de registro de Humedades Costa- Julio	144
Anexo N° 8: Formatos de registro de Humedades Costa- Agosto.	145
Anexo N° 9: Formatos de registro de Humedades Selva- Julio	146
Anexo N° 10: Formatos de registro de Humedades Selva- Junio	147
Anexo N° 11: Tendencias del contenido final humedad	148
Anexo N° 12: Reporte de Temperaturas Costa - Selva	149
Anexo N° 13: Reporte de Temperaturas Costa	150
Anexo N° 14: Reporte de Temperaturas Selva	151
Anexo N° 15: Tendencias de la temperatura	152
Anexo N° 16: Proceso de secado en la Piladora Nuevo Horizonte SAC	153
Anexo N° 17: Especificaciones técnicas del humidímetro	154
Anexo N° 18: Especificaciones técnicas de termómetro ambiental	155
Anexo N° 19: Especificaciones técnicas del Secadora en LF	156
Anexo N° 20: Cronograma de actividades de desarrollo tesis	158

RESUMEN

El presente trabajo de investigación es tipo cuantitativo, pre-experimental, cuyo objetivo es mejorar el proceso de secado de arroz cáscara mediante la aplicación del sistema en lecho fluidizado. Se determinó el proceso operativo de secado a mejorar mediante un consenso (tormenta de ideas) en el área de producción y por las deficiencias que se detallan en la realidad problemática de esta investigación; se llegó a demostrar que esta aplicación funciona como una mejor opción comparándola con otros sistemas. La población se estratificó en arroz de la costa y selva, siendo éstas homogéneas entre sí en cuanto a la forma granular pero proveniente con diversas toneladas en menor proporción y humedades. El arroz de la selva de 23 a 25% de humedad en sacos de 100kg y costa de 18 a 20% de humedad en sacos de 80kg. Por lo cual se decidió realizar el estudio con la población de la cantidad de sacos secados al día antes en secado natural (llamada etapa de pre evaluación) y después con el sistema aplicado (etapa de pos evaluación), para poder evaluar la influencia de la temperatura (condición externa del proceso de secado) en la reducción del contenido de humedad del grano (condición interna del proceso de secado) en forma uniforme. La aplicación de este sistema logró reducir el contenido de humedad final del lote entre el rango aceptable dado por la norma técnica de Indecopi entre 13 a 14% controlando la temperaturas en cada etapa del proceso. Finalmente con el sistema en lecho fluidizado se obtiene mayores utilidades.

Palabras claves: Arroz, Humedad, Temperatura, Secado, Lecho Fluidizado

ABSTRACT

This research is quantitative, pre-experimental, which aims to improve the drying process of paddy rice by applying fluidized bed system. Operating to improve drying process was determined by a consensus (brainstorming) in the area of production and shortcomings detailed in the problematic reality of this research; he went on to show that this application works as a better option compared to other systems. The population was stratified into rice coast and forest, these being homogeneous with each other as to the granular form but from several tons to a lesser extent and humidities. Rice Jungle 23-25% humidity in 100kg bags and coast 18-20% humidity in 80kg sacks. Therefore it was decided to conduct the study with the population of the amount of dried day before in natural drying bags (called preproduction evaluation) then the applied system (stage post evaluation) to evaluate the influence of temperature (external condition of the drying process) in reducing the moisture content of the grain (internal condition of the drying process) evenly. The application of this system was able to reduce the final moisture content of the lot between the acceptable ranges given by the technical standard of Indecopi between 13-14% by controlling the temperature in each stage. Finally the system fluidized bed is obtained higher profits.

Keywords: Rice, humidity, temperature, drying, Fluidized Bed