

T
658.542
POL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**"Establecimiento de Parámetros de Diseño para el Proceso de
Secado de la Paja Toquilla por Medio de la Metodología de
Diseño para Seis Sigma"**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención de Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL



Presentada por:

Daniel Marcelo Polit Argüello



GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO: 2006

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su gran comprensión, ayuda y apoyo incondicional, a mis compañeros y amigos que siempre estuvieron a mi lado, a mi director de tesis Ing. Marcos Buestán por el conocimiento adquirido y un agradecimiento muy especial para la persona que me ayudó siempre, gracias a todos.

DEDICATORIA

MIS PADRES

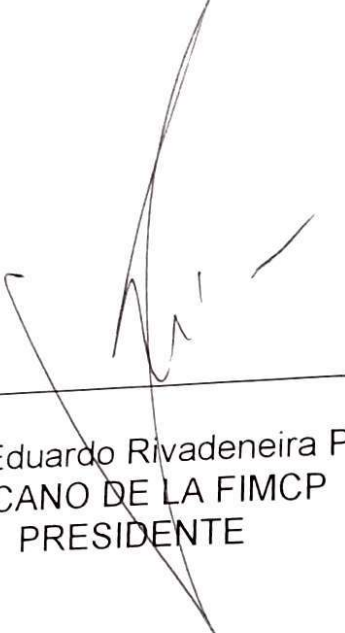
MIS HERMANOS

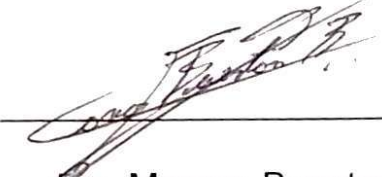
MIS ABUELOS

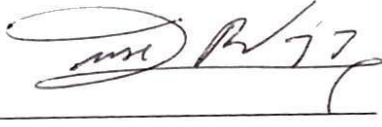
MI AMORCITO

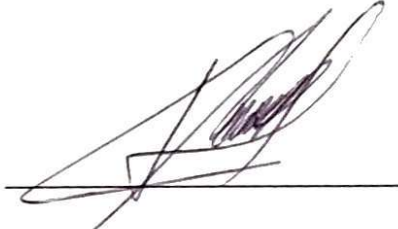
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN




Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE


Ing. Marcos Buestan B.
DIRECTOR DE TESIS

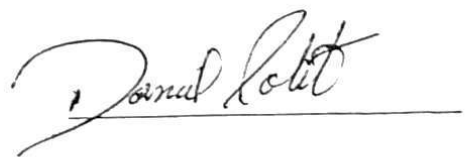

Ing. Denise Rodríguez Z.
VOCAL


Dr. Kléber Barcia V..
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, reading "Daniel Polit", with a horizontal line extending to the right.

Daniel Marcelo Polit Argüello

RESUMEN

La Comuna Barcelona es una pequeña población ubicada en la Península de Santa Elena. Desde el año 1900, su población se dedica a la producción de la paja toquilla como materia prima para la elaboración de artesanías. Actualmente, la mayoría de los habitantes de esta comuna continúan con esta actividad que representa su principal fuente de ingresos. La paja procesada es utilizada en la confección de artesanías, principalmente de sombreros, los que son muy cotizados a nivel internacional.

Hoy en día, la elaboración de paja toquilla no es una actividad rentable para los habitantes de la comuna, en gran medida debido al mal empleo de los recursos y a lo ineficiente de algunas de las operaciones presentes en el proceso de preparación de la fibra.

Es por esta razón, que el objetivo de la presente tesis es mejorar la operación de secado, ya que ésta representa el mayor tiempo de espera en el proceso de elaboración de la paja toquilla (cuello de botella), por lo

que una mínima mejora en esta operación se traduce en una mejora substancial a todo el proceso.

Para mejorar el proceso de secado se utilizará el “Diseño para seis sigma” (DFSS) que está basada en la metodología IDOV, la cual se explica a continuación:

Identificar el proceso, sus especificaciones y los requerimientos críticos de calidad.

Diseño: en este punto se trasladan las especificaciones del proceso de tal forma que satisfagan las necesidades de los clientes y los requerimientos críticos de calidad.

Optimizar: usando herramientas estadísticas como el DOE (Diseño de Experimentos) y ASR (Análisis de Superficie de Respuesta) que permitan optimizar las especificaciones.

Validación: verificación de los resultados comparándolos con los requerimientos del cliente.

Se espera de este proyecto la identificación de las variables críticas que afectan al proceso de secado de la paja toquilla y luego analizarlas con el fin establecer parámetros que permitan disminuir el tiempo de secado sin desmejorar la calidad del producto.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

ABREVIATURAS

SIMBOLOGIA

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Objetivo General	3
1.4 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Alcance	4
1.6 Metodología	4

CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE ELABORACION DE PAJA TOQUILLA PARA DISEÑO DE SOMBREROS Y OTROS.....	6
--	---

2.1 Descripción del Proceso de Elaboración de Paja Toquilla para Diseño de Sombreros y Otros	6
2.2 Diagrama de Flujo.....	10
2.3 Estudio de Costos	12
2.4 Estudio de Tiempos	17
CAPÍTULO 3	25
3. MARCO TEORICO.	25
3.1 Seis Sigma	25
3.2 Diseño para Seis Sigma (DFSS) ().	30
3.3 Herramientas a Utilizar.....	38
3.3.1 Voz del Cliente (VOC).....	39
3.3.2 QFD(Desarrollo en Función de la Calidad)	43
3.3.3 Diseño de Experimentos (DOE).....	46
3.3.4 Análisis de Superficie de Respuesta (ASR).....	52
CAPÍTULO 4	
4. IDENTIFICAR Y DISEÑAR.....	54
4.1 Identificar	54
4.1.1 Objetivos Generales	55
4.1.2 Objetivos Específicos.....	55
4.1.3 Establecer Beneficios del Proyecto.....	56
4.1.4 Establecer Grupo de Trabajo	57
4.1.5 Establecer Plan de Trabajo.....	57
4.1.6 Identificar las Necesidades y Requerimientos de los Clientes ..	58

4.1.7 Voz del Cliente(VOC).....	60
4.1.8 QFD(Desarrollo en Función de la Calidad).....	64
4.2 Diseñar.....	67
CAPÍTULO 5	71
5.OPTIMIZAR	71
5.1Determinar parámetros de diseño.....	71
5.2Diseño de Experimentos (DOE).....	74
CAPÍTULO 6	96
6.VALIDACIÓN	96
6.1 Prueba y Validación de Resultados.....	98
CAPITULO 7	103
7.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

AMFE	ANÁLISIS Y MEDICIÓN DE FALLA Y ERROR
ASR	ANÁLISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA
CTQ`S	CRÍTICOS DE CALIDAD
DFSS	DISEÑO PARA SEIS SIGMA
DOE	DISEÑO DE EXPERIMENTOS
IDOV	IDENTIFICAR, DISEÑAR, OPTIMIZAR Y VALIDAR
QFD	DISEÑO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD
VOC	VOZ DEL CLIENTE

SIMBOLOGÍA

Cpk	Capacidad Potencial
Kg	Indicador de Fuerza
Kg/Fuerza	Indicador de elasticidad
Min.	Minutos
P	Probabilidad
P Vel. De Viento	Probabilidad de resultado por velocidad de viento
PTemperatura	Probabilidad de resultado por temperatura
R-Sq	Coefficiente de determinación
Vel.	Velocidad

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 Paja Toquilla.....	7
FIGURA 2.2 Desafinado	7
FIGURA 2.3 Cocinado	8
FIGURA 2.4 Secado	9
FIGURA 2.5 Macro Proceso de Elaboración de Paja Toquilla	10
FIGURA 2.6 Diagrama de Flujo del Proceso	11
FIGURA 2.7 Pareto de los costos de elaboración de la Paja Toquilla.....	18
FIGURA 2.8 Pareto Tiempo de Cocinado de la Paja Toquilla.....	20
FIGURA 2.9 Análisis de Tiempo de Secado de Paja Toquilla.....	24
FIGURA 2.10 Porcentaje de Tiempo de los Procesos	23
FIGURA 3.1 Áreas Típicas Bajo la Curva Normal.....	27
FIGURA 3.2 Metodología del Mejoramiento DMAIC	28
FIGURA 3.3 DMAIC VS. IDOV (8).....	30
FIGURA 3.4 Metodología DFSS	32
FIGURA 3.5 Estado del Producto vs. Costos	33
FIGURA 3.6 VOC.....	40
FIGURA 3.7 Teoría Moticador Higiene de Herzberg.....	41
FIGURA 3.8 QFD.....	45
FIGURA 3.9 ASR.....	53
FIGURA 4.1 Dliagrama Kano.....	61
FIGURA 4.2 Diagrama Kano del Proceso.....	61
FIGURA 4.3 QFD.....	66
FIGURA 4.4 Histograma de Resistencia (APÉNDICE 4).....	68
FIGURA 4.5 Histograma de Elasticida (APÉNDICE 4)	69
FIGURA 5.1 Deshidratador.....	72
FIGURA 5.2 Cocinado de Paja Toquilla.....	74
FIGURA 5.3 Secado Paja Toquilla.....	74
FIGURA 5.4 Resultantes DOE Tiempo de Secado	76
FIGURA 5.5 Efectos Varianles vs Tiempo de Secado	78

FIGURA 5.6 Interacción Tiempo de Secado vs. Variables.....	78
FIGURA 5.7 Contorno Tiempo de Secado.....	79
FIGURA 5.8 Resultantes DOE Elasticidad.....	81
FIGURA 5.9 Contorno Elasticidad	81
FIGURA 5.10 Resultantes DOE Resistencia	83
FIGURA 5.11 Contorno Resistencia	83
FIGURA 5.12 Proceso DOE.....	84
FIGURA 5.13 Proceso ASR.....	86
FIGURA 5.14 Contorno Tiempo de Secado.....	88
FIGURA 5.15 Superficie de Respuests Tiempo de Secado.....	89
FIGURA 5.16 Contorno Resistencia	91
FIGURA 5.17 Superficie de Respuesta Resistencia	91
FIGURA 5.18 Contorno Ealsticidad	94
FIGURA 5.19 Superficie de Respuesta Elasticidad	94
FIGURA 6.1 Análisis de Capacidad Tiempo de Secado	99
FIGURA 6.2 Análisis de Capacidad Resistencia.....	100
FIGURA 6.3 Análisis de Capacidad Elasticidad.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 Tabla de Costos de Producción de la Paja Toquilla	14
TABLA 2.2 Resumen de Costos del Prodceso.....	15
TABLA 2.3 Resumen Desafanado.....	18
TABLA 2.4 Estudio de Tiempo Cociando.....	19
TABLA 2.5 Tiempos Proceso de Elaboración de Paja Toquilla	22
TABLA 3.1 Connversión de un Proceso Seis Sigma.....	26
TABLA 3.2 IDOV	34
TABLA 4.1 Plana de Trabajo	58
TABLA 4.2 Matriz de Proceso de Secado MODELO KANO	63
TABLA 4.3 Características Críticas de Calidad.....	63
TABLA 4.4 Propiedades del Proceso de Secado.....	65
TABLA 4.5 Resistencia (Apéndice 4).....	68
TABLA 4.6 Elasticidad (Apéndice 4).....	69
TABLA 4.7 Parámetros (APÉNDICE 2).....	70
TABLA 5.1 Características Buscadas	72
TABLA 5.2 Características Deshidratador	72
TABLA 5.3 DOE.....	73
TABLA 5.4 Códigos DOE.....	73
TABLA 5.5 Resultantes DOE.....	75
TABLA 5.6 Resultantes MINITAB	75
TABLA 5.7 Resultantes MINITAB Tiempo vs Temperatura-Velocidad	77
TABLA 5.8 Resultantes MINITAB Elasticidad vs Tempertura-Velocidad	80
TABLA 5.9 Resultantes MINITAB Resistencia vs Temperatura-Velocidad ...	82
TABLA 5.10 Parámetris Análisis De Superficie de Respuestas.....	82
TABLA 5.11 Parámetros Punto Central	82
TABLA 5.12 Resultantes ASR	86
TABLA 5.13 Resultantes Superficie Tiempo vs. Temperatura Velocidad	87
TABLA 5.14 Resultantes Superficie Resisitencia vsTemperatura-Velocidad.	90
TABLA 5.15 Resultantes Superficie Elasticidad vs. Temperatura-Velocidad	92
TABLA 5.16 Resultantes ASR	92
TABLA 6.1 Valores Óptimos Encontrados	97
TABLA 6.2 Especificaciones Esperadas.....	97
TABLA 6.3 Resultantes Validación	98

TABLA 6.4 Capacida Sigma por Resultante	102
---	-----

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto plantea el “Establecimiento de parámetros de diseño para el proceso de secado de la paja toquilla por medio de la Metodología de un Diseño para Seis Sigma”, con el fin de disminuir y controlar el tiempo de secado; buscando aumentar la productividad del proceso de elaboración de paja toquilla en la comuna Barcelona, de esta manera, se ayudará a que los habitantes de la comuna que se dedican a esta actividad mejoren sus ingresos.

Se decidió realizar este proyecto basado en la operación de secado ya que como se demostrará más adelante es el proceso que tiene un mayor tiempo de espera (cuello de botella), por lo que una mínima mejora en esta operación representará una mejora substancial a todo el proceso.

En este proyecto se estudia la operación de secado de la paja toquilla, de forma que se pueda obtener un menor tiempo de secado sin disminuir la calidad del producto terminado.

1.1 Antecedentes

Para este proyecto nos basaremos en el proceso de elaboración de paja toquilla que se realiza en la comuna Barcelona. La que está ubicada en el cantón Santa Elena a 10 minutos de la población de Valdivia en la vía a Manglaralto. La elaboración de la paja toquilla data desde el año 1900; hoy en día, una importante cantidad de habitantes de la comuna se dedica a esta labor, por lo que es su principal fuente de ingresos. El producto que elaboran sirve para la confección de artesanías, en especial de sombreros, los cuales son muy cotizados en mercados internacionales.

Este proyecto comenzó como una iniciativa de la ESPOL, a través del Programa de desarrollo de la Península de Santa Elena. Como parte de este programa se desarrollaron varios estudios donde se

determinaron los procesos críticos que tiene la elaboración de paja toquilla.

Se espera que para Noviembre de 2006 el proyecto se encuentre en la fase de análisis de la composición de la materia prima y planteamiento de mejoras en cuanto a la productividad del proceso.

1.2 Planteamiento del Problema

Dentro del proceso de elaboración de paja toquilla se encuentra la operación de secado que es una de las operaciones críticas del proceso debido al alto tiempo que toma realizar esta operación. Una variabilidad excesiva en los tiempos de secado puede degenerar en graves problemas tales como: disminución de la productividad, aumento de tiempo de espera y disminución de la calidad del producto, formación de hongos en el tallo de la paja; como consecuencia de éstos, los costos de secado se incrementan de manera directamente proporcional al aumento del tiempo de secado

1.3 Objetivo General

Mejorar el proceso de secado de la fibra Paja Toquilla, con el fin de incrementar la rentabilidad de la Comuna Barcelona, logrando así que esta actividad se convierta en un proceso productivo autosostenible.

1.4 Objetivos Específicos

- Identificar las variables críticas que afectan directa e indirectamente al proceso de secado de la paja toquilla
- Revisar el comportamiento de estas variables y la forma en que estas afectan al proceso.
- Establecer parámetros de diseño para un sistema de secado, basándonos en las variables críticas identificadas

1.5 Alcance

El alcance de la investigación se limita a la identificación y control de las variables críticas que afectan al proceso de secado de la paja toquilla.

Una vez identificadas éstas, analizarlas para establecer parámetros que permitan disminuir el tiempo de secado sin desmejorar la calidad del producto.

Estos parámetros dejarán sentadas las bases para el diseño de un nuevo proceso de secado de la paja toquilla.

1.6 Metodología

El proyecto de tesis estará basado en la metodología de diseño para seis sigma, para esto se utilizará la submetodología IDOV.

Identificar el proceso, sus especificaciones y los requerimientos críticos de calidad, mediante el análisis del proceso usando

herramientas tales como: Diagramas de Flujo, estudio de tiempos y movimientos.

Diseño en este punto se traslada las especificaciones del proceso de tal forma que satisfagan las necesidades de los clientes y los requerimientos críticos de calidad, por medio del uso de la herramienta de calidad conocida como QFD y VOC.

Optimizar usando herramientas estadísticas como el DOE (Diseño de Experimentos) y ASR (Análisis de superficie de respuestas) que permitan optimizar las especificaciones.

Validación donde se verá que las especificaciones establecidas cumplen con los requerimientos de los clientes y se establecen las conclusiones del proyecto.

CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE ELABORACION DE PAJA TOQUILLA PARA DISEÑO DE SOMBREROS Y OTROS.

2.1 Descripción del Proceso de Elaboración de Paja Toquilla para Diseño de Sombreros y Otros

La elaboración de la paja toquilla se divide en varios subprocesos; dado que se viene desarrollando desde antes del año 1900 es en su mayor parte artesanal, este proceso comienza con la extracción de materia prima de las montañas y termina con el embalaje final, donde es enviado a los clientes que son los que elaboran los sombreros y las diferentes artesanías. A continuación se describirá cada uno de los subprocesos:

Extracción de materia prima: En esta primera etapa del proceso se procede a obtener la materia prima que crece en la montaña cercanas a la comuna, primero la persona se traslada a pie o en transporte hasta los lugares cercanos a la montaña, donde alquila una mula para dirigirse a los sembríos (Figura 1) y sacar la carga, también se puede optar por comprar los OCHOS (112 COGOLLOS de paja toquilla) en el pueblo.



FIGURA 2.1 PAJA TOQUILLA

Desafanado: Una vez que la persona llega a la comuna entrega la materia prima a las personas encargadas del desafanado, este subproceso se divide en tres actividades que son:

- Desvenado. En esta actividad se quita la corteza o las hojas que envuelven la planta.
- El Espinado. Aquí se dividen las puntas de la hoja con agujas.

(Figura 2.2)



FIGURA 2.2 DESAFANADO

- El Sacado. Actividad que consiste en dividir las hojas en su totalidad con un grosor similar.

El desperdicio generado por este subproceso es vendido como producto secundario; grupos de 10 a 15 TONGOS llegan a costar 50 centavos de dólar en temporada alta (invierno) y hasta 25 en temporada baja, de cada OCHO se obtienen 2.5 TONGOS

Cocinado: Una vez terminado el proceso de desafanado se transporta los OCHOS a la fábrica por medio de bicicletas o triciclos, donde son cocinados en dos hornos de leña (Figura 2.3). Aquí se cocinan por lo general hasta 4.5 COGOLLOS.



FIGURA 2.3 COCINADO

Secado: Al terminar el proceso de cocinado los COGOLLOS son puestos en el área de secado, esta cuenta con cordeles para su ubicación.



FIGURA 2.4 SECADO

Cabe recalcar que esta área es bajo techo, como se observa en la figura 2.4, para evitar que los COGOLLOS reciban directamente los rayos solares para que no varíe la calidad de la paja; esto proceso puede durar un poco más de un día 24 horas.

Soleado: Una vez seco el COGOLLO es puesto al sol para buscar obtener un mejor color, es aquí donde terminara el proceso antes de ser embalado.

Embalado: Cuando los COGOLLOS están completamente secos se los clasifica según su longitud (Figura 2.5) ya sea los menores de 60cm y lo mayores, así se determina si se usan para sombreros o para otro tipo de artesanías, a continuación se los agrupa en Tongos que están formados por 96 Cogollos.

Con el fin de observar gráficamente el proceso se muestra a continuación el diagrama del macro proceso de elaboración de la paja toquilla:

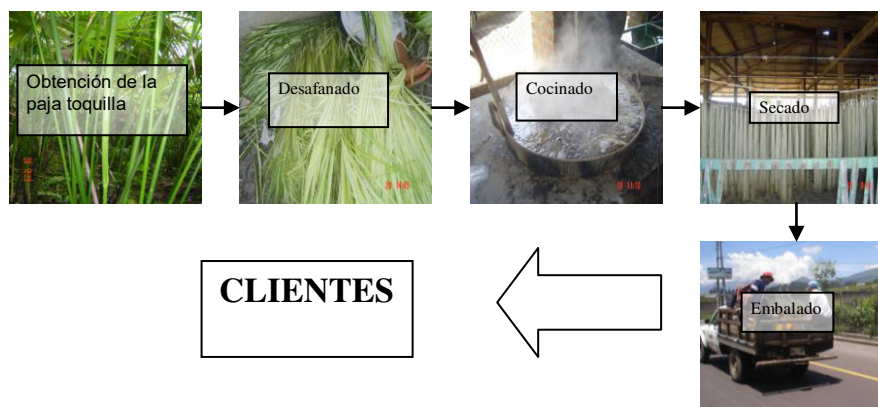


FIGURA 2.5 MACRO PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAJA TOQUILLA PARA ELABORACIÓN DE SOMBREROS Y OTROS

2.2 Diagrama de Flujo

En esta parte del capítulo se busca analizar cada parte del proceso. Para esto se utiliza la herramienta conocida como diagrama de flujo.

Los diagramas de flujo de procesos proporcionan una descripción sistemática del ciclo de un proceso, con suficientes detalles de análisis para planear la mejora de métodos. Un diagrama de flujo de procesos es la representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, del transporte, de la inspección, de las demoras y del almacenaje que se efectúan en un proceso o procedimiento. Este tipo de diagrama incluye la información que se considera adecuada para su análisis, como lo es el tiempo requerido y la distancia recorrida ⁽¹⁾.

¹ Maynard Manual del Ingeniero Industrial *cuarta edición* Cap. 3 Pág. 17

En este caso se utilizará un diagrama de flujo de operarios en el cual se sigue a una persona, indicando las actividades que esta realiza.

Diagrama de Flujo de Procesos

Resumen

		PRESENTE	
		NO.	TIEMPO
OPERACIONES	○	22	Var.
TRANSPORTE	→	4	Var.
ALMACENAMIENTO	□	0	0
DEMORAS	D	5	Var.
INSPECCIÓN	▽	1	1
DISTANCIA RECORRIDA			

Tarea: Procesamiento de la paja toquilla

Tipo: Obrero

Ubicación: Comuna Barcelona

Descripción de la actividad	Símbolo	Tiempo	Recorrido
Comprar la paja en La Entrada ^{*1} , o al camionero	○ → □ D ▽		
Llevar la paja a su lugar de residencia (Barcelona)	○ → □ D ▽	70	
Entregar la paja en casa de las desafanadoras (entre 1 y 15 ochos)	○ → □ D ▽	var.	var.
Esperar a que la paja haya sido desafanada	○ → □ D ▽		
Retirar la paja de las casas de las desvenadoras ^{*3}	○ → □ D ▽	var.	var.
Llevar los ochos dentro de la planta	○ → □ D ▽	var.	var.
Sacar el agua del día anterior con balde (aprox. 30 galones)	○ → □ D ▽	8	1,61
Llenar la paila con manguera y balde (aprox. 48 galones)	○ → □ D ▽	19	
Colocar leña en el hogar del horno	○ → □ D ▽	10	
Esperar a que el agua hierva	○ → □ D ▽	83	
Colocar la paja en la paila (entre 3 y 5 ochos)	○ → □ D ▽	3	
Sumergir los ochos o bucearlos	○ → □ D ▽	0,5	
Colocar una rejilla de madera y 2 piedras amarradas	○ → □ D ▽	0,5	
Alimentar el horno (opcional)	○ → □ D ▽	2	
Retirar la rejilla y piedras y bucear los ochos	○ → □ D ▽		
Colocar rejilla y madera	○ → □ D ▽	0,5	
Esperar a que la rama de la paja se torne amarilla	○ → □ D ▽	47	
Sacar la paja de la paila	○ → □ D ▽	12	1,52
Escurrido y enfriado de la paja cocinada	○ → □ D ▽		
Prepara carga para tendido	○ → □ D ▽	2	
Transportar la paja cocinada al lugar de tendido ^{*4}	○ → □ D ▽	var	var
Colgar la paja por reales para que se escurran	○ → □ D ▽	2	
Escurrido	○ → □ D ▽	var	var
Tendido de la paja	○ → □ D ▽	15	
Secado de la paja	○ → □ D ▽	1440	var
Sacudido y despegado de la paja	○ → □ D ▽		var
Secado de la paja	○ → □ D ▽	60	
Recolección de la paja	○ → □ D ▽	5	
Transporte para soleado de la paja	○ → □ D ▽	5	
Recolección de la paja	○ → □ D ▽	3	
Clasificación de la paja	○ → □ D ▽	1	
Embalaje de la paja	○ → □ D ▽	2	

*1 La Entrada es un pueblo en el límite con Manabí a 1 hora de Barcelona.

*2 un ocho = 8 reales de 14 tallos cada uno = 112 tallos.

*3 estas son personas contratadas para hacer el desvenado, espinado y sacado, cobran 35 cts.

*4 El tendido lo realizan en el cordel que se encuentre disponible.

*5 un real = 14 cogoyos

FIGURA 2.6 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAJA TOQUILLA PARA LA ELABORACIÓN DE SOMBREROS Y OTROS

Como se demuestra en el diagrama de flujo (Figura 2.6) los tiempos y los recorridos en la mayor parte del proceso son muy variables, debido a que los procesos no se han estandarizado, ya que como se indicó el proceso es en su mayoría artesanal

2.3 Estudio de Costos

Con el fin de entender mejor el proceso se hizo un estudio de costos del proceso, aquí se utilizó la herramienta contable conocida como Costeo por actividad o costeo ABC, aquí se relacionan los recursos con las actividades en que se consumen.

La administración y la asignación de costos basada en la actividad toman los mejores atributos de la asignación de costos absorbentes y del costo directo y aplican todos los costos indirectos de los productos y a los servicios mediante un análisis de la actividad que realmente produjo el costo en cuestión. Este método trata todos los costos como si fueran variables. En el sistema de costeo ABC, el costeo del producto y del servicio es igual al costo de las materias primas más la suma de todos los costos de cada actividad necesaria para producirlos ⁽²⁾.

² Maynard Manual del Ingeniero Industrial *cuarta edición* Cap. 9 Pág. 75 a 107

Este análisis de costos fue tomado del estudio costos (Apéndice A) hecho por la ESPOL EN EL AÑO 2004³), a continuación se presenta una tabla con los datos obtenidos en el estudio (Tabla 2.1)

³ Estudio Realizado en la ESPOL año 2004

TABLA 2.1
TABLA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA PAJA TOQUILLA

PROCESO	ENTRADAS	OPERACIONES	COSTO (\$/OCHO)
OBTENCIÓN DE PAJA PARA PROCESAR		Cosecha de paja en la montaña	0,09
		Compra de paja	1,25
		Transporte	
DESAFANADO DE LA PAJA	Ochos de paja	Inspección, si las puntas están muy quemadas , el cogollo es separado. Se quita la corteza del cogollo. Se separan las hojas del cogollo. Se realiza espinado con la medida (herramienta). Inspecciona las hojas con puntas quemadas y las arranca. Sacado (arrancado de las venas) Embalado	0,35
TRANSPORTE HASTA LA PLANTA		Transporte de la paja desafanada a la planta	0,024
COCINADO	leña, kerosene	Preparación Encender el horno Vaciado de la paila	0,5
	agua	Llenado de la paila con agua (aprox. 48 gl) Demora, varía entre 55 y 100 min hasta que el agua hierva	0,07
	paja	Llenado de la paila con 4.5 ochos aprox. Demora, el tiempo de cocinado varía entre 30 y 48 minutos.	
		Buceado (rotar la paja dentro de la paila) Sacado de la paja	
		* Este proceso lo hace por lo general una persona, aunque en algunos casos requieren asistencia. Esto podría evitarse si se realizan las actividades de preparación en el momento adecuado.	0,142
SECADO		Escurrido Tendido sacudido y separado Secado (demora) Recogido Soleado Recogido	0,19
EMBALADO		Clasificado Embalado Almacenamiento	0,13
VENTA		Carga	
		Transporte	0,37
		Venta	0,37
COSTO TOTAL DE PROCESAMIENTO DE UN OCHO			3,49
PRECIO DE VENTA POR OCHO			3,52
UTILIDAD			0,033240741

En la Tabla 2.2 se puede observar cada proceso y como estos influyen en los costos del proceso, basándonos en estos datos se llega a la conclusión de que las actividades que mas cuestan dentro del proceso son las siguientes:

TABLA 2.2
RESUMEN DE COSTOS DEL PROCESO

PROCESO	COSTO (\$/OCHO)	PORCENTAJE
OBTENCIÓN DE PAJA PARA PROCESAR	1,34	38,6%
DESAFANADO DE LA PAJA	0,35	10,0%
TRANSPORTE HASTA LA PLANTA	0,024	0,7%
COCINADO	0,712	20,4%
SECADO	0,19	5,4%
EMBALADO	0,13	3,6%
VENTA	0,74	21,3%
Total	3,49	100,0%
Precio de Venta por Ocho	3,52	101,0%
Utilidad	0.03	0,01

En este cuadro (Tabla 2.2) se demuestra que el mayor porcentaje de costos se encuentran en los 3 primeros procesos, que son Compra de materia prima, ventas y cocinado.

Por efecto de demostración se utilizará un pareto de costos que demostrará que el 80% de los costos se encuentra en las actividades antes mencionadas.

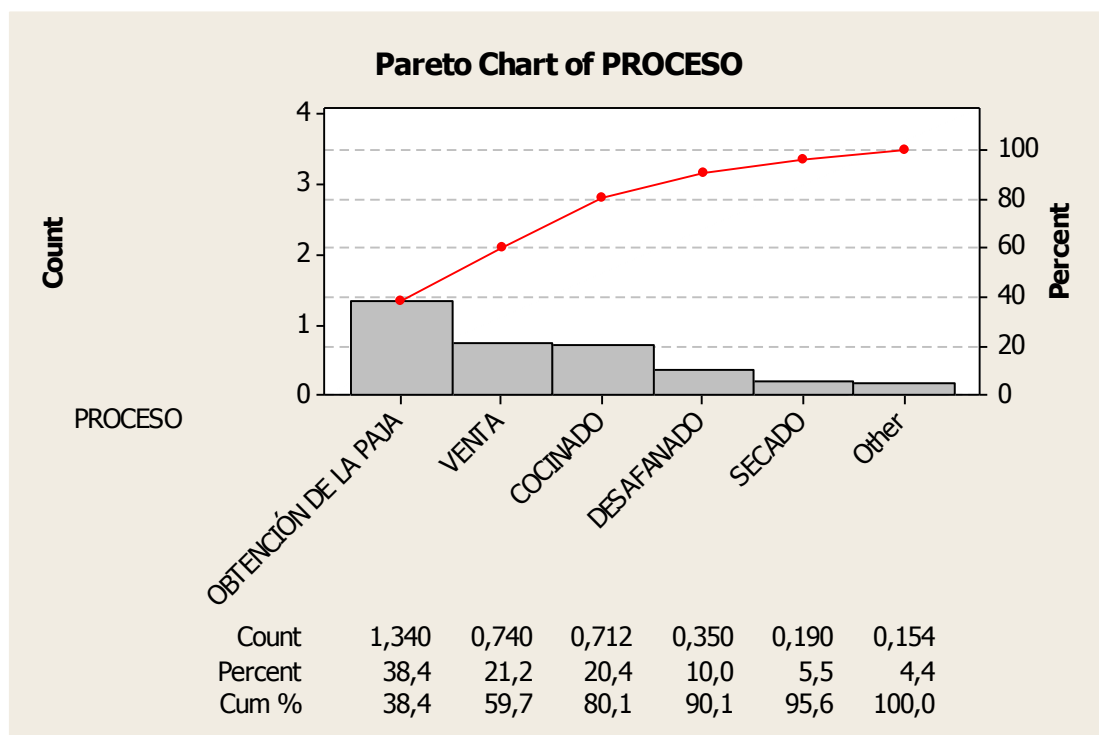


FIGURA 2.7 PARETO DE LOS COSTOS DE LA ELABORACIÓN DE PAJA TOQUILLA PARA LA DISEÑO DE SOMBREROS Y OTROS

Una vez obtenidos los más significativos desde el punto de vista de los costos se procede a analizarlos.

En el caso de la compra de materia prima, se debe a que la comuna tiene que comprar la principal materia prima que es la palma lo cual causa un gran impacto en los costos de este proceso.

El mismo caso sucede con la actividad de venta, ya que como la comuna no cuenta con los medios de transporte para llevar el producto terminado

a los clientes, se debe alquilar camiones para que lleven a cabo esta actividad.

En el caso del cocinado, los altos costos se deben a que los recursos necesarios en este proceso no son utilizados de una manera eficiente, lo cual genera un alto nivel de desperdicios y tiempos de espera innecesarios.

Basándonos en el análisis de costos se llega a la conclusión, de que los pasos de Obtención de la paja, Venta y cocinado, son en los cuales una mejora en los costos de los mismos representaría una disminución considerable en los costos del todo el proceso, pero como los recursos son muy limitados es más aconsejable iniciar una mejora en el cocinado proceso que esta siendo analizado y mejorado en el proyecto de la ESPOL para el Desarrollo de la Península de Santa Elena.

2.4 Estudio de Tiempos

Para obtener un estudio más completo del proceso se realizó un análisis de tiempos de cada una de las partes del mismo. El estudio de tiempos es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea dada conforme a un método especificado.

En este estudio solo se tomaron en cuenta a los pasos que intervienen directamente en el proceso que son Desafanado, cocinado y secado. A continuación se muestran los resultados obtenidos en cada uno de estos:

Desafanado como se explicó anteriormente este proceso se divide en tres actividades que son: desvenado, espinado y sacado; para este análisis se realizó un Estudio de Tiempos a cinco desafanadores, con un total de 3 observaciones por cada uno ⁽⁴⁾. De las observaciones realizadas se obtuvo la siguiente información:

De este estudio se obtuvo un tiempo promedio 70 minutos con 29 segundos para desafanar un promedio de 112 cogollos, es decir un ocho, a demás de un tiempo promedio para cada parte del proceso, estos datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla;

TABLA 2.3
RESUMEN DESAFANDO

Operación	Promedio
Desvenado	17'20"
Espinado	25'20"
Sacado	27'49"
Tiempo total	70'29"

Cocinado para este paso se realizó un estudio de tiempos de 3 cocineros, cabe indicar que en el proceso de cocinado hay un tiempo que afecta mayormente este es el tiempo de encendido de los hornos, el cual solo

⁴ Número de observaciones mínimas recomendadas para actividades de duración mayor de 40 minutos. Información tomada de Time Study Manual de los Erie Works en General Electric Company.

se realiza al inicio del proceso lo cual genera que el primer tiempo tomado en las muestras sea mucho mayor a los siguientes.

TABLA 2.4
ESTUDIO DE TIEMPOS COCINADO

COCINADO	Observaciones (min.)			
Cantidad a cocinar	144 reales	144 reales	144 reales	144 reales
<i>Inicio: Encendido del horno*</i>	40	65	0	0
<i>Tiempo transcurrido hasta que el agua hierve</i>	58	73	75	56
<i>Tiempo de llenado (introducir paja)</i>	6	7	6	4
<i>Tiempo de cocinado</i>	45	46	45	40
<i>Sacado de paja cocinada y llenado con segunda pailada</i>	9	7	10	15
<i>Tiempo de cocinado</i>	39	40	35	43
<i>Sacado de paja cocinada y llenado con tercera pailada</i>	11	9	8	10
<i>Tiempo de cocinado</i>	35	39	42	27
<i>Sacado de paja cocinada y llenado con cuarta pailada</i>	0	9	8	12
<i>Tiempo de cocinado</i>	0	35	36	24
<i>Sacado de paja cocinada</i>	0	6	6	8
Total	243	336	271	239
Promedio pailadas 4	282			

Como se observa en la tabla 2.4 los tiempos de cocinado, tiempos de inicio y puesta a punto del proceso de cocinado son los que consumen mayor tiempo en este para una mejor explicación se observa diagrama de pareto de la Figura 2.8

En este diagrama se demuestra que el 80% del tiempo que se lleva en cocinar la paja toquilla se concentra en el inicio, esto se debe a que 3 de los cuatro pasos iniciales son los que mayor tiempo adhieren al proceso.

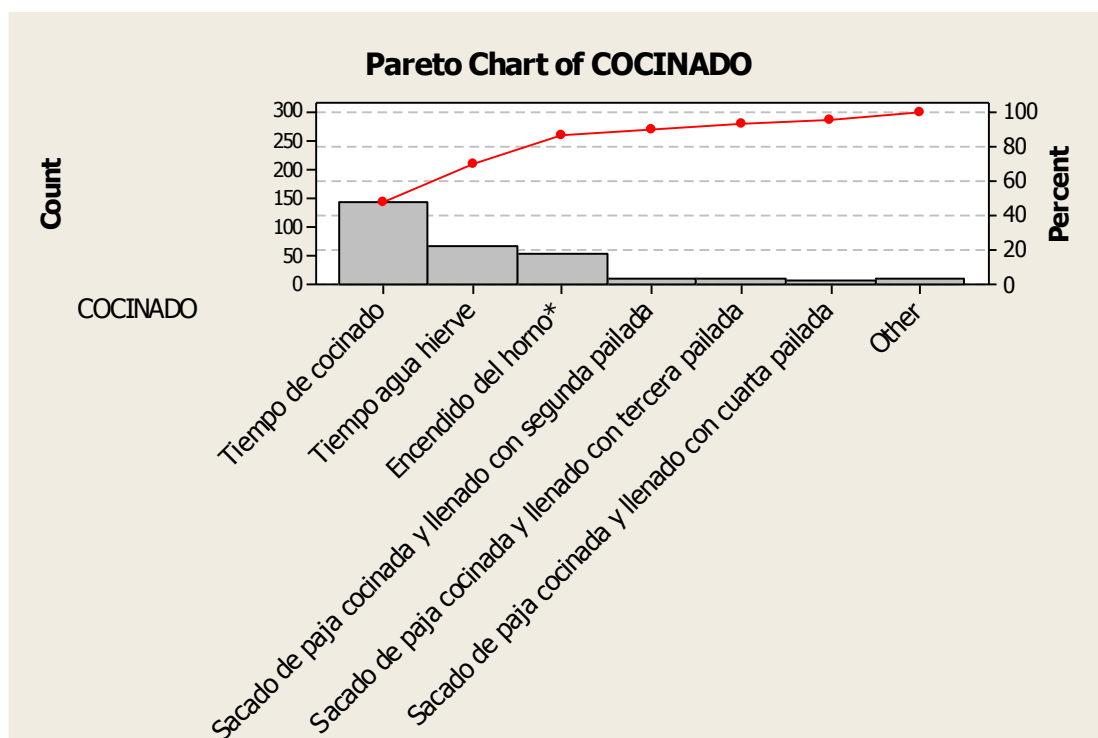


FIGURA 2.8 PARETO DE LOS TIEMPOS DE COCINADO DE LA PAJA TOQUILLA

Secado este proceso se realiza en zonas diferentes. Dentro de la planta, existen alrededor de 685 metros de cordel, con una capacidad aproximada de 70 ochos de paja (la cantidad de cogollos tendida en un metro varía según la demanda de cordel).

Tiempo que tarda en secarse, depende de las condiciones climáticas y la posición del tendido. El tiempo requerido para la paja tendida en los

frentes de aire es de alrededor de 30 horas. La paja tendida en las partes centrales y posteriores tarda alrededor de 40 horas en secarse.

Este tiempo varía en verano debido a las frecuentes garúas que mantienen húmedo el ambiente y al poco movimiento de aire en esta época. En verano la paja tarda alrededor de 3 días en secarse pudiendo prolongarse este tiempo según se incrementa la frecuencia de lluvias, esto hace que la paja se pudra más rápido y debe ser calentada en las brasas, aumentando la carga de trabajo del cocinero y reduciendo la productividad de la planta.

Para un mejor análisis se realizó un estudio (Apéndice 2) en época de invierno (Enero-marzo 2005) el cual dio como resultado los siguientes datos:

Tiempo promedio de secado: 20,84 horas

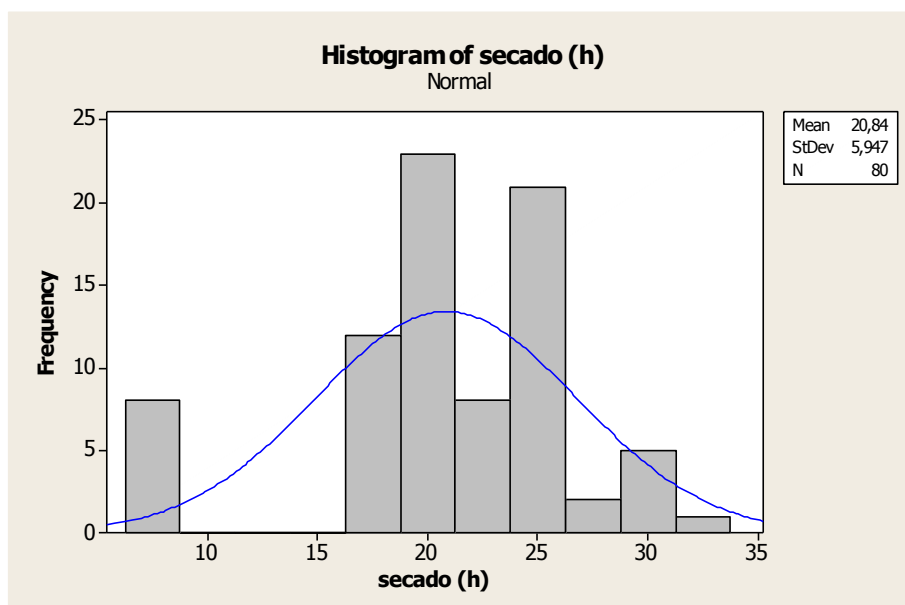


FIGURA 2.9 ANÁLISIS DE TIEMPO DE SECADO EN ÉPOCA DE INVIERNO (ENERO-MARZO 2005)

Una vez analizados los tres pasos se procede con un análisis comparativo de estos para determinar los procesos críticos en cuanto a los tiempos de espera.

TABLA 2.5
TIEMPOS DE PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAJA TOQUILLA

Proceso	Tiempo	Porcentaje
Desfanado	70 min.	4%
Cocinado	282 min.	18%
Secado	1250.4 min.	78%
Total	4672 min.	100,00%

Como se muestra en la tabla de resultados Tabla el proceso de mayor tiempo de espera en minutos es el de secado.

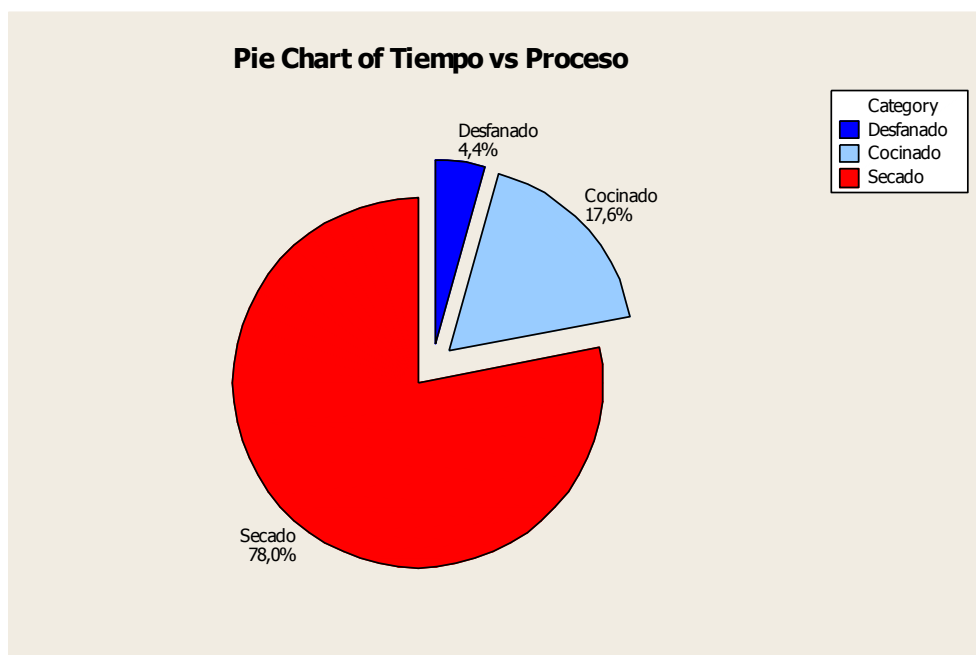


FIGURA 2.10 PORCENTAJE DE LOS TIEMPOS DE LOS PROCESO DE LA ELABORACIÓN DE PAJA TOQUILLA PARA DISEÑO DE SOMBREROS Y OTROS.

En la figura 2.10 se demuestra gráficamente que el mayor porcentaje de espera de todos los proceso que intervienen en la elaboración de la paja toquilla es el tiempo de secado el cual representa un 78% del tiempo total del proceso.

Lo que demuestra que el secado es el cuello de botella del proceso y una disminución de sus tiempos lograría un impacto beneficioso para este, ya que esto incrementaría el throughput ⁽⁵⁾ del proceso. Asegurando que los comuneros puedan comercializar sus productos ofreciendo menores

⁵ Tiempo de trabajo en proceso

tiempos de entrega o programando entregas mayores, con lo cual mejoraría el servicio.

Un incremento del throughput permitiría una mejor utilización del área de secado y secar mayor cantidad de producto, lo cual disminuiría los costos de este proceso.

Todos estos beneficios crearían una mejora en los ingresos de las personas que viven en la comuna y permitirían que más personas se dediquen a la misma actividad.

CAPÍTULO 3

3. MARCO TEORICO.

En este capítulo se explicarán para un mejor entendimiento las teorías y herramientas que se utilizarán a lo largo del desarrollo del proyecto, el por qué éstas han sido escogidas y los pasos a seguir en su aplicación.

3.1 Seis Sigma

Seis Sigma es una metodología de trabajo que busca mejorar la efectividad y la eficiencia de los procesos enfocándose en las necesidades de los clientes, se basa en la medida estadística llamada desviación estándar en donde a menor variación mayor efectividad, donde el seis sigma es un estándar de excelencia que significa menos de 3.4 defectos por millón, como se muestra en la tabla 3.1

TABLA 3.1
CONVERSIÓN DE UN PROCESO A SEIS SIGMA

Rendimiento	Sigma	Defectos por 1,000,000
9,999,966	6	3,4
99.98	5	233
99.4	4	6210
93.3	3	66807
84.1	2,5	158655
69.1	2	308538
50.0	1,5	500000
46.0	1,4	539828
42.1	1,3	579260
38.2	1,2	617911
34.5	1,1	655422
30.9	1	691462
15.9	0,5	841345
6.7	0	933193

Esta filosofía se comenzó a aplicar a mediados de los años 80 por Motorola, y fue popularizada por Allied Signal y General Electric como una mirada diferente a la calidad, que buscaba mejorar la efectividad y la eficiencia; donde la efectividad es el grado en que una compañía conoce y excede los requerimientos y necesidades de sus clientes y la eficiencia viene dada por los recursos utilizados para obtener la efectividad.

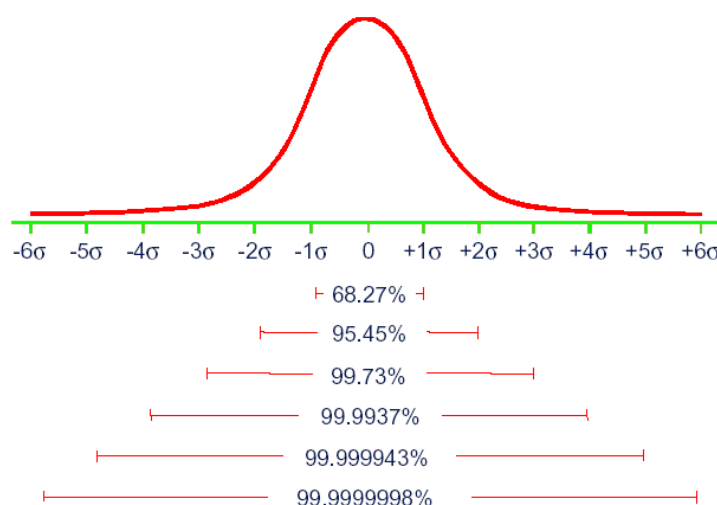


FIGURA 3.1 ÁREAS TÍPICAS BAJO UNA CURVA NORMAL

Es decir seis sigma es una herramienta enfocada en eliminar los errores, desperdicios y el retrabajo, por medio del establecimiento de metas medibles, con programas de solución de problemas que busquen incrementar la satisfacción del cliente y la mejora de la productividad de los procesos.⁽⁶⁾

En la metodología seis sigma se busca involucrar la mejora en los procesos con la administración; por medio de la metodología DMAIC (Iniciales en Ingles), que significan Defining (Definición), Measuring (Medición), Analizing (Análisis), innovation (Innovación) y control.(Figura 3.2)

⁶ Eckes George Six sigma for Everyone ,Editorial McGraw Hill ,primera edición 2001

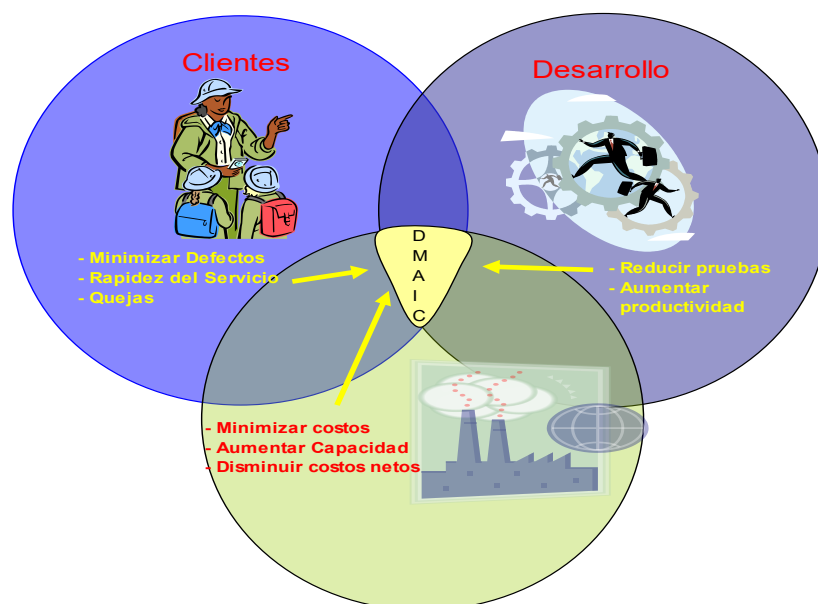


FIGURA 3.2 METODOLOGÍA DEL MEJORAMIENTO DMAIC⁷

A continuación se explicará la metodología DMAIC.

Definición: Es aquí donde se define el proceso en el cual es necesario aplicar seis sigma es decir el proyecto de mejora. Se forma el equipo de trabajo, se establecen el cronograma, el presupuesto del proyecto y el flujo del proceso.

Medición: Aquí se establece un plan de medición, se analiza el sistema de medición y se obtiene el nivel de capacidad de los procesos al iniciar el proyecto de mejora (Forma medición, datos a obtener y forma es que estos deben ser planteados) y se lo aplica para obtener los datos del proceso.

⁷Gack Gary, Paper DFSS and DMAIC diferencias y similitudes 2003

Análisis: En esta parte se analiza los datos obtenidos, por medio de herramientas estadísticas. Partiendo de este análisis se obtienen los errores del proceso que generan una reducción en el desempeño. Una vez encontrados los errores, por medio de herramientas de análisis como el análisis de procesos, el análisis de causa y efecto, pruebas de hipótesis, tablas de contingencia, etc., se obtienen las posibles causas del bajo desempeño del proceso en comparación con seis sigma.

Innovación: Una vez identificados los problemas se busca generar soluciones posibles, por medio de herramientas como lluvia de ideas entre otras, estas soluciones posibles son analizadas mediante diversas herramientas, como el diseño de experimentos y el análisis de superficie de respuesta, de las cuales se obtiene una solución más adecuada que después es aplicada al proceso.

Control: Aquí se controla el proceso para ver como se desarrolla este una vez aplicada la solución, aquí se puede también observar si todavía hay fallas o si es necesario cambiar algo en el proceso, a partir de esto se desarrollan planes de control y contingencia del mismo y se mantiene una mejora constante de este.

3.2 Diseño para Seis Sigma (DFSS) (8).

DFSS es una herramienta de negocios enfocada a la mejora de las utilidades. En un principio se basa en la misma filosofía de seis sigma, es decir buscar mejorar la efectividad y la eficiencia, pero va un paso más adelante buscando la mejora de los procesos desde la etapa de diseño del mismo. Es decir mientras Seis sigma se enfoca en mejorar diseños existentes y procesos el DFSS se enfoca en crear o diseñar nuevos y mejores procesos.

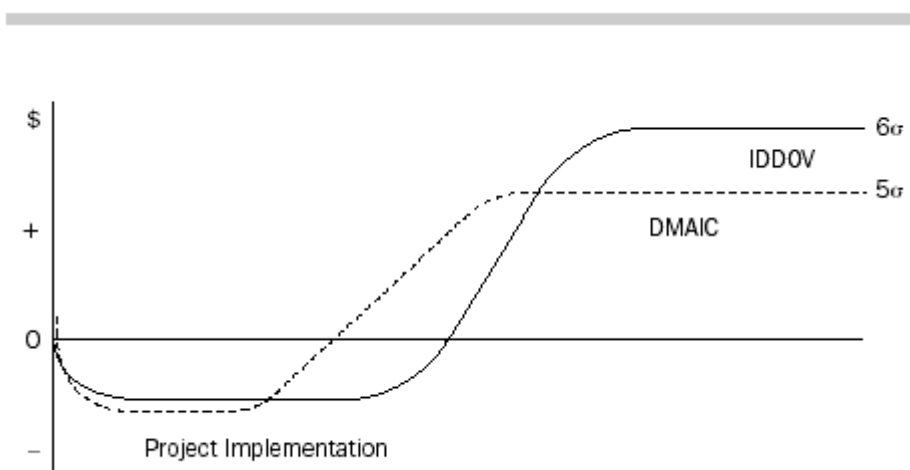


FIGURA 3.3 DMAIC VS. IDDOV (8)

Como se observa en el gráfico 3.3 de comparación entre el diseño para seis sigma y seis sigma se demuestra que mientras que el segundo obtiene resultados más rápidos su crecimiento disminuye en el tiempo mientras que el DFSS alcanza mayores utilidades a medida que avanza el proyecto como se muestra en la figura

⁸Chodhury Subir, Design for six sigma por Editorial Prentice Hall Primera Edición 2004

Este proceso ha sido aplicado con gran éxito en empresas como Motorola y General Electric.

DFSS puede ser aplicado a:

1. Transacciones de negocios
2. Procesos de Manufactura
3. Productos de ingeniería incluidos materiales, hardware y software.

Transacciones de negocios: Se refiere a las dos partes de la cadena logística, ya sea la parte interna de una empresa o el externo de entrega de servicios a socios, proveedores y clientes.

Procesos de Manufactura: El DFSS sirve a la compañía en el diseño ya sea de nuevos productos o procesos. Aquí trabaja de la mano de importantes herramientas de calidad como es el Quality Function Deployment (QFD) con el fin de optimizar la unión entre el diseño de nuevos productos y el diseño de los procesos de manufactura. También ha demostrado ser una importante herramienta en el rediseño de los procesos existentes.

Productos de ingeniería: Aquí el DFSS va integrado al desarrollo de productos y procesos. En esta área es más utilizado con la

herramienta estadística conocida como Diseño de Experimentos (DOE siglas en ingles) y análisis de superficie de respuesta (ASR), aquí se busca no solo optimizar la funciones si no que se busca asegurar el correcto desempeño de los productos.

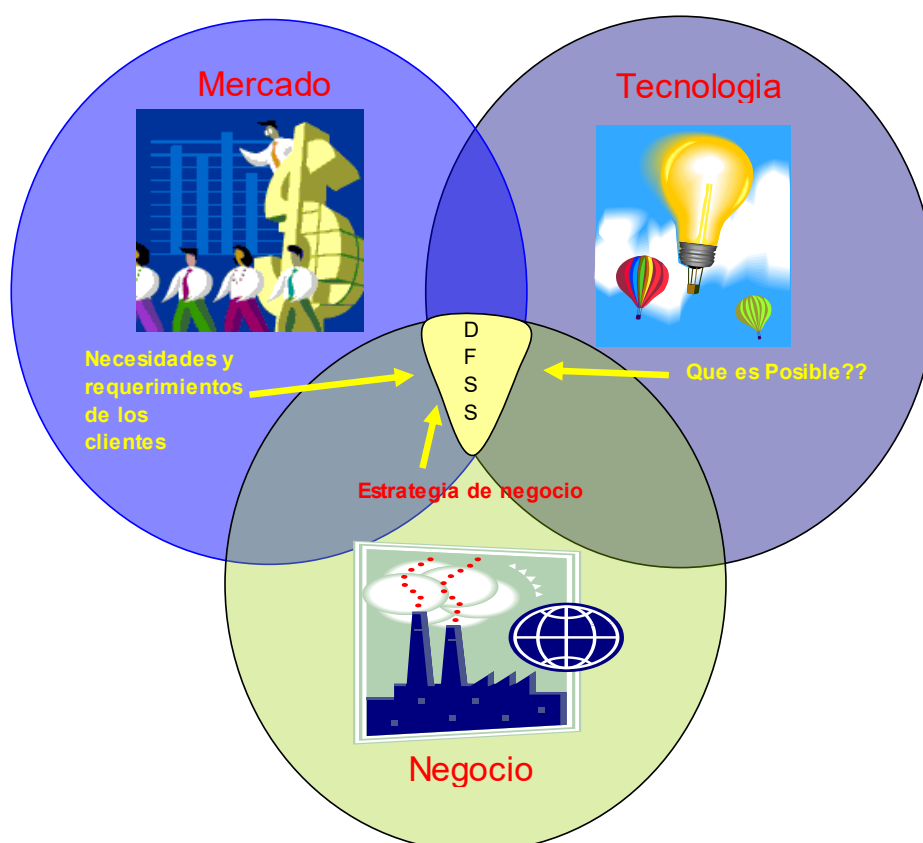


FIGURA 3.4 METODOLOGÍA DFSS ⁽⁹⁾

En resumen DFSS provee de guías estructuradas que nos permiten usar en el futuro constructivamente la información obtenida en el presente. Basándose en las necesidades y requerimientos del cliente,

⁹ Gack Gary, Estudio DFSS and DMAIC diferencias y similitudes 2003

en la estrategia la empresa y en la tecnología disponible como se muestra en el gráfico 3.4 ⁽¹¹⁾

Una vez analizadas las dos filosofías se llega a la conclusión de que el DFSS es más aplicable al proyecto por:

Como se muestra en el gráfico comparativo, el DFSS se enfoca en el diseño de nuevos procesos mientras que se seis sigma se aplica generalmente en procesos ya establecidos. Esto hace que los costos de aplicar DFSS sean menores y nos permite identificar las necesidades y requerimientos de los clientes desde el inicio.

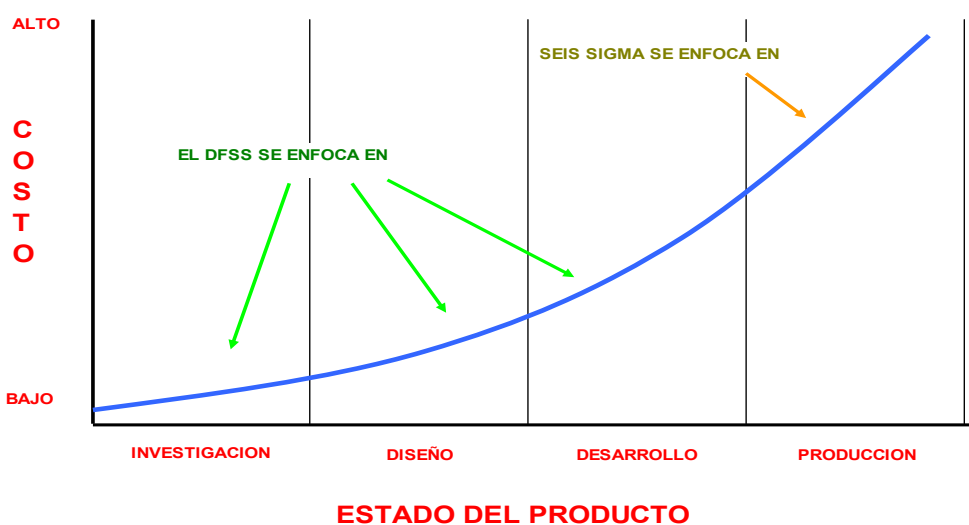


FIGURA 3.5 ESTADO DEL PRODUCTO VS. COSTOS ⁽¹⁰⁾

Dado que la filosofía del DFSS no se basa en una metodología específica, como la filosofía seis sigma, si no que varía de acuerdo a

¹⁰ Gack Gary, Estudio DFSS and DMAIC diferencias y similitudes 2003

las necesidades de la empresa, se debe analizar que metodología utilizar para el proyecto. Una de las más utilizadas es la metodología DMADV (Siglas en Ingles) que significa Define (Definición), Measure (Medición), Analyse (Análisis), Design (diseño) y Validation (Validación). Esta metodología tiene más variaciones como DMADOV, DCCDI, IDOV, DMEDI.

- ▶ DMADOV: Definición, medición, análisis, diseño, optimización y validación.
- ▶ DCCDI: Definición, clientes, conceptos, diseño e implementación.
- ▶ IDOV: Identificar, diseño, optimización y validación.
- ▶ DMEDI: Definición, medición, exploración, diseño e implementación.

Cabe recalcar que todas las metodologías utilizan las mismas herramientas de diseño como QFD, análisis de efectos de falla y error, benchmarking, DOE, simulación, optimización estadística, etc.

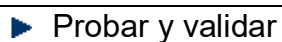
Dado que el proyecto busca establecer parámetros para un nuevo proceso de secado de la paja toquilla, se debe buscar una que se adapte más a los requerimientos de este, es por eso que se ha decidido utilizar la metodología IDOV que se explica a continuación:

TABLA 3.2

IDOV (¹¹)

<i>Paso</i>	<i>Actividad Principal</i>	<i>Herramientas</i>
Identificar	▶ Identificar qué es Importante para el cliente ▶ Transformar los requerimientos de los clientes a CTQ's ▶ Determinar como medir los CTQ's	✗ VOC ✗ QFD ✗ AMFE
Diseñar	▶ Formular conceptos de diseños ▶ Identificar posibles diseños y sus riesgos ▶ Selección ▶ Identificar parámetros de CTQ's para el diseño	✗ Lluvia de Ideas ✗ TRIZ ✗ Método de grupo creativo.
Optimizar	▶ Determinar parámetro de proceso para cada diseño ▶ Optimizar diseño para minimizar sensibilidad CTQ's ▶ Localizar y establecer tolerancias ▶ Capacidad y flujo de proceso	✗ DOE ✗ Análisis de Sensibilidad ✗ Tolerancia estadística

¹¹ Dr. Mark J. Kiemele, Using the Design for Six Sigma (DFSS) Approach to Design, Test, and Evaluate to Reduce Program Risk 2003

Validar

Como se observa en la tabla 3.2 la metodología IDOV parte de las necesidades de los clientes,

Una vez establecida la metodología se inicia el trabajo de la siguiente forma:

Identificar

Este es el punto de inicio del DFSS.

1. Establecer Objetivos
 - a. Identificar proceso
 - b. Se establece Objetivos Principales
 - c. Objetivos Secundarios
2. Establecer Beneficios del Proyecto.
3. Conformar Grupo de trabajo.
 - a. CEO (Champion). Puede ser el CEO o una persona designada por el CEO para dar soporte administrativo al proyecto(Financiero y técnico)
 - b. Director de proyectos (Master Black Belt), experto en aplicación de DFSS designado por CEO
 - c. Jefe del Proyecto (Black Belt)
 - d. Personal de Apoyo (Green Belt)
 - e. Personal en general (Miembros del equipo).

4. Establecer Plan de Trabajo
5. Establecer Cronograma y presupuesto del proyecto.
6. Identificar los requerimientos y necesidades de los clientes CTQs.
 - a. ¿Quiénes son los clientes?
 - b. ¿Cuáles son las necesidades de los clientes?
 - c. Especificaciones del producto
7. Identificar herramientas a utilizar para obtener las necesidades y requerimientos de los Clientes.
8. Obtener necesidades y requerimiento de los clientes, con la herramienta VOC (Voice of the Client)
 - a. Introducir datos a la herramienta VOC
 - b. Convertir datos VOC en datos técnicos y priorizar
 - c. Establecer requerimientos del producto basado en datos obtenidos.
9. Trasladar VOC a requerimientos verificables (Análisis de resistencia y flexibilidad)
 - a. Realizar QFD.
 - b. Analizar datos obtenidos del QFD.

Diseño

Aquí se traslada los CTQs en requerimientos medibles, funcionales y soluciones alternativas y luego se inicia un proceso de selección para identificar la mejor solución.

1. Establecer posibles diseños
 - a. Lluvia de ideas

Optimización: Se utiliza herramientas estadísticas avanzadas para optimizar el diseño y el desempeño del proceso.

1. Diseño de Experimentos (DOE)
2. Análisis de Superficie de Respuesta (ASR)
3. Estableces parámetros de diseño
4. Realizar análisis de modo de falla y error (AMFE). Posibles errores del nuevo proceso

Validación: En este punto se realiza un control del nuevo proceso para ver que este satisfaga los CTQs. Solo en laboratorio.

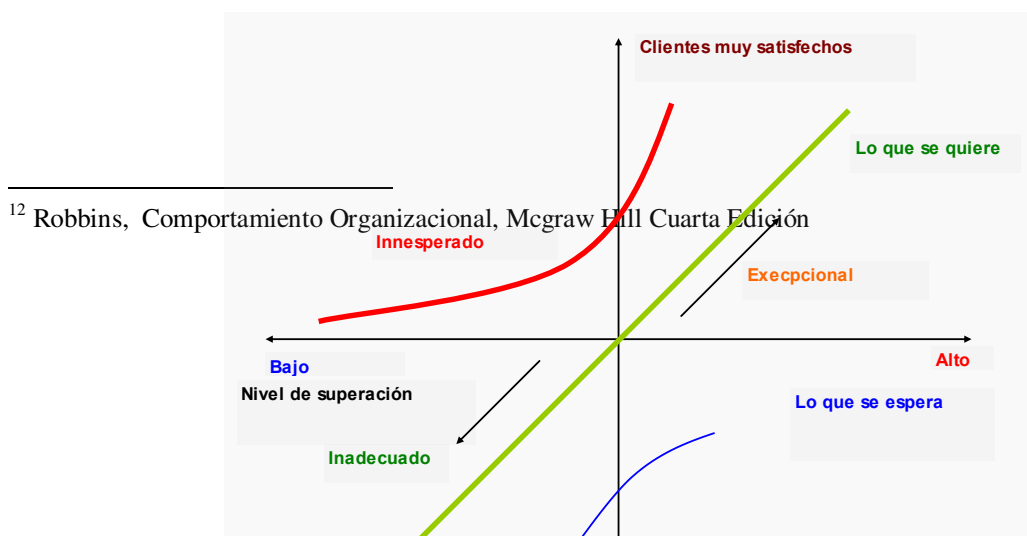
3.3 Herramientas a Utilizar

En el DFSS se aplican diversas herramientas que permiten un mejor desempeño, dado que hemos elegido para este proyecto utilizar la metodología IDOV, explicaremos las herramientas principales que se utilizan en esta:

3.3.1 Voz del Cliente (VOC).

Esta herramienta es relativamente nueva fue diseñada por el Dr. Noriaki Kano en los años 70 de la universidad de Tokio Rika, redefinió la noción de la calidad derivada parcialmente de su estudio de la "teoría de la Motivador-Higiene"¹² de Herzberg.

Donde estableció que la calidad se basa en dos dimensiones que son la "bueno-mala" dimensión y la "aceptable-no aceptable"; estas dos dimensiones tienen una relación linear en existencia como se muestra en el siguiente grafico



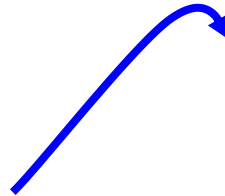


FIGURA 3.6 VOC

En la teoría motivador Higiene de Herzberg se plantea que las personas tienen diferentes motivadores a medida que avanzan en su vida, el basa su teoría en el ambiente externo y en el trabajo del individuo (enfoque orientado hacia el exterior).

La satisfacción de la persona viene dada en función del contenido o de las actividades desafiantes y estimulantes: Estos son los llamados factores motivadores.

La insatisfacción de la persona es función del ambiente, de la supervisión, de los colegas y del contexto general: son los llamados factores higiénicos.

Herzberg llegó a la conclusión de que los factores responsables de la satisfacción personal están desligados y son diferentes de los factores de los factores responsables de la insatisfacción personal: “lo opuesto a la satisfacción personal, no es la insatisfacción, es no tener ninguna satisfacción personal; de la misma manera, lo opuesto a la insatisfacción personal es carecer de insatisfacción personal y no la satisfacción”.

Teoría de los dos factores: los que satisfacen y los que no, como continuos separados.

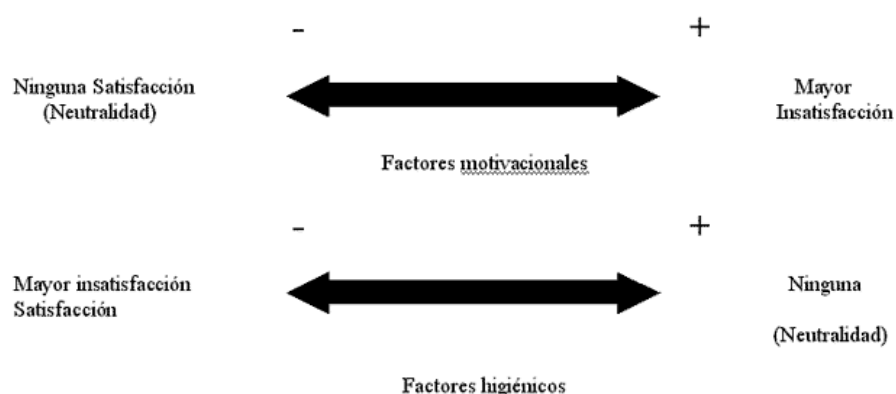


FIGURA 3.7 TEORÍA MOTIVADOR HIGIENE DE HERZBERG
(¹³)

Basándose en estos motivadores el Dr. Kano plantea lo siguiente en cuanto a los productos:

¹³ Robbins, Comportamiento Organizacional, Mcgraw Hill Cuarta Edición

Lo que se quiere: estos son los requerimientos que normalmente se obtienen al preguntar al cliente lo que quieren. Estos dan satisfacción o insatisfacción al cliente de acuerdo a su presencia o ausencia en el producto. Entrega rápida podría ser un ejemplo, mientras más rápida sea la entrega del producto mayor satisfacción dará este al cliente.

Lo que se espera: estos son los que requerimiento que debe tener el producto para que el cliente piense en comprarlo, estos requerimientos son tan básicos que la mayoría de los clientes olvidan mencionarlos. Para que exista satisfacción en el cliente estos requerimientos deben siempre estar presentes en el producto o servicio. Un ejemplo sería una aspiradora, para que el cliente quiera comprarlo debe aspirar el polvo.

Inesperado: Son difíciles de descubrir y van más allá de las expectativas de los clientes. Su ausencia no causa insatisfacción, pero su presencia causa una gran motivación. Estas son las causas que hacen que los clientes vuelvan. Como estos requerimientos no se obtienen de las necesidades de los clientes, está en la organización ver los problemas y las oportunidades de satisfacer estos requerimientos. Cabe mencionar que con el

transcurso del tiempo estos requerimientos pasarán a ser requerimientos esperado por lo cual es un deber de la organización mantener una mejora continua.

3.3.2 QFD (Diseño en Función de la Calidad)(14)

La herramienta QFD se originó en los astilleros de Japón en los años 70, a comienzo de los 80 fue utilizada por la industria de autos y llevada a EEUU, después de esto fue utilizada por empresas de manufactura y casi todo tipo de empresas a nivel mundial.

El QFD es típicamente utilizado por los encargados de desarrollar nuevos productos, procesos o servicios o los encargados de mejorar unos ya existentes.

El proceso comienza llenando una matriz conocida como “Casa de Calidad” que está compuesta por varias subpartes que se describen a continuación:

QUE's: Son las que guían en el QFD. Son una listas de metas a las que se aspira llegar, por lo general son necesidades

¹⁴ Dr. Mazzur Glenn H. QFD in Support of DFSS 2005

insatisfechas o requerimientos de los clientes que se aspiran cumplir.

Techos Laterales: Son de forma triangular, se señalan como correlación positiva alta, media o baja o incluso negativa y sirven para relacionar las metas, esto sirve para que se pueda observar si una de las metas tiene los mismos requerimientos que otra o si son completamente opuestas.

COMO's: Listas de formas de satisfacer los QUE's. Usualmente son una lista de datos técnicos u objetos de diseño que nos permiten satisfacer las necesidades de los clientes.

Importancia de los Clientes: Es una columna en la cual se les asigna un dato numérico a cada QUE's, este dato se da de acuerdo a la importancia que el cliente le da a cada uno.

Dificultad Organizacional: Aquí se asigna un dato numérico según la dificultad de la organización para poder llegar a los COMO's.

Matriz de Relación: Esta matriz relaciona los QUE's y los COMO's, aquí se establecen si la relación entre estos es fuerte o débil, viendo que tan fuerte será la reacción del cliente al ver que se satisfaga cierta necesidad.

Techo superior: Este permite ver si los COMO's van relacionados de alguna forma. Es decir si llegamos a un como de una forma con el mismo procedimiento se puede cumplir otro.

Mejora Directiva: En esta parte la directiva establece ciertos parámetros numéricos que permitirían decidir cual seria la mejor a escoger de los COMO's.

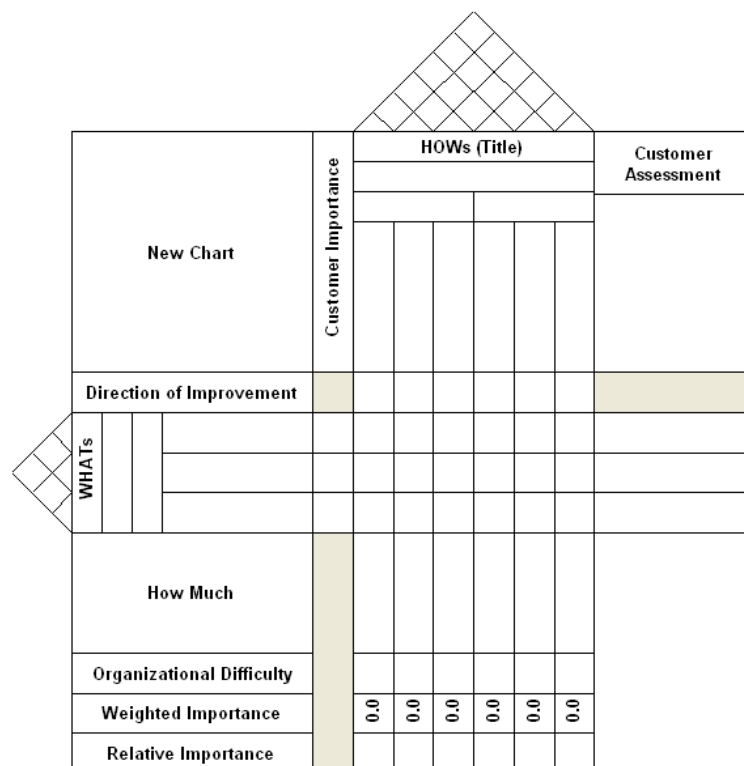


FIGURA 3.8 QFD

Importancia Absoluta: Una vez terminada la matriz se llenan estas filas con el nivel de importancia obtenido por cada COMO's el de mayor importancia la principal solución.

Importancia Relativa: Esta columna se establece gráficamente y nos muestra el porcentaje de importancia de cada solución posible.

3.3.3 Diseño de Experimentos (DOE)

El diseño experimental es utilizado ampliamente para la mejora de rendimiento de los procesos industriales como para el desarrollo de nuevos procesos, ahorrando tiempos y costos de desarrollo. Aporta además el conocimiento profundo de los procesos, generando herramientas eficaces de manejo de los mismos.

El diseño estadístico de experimentos es el proceso de planear un experimento para obtener datos apropiados que puedan ser analizados mediante métodos estadísticos, con objeto de producir conclusiones válidas y objetivas. Se requiere de un enfoque estadístico del diseño de experimentos para obtener conclusiones significativas a partir de los datos. La metodología

estadística es el único enfoque objetivo para analizar un problema que involucre datos sujetos a errores experimentales. Así que hay dos aspectos en cualquier problema experimental: el diseño del experimento y el análisis estadístico de los datos.

A efectos de poder dar un enfoque estadístico al diseño se deberán respetar tres principios básicos en el diseño de experimentos:

- ▶ Replicación, o repetición de ensayos
- ▶ Aleatorización de experimentos
- ▶ Análisis por bloques.

El problema más importante para la aplicación del diseño experimental en la industria es que la enorme mayoría de los técnicos no conoce en profundidad sobre estadística, y consecuentemente menos sobre su aplicación al diseño experimental. Sin embargo, esto ha dejado de ser un problema con el acceso generalizado a la computación, que nos provee de herramientas altamente eficientes en el tema y nos permite dedicarnos prácticamente con exclusividad al análisis de resultados. Para poder realizar un programa de experimentos, es necesario previamente comprender el problema que se desea estudiar, elegir las variables más apropiadas y sus niveles de

uso, elegir la o las salidas de respuesta a evaluar, el modelo de diseño experimental a utilizar, realizar el experimento, analizar los datos y sacar las conclusiones correspondientes.

Respecto de las variables a utilizar durante el experimento, juegan un papel de gran importancia la experiencia previa del experimentador como su nivel de conocimientos tecnológicos específicos. La elección inapropiada de los niveles de las variables se traduce en la obtención de respuestas fuera de los niveles esperados. Por ejemplo, la elección de niveles inapropiados de negro de humo en un compuesto determinado dará resultados de tensión de rotura fuera del rango que se busca.

En relación al modelo de diseño experimental a utilizar, existe una gran variedad de diseños desarrollados en base al uso de técnicas estadísticas y su aplicación de cálculos en forma manual, o histórica, como pueden verse en la lista siguiente:

Diseños por bloques aleatorizados

Cuadrados latinos

- ▶ Diseños por bloques incompletos
- ▶ Diseño factorial 2K
- ▶ Diseños fraccionarios de 2 niveles

- ▶ Diseños factoriales 3K
- ▶ Diseños factoriales 3k fraccionarios
- ▶ Diseños Jerárquicos
- ▶ Análisis de regresión lineal
- ▶ Superficie de Respuesta

Todas estas técnicas han dado un significativo aporte a la historia de la investigación. Sin embargo casi todas ellas, salvo el estudio de superficies de respuesta adolecen del error de simplificación que implica suponer que las variaciones de respuesta son lineales con las de las variables. Esto significa que se supone que las respuestas no tienen curvatura y pueden ser representadas por ecuaciones de primer grado.

Procedimiento para la experimentación

En la planeación y la conducción de un experimento hay un gran número de consideraciones que deben ponderarse cuidadosamente si el experimento ha de ser exitoso. Los principales pasos a dar son ⁽¹⁵⁾

¹⁵ Thomas M. Little y Jackson Hills F. Métodos Estadísticos para la investigación en la agricultura, Editorial Trillas Tercera Edición

1. Definición del problema. Aquí se debe establecer clara y concisamente el problema que estamos tratando.
2. Determinación de los objetivos. Estos deben ser redactados en forma precisa. Cuando hay más de un objetivo debemos plantearlos de acuerdo al grado de importancia, como si tuvieran un lugar en el diseño.
3. Análisis crítico del problema y de los objetivos. La racionalidad y utilidad de las metas del experimento deberán considerarse cuidadosamente.
4. Selección de tratamiento. El éxito del experimento reside en la cuidadosa selección de tratamientos, cuya evaluación responderá a las preguntas que tengamos.
5. Selección del material experimental. El material utilizado deberá ser representativo de la población sobre la cual deseamos probar nuestro tratamiento.
6. Selección del diseño experimental. Aquí se debe elegir el diseño más simple que brinde la precisión requerida.
7. Selección de la unidad de observación y el número de repeticiones. El tamaño de la muestra y el número de repeticiones deberán ser elegidos para obtener la precisión requerida en la estimación de los tratamientos.

8. Consideración acerca de los datos que se van a recabar.
Los datos recabados deberán evaluar apropiadamente los efectos del tratamiento, de acuerdo con los objetivos del experimento.
9. Esbozo de análisis estadístico y del resumen de los resultados. Considerar como pueden utilizarse los resultados y se preparan posibles tablas de resumen o gráficos que muestren los efectos esperados. Se comparan los resultados obtenidos con los objetivos del experimento, para verificar que se obtuvo las respuestas esperadas.
10. Conducción del experimento. Aplique procedimientos libres de sesgo personales o favoritismos. Organice la recolección de datos para facilitar el análisis y para evitar errores al recopilarlos.
11. Análisis de los datos e interpretación de los resultados.
Todos los datos deberán analizarse tal como fue planeado; los resultados se interpretarán a la luz de las condiciones experimentales; se comprobará la hipótesis y se definirá la relación de los resultados con los hechos previamente establecidos. Evítese llegar a una conclusión, aun cuando esta sea estadísticamente significativa, si la

misma aparece fuera de lugar con respecto a los hechos previamente establecidos.

12. Elaboración de un completo, legible y correcto informe de la investigación.

3.3.4 Análisis de Superficie de Respuesta (ASR)

Este método es clasificado como un método simultáneo, siendo utilizado en la etapa de optimización propiamente dicha. Su aplicación permite seleccionar la combinación de niveles óptimos en la obtención de la mejor respuesta para una dada situación.

En el método de análisis de la superficie de respuestas son realizados planeamientos factoriales, y los resultados son ajustados usando modelos matemáticos. Estas etapas son conocidas como etapa de desplazamiento y modelamiento, respectivamente, son repetidas varias veces, mapeando la superficie de respuestas obtenida en la dirección de la región del punto óptimo deseado. El modelamiento normalmente es hecho ajustándose los modelos más simples, como el lineal y el cuadrático. Al mismo tiempo, el planeamiento factorial, ejecutado generalmente, consiste de un número pequeño y pre-determinado de experimentos, que son escogidos a través del ajuste conseguido para el modelo que fue aplicado en la etapa

inmediatamente anterior. Otro detalle importante es el uso de variables en forma escalada, de forma que su tamaño no interfiera en el desarrollo del proceso de optimización. Los cuidados para la realización de los experimentos y de sus replicas deben ser observados.

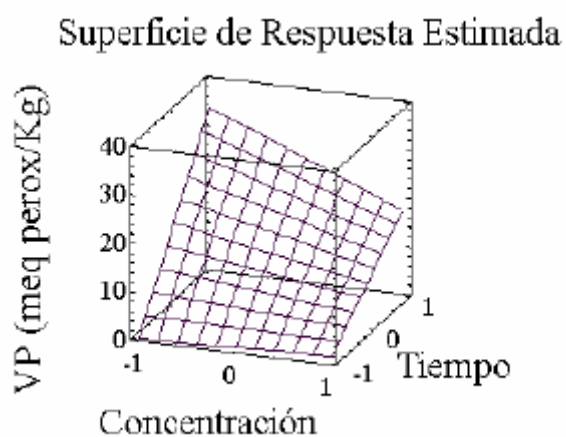


FIGURA 3.9 ASR

CAPÍTULO 4

4. IDENTIFICAR Y DISEÑAR

Basándonos en la metodología IDOV del DFSS se inicia el proyecto con la identificación.

4.1 Identificar

En esta parte es donde el proyecto es justificado en términos de los requerimientos del cliente. Además aquí se define el alcance del mismo, se definen los clientes clave y se determinan los requerimientos críticos de diseño para llegar a las necesidades de los clientes.

Como se explicó al principio del proyecto, los objetivos son los siguientes:

4.1.1 Objetivos Generales

Mejorar el proceso de preparación de la fibra Paja Toquilla, con el fin de incrementar la rentabilidad que obtiene la Comuna Barcelona, logrando así que esta actividad se convierta en un proceso productivo auto sostenible.

4.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar la variables críticas que afectan directa e indirectamente al proceso de secado de la paja toquilla
- Revisar el comportamiento de estas variables y la forma en que estas afectan al proceso.
- Establecer parámetros de diseño para un sistema de secado, basándonos en las variables críticas identificadas, que permitan un incremento en el nivel de eficiencia actual del proceso.

4.1.3 Establecer Beneficios del Proyecto

El proyecto se localiza en la región sur-occidental del país en la provincia del Guayas. La comunidad beneficiaria es Barcelona. La principal actividad económica es la extracción y procesamiento de paja toquilla para la elaboración de artesanías y sombreros. La materia prima la obtienen del bosque de la reserva Chongón-Colonche.



FIGURA 4.1 BOSQUE RESERVA CHONGÓN-COLONCHE

Un mejor diseño del proceso de secado tendría como resultado una disminución de sus tiempos lograría un impacto beneficioso para este, ya que esto incrementaría el throughput. Asegurando que los comuneros puedan comercializar sus productos ofreciendo menores tiempos de entrega o programando entregas mayores, con lo cual mejoraría el servicio.

Un incremento del throughput permitiría una mejor utilización del área de secado lo que permitiría a su vez secar mayor cantidad de producto, lo cual disminuiría los costos de este proceso.

Todos estos beneficios crearían una mejora en los ingresos de las personas que viven en la comuna.

4.1.4 Establecer Grupo de Trabajo.

Dado que este proyecto es una tesis el grupo de trabajo será el siguiente:

Champion: Ing. Marcos Tapia

Master Black Belt: Director de Tesis (Msc. Marcos Buestan)

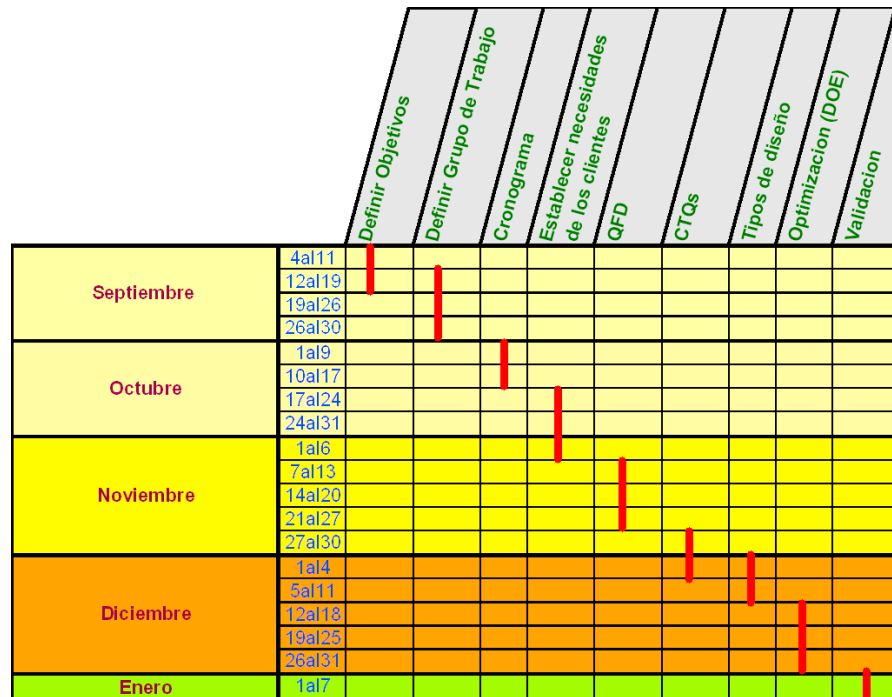
Black Belt: Tesista (Daniel Polit)

Green Belt: Ingenieros de apoyo.

4.1.5 Establecer Plan de Trabajo

Aquí se establece el cronograma a seguir en el proyecto basado en la metodología IDOV.

TABLA 4.1
PLAN DE TRABAJO



Como se observa en el cronograma las actividades que más tiempo se llevan son las de CTQ's y las de optimización, esto es debido a que en estos puntos se deberá llevar a cabo análisis en laboratorios (Análisis de resistencia y flexibilidad y el DOE que conllevan un tiempo relativamente largo.

4.1.6 Identificar las Necesidades y Requerimientos de los Clientes

Aquí se busca;

- ⊕ Identificar los clientes

Como el secado forma parte de un proceso mayor tiene dos tipos de clientes que son los clientes internos, el proceso de soleado y los clientes externos que serían los artesanos que trabajan en la elaboración de sombreros de paja toquilla u otras artesanías.

⊕ Las necesidades y requerimientos de estos son:

Clientes Internos:

- ▶ No tener ningún tipo de hongos o impurezas, en caso de que tenga alguna de estas la paja es desechada (Secado).

Clientes Externos:

- ▶ Color (Característica obtenida en el cocinado pero que varia en el secado y el soleado)
- ▶ Resistencia (Obtenida en el secado)
- ▶ Flexibilidad (Obtenida en el secado)
- ▶ No tener ningún tipo de hongos o impurezas

⊕ A partir de esto se dan las especificaciones básicas del producto.

Que serian las siguientes.

- ▶ Color
- ▶ Resistencia
- ▶ Flexibilidad
- ▶ No tener hongos ni ningún tipo de impurezas

Una vez obtenidas las necesidades básicas de los clientes procedemos a utilizar la herramienta VOC para reconocer las necesidades que harán que los clientes se mantengan con nuestro producto.

4.1.7 Voz del Cliente (VOC)

Como se explicó en el capítulo anterior la herramienta VOC se basa en las necesidades de los clientes para medir el nivel de aceptación de un producto o servicio, para esto es necesario una vez identificadas las necesidades, clasificarlas. Estas se clasificarán basándonos en entrevistas hechas a los clientes.

Lo que se quiere: Son necesidades mínimas que tiene el cliente.

- ▶ No tener hongos ni ningún tipo de impurezas
- ▶ Flexibilidad

Lo que se espera: Estas son las necesidades que hacen que el cliente quiere comprarlo.

- ▶ Color
- ▶ Resistencia

Inesperado: Estas son necesidades que el cliente no sabe que quiere, pero al descubrirlas crean un mayor nivel de satisfacción. Estas necesidades son las que se espera poder descubrir con este estudio

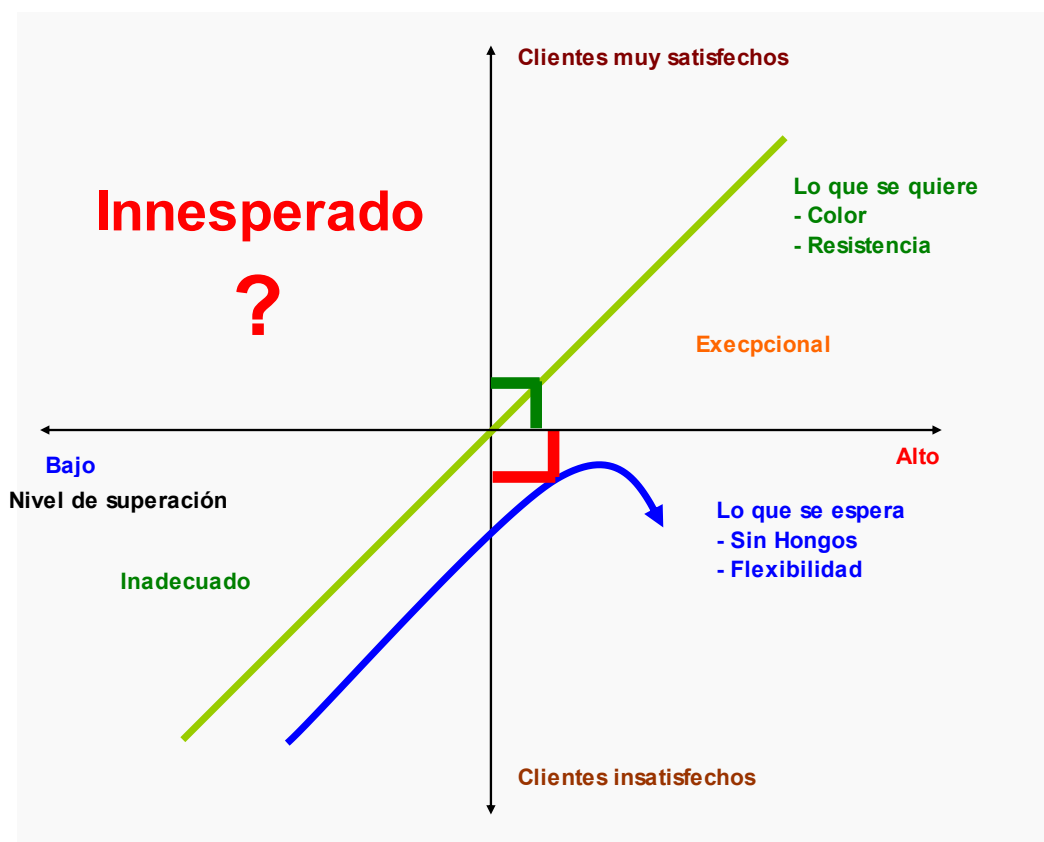


FIGURA 4.2 DIAGRAMA KANO

Como se observa en el gráfico el cliente que compra un cogollo de paja toquilla tiene un nivel de satisfacción muy bajo, esto se debe a que las necesidades cubiertas por los proveedores son mínimas.

Es por eso que es necesario analizar cuales son las necesidades inesperadas de los clientes y mejorar la presencia de las características que quieren los clientes que tenga el producto, ya que estas harán que estos regresen a comprar al mismo proveedor.

Una propuesta concreta sería:

- Mejorar presencia de color y resistencia en el producto. Esto ya se hace actualmente pero aumentando un paso extra al proceso (Sahumado), lo que genera un costo mayor y no se ve representado ya que el aumento de nivel de satisfacción de los clientes es mínimo por lo cual no genera un compromiso de estos hacia el producto.¹⁶

En este proyecto se plantea mejorar el proceso de tal forma que cumpla en algún porcentaje con las necesidades inesperadas del producto, es decir mejorar el color de la paja al final del proceso de secado de tal manera que de un mayor nivel de satisfacción al cliente sin la necesidad de llevar a cabo el sahumado

Análisis de Factores

Para este análisis se consultó con expertos y la forma en que el secado afecta en las características esperadas como las que se quiere partiendo de esto se creó una matriz para cuantificar cada una de estas. Cabe mencionar que el color como se repite se lo puso como una característica inesperada, y se calificó de la siguiente forma

¹⁶ Obtenido de estudio de mercado realizado por ESPOL proyecto Paja toquilla

TABLA 4.2
MATRIZ DE PROCESO DE SECADO-MODELO KANO

Secado	Característica			
	Esperado		Quiere	Inesperado
	Flexibilidad	Calidad*	Resistencia	Color
Afecta mas	X	X		X
Afecta			X	
No Afecta				
Total	5	5	9	25

* Se refiere a que no tenga Hongos ni impurezas

Característica	Valor
Esperado	1
Quiere	3
Inesperado	5

Secado	Valor
Afecta mas	5
Afecta	3
No Afecta	1

En la matriz de la tabla 4.2 donde se demostró que el color es la característica mas importante y la flexibilidad y el hecho de que la paja no tenga hongos fueron de menor importancia se planteo la siguiente tabla (Se asignaron medidas entre 1-7 para facilitar el uso en el programa QFD design):

TABLA 4.3
CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS DE CALIDAD

Característica	Importancia
Color	7
Resistencia	4
Calidad*	3
Flexibilidad	3

Donde 7 es muy importante y 1 menos importante

Una vez cuantificadas las características se procede al siguiente paso que es el QFD

4.1.8 DISEÑO EN FUNCIÓN DE CALIDAD (QFD)

Una vez encontradas y cuantificada las necesidades de los clientes se procede a realizar el QFD, este se realizó con la ayuda de expertos en proceso de secado y por medio del software QFD design.

El QFD será llenado como se explicó en el capítulo anterior. Es decir habrá una columna donde irán las necesidades de los clientes y otra en la cual estarán los requerimientos del proceso, arriba de los requerimientos se indicará la forma en que interactúan entre si cada uno de estos lo mismo se observará en el lado izquierdo de las necesidades de los clientes y en el centro estará la forma en que interactúan las necesidades con los requerimientos.

Los expertos nos ayudaron identificando las propiedades principales del secado y como afecta cada una a las características que son color, flexibilidad, resistencia y calidad.

Además de cuantificar la capacidad de mejora de cada una de estas propiedades y la dificultad de la organización de realizar

mejoras basada en estas características según su experiencia, donde 7 es alto y 1 bajo

Es así que se identificaron y cuantificaron las siguientes propiedades:

TABLA 4.4
PROPIEDADES DEL PROCESO DE SECADO

Propiedad	Capacidad de Mejora	Dificultad Organizacional
Temperatura	7	5
Humedad	1	1
Velocidad del Viento	7	3
Luminosidad	5	3

Una vez cuantificadas se realizó el QFD:

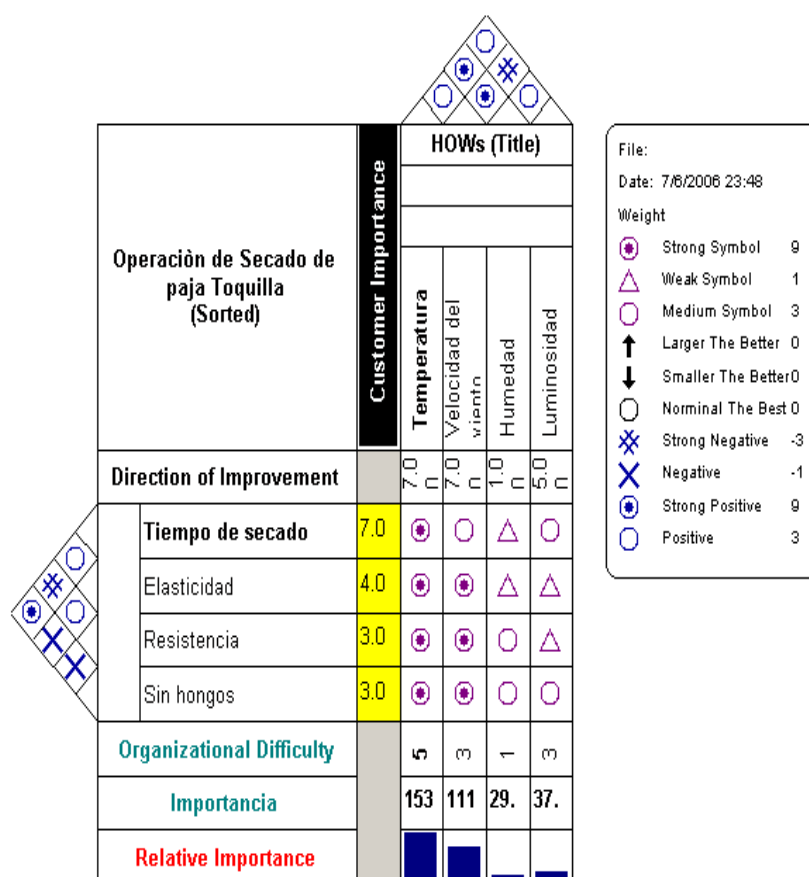


Figura 4.3 QFD

Como se observa en la figura 4.3 QFD las propiedades que mayor importancia tienen dentro del proceso (CTQS: Críticos de calidad), para obtener los resultados que satisfagan a los clientes son:

- Temperatura
- Velocidad del viento

Cabe indicar que a partir de este momento todas las etapas posteriores del proyecto estarán basadas en el cumplimiento y satisfacción de los resultados obtenidos del QFD.

Una vez identificadas se procede al diseño en donde se establecerán rangos de medición de cada una de estas propiedades, de tal manera que estas satisfagan las necesidades de los clientes

4.2 Diseñar

En esta parte del capítulo, se llevará a cabo el desarrollo de la etapa de Diseño de la investigación, aquí se definirán las tolerancias de la nueva operación de secado a partir de los datos obtenidos.

Las necesidades de los clientes especificadas en el punto 4.1 de este capítulo son:

- ▶ Resistencia
- ▶ Elasticidad
- ▶ Color
- ▶ Que no tenga Hongos ni impurezas

Partiendo de las estas se procedió al análisis del producto, para poder cuantificar las necesidades de los clientes, se obtuvieron los siguientes resultados:

Resistencia: Se hizo un análisis de resistencia de materiales en el laboratorio a 70 muestras (Apéndice 4), de las cuales se obtuvieron los resultados que se ven en la tabla 4.5

TABLA 4.5
RESISTENCIA (APÉNDICE 4)

Resistencia:	
Media	3,33 Kg./Fuerza
Desviación estándar	,96 Kg./Fuerza
Mínimo	2,00 Kg./Fuerza
Máximo	6,50 Kg./Fuerza

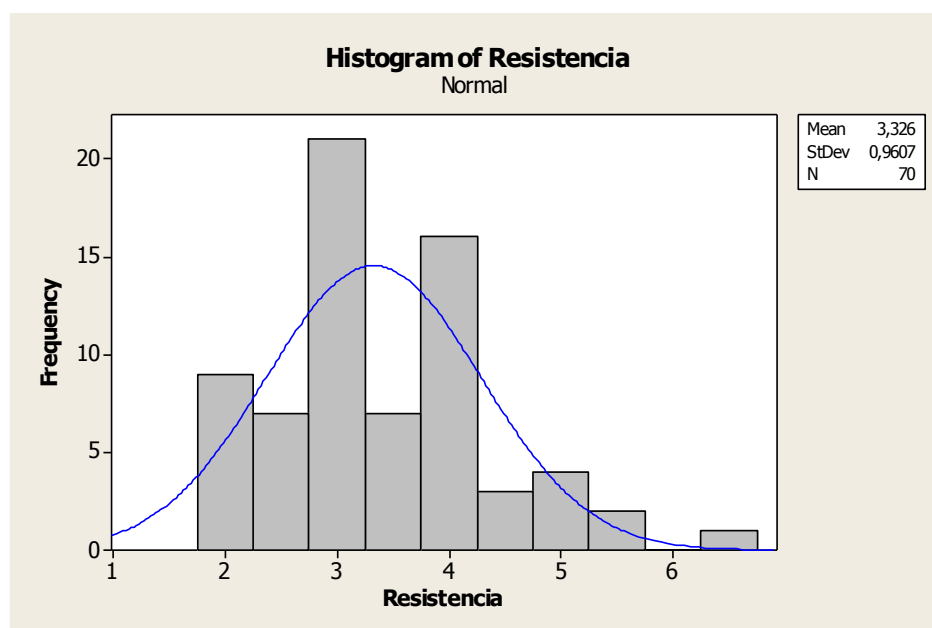


FIGURA 4.4 HISTOGRAMA RESISTENCIA (APÉNDICE 4)

Elasticidad: Se realizó un análisis de Flexibilidad de materiales en el laboratorio de 70 muestras, de las cuales se obtuvieron los resultados que se ven en la tabla 4.6

TABLA 4.6
ELASTICIDAD (APÉNDICE 4)

Elasticidad	
Media	,96 Kg./Fuerza
Desviación estándar	,32 Kg./Fuerza
Mínimo	,46 Kg./Fuerza
Máximo	1,80 Kg./Fuerza

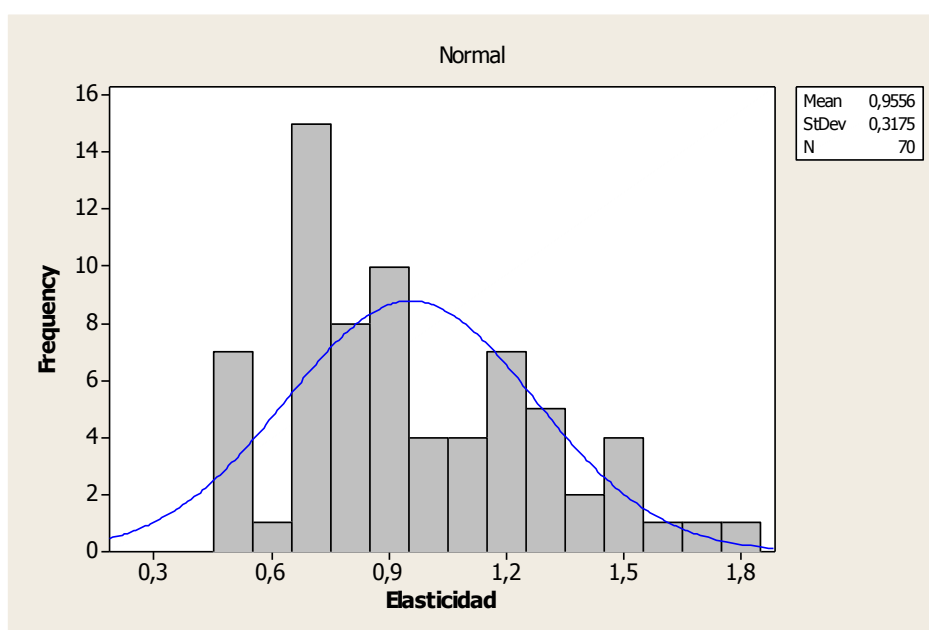


FIGURA 4.5 HISTOGRAMA ELASTICIDAD (APÉNDICE 4)

Para el color y la calidad se establecerán controles cualitativos es decir Si cumple o no cumple con lo esperado por el cliente.

Una vez cuantificadas las necesidades de los clientes se procede a determinar los parámetros del proceso. Los parámetros a controlar serán:

- Temperatura
- Velocidad de viento

Para obtener los parámetros iniciales nos basáremos en un estudio realizado por la ESPOL en el año 2005, vale recalcar que estos parámetros servirán de punto de partida para la optimización y son los siguientes:

TABLA 4.7
PARÁMETROS (APÉNDICE 2)

Parámetros	Máxima	Mínima
Temperatura	45 °C	29 °C
Velocidad de viento	3.62 m/s	4.465 m/s

Una vez especificados y cuantificados tanto los parámetros como las características procedemos a la parte de optimización que se verá en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 5

5. OPTIMIZAR

5.1 Determinar parámetros de diseño.

Para determinar el diseño es necesario tener en cuenta el número de factores a controlar y el nivel de confianza que se espera de este, como se indicó en el capítulo anterior los factores a controlar serán dos la temperatura y la velocidad del viento.

En este proyecto se busca el menor tiempo de secado que cumpla con los estándares de calidad del producto que son:

TABLA 5.1
CARACTERÍSTICAS BUSCADAS

Característica	Promedio	Desviación
Resistencia	3.33 Kg/fuerza	± 0.96 Kg/Fuerza
Flexibilidad	0.96 Kg/Fuerza	± 0.32 Kg/Fuerza

Dentro de estos límites establecidos podemos considerar que la fibra producida es la adecuada. Además de las características de color y de que no tenga hongos al final del proceso de secado.



FIGURA 5.1 DESHIDRATADOR

Para realizar los experimentos se utilizara un deshidratador (Figura 5.1), que tiene las siguientes características:

TABLA 5.2
CARACTERÍSTICAS DESHIDRATADOR

Velocidad de Viento		Temperatura	
R	4,45	Mínima	Temp.
S	3,62		Habiente prom
T	3,77	Máxima	75°

Basándonos en las características de el equipo a utilizar se llevara a cabo un diseño Factorial completo, con dos repeticiones por

experimento, al correr el diseño en minitab obtuvimos los siguientes resultados.

TABLA 5.3
DOE

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Temperatura	Velocidad de viento
1	1	1	1	1	1
2	2	1	1	1	2
3	3	1	1	1	3
4	4	1	1	2	1
5	5	1	1	2	2
6	6	1	1	2	3
7	7	1	1	1	1
8	8	1	1	1	2
9	9	1	1	1	3
10	10	1	1	2	1
11	11	1	1	2	2
12	12	1	1	2	3

Donde:

TABLA 5.4
CÓDIGOS DOE

Temperatura		Velocidad del viento	
1	Ambiente	1	4,45
2	40°	2	3,62
		3	3,77

Una vez elaborado el diseño se procedió a realizar los experimentos.

Para realizar los experimentos primero se procedió a cocinar la paja toquilla como se muestra en la figura 5.2



FIGURA 5.2 COCINADO DE PAJA TOQUILLA

Una vez cocinada se tomaban 2 muestras de paja toquilla y se las secaba en el deshidratador como se muestra en la figura 5.3. Cabe indicar que se usaron dos muestras para disminuir la variación entre muestra debido a características del deshidratador (Turbulencia dentro del mismo debido a diseño).



FIGURA 5.3 SECADO PAJA TOQUILLA

5.2 Diseño de Experimentos (DOE).

Una vez realizados los experimentos se obtuvo los siguientes resultados

TABLA 5.5
RESULTANTES DOE

#	Temperatura	Vel. De Viento	Tiempo	Resistencia	Flexibilidad
1	33	3,62	2:30	4,38	0,908
2	33	3,62	3:10	4,58	0,936
3	33	3,62	3:05	5,00	1,020
4	33	3,62	3:20	3,58	0,751
9	33	4,45	2:40	4,60	0,943
10	33	4,45	3:30	4,60	0,932
11	33	4,45	1:22	3,05	0,642
12	33	4,45	2:05	4,20	0,884
13	40	3,62	0:40	3,65	0,734
14	40	3,62	0:43	3,80	0,764
15	40	3,62	0:59	3,98	0,799
16	40	3,62	0:52	3,86	0,777
21	40	4,45	1:10	3,45	0,691
22	40	4,45	0:55	2,90	0,580
23	40	4,45	1:08	3,46	0,708
24	40	4,45	1:12	3,06	0,626

Estos resultados se ingresaron en el programa de análisis estadístico minitab de donde se obtuvieron lo siguientes datos:

TABLA 5.6
RESULTANTES MINITAB

General Linear Model: Tiempo de Se versus Temperatura. Velocidad de

Factor	Type	Levels	Values
Temperatura	fixed	2	1. 2
Velocidad del viento	fixed	3	1. 2. 3

Analysis of Variance for Tiempo de Secado, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temperatura	1	30996,1	30560,0	30560,0	49,96	0,000
Velocidad del viento	2	832,9	579,1	289,5	0,47	0,644
Temperatura*Velocidad del viento	2	1371,2	1371,2	685,6	1,12	0,386
Error	6	3670,3	3670,3	611,7		
Total	11	36870,5				

S = 24,7329 R-Sq = 90,05% R-Sq(adj) = 81,75%

Donde:

Se demuestra que el modelo explica un 90.05% de la variación presente en el tiempo de secado ($R^2=90,05\%$), y la temperatura afecta en gran porcentaje en el Tiempo de secado ($P=0,00$), pero así como se obtuvieron resultados alentadores también se revelo que la velocidad del viento tiene una incidencia muy leve en cuanto lo que tiene que ver con el tiempo de secado ($P=0,644$). Se obtuvo los siguientes gráficos.

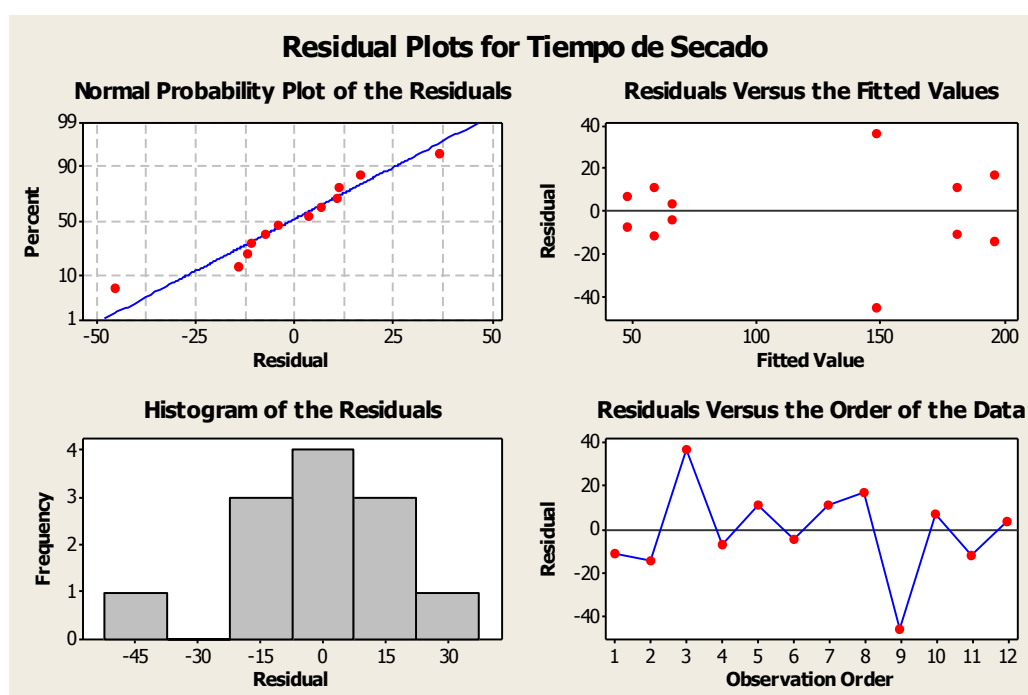


FIGURA 5.4 RESULTANTES DOE TIEMPO DE SECADO

La linealidad del proyecto se demuestra en el primer cuadro grafico de la figura 5.4, además de que se observa tendencia normal de los residuos.

Debido a que el ASR se debe aplicar con diseños cuadráticos (2^2 y mayores siempre que mantenga datos que permitan formar una cuadratura) se decidió no tomar en cuenta uno de los factores de velocidad de viento (Factor de velocidad de viento = 3,77 m/s) por lo cual se desecharon los datos que tenían que ver con este factor, así se volvió a correr el diseño de experimentos en minitab donde se dieron los siguientes resultados que son muy similares a los del primer experimento:

TABLA 5.7
RESULTANTES MINITAB TIEMPO VS TEMPERATURA –VELOCIDAD DE VIENTO

Factorial Fit: Tiempo versus Temperatura. Velocidad del viento

Estimated Effects and Coefficients for Tiempo (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		109,75	10,80	10,16	0,001
Temperatura	-105,50	-52,75	10,80	-4,88	0,008
Velocidad del viento	-9,50	-4,75	10,80	-0,44	0,683
Temperatura*Velocidad del viento	27,50	13,75	10,80	1,27	0,272

S = 30,5532 R-Sq = 86,51% R-Sq(adj) = 76,40%

Analysis of Variance for Tiempo (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	22441	22441	11220,5	12,02	0,020
2-Way Interactions	1	1512	1512	1512,5	1,62	0,272
Residual Error	4	3734	3734	933,5		
Pure Error	4	3734	3734	933,5		
Total	7	27687				

El sistema sigue explicando un porcentaje alto de la variación presente en los tiempos de secado (R-Sq=86,51%) y la temperatura sigue siendo un factor que afecta en gran porcentaje al tiempo de secado (P=0,008) y

la velocidad de viento no genera gran variación en el mismo ($P=0,683$), pero aquí se observa que la combinación de la Velocidad del viento y la temperatura es relativamente influyente ($P=0,272$). A partir de este diseño se obtuvieron los siguientes gráficos (Figuras 5.5 y 5.6), estos demuestran lo analizado en este párrafo.

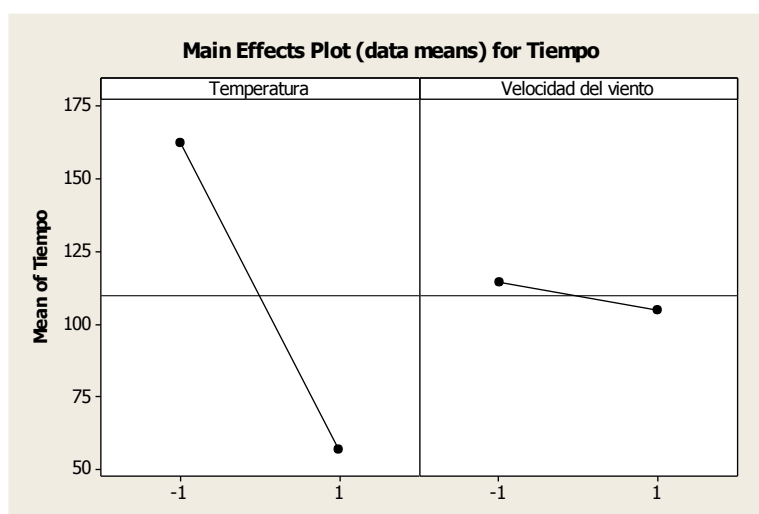


FIGURA 5.5 EFECTOS VARIABLES VS. TIEMPO DE SECADO

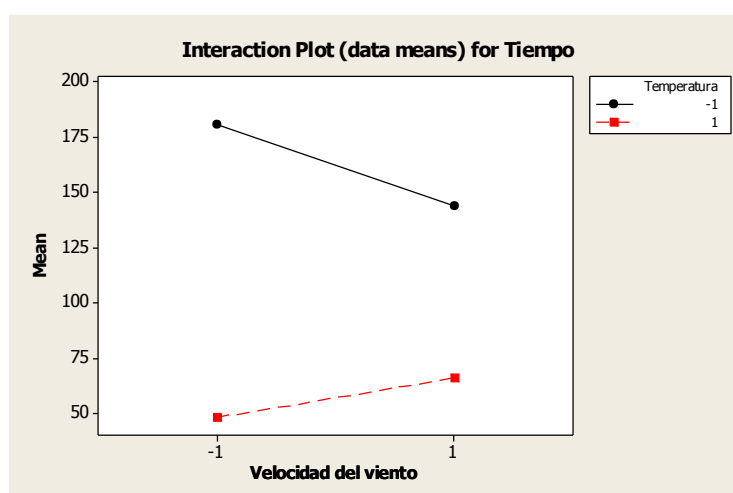


FIGURA 5.6 INTERACCIÓN TIEMPO DE SECADO VS. VARIABLES

Se realizaron los siguientes gráficos buscando analizar una posible curvatura en el sistema, empleando las restantes variables de respuesta. (Resistencia y Elasticidad)

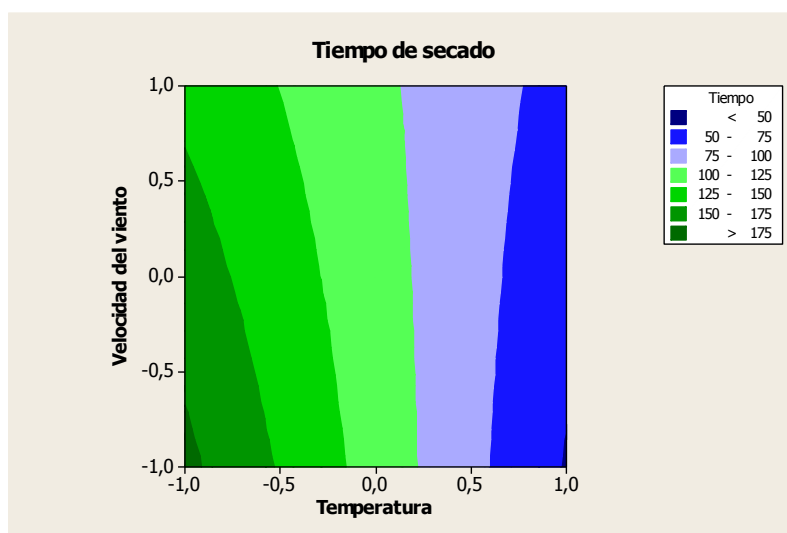


FIGURA 5.7 CONTORNO TIEMPO DE SECADO

Como demuestra la figura 5.7 una pequeña variación en la temperatura afecta directamente al tiempo de secado mientras que la velocidad del viento no afecta mayormente, lo que refuerza los datos anteriormente analizados.

En vista de que, la curva de superficie que diera un punto óptimo, con el factor de tiempo de secado no se podía obtener se buscó analizando los otros factores resultantes, estos son resistencia y elasticidad así se realizó un diseño de experimento con cada uno de estos factores resultantes lo que nos arrojó lo siguiente:

TABLA 5.8
RESULTANTES MINITAB ELASTICIDAD VS TEMPERATURA –
VELOCIDAD DE VIENTO

Factorial Fit: Elasticidad versus Temperatura. Velocidad del viento

Estimated Effects and Coefficients for Elasticidad (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0,79500	0,02365	33,61	0,000
Temperatura	-0,16500	-0,08250	0,02365	-3,49	0,025
Velocidad del viento	-0,08500	-0,04250	0,02365	-1,80	0,147
Temperatura*Velocidad del viento	-0,03000	-0,01500	0,02365	-0,63	0,560

S = 0,0668954 R-Sq = 79,80% R-Sq(adj) = 64,64%

Analysis of Variance for Elasticidad (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	0,068900	0,068900	0,034450	7,70	0,043
2-Way Interactions	1	0,001800	0,001800	0,001800	0,40	0,560
Residual Error	4	0,017900	0,017900	0,004475		
Pure Error	4	0,017900	0,017900	0,004475		
Total	7	0,088600				

Una vez analizados estos datos se demuestra que el sistema sigue explicando un porcentaje alto de la variación presente en la elasticidad ($R\text{-Sq}=70,80\%$) y que tanto la temperatura y la velocidad del viento afectan a la elasticidad de manera considerable ($P_{\text{temperatura}}=0,025$ y $P_{\text{velocidad del viento}}=0,147$) como se muestra en los gráficos de la figura 5.8.

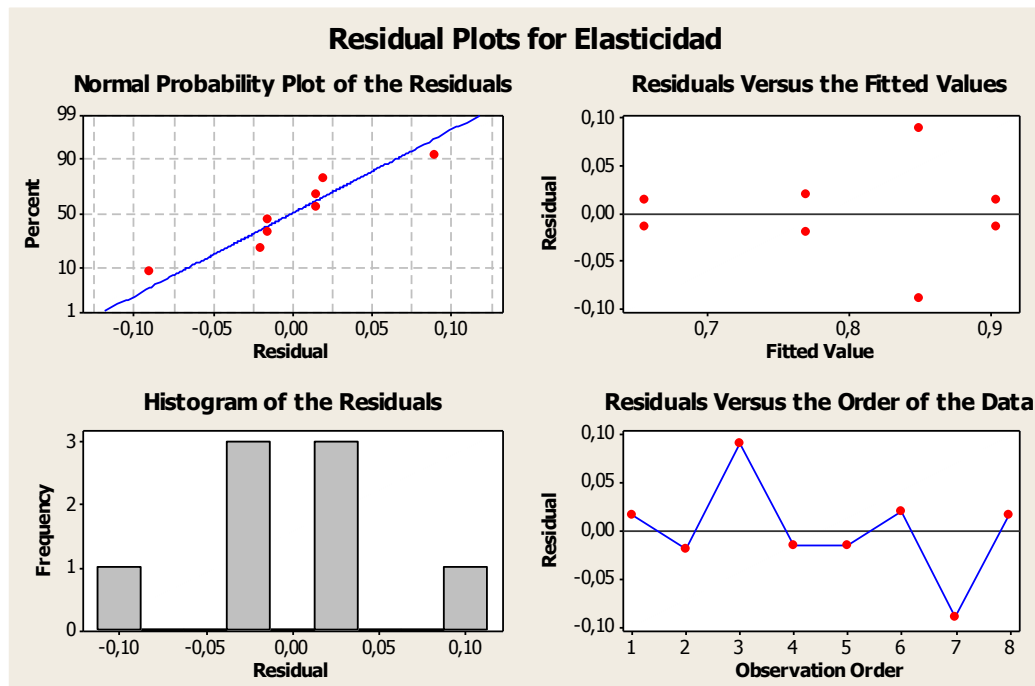


FIGURA 5.8 RESULTANTES DOE ELASTICIDAD

Al mismo tiempo se analizó el contorno.

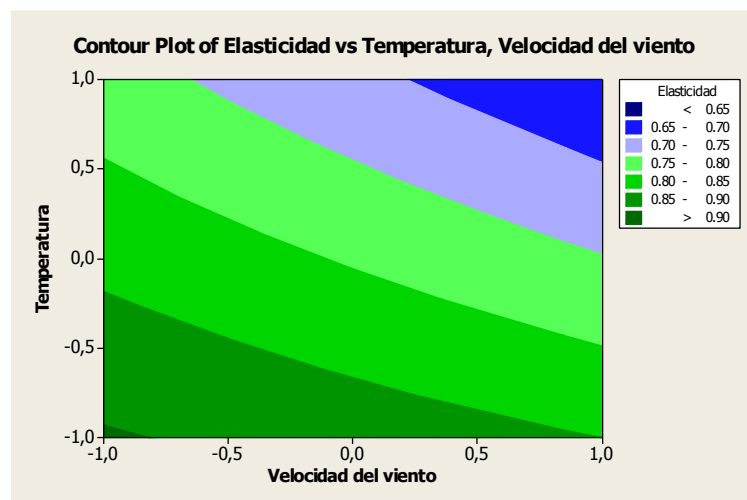


FIGURA 5.9 CONTORNO ELASTICIDAD

A partir de la figura 5.9 se demuestra que a mayor temperatura y mayor velocidad de viento se mantiene una elasticidad que está entre la media de elasticidad aceptable (media= $0.96 \pm 0,32$). Y a la vez se disminuye el tiempo de secado.

Se realizó el mismo procedimiento para la resistencia y se obtuvieron resultados muy similares:

TABLA 5.9
RESULTANTES MINITAB RESISTENCIA VS TEMPERATURA –
VELOCIDAD DE VIENTO
Factorial Fit: Resistencia versus Temperatura. Velocidad del viento

Estimated Effects and Coefficients for Resistencia (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		3,8863	0,1262	30,79	0,000
Temperatura	-0,7275	-0,3637	0,1262	-2,88	0,045
Velocidad del viento	-0,4375	-0,2188	0,1262	-1,73	0,158
Temperatura*Velocidad del viento	-0,1675	-0,0837	0,1262	-0,66	0,543

S = 0,356984 R-Sq = 74,60% R-Sq(adj) = 55,56%

Analysis of Variance for Resistencia (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	1,44133	1,44133	0,72066	5,66	0,068
2-Way Interactions	1	0,05611	0,05611	0,05611	0,44	0,543
Residual Error	4	0,50975	0,50975	0,12744		
Pure Error	4	0,50975	0,50975	0,12744		
Total	7	2,00719				

Donde se mantiene el porcentaje de variación explicado por el modelo lineal (R-Sq=74,60%) y tanto la velocidad del viento como la Temperatura son factores influyentes (Ptempertura=0,045 y Pvelocidad del viento=0,158), lo que se demuestra en las figuras siguientes:

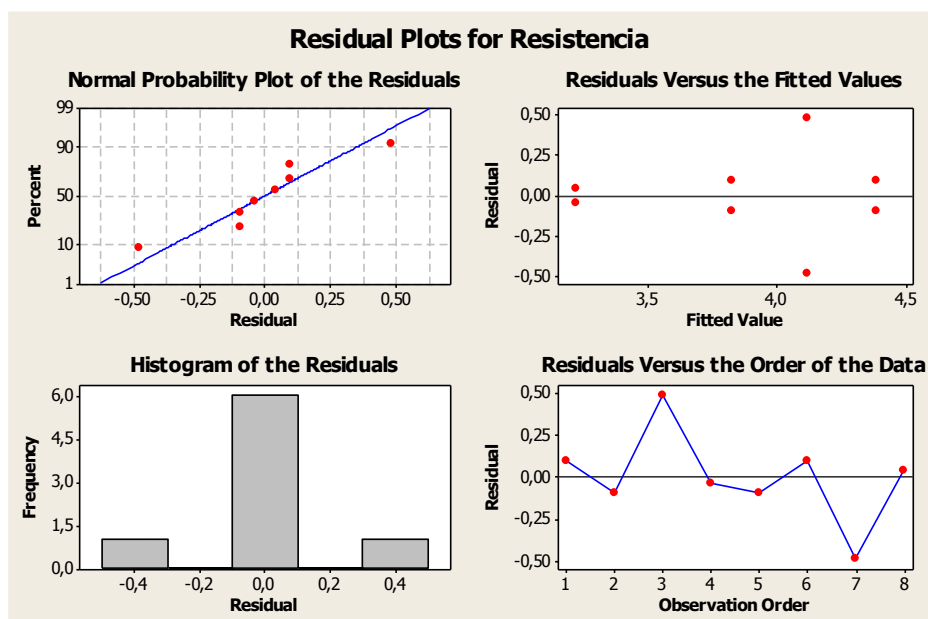


FIGURA 5.10 RESULTANTES DOE RESISTENCIA

Por el análisis se obtiene el siguiente grafico de contorno:

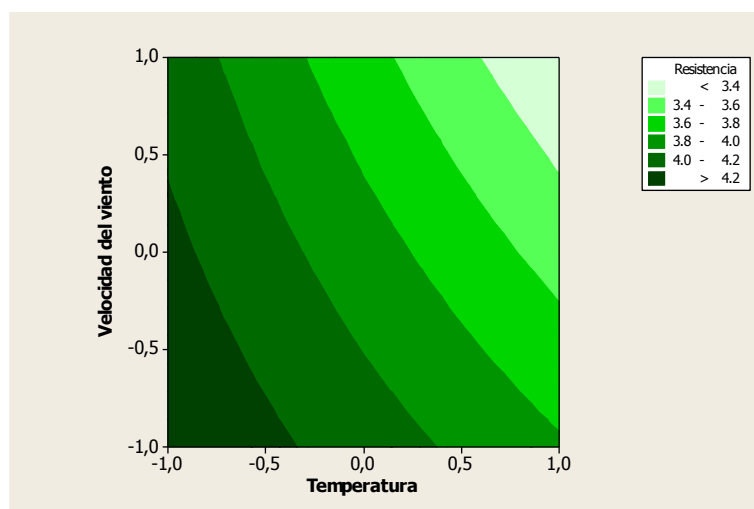


FIGURA 5.11 CONTORNO RESISTENCIA

Donde la resistencia se mantiene dentro del parámetro especificado al inicio de este capítulo (Media=3.33 Kg/Fuerza $\pm$ 0,96)

En resumen de los diseños de experimentos que se hicieron (Elasticidad y resistencia) se obtuvieron los siguientes cuadros en busca de aplicar el ASR:

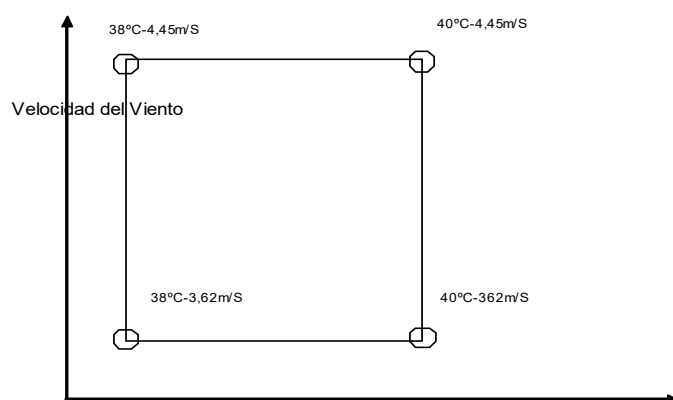


FIGURA 5.12 PROCESO DOE

Como se demuestra en los gráficos de contorno de las figuras 5.9 y 5.11 existe una curvatura y si es posible hallar un punto óptimo por lo cual se debe realizar un nuevo diseño de experimento buscando aplicar el ASR. Para este nuevo diseño de experimentos es necesario establecer un punto central y mover los puntos actuales para buscar optimizar el resultado.

ANÁLISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA.

Para el ASR se establecieron los siguientes parámetros a cumplir

TABLA 5.10
PARÁMETROS ANÁLISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

Característica	Máximo	Mínimo
Temperatura	43° C	40° C
Velocidad de viento	4,45 m/s	3,62 m/s

Además se estableció un punto central con las siguientes características:

TABLA 5.11
PARÁMETROS PUNTO CENTRAL

Característica	Valor
Temperatura	41° C
Velocidad de viento	3,77 m/s

Una vez establecido los puntos se procedió a realizar la parte del diseño de experimentos.

Este diseño es un diseño factorial completamente aleatorio 2^2 con un punto central. Al realizar los experimentos se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 5.12
RESULTANTES ASR

#	Temperatura	Humedad	Vel. De Viento	Tiempo	Resistencia	Elasticidad
1	40	24	3,62	64	0,3	0,034
2	43	30	3,62	41	2	0,231
3	40	32	4,45	63	2	0,400
4	43	30	4,45	39	0,4	0,043
5	40	35	3,62	61	3	0,293
6	43	30	3,62	43	2	0,203
7	40	33	4,45	68	5	0,833
8	43	30	4,45	41	2	0,221
9	41	26	3,77	62	4	0,640

En el grafico 5.13 se muestra como el proceso ha ido variando desde el diseño de experimento hasta llegar a la superficie de respuesta con un punto central, este grafico nos sirve para observar el proceso que termina con el gráfico de la curva de la superficie y la obtención de un punto óptimo.

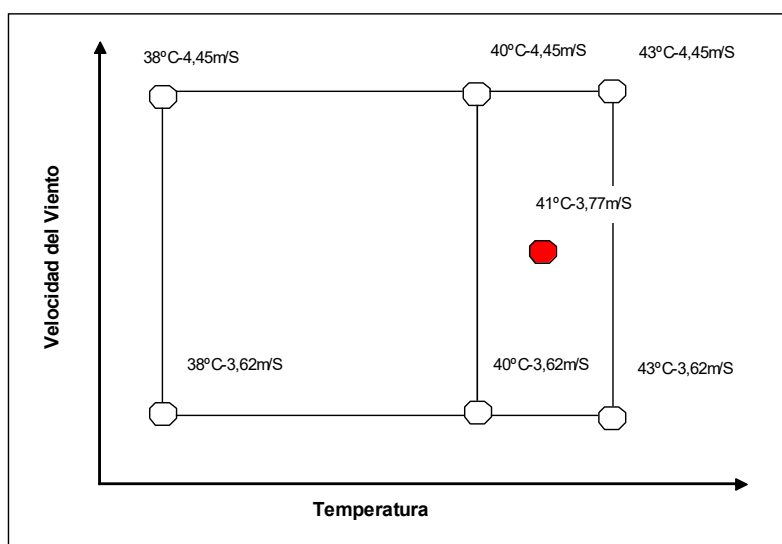


FIGURA 5.13 PROCESO ASR

Una vez realizado todo el procedimiento y analizado los datos en minitab de obtuvo lo siguiente

TABLA 5.13
RESULTANTES MINITAB SUPERFICIE DE RESPUESTA TIEMPO VS
TEMPERATURA –VELOCIDAD DE VIENTO

Response Surface Regression: Tiempo de Se versus Temperatura. Velocidad de

The following terms cannot be estimated, and were removed.

Velocidad del viento*Velocidad del viento

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for Tiempo de Secado

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	52,0000	2,2913	22,695	0,000
Temperatura	-11,5000	0,8101	-14,196	0,000
Velocidad del viento	0,2500	0,8101	0,309	0,773
Temperatura*Temperatura	0,5000	2,4303	0,206	0,847
Temperatura*Velocidad del viento	-1,2500	0,8101	-1,543	0,198

S = 2,291 R-Sq = 98,1% R-Sq(adj) = 96,2%

Analysis of Variance for Tiempo de Secado

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	4	1071,22	1071,22	267,806	51,01	0,001
Linear	2	1058,50	1058,50	529,250	100,81	0,000
Square	1	0,22	0,22	0,222	0,04	0,847
Interaction	1	12,50	12,50	12,500	2,38	0,198
Residual Error	4	21,00	21,00	5,250		
Pure Error	4	21,00	21,00	5,250		
Total	8	1092,22				

Unusual Observations for Tiempo de Secado

Obs	StdOrder	Tiempo de Secado	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
9	9	52,000	52,000	2,291	0,000	* X

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Estos datos demuestran que velocidad de viento con variaciones más pequeñas son cada vez menos influyentes en la velocidad de secado, mientras que se mantiene que el principal factor que afecta a la misma es la temperatura.

Partiendo de esto se realizó un gráfico de contorno para ver el tipo de curva que se formaba. (Figura 5.14)

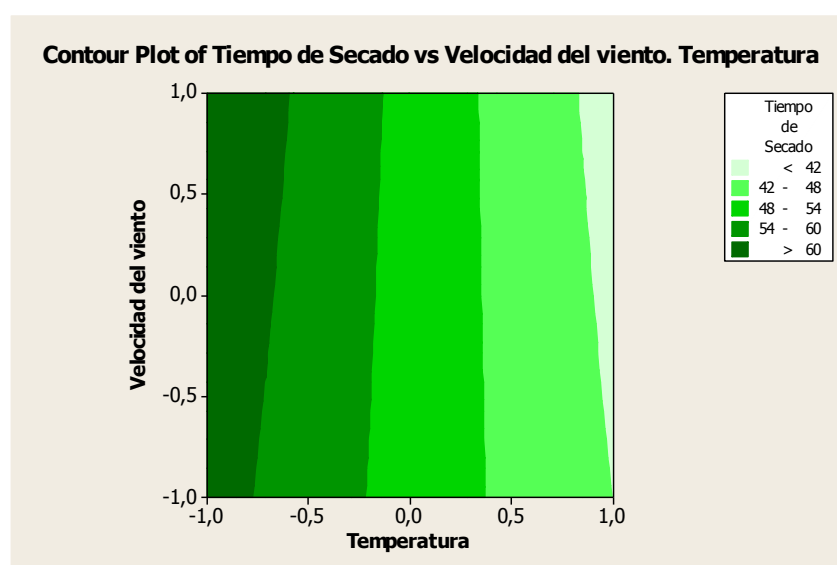


FIGURA 5.14 CONTORNO TIEMPO DE SECADO

Como se demuestra en la figura 5.14 el único factor que afecta considerablemente al tiempo de secado es la Temperatura.

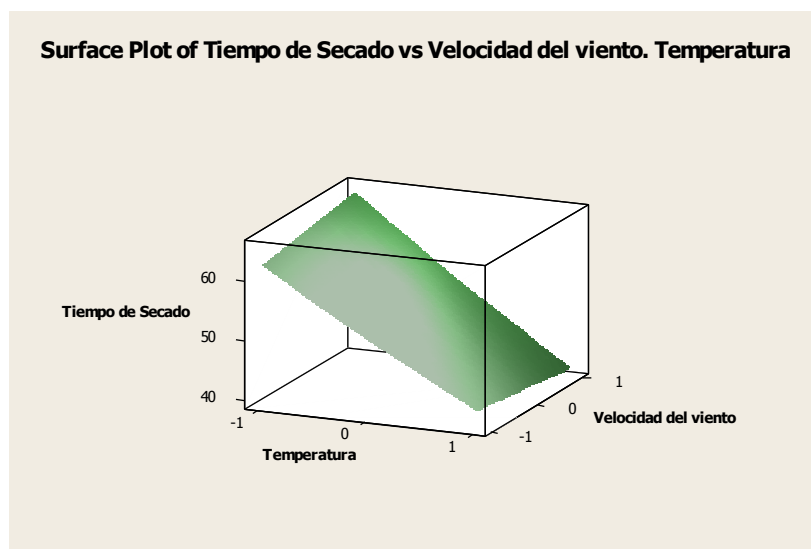


FIGURA 5.15 SUPERFICIE DE RESPUESTA TIEMPO DE SECADO

Como se demuestra e el gráfico 5.15 el tiempo de secado podría seguir bajando a medida que se aumenta la temperatura, pero como se pudo observar en los experimentos en los puntos finales la paja comienza a quemarse.

Se realizó el mismo procedimiento para la Elasticidad como la resistencia y se obtuvo lo siguiente:

Resistencia.

TABLA 5.14
RESULTANTES MINITAB SUPERFICIE DE RESPUESTA
RESISTENCIA VS TEMPERATURA –VELOCIDAD DE VIENTO

Response Surface Regression: Resistencia versus Temperatura. Velocidad del vi

The following terms cannot be estimated, and were removed.

Velocidad del viento*Velocidad del viento

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for Resistencia

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4,0000	1,5350	2,606	0,060
Temperatura	-0,4875	0,5427	-0,898	0,420
Velocidad del viento	0,2625	0,5427	0,484	0,654
Temperatura*Temperatura	-1,9125	1,6281	-1,175	0,305
Temperatura*Velocidad del viento	-0,6625	0,5427	-1,221	0,289

S = 1,535 R-Sq = 49,4% R-Sq(adj) = 0,0%

Analysis of Variance for Resistencia

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	4	9,2150	9,21500	2,30375	0,98	0,508
Linear	2	2,4525	2,45250	1,22625	0,52	0,630
Square	1	3,2513	3,25125	3,25125	1,38	0,305
Interaction	1	3,5113	3,51125	3,51125	1,49	0,289
Residual Error	4	9,4250	9,42500	2,35625		
Pure Error	4	9,4250	9,42500	2,35625		
Total	8	18,6400				

A diferencia del tiempo de secado en este diseño los factores (Temperatura-Velocidad del viento) no son significativos en cuanto a la Resistencia, como se observa en los datos obtenidos con Minitab. Igual se elaboró el gráfico de contorno y además el gráfico de superficie de respuesta:

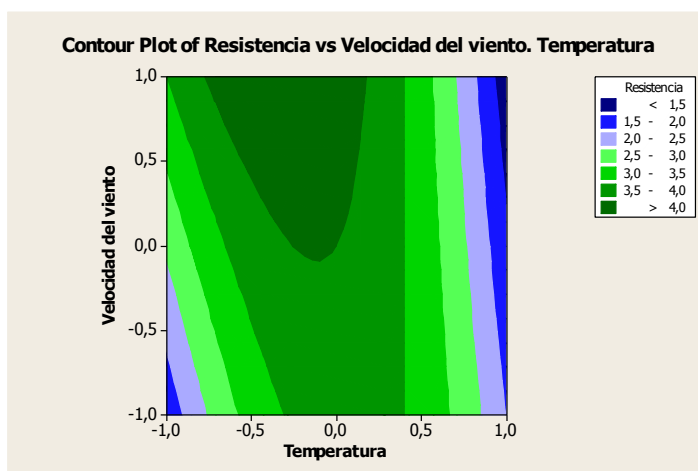


FIGURA 5.16 CONTORNO RESISTENCIA

En este gráfico de contorno (Figura 5.16) se puede observar que a medida que se avanzó en los experimentos se logró formar una curva, esto quiere decir que hay otro factor que unido con la temperatura y la velocidad del viento afecta considerablemente a la resistencia la mantiene en los límites esperados. Esto se observa mejor en el gráfico de superficie de respuesta (Figura 5.17).

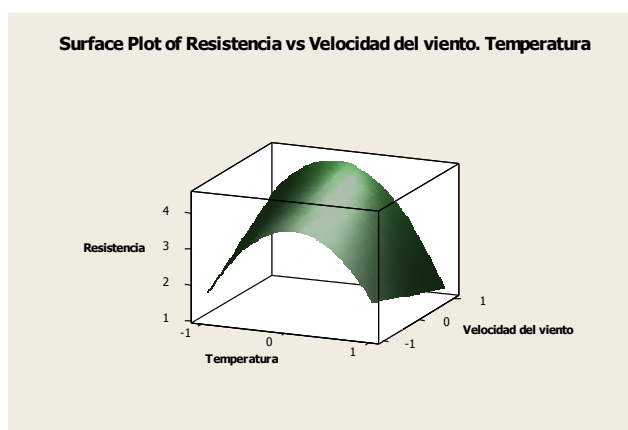


FIGURA 5.17 SUPERFICIE DE REPUESTA RESISTENCIA

Elasticidad

TABLA 5.15
RESULTANTES MINITAB SUPERFICIE DE RESPUESTA
ELASTICIDAD VS TEMPERATURA –VELOCIDAD DE VIENTO

Response Surface Regression: Elasticidad versus Temperatura. Velocidad del vi

The following terms cannot be estimated, and were removed.

Velocidad del viento*Velocidad del viento

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for Elasticidad

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,64000	0,18942	3,379	0,028
Temperatura	-0,10775	0,06697	-1,609	0,183
Velocidad del viento	0,09200	0,06697	1,374	0,241
Temperatura*Temperatura	-0,35775	0,20091	-1,781	0,150
Temperatura*Velocidad del viento	-0,13450	0,06697	-2,008	0,115

S = 0,1894 R-Sq = 74,5% R-Sq(adj) = 49,0%

Analysis of Variance for Elasticidad

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	4	0,419079	0,419079	0,104770	2,92	0,162
Linear	2	0,160593	0,160593	0,080296	2,24	0,223
Square	1	0,113765	0,113765	0,113765	3,17	0,150
Interaction	1	0,144722	0,144722	0,144722	4,03	0,115
Residual Error	4	0,143519	0,143519	0,035880		
Pure Error	4	0,143519	0,143519	0,035880		
Total	8	0,562598				

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,64000	0,18942	3,379	0,028
Temperatura	-0,10775	0,06697	-1,609	0,183
Velocidad del viento	0,09200	0,06697	1,374	0,241
Temperatura*Temperatura	-0,35775	0,20091	-1,781	0,150
Temperatura*Velocidad del viento	-0,13450	0,06697	-2,008	0,115

S = 0,1894 R-Sq = 74,5% R-Sq(adj) = 49,0%

Analysis of Variance for Elasticidad

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	4	0,419079	0,419079	0,104770	2,92	0,162
Linear	2	0,160593	0,160593	0,080296	2,24	0,223
Square	1	0,113765	0,113765	0,113765	3,17	0,150
Interaction	1	0,144722	0,144722	0,144722	4,03	0,115
Residual Error	4	0,143519	0,143519	0,035880		
Pure Error	4	0,143519	0,143519	0,035880		
Total	8	0,562598				

Unusual Observations for Elasticidad

Obs	StdOrder	Elasticidad	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
9	9	0,640	0,640	0,189	0,000	* X

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Como se observa en los datos obtenidos en Minitab en cuanto a la elasticidad se hallan resultados alentadores, ya que demuestra que la temperatura y la combinación de temperatura y velocidad de viento son factores que afectan considerablemente a la misma, esto se observa mejor en los gráficos de contorno (Figura 5.18) y de superficie (Figura 5.19).

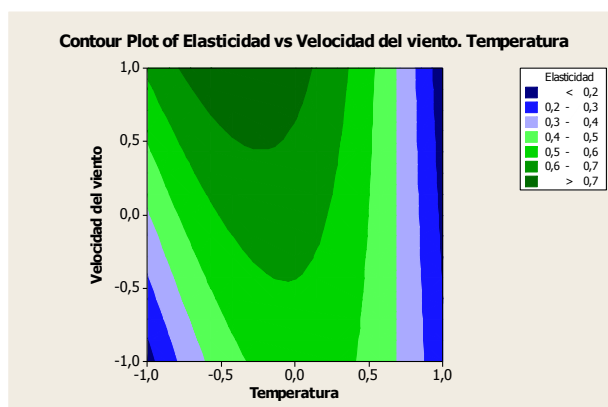


FIGURA 5.18 CONTORNO ELASTICIDAD

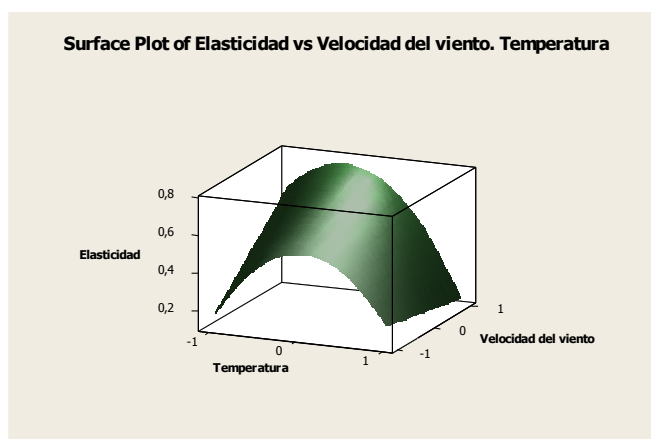


FIGURA 5.19 SUPERFICIE DE RESPUESTA ELASTICIDAD

Analizados los ASR para las tres diferentes características de respuestas se obtuvo los siguientes resultados

TABLA 5.16
RESULTANTES ASR

	Tiempo de secado		
	Velocidad de viento	Temperatura	Combinaciòn
Signicativo	No	Si	No
Temperatura optima	Entre 41°C y 44°C		
Velocida de viento optima			

	Resistencia		
	Velocidad de viento	Temperatura	Combinaciòn
Signicativo	No	No	No
Temperatura optima	Buscar un factor extra que afecta a la resistencia		
Velocida de viento optima			

	Elasticidad		
	Velocidad de viento	Temperatura	Combinaciòn
Signicativo	No	SI	SI
Temperatura optima	41°C		
Velocida de viento optima	3,77 m/s		

De estos resultados el más importante y el que es concluyente para el ASR es el de la elasticidad, ya que demuestra un punto óptimo que está dentro de la media de elasticidad señalada al inicio del capítulo y donde se disminuye el tiempo de secado de 24 horas promedio a 1 hora con 2 minutos que es el principal objetivo de este proyecto. Cabe indicar que estos datos serán validados por medio de experimentos en el siguiente capítulo

CAPÍTULO 6

6. VALIDACIÓN

La validación consiste en realizar un número determinado de experimentos basados en los niveles obtenidos para cada una de las variables consideradas como influyentes en la optimización (capítulo 5), estos experimentos buscan determinar la capacidad sigma que tendría el proceso de acuerdo a los niveles identificados como óptimos.

Las especificaciones encontradas en el capítulo anterior son:

TABLA 6.1

VALORES ÓPTIMOS ENCONTRADOS

Especificaciones	Valor
Temperatura	41° C
Velocidad de viento	3.77 m/s

De estos experimentos se debe obtener tres características resultantes principales y una característica cualitativa que es el color que nos ayudara a saber la verdadera capacidad del proceso, las especificaciones para cada una de las características fueron establecidas en el capítulo 4 y son:

TABLA 6.2

ESPECIFICACIONES ESPERADAS

Especificaciones	Limite superior de especificaciones	Limite inferior de especificaciones
Tiempo de secado	90 min.	
Resistencia	4.29 Kg/fuerza	2.37 Kg/Fuerza
Elasticidad	1.28 Kg/Fuerza	0.64 Kg/Fuerza
Color	Tiene que tener el color claro de forma que sea aceptable	

Como se observa en la tabla 6.2 el tiempo de secado es 30% mayor al encontrado en el ASR del capítulo 5, esto es para disminuir posibles errores debido a los equipos utilizados, errores humanos entre otros.

6.1 Prueba y Validación de resultados

Una vez especificadas las características se procedió a realizar 12 experimentos que dieron como resultado lo siguiente:

TABLA 6.3

RESULTANTES VALIDACIÓN

No.	Tiempo de secado	Resistencia	Elasticidad
1	48,00min.	4,83	0,84
2	63,00min.	3,94	1,04
3	67,00min.	5,44	0,94
4	42,00min.	5,38	0,93
5	57,00min.	4,46	0,82
6	51,00min.	6,02	1,04
7	44,00min.	5,88	1,02
8	52,00min.	4,37	0,87
9	52,00min.	6,17	1,07
10	57,00min.	4,39	0,76
11	47,00min.	5,35	0,93
12	51,00min.	6,67	1,16

Estos datos junto con los límites de especificaciones establecidos se corrieron en el programa Minitab con la herramienta de análisis de capacidad y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tiempo de secado

Process Capability Analysis for Tiempo de secado

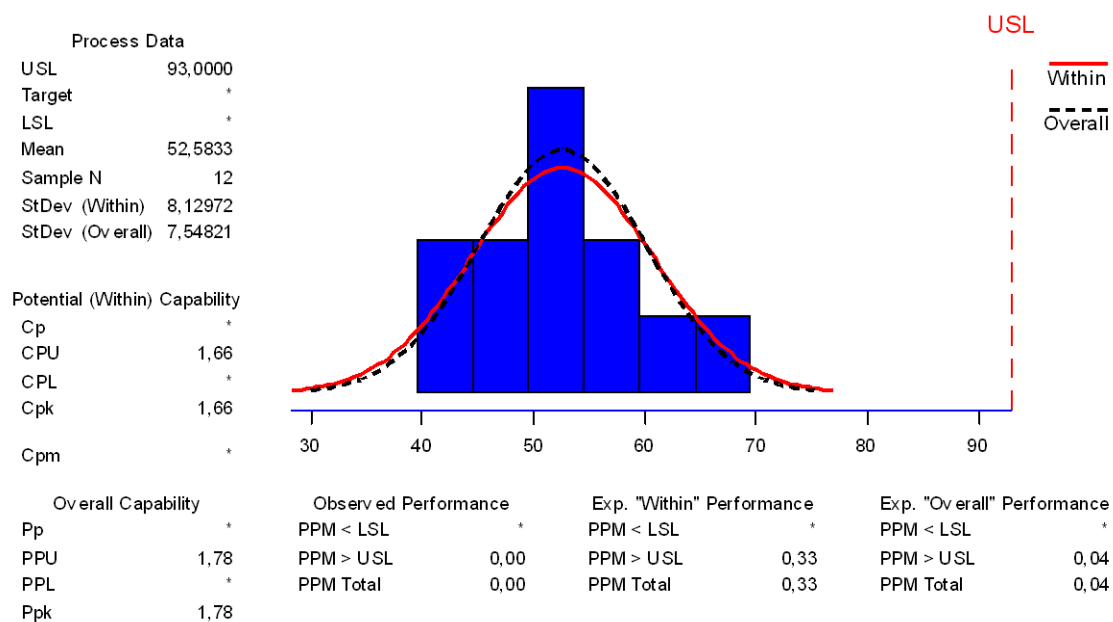


FIGURA 6.1 ANÁLISIS DE CAPACIDAD TIEMPO DE SECADO

Del análisis con respecto al tiempo de secado se puede llegar a la conclusión que manteniendo la temperatura y la velocidad del viento en los parámetros indicados se va a obtener un proceso normal seis sigma con un nivel de rechazo de 0.04 errores por millón; además se pudo constatar a través del índice $Cpk = 1.66$ el cual es adecuado para un proceso 6sigma

Resistencia

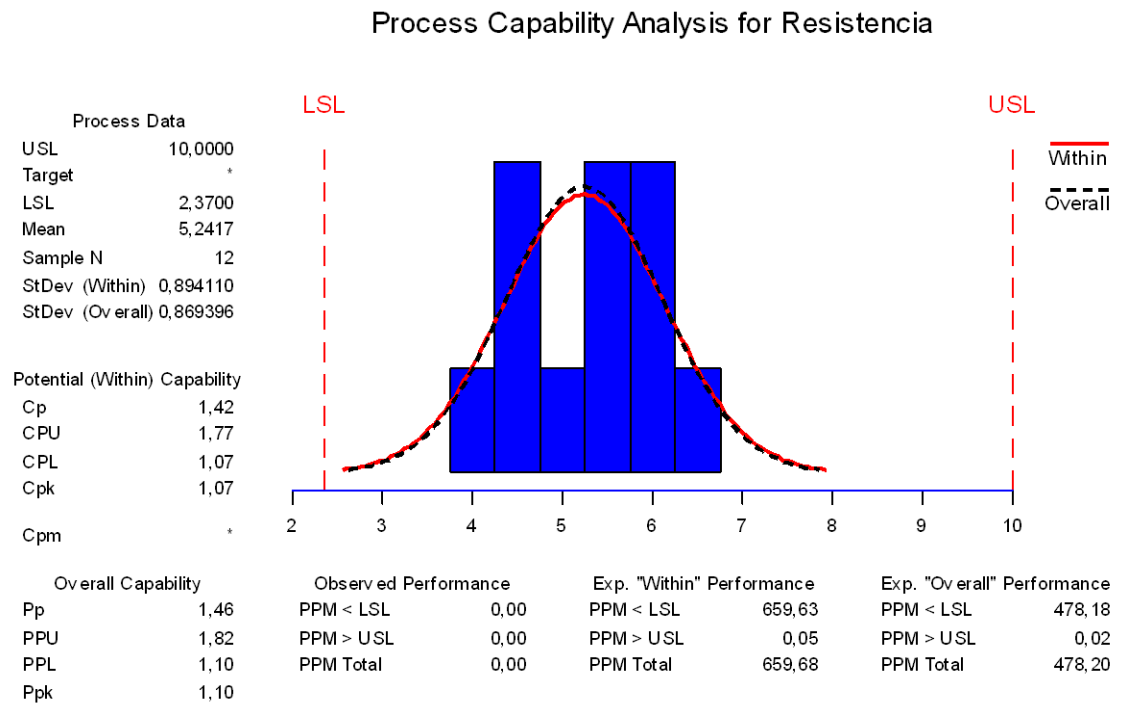


FIGURA 6.2 ANÁLISIS DE CAPACIDAD RESISTENCIA

Analizando con respecto a la resistencia se obtiene que el proceso llega a un nivel de 5 sigma con un promedio de 478,20 errores por millón y $Cpk=1.07$ que aunque no es del tipo 6sigma se lo puede considerar de un nivel muy alto

Elasticidad

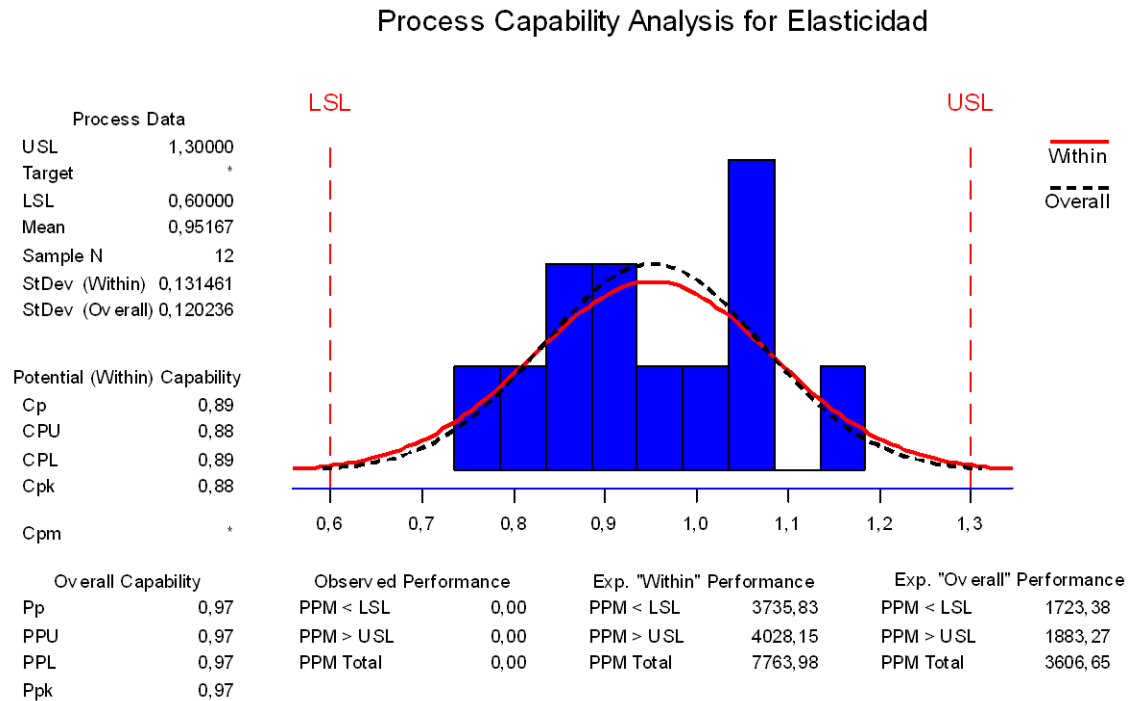


FIGURA 6.3 ANÁLISIS DE CAPACIDAD ELASTICIDAD

Analizando con respecto a la elasticidad se llega a un proceso 4 sigma con un promedio de 3606,65 errores por millón.

Aunque en este caso tampoco se llegó a un nivel 6sigma se puede constatar que los niveles empleados permiten obtener una respuesta con un alto nivel de calidad

En resumen

TABLA 6.4

CAPACIDAD SIGMA POR RESULTANTE

Análisis	Sigma	Errores por millón
Tiempo de secado	6	0.04
Resistencia	5-4	478.20
Flexibilidad	4-3	3606.65

CAPITULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el proyecto se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se identificaron las características que le dan un mayor valor a la paja toquilla que son color, resistencia y elasticidad
- Se identificaron las variables críticas del proceso de secado que afectan a estas características, como son temperatura, velocidad de viento y humedad.
- La humedad no se controló debido a la dificultad organizacional que conlleva el manejar este factor
- Al analizar las variables se descubrió que algunas de estas afectan directamente a las características críticas de la paja toquilla (color, la elasticidad y la resistencia)

- Al realizar el diseño de experimentos y el análisis de superficie de respuesta se llegó a encontrar parámetros de diseño que permiten secar la paja toquilla en un menor tiempo y manteniendo una calidad dentro de los parámetros requeridos por los clientes.
- La temperatura afecta directamente al tiempo de secado, elasticidad y resistencia.
- La velocidad del viento afecta aunque no en la misma proporción que la temperatura a la resistencia y elasticidad
- La disminución en el tiempo de secado ayuda a la mejora general del proceso en tres aspectos, el tiempo de trabajo en proceso, costos y calidad. El tiempo de trabajo en proceso es el más notorio, ya que disminuye el tiempo de un proceso que antes tomaría promedio 24 horas con las nuevas especificaciones tomara 1 hora y media
- La velocidad de viento óptima es de 41°
- La velocidad de viento de 3.77 m/s

RECOMENDACIONES

- Con un equipo que tenga una mayor precisión que nos permitiese tener una menor variabilidad el estudio hubiese sido mucho más exacto.

- La humedad debe ser tomada en cuenta en futuros diseños, en este estudio no se tomó en cuenta humedad.
- Se recomienda también realizar un estudio de isothermas de absorción para encontrar la humedad en que la paja llega a un punto óptimo de cumplimiento de los requerimientos. Este estudio no se realizó en el proyecto por limitantes económicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chodhury Subir, Design for six sigma, Editorial Prentice Hall primera edición.
2. Cornell John ,How to Apply Response Surface Methodology , ASQC 1990 Volumen 8
3. Eckes George, Six Sigma For Everyone, Publicado por Jon Willey & Son 2003)
4. Empresa Juvenil de la ESPOL Facultad FIMCP “PROYECTO DE MEJORA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA PAJA TOQUILLA” Año 2004
5. Erie Works, Time Study Manual en General Electric Company.
6. Gack Gary, DFSS and DMAIC diferencias y similitudes, Six Sigma Inc, 2003
7. Kiemele Dr. Mark J, Using the Design for Six Sigma (DFSS)Approach to Design, Test, and Evaluate to Reduce Program Risk NDIA Test and Evaluation SummitVictoria, British ColumbiaFebruary 24-27, 2003
8. Maynard Manual del Ingeniero Industrial, MCgraw Hill, cuarta edición.
9. Mr. Mazur Glenn H., QFD in Support of Design for Six Sigma (DFSS),Executive Director, QFD Institute, Ann Arbor,

Michigan, USA, Adjunct Lecturer, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA, President, Japan Business Consultants, Ltd., Ann Arbor, Michigan, USA

10. Pearson Education Limited, Design for six sigma, Primera Edición

11. Robbins, Comportamiento Organizacional, Editorial Mcgraw Hill Cuarta Edición

12. Thomas M. Little y F. Jackson Hills, Métodos Estadísticos para la investigación en la agricultura, Editorial Trillas Tercera Edición.

APÉNDICE 1

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN**



Empresa Juvenil de la ESPOL

**PROYECTO DE MEJORA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA PAJA
TOQUILLA**

Informe 1 Paja Toquilla



ANTECEDENTES

La Comuna Barcelona es una pequeña población ubicada en la Península de Santa Elena a 10 minutos de la parroquia Valdivia en la vía a Manglaralto. Desde antes de 1900 su población se dedica a la producción de la paja toquilla como materia prima para la elaboración de artesanías. Actualmente, una cantidad importante de habitantes de esta comuna continúan con esta actividad que representa su principal fuente de ingresos. La paja procesada es utilizada en la confección de artesanías, principalmente de sombreros, los que son muy cotizados a nivel internacional. Cabe recalcar que las mismas personas de la comuna comercializan, directamente, la materia prima con los artesanos.

En una primera aproximación realizada a la Comuna, con apoyo del Programa para el Desarrollo de la Península de Santa Elena de la ESPOL, se realizó un diagnóstico de la situación actual del sector de la comuna dedicada a la elaboración de la paja toquilla. En este diagnóstico se hizo una descripción de las diferentes operaciones del proceso y un análisis en cuanto al desempeño y costos.

El proceso consta de las siguientes operaciones: extracción de materia prima, desvenado, espinado, sacado, cocinado, escurrido, sacudido, despegado, secado y soleado. Con lo cual se obtiene el hilo de la paja listo para su tejido. Además, frecuentemente por requerimientos de algunos clientes, se realiza una operación adicional que consiste en blanquear el hilo, denominada sahumado.

Mediante el análisis de las operaciones se encontró existencias de desperdicios y mal uso de los recursos en todo el proceso y se identificó que las operaciones críticas son: la extracción de la materia prima y el secado de la paja toquilla. Mediante el costeo de las operaciones se determinó que se está perdiendo, en todo el proceso, alrededor de 1.3 USD por unidad. Por lo tanto, el problema a resolver es la ineficiencia del uso de los recursos en el proceso de producción de la paja toquilla, que está ocasionando pérdida de dinero al grupo de comuneros de Barcelona. Consecuentemente, el objetivo que se plantea es eliminar las ineficiencias en el uso de los recursos, para que la producción de la paja toquilla genere utilidades, mediante la implantación de mejoras en el proceso productivo y su comercialización.

INTRODUCCIÓN

La segunda fase del proyecto consta de dos partes bien diferenciadas, la mejora de procesos y el estudio de mercados.

Para mejorar el proceso se realizará un levantamiento de información más profundo y se analizará las operaciones utilizando herramientas de la calidad, luego se plantearán diferentes alternativas de solución que serán implantadas y evaluadas para seleccionar las que mayor incidencia positiva tengan en el proceso. También se realizará una investigación del mercado que permita encontrar mejores oportunidades de comercialización para la paja toquilla, así como de los derivados del proceso; y además, identificar y determinar productos que sean factibles de producir y comercializar.

El estudio de mercados consta a su vez de una serie de actividades que se encaminan a determinar las características de la oferta y la demanda de la paja toquilla para establecer las especificaciones del producto. Igualmente para los productos secundarios que se puedan obtener y de esta manera mejorar su participación en el mercado.

ALCANCE DEL PRIMER INFORME

La primera parte de este proyecto se centra básicamente en el levantamiento de la información para la descripción de los procesos y el correspondiente análisis de los mismos. Una vez realizado el análisis se plantean las mejoras para en la segunda parte desarrollarlas y evaluarlas.

METODOLOGÍA

La metodología usada para el levantamiento y análisis de la información es:

Observación Directa.- Los estudiantes seleccionados para esta tarea, obtienen la información a través de la observación de las actividades de las personas en su trabajo cotidiano. De esta manera y apoyados con preguntas a los trabajadores, los estudiantes logran bosquejar de manera bastante aproximada a la realidad las operaciones del proceso en análisis.

Diagramas de Proceso.- Una vez que la información ha sido recolectada, se procede a describir gráficamente los procesos con la ayuda de diagramas de proceso. Los diagramas de procesos no son más que una representación gráfica de la secuencia de operaciones que se realizan para alcanzar procesar la paja toquilla.

Registro de datos.- Mediante el registro de datos se levanta información cuantitativa del proceso. Para esto se diseñaron formularios de levantamiento de información en función de las actividades realizadas en cada proceso y los objetivos establecidos para esta actividad, esto es, qué información nos permitirá definir los procesos en términos de tiempo, costo (consumo) y productividad. Para esto se utilizaron herramientas de medición como cronómetros, balanzas, termómetro, higrómetro y rotámetro.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de elaboración de la paja toquilla es artesanal y comienza con la extracción de la materia prima en la montaña hasta el embalado de la paja para su comercialización. A continuación se describirá brevemente cada uno de los subprocesos (Figura 1):

1. **Obtención de la paja para procesar:** Los toquilleros se trasladan en camión o a caballo hasta la estación (Caimito, Pechiche o El Río) a la que sea posible llegar según las condiciones del camino, las estaciones son puntos en la montaña desde los cuales los taquilleros parten a pie o en mulas para cosechar la paja. En las estaciones puede comprarse paja cosechada a un precio \$1,25 por ocho¹ de paja. Si esta es comprada en Barcelona cuesta \$1,75 debido al precio de transporte desde las estaciones hasta la comuna (\$0,50 por ocho).
2. **Desafanado¹:** Una vez que la persona llega a la Comuna con la paja, entrega los ochos a un grupo de personas, en sus propias viviendas, que se dedican a la limpieza o desafanado de la paja toquilla, esta operación comprende tres actividades que son:
 - ***Desvenado.***- actividad en la cual se quita la corteza o las hojas que envuelven la planta (cogollo).
 - ***El Espinado.***- actividad en la que, mediante el uso de una aguja, se separan las venas en las puntas de la hoja.
 - ***El Sacado.***- actividad que consiste en arrancar las venas a lo largo de todo el cogollo y dividir totalmente la hoja en tiras que se convertirán en los hilos de paja después del secado.



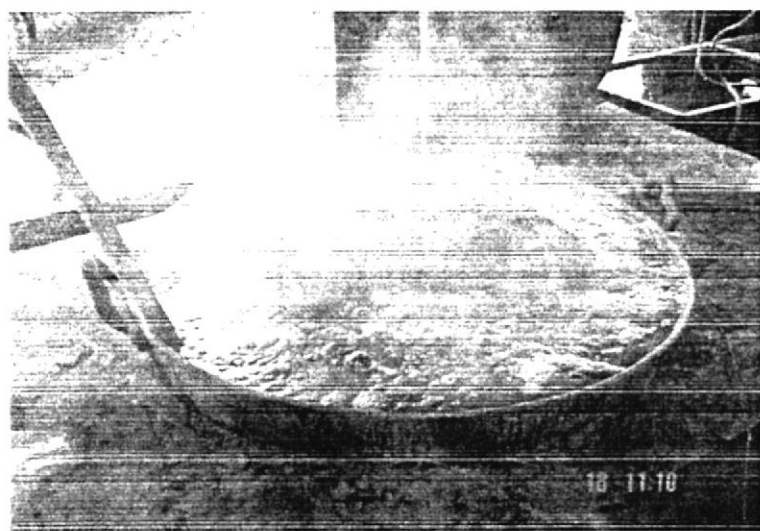
¹ Proceso de limpieza de la paja que consiste en quitarle la corteza al cogollo y dividir la hoja en tiras de paja utilizando una aguja.



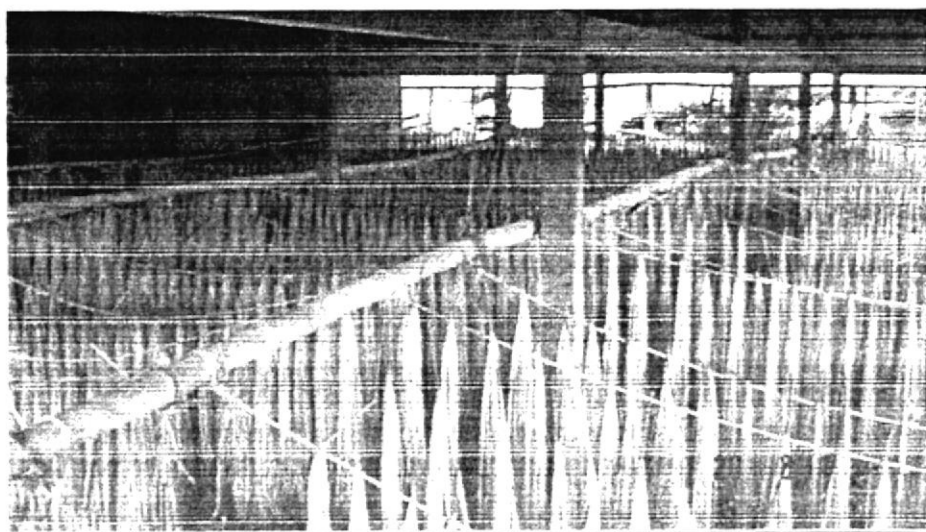
De esta operación se obtiene un subproducto (tongo de venas) que es vendido como material para cubierta de decoración (techados). Grupos de 10 a 15 tongos son vendidos a 0.25 USD en temporada baja y en temporada alta (invierno) llegan a costar 0.50 USD. De un ocho de paja se obtienen 2.5 tongos.

3. **Cocinado:** Una vez desafanada la paja, es transportada en carretillas o bicicletas hasta la planta donde los comuneros cuentan con 2 hornos de leña, remodelados recientemente para la cocción más eficiente de la paja toquilla. Cabe recalcar que la obtención de la leña para el horno es otra operación que demanda tiempo y recursos de las personas de la comuna, pues ellos mismos tienen que ir a cortarla y transportarla hasta el lugar.

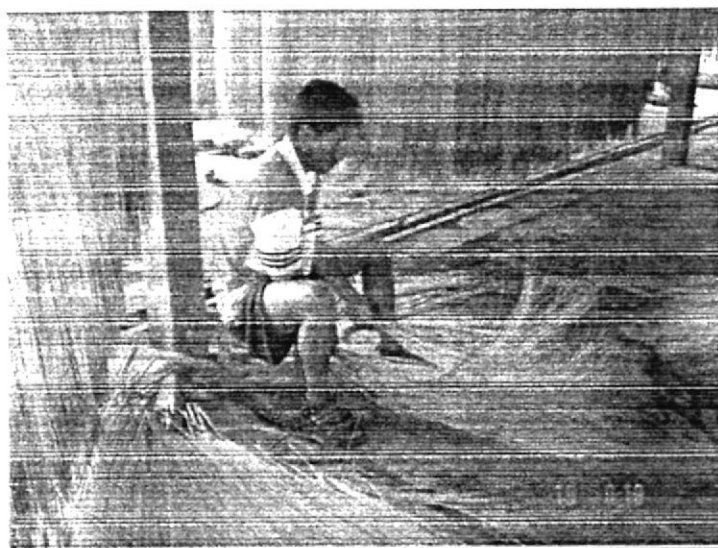
Por lo general, en cada pailada se cocinan 4.5 ochos (tamaño de lote), aunque este es variable según la disponibilidad de paja desafanada y la capacidad adquisitiva del procesador. Al iniciarse un turno de cocinado, se debe esperar hasta que el agua en la paila alcance el punto de ebullición, posterior a esto se introduce la paja por reales y se deja cocinar por un tiempo que varía entre 30 y 45 minutos.



4. **Secado:** Una vez cocinada, la paja es sacada de la paila y colocada en una mesa para que escurra el agua y pierda calor. Después de algunos minutos es transportada en carretilla hasta el área de tendido en donde es colgada sin desatar los reales para que continúen escurriendo el agua. Aproximadamente media hora más tarde, los reales de paja son sacudidos, desamarrados y tendidos hasta que se sequen (dentro de la planta, existen alrededor de 685 metros de cordel, con una capacidad aproximada de 70 ochos de paja) . Cada cierto tiempo las personas deben sacudir y despegar las hojas de los cogollos que se hayan adherido por la humedad. Esta es la operación más larga y puede durar de 30 a 72 horas dependiendo de las condiciones climáticas. En verano la paja tarde alrededor de 3 días en secarse pudiendo prolongarse este tiempo en función de la frecuencia de lluvias, esto hace que la paja se torne verde por la aparición de un hongo, por lo que debe ser calentada en las brasas para acelerar el secado ó sahumada para blanquearla, aumentando la carga de trabajo del cocinero y reduciendo la productividad de la planta.



- 5. Clasificación y Embalado:** Una vez que el producto está seco, se clasifica separando los cogollos que tengan un longitud menor a 60 cm, los que no hayan obtenido el color adecuado y los que tengan las puntas deterioradas (estos son vendidos a un precio de \$2 por ocho); luego se los amarra en tongos que son unidades de 96 cogollos, al tener 10 tongos se forma un tercio, tres tercios conforman un bulto (27 ochos de paja) que es vendido en Cuenca a un precio de \$95.



En el anexo 1 se puede apreciar el diagrama de flujo de proceso y en el anexo 2 se encuentra el diagrama de flujo funcional. Estos dos diagramas ayudan a la comprensión del proceso.



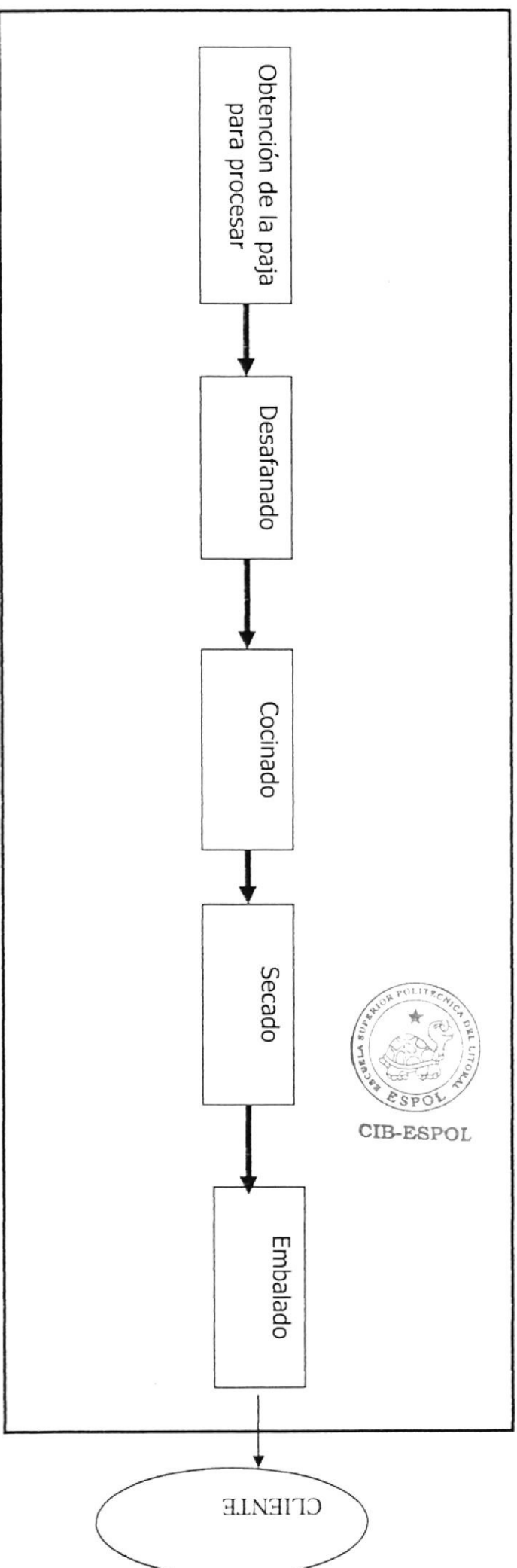


Figura 1: Macroproceso Elaboración de Paja Toquilla

DATOS RECOLECTADOS

Los datos recolectados en esta primera etapa fueron de las operaciones de desafanado y cocinado. En las tablas presentadas a continuación se muestran los datos tomados que permitieron realizar un análisis preliminar de estas operaciones.

Desafanado

DESAFANADO						
Actividad	Observaciones (min/ocho)					Promedio (min/ocho)
	1	2	3	4	5	
Sacado de corteza (venas exteriores)			20	39	42	33,67
Espinado			38	29	89	52,00
Sacado de venas			52	37	96	61,67
Tiempo total (min)			113	109	227	
Tiempo de desafanado por ocho de paja (min)	76*	82*	84**	86**	177**	101,00

* Tiempo de trabajo de una persona para un ocho de paja.

** No equivale a la suma de los tiempos de las operaciones unitarias debido a que estas son realizadas de manera simultánea por dos personas.

Como se puede apreciar en la Tabla 2, los tiempos de proceso varían según la habilidad de los desafanadores. Por esto, en la siguiente etapa del estudio se realizará un estudio de tiempos y movimientos a las personas que procesan mayor cantidad de paja para determinar el método de trabajo más eficiente.



CIB-ESPOL

Cocinado

COCINADO					
Actividad	Observaciones (min)				Promedio (min/ocho)
	1	2	3	4	
Tiempo transcurrido desde el prendido del horno hasta que el agua hierve	58	73	75	56	65,50
Tiempo de llenado (introducir paja)	6	7	6	4	5,75
Tiempo de cocinado	45	46	45	40	44,00
Sacado de paja cocinada y llenado con segunda pailada	9	7	10	15	10,25
Tiempo de cocinado	39	40	35	43	39,25
Sacado de paja cocinada y llenado con tercera pailada	11	9	8	10	9,50
Tiempo de cocinado	35	39	42	27	35,75
Sacado de paja cocinada y llenado con cuarta pailada	0	9	8	12	7,25
Tiempo de cocinado	0	35	36	24	23,75
Sacado de paja cocinada	0	6	6	8	5,00
Tiempo Total	203	271	271	239	246,00

En la tabla están reflejados los tiempos para cada actividad de cocinado, definiendo como un ciclo al trabajo realizado por un cocinero desde el encendido del horno hasta el retiro de la paja cocinada en la última pailada que este realice (por lo general 4). Una pailada se denomina al total de paja cocinada a la vez en la paila (tamaño de lote) esto es, 4,5 ochos de paja.

COSTOS

		COSTO (\$/OCHO)	
PROCESO	OPERACIONES	Caso 1	Caso 2
OBTENCIÓN DE PAJA	Cosecha de paja en la montaña (MO)	2,040	0,094
	Alquiler de mula para carga / compra de paja	0,200	1,250
	Transporte	0,500	0,500
DESAFANADO DE PAJA	Desvenado, espinado y sacado (MO)	0,350	0,350
TRANSPORTE HASTA LA PLANTA	Transporte de la paja desafanada a la planta	0,024	0,024
COCINADO	Preparación (MO)	0,425	0,425
	Encender el horno (leña)	0,080	0,080
	Llenado de la paila con agua (aprox. 48 gl)	0,010	0,010
	Cocinado	0,142	0,142
SECADO	Escurreo, tendido, sacudido y despegado (MO)	0,189	0,189
EMBALADO	Clasificado	0,126	0,126
VENTA	Transporte	0,370	0,370
	Venta	0,370	0,370
COSTO TOTAL DE PROCESAMIENTO DE UN OCHO DE PAJA		4,826	3,931
PRECIO DE VENTA POR OCHO		3,519	3,519
UTILIDAD		-1,308	-0,412

0.85 USD por hora hombre, 120 USD mensuales

Caso 1: El procesador cosecha la paja toquilla

Caso 2: El procesador compra la paja toquilla en uno de los pueblos cercanos

Como podemos observar en la Tabla 1, los mayores costos se dan en la extracción de la paja toquilla, transporte de la paja desde la montaña hasta la comuna, el transporte a los puntos de venta y, la venta de paja toquilla. Otro costo significativo es el de la leña utilizada para cocinar la paja, debido a que, además del costo de transporte de la misma, debe sumarse el costo ambiental que genera la extracción de la misma, costo que afecta a la comuna en su totalidad.

ANÁLISIS DEL PROCESO

En esta sección se realizará el análisis de cada operación resaltando los problemas encontrados y las alternativas de solución propuestas.

Extracción

Proceso que demanda gran cantidad de mano de obra y tiempo. Se requieren entre 5 y 6 horas de viaje de ida y vuelta para cosechar la paja, de estas sólo tres son en carro, el resto son recorridas a pie y mula.

Desafanado

Problemas detectados

- El método para desafanar un ocho varía de acuerdo a la persona que desafana.
- Condiciones de trabajo deficientes.
- Las personas interrumpen su trabajo con actividades domésticas

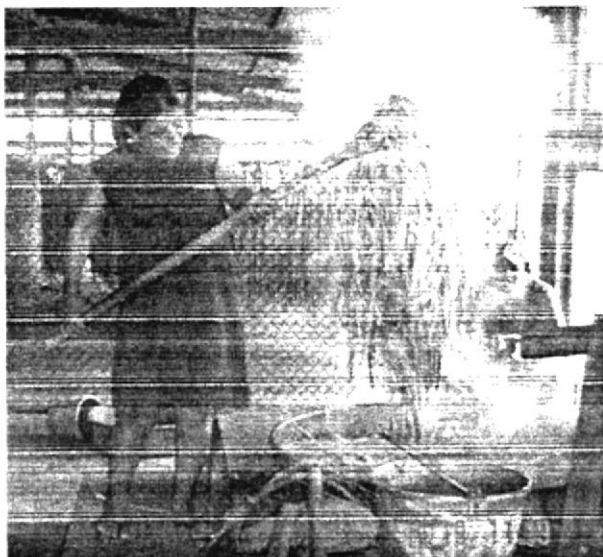
Alternativas de Solución

- Determinar el mejor método para el desafanado y estandarizarlo.
- Establecer un método de control de calidad.

Cocinado

Problemas detectados

- No existe un estándar de utilización del agua.
- Tiempos variables para retirar la paja de la paila.
- Esfuerzo físico excesivo para las operaciones de vaciado y llenado de la paila así como la carga y descarga del mismo.
- Esfuerzo físico excesivo para el transporte y corte de la leña.
- Consumo elevado de leña.
- Demora en el encendido de la leña por no utilizar combustible.
- No utilizan las facilidades disponibles: tapa de la paila, válvula de la chimenea.
- Condiciones y acciones inseguras durante el vaciado de la paila y llenado de la misma.
- Existen fugas de gases calientes desde el horno entre la paila y la plancha metálica.





CIB-ESPOL

Alternativas de solución

- Determinación de condiciones óptimas para el cocinado: cantidad de agua, de leña, tiempo de cocción.
- Utilización de sifón o bomba manual para el vaciado y llenado de la paila.
- Utilizar el teclé para cargar y descargar la paja de la paila, para esto, la paja después de desafanada deberá ser embalada por ocho.
- Establecer un almacén de leña en el que esta sea cortada y almacenada previo a su uso. Este almacén deberá situarse dentro de la planta o cerca de ella.
- Elaborar un manual de utilización del horno y un manual de cocina.
- Elaborar un manual de seguridad industrial para el trabajo en la planta.
- Sellar las fugas de gases calientes desde el horno.
- Renovar las herramientas que se utilizarán con el proceso mejorado.
- Realizar un análisis de las aguas residuales para determinar su potencial de reutilización o uso alternativo.



CIB-ESPOL

Secado

Problemas Detectados

- Tiempos de secados superiores al requerido.
- Mala disposición de los cordeles, esto crea una "cortina" que detiene el flujo de aire a la planta.
- El desorden en el área de secado no permite aprovechar el espacio disponible.

Alternativas de solución

- Estandarizar el tiempo de secado.
- Redistribución de los cordeles.
- Diseñar un sistema de secado acelerado con la utilización de ventiladores o invernaderos.

Conclusiones

Para la segunda fase del proyecto se plantea la realización de dos estudios independientes: la mejora de procesos y el estudio de mercados.

Para mejorar el proceso se realizarán pruebas de las diferentes alternativas de mejora propuestas y se analizarán los resultados con la ayuda del diseño de experimentos.

Al incrementar la eficiencia de los procesos de cocinado y secado, se reducirá la utilización de horas/hombre en el procesamiento de paja, lo que dará mayor disponibilidad de tiempo para las personas, el mismo que podrán dedicar a otras actividades que les generen importantes recursos económicos, tales como la elaboración y comercialización de artesanías de paja toquilla.

APÉNDICE 2



CIB-ESPOL

PROYECTO DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PRODESAMIENTO DE PAJA TOQUILLA

Informe de la Fase 2

1. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS.

A continuación se presentan los resultados de los estudios realizados durante la fase 2 del proyecto:

1.1 DESAFANADO

Para el estudio del proceso de desafanado se realizó un Estudio de Movimientos del proceso a cinco desafanadores, con un total de 3 observaciones por cada uno¹. De las observaciones realizadas podemos concluir que:

- Las desafanadoras no tienen un horario de trabajo fijo. Por lo general comienzan a trabajar desde las 7:30 hasta las 11:00, luego dedican aproximadamente 3 horas para cocinar y almorzar; posterior a esto continúan desafanando desde las 14:00 hasta las 18:00pm, luego realizan sus actividades domésticas por dos horas más y, en muy pocas ocasiones continúan trabajando por la noche.
- El método que emplean las personas que desafanan es muy parecido. Existen ciertas variaciones que dependen de las características de los cogollos (grosor, largo) y de la fuerza de la desafanadora para el sacado (arrancado de las venas).
- Existe una persona que desafina con mayor velocidad (ver Tabla 1). Esto se debe a que es muy hábil para manipular la paja toquilla, tiene fuerza en las manos lo que le permite espinar fácilmente, se concentra en lo que hace y no tiene muchas distracciones como los demás, le gusta trabajar rápido para procesar mayor cantidad de paja y aumentar sus ganancias.

Operación	Flérida	Isabel	Sara	Francisco	Enedina
Desvenado	17'31"	12'39"	15'34"	17'30"	23'25"
Espinado	26'13"	16'54"	21'36"	26'15"	35'43"
Sacado	28'09"	20'26"	25'32"	23'52"	41'07"
Tiempo total	71'53"	49'19"	62'02"	67'37"	99'75"



CIB-ESPOL

Tabla 1.- TIEMPOS PROMEDIO DE DESAFANADO

- Las desafanadoras ejecutan movimientos de los brazos fuera del área de trabajo (distancia mayor que el largo del brazo con los codos pegados al cuerpo), lo que reduce la efectividad de los mismos. Esto se debe a que el sitio de trabajo no está organizado correctamente.

¹ Número de observaciones mínimas recomendadas para actividades de duración mayor de 40 minutos. Información tomada de Time Study Manual de los Erie Works en General Electric Company.

- Las desafanadoras ejecutan movimientos de los brazos fuera del área de trabajo (distancia mayor que el largo del brazo con los codos pegados al cuerpo), lo que reduce la efectividad de los mismos. Esto se debe a que el sitio de trabajo no está organizado correctamente.
- Las desafanadoras en su mayoría se quejan de constantes dolores de espalda y cuello; esto se debe a que no tienen un asiento cómodo para este tipo de trabajo - algunas se sientan sobre una tabla en el suelo, en sillas plásticas para niños o adultos; estas últimas se demoran más en agacharse y tomar los paquetes de paja del piso. Una estación de trabajo para las desafanadoras debería incluir: estanterías a la derecha y a la izquierda, asiento bajo (entre 25 y 35 cm. de alto), respaldo de tejido fresco y soportes para los codos.
- El movimiento de las manos es adecuado, ya que ambas manos trabajan al mismo tiempo en direcciones simétricas al cuerpo; pero si el sitio de trabajo estuviese mejor organizado y diseñado, esto es, localizar herramientas y materiales dentro del área de trabajo, el tiempo de los movimientos que ejecutan las manos sería menor.
- Desamarrar los ochos de paja antes de empezar el desafanado reduciría el esfuerzo requerido para tomar un paquete de cogollos y el tiempo de esta actividad.
- No hay un horario ni sitio de trabajo definido. Fijar un horario de trabajo libre de distracciones haría que cada desafanadora tenga un estándar de producción diario.
- Las condiciones de trabajo y ambientales no son apropiadas, la falta de ventilación en las casas de las desafanadoras les produce fatiga. La falta de iluminación genera cansancio visual. Aquellas desafanadoras que trabajan sentadas en el suelo, están expuestas a enfermedades a la piel, debido a que este lugar es compartido con los animales domésticos, que en su mayoría tienen enfermedades.

1.2 COCCIÓN

El estudio realizado en el proceso de cocción de la paja tuvo como objetivo determinar la cantidad de recursos (leña, tiempo, mano de obra) requerida para el proceso de cocción de la paja toquilla.

De este estudio se obtuvieron intervalos de confianza para la cantidad de recursos consumidos por los procesadores de paja. Esto es:

Carga	Calentamiento (min.)	Cocción (min.)	Paja (Kg.)	Leña (Kg.)	Relación Leña/Paja
1	99	32	87,5	81,0	0,93
2	53	36	88,0	63,0	0,72
3	42	42	81,5	49,0	0,60
4	67	30	80,0	69,0	0,86
5	77	32	75,5	51,0	0,68

Tabla 2.- RESUMEN DE COCCIONES CON HORNO FRÍO²

² Cuando el horno no ha sido utilizado antes en el día.

Para el horno frío se encontró con un intervalo de confianza³ del 95% que la cantidad de leña requerida para cocinar 1 Kg. de paja fluctúa entre 0,6 y 0,9 Kg.

Para las cocciones de paja con el horno caliente tenemos:

Cocinada	Calentamiento (min.)	Cocción (min.)	Paja (Kg.)	Leña (Kg.)	Relación Leña/Paja
1	55	90	96,0	27,5	0,29
2	0	49	63,0	7,0	0,11
3	25	75	75,5	17,0	0,23
4	68	49	105,0	51,0	0,49
5	29	79	92,0	26,0	0,28
6	8	104	162,0	18,5	0,11
7	27	66	130,0	28,5	0,22
8	57	71	88,0	26,0	0,3
9	0	87	133,0	22,0	0,17
10	52	80	234,5	57,0	0,24
11	1	33	38,0	5,5	0,14
12	74	124	191,8	50,5	0,26
13	20	110	245,9	36,5	0,15
14	1	91	202,9	37,5	0,18
15	86	120	255,5	55,0	0,22
16	31	66	157,0	57,0	0,36
17	28	92	90,0	21,0	0,23
18	0	39	46,5	8,5	0,18
Promedio	31,22	79,17	133,70	30,67	0,23

Tabla 3.- RESUMEN DE COCCIONES CON HORNO CALIENTE

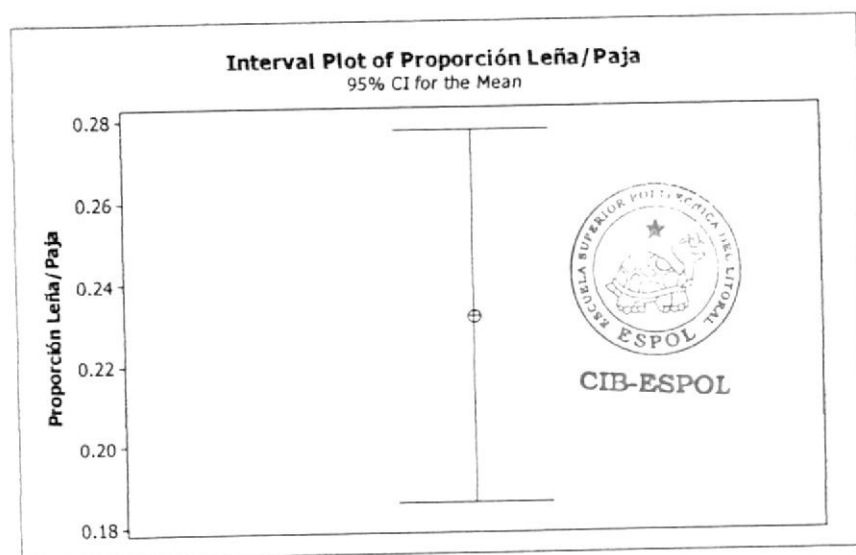


Figura 1.- INTERVALO DE CONFIANZA PARA EL CONSUMO DE LEÑA

Puede observarse que el intervalo de confianza³ para la cantidad de leña requerida cuando el horno ya está caliente se encuentra entre 0,18 y 0,28 Kg. por 1 Kg. de paja.

³ Intervalo de confianza para la media con varianza desconocida.

Estos valores referentes al consumo de la leña **no son valores óptimos**, pero constituyen un registro del actual consumo de recursos.

El intervalo de confianza aquí definido nos servirá para estandarizar la utilización de leña y; posteriormente, compararlo con un registro del consumo una vez que se hayan introducido las mejoras al horno (proyecto en ejecución).

1.3 SECADO

El estudio realizado al proceso de secado de la paja toquilla tuvo como objetivo determinar las condiciones que afectan el tiempo de secado de la paja y la calidad de la misma. Para esto se realizaron dos experimentos diseñados para medir la incidencia de diferentes factores en las variables estudiadas (tiempo de secado y calidad).

Experimento 1

El Diseño que se empleó en este experimento fue el de Bloques Aleatorios, que contempla la interacción entre factores y bloques. Gráficamente puede ser apreciado de la siguiente manera:

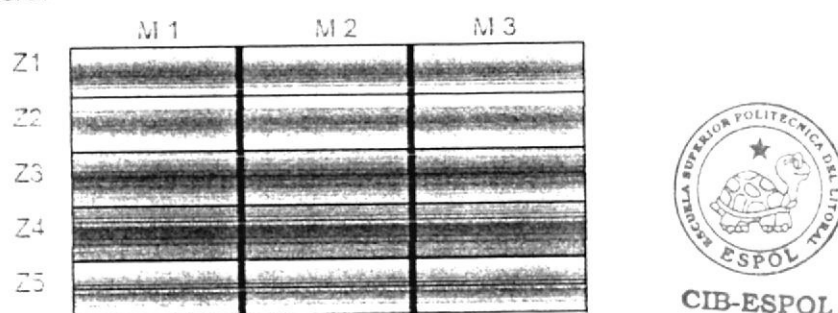


Figura 2.- DISEÑO DE BLOQUES ALEATORIOS.

en este, los factores están determinados por las zonas de secado que son:

- Z1 Cordeles paralelos a la dirección del viento dentro de la planta;
- Z2 Cordeles perpendiculares a la dirección del viento dentro de la planta;
- Z3 Cámara de secado (invernadero);
- Z4 Cordeles paralelos a la dirección del viento generado por un ventilador;
- Z5 Zona aleatoria "de control".

Los bloques corresponden a los momentos en que la paja era colgada, esto con el fin de que la variación originada por este último factor no se combinara con la variación originada por la zona de secado, esto es:

- M1: Tendido en la mañana del día 1;
- M2: Tendido al final de la tarde del día 1;
- M3: Tendido en la mañana del día 2.

El Análisis de Bloques Aleatorios determinó que el valor P^4 obtenido para el factor zonas de secado es de 0,003; lo que significa que dicho factor influye en el tiempo de secado de la paja. El tiempo promedio que le tomó a la paja secarse en cada zona puede ser apreciado en el siguiente gráfico:

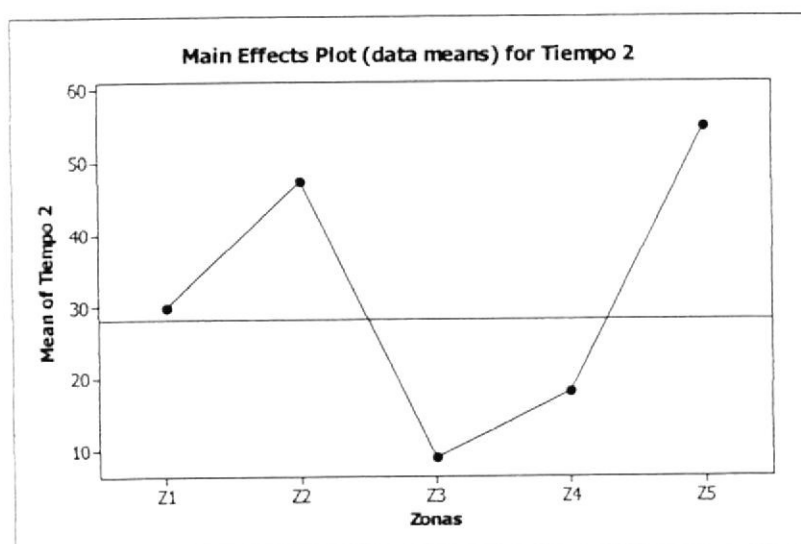


Figura 3.- TIEMPOS PROMEDIO DE SECADO POR ZONA

De la Figura 3 podemos concluir que:

- En Z3 (Cámara de Secado) se obtuvo el menor tiempo de secado con 10 horas.
- El segundo menor tiempo fue obtenido en Z4 (cordeles paralelos a la dirección del viento generado por un ventilador) con 18 horas.
- En Z1 (cordeles paralelos a la dirección del viento) se obtiene un tiempo de secado de 30 horas, significativamente menor que en Z2 y Z5.

Como observación sobre la **calidad** de la paja tenemos que en la paja secada en Z2 se desarrollaron hongos (manchas de coloración verde) después de 24 horas de tendida.

En base a los resultados de este experimento, se decidió elaborar un nuevo experimento considerando factores adicionales.

Experimento 2

Para este segundo experimento se empleó un Diseño de Parcelas Subdivididas⁶ el cual gráficamente puede apreciarse a continuación:



⁴ Probabilidad de que el factor no influya en la variable de respuesta (en este caso el tiempo de secado).

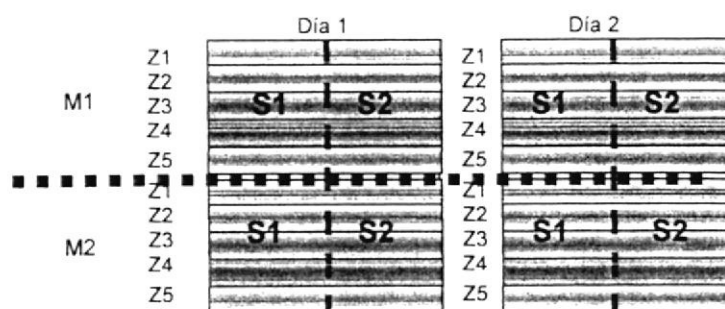


Figura 4.- DISEÑO DE PARCELAS SUBDIVIDIDAS.

- En este caso los bloques fueron los días en que se desarrolló el experimento (Día 1 y Día 2).
- Las parcelas corresponden a los dos momentos en que se colgó la paja, esto es:
 - M1: en la Mañana y;
 - M2: al Final de la Tarde.
- Las subparcelas corresponden a las 5 Zonas de Secado:
 - Z1 Cordeles paralelos a la dirección del viento dentro de la planta;
 - Z2 Cordeles paralelos a la dirección del viento generado por un ventilador;
 - Z3 Cámara de secado (invernadero);
 - Z4 Proceso mixto, secado frente al ventilador y posteriormente dentro de la Cámara de Secado.
 - Z5 Zona techada en frente de la planta.
- Las subdivisiones de las parcelas las constituyen dos diferentes actividades realizadas durante el secado:
 - S1: Sacudido tradicional y;
 - S2: Sacudido individual o por cogollo.

Como se podrá apreciar, este experimento es más robusto que el anterior. Los resultados arrojados por el Experimento 2 son:

Los factores Día y Zonas, así como las interacciones Momento-Zonas (momento de tendido y zona de tendido) y Momento-Día (momento de tendido en cada día), presenten un valor P menor que 0,1; es decir, tienen significativa incidencia en el tiempo de secado.

La interacción Momento-Zona, refleja por otro lado una importante relación entre el momento en el que se tiende la paja y la zona en la que es tendido, gráficamente esto puede verse en la Figura 5:



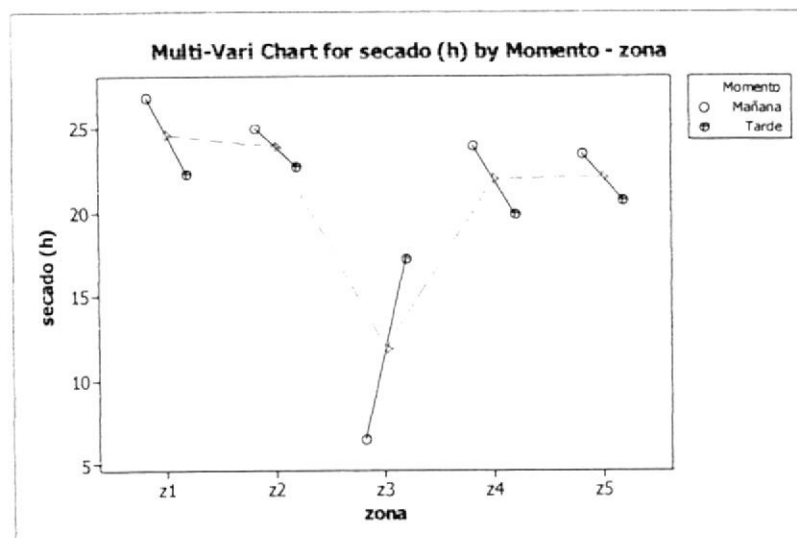


Figura 5.- GRÁFICA MULTIVARIABLE PARA EL SECADO, MOMENTO-ZONA.

Se puede apreciar una mejora significativa en el tiempo de secado en la Zona 3 (Cámara de secado) cuando la paja es tendida en la mañana. Esto se debe a que durante este momento del día las temperaturas dentro de la cámara pueden llegar a 40°C , lo que contribuye en gran medida al secado acelerado. Por otro lado, las demás zonas obtienen una mejora aunque no tan contundente cuando la paja es tendida en la tarde, esto podría deberse a que las demás zonas están expuestas viento, cuya velocidad se incrementa al caer la tarde.

Las diferencias en el tiempo de secado representadas por la interacción Momento-Día corresponden a la diferencia de las condiciones ambientales entre los días 1 y 2.

La Zona escogida para tender la paja es definitivamente influyente sobre el tiempo de secado de esta. El tiempo promedio de secado para cada una de las zonas puede verse a continuación:

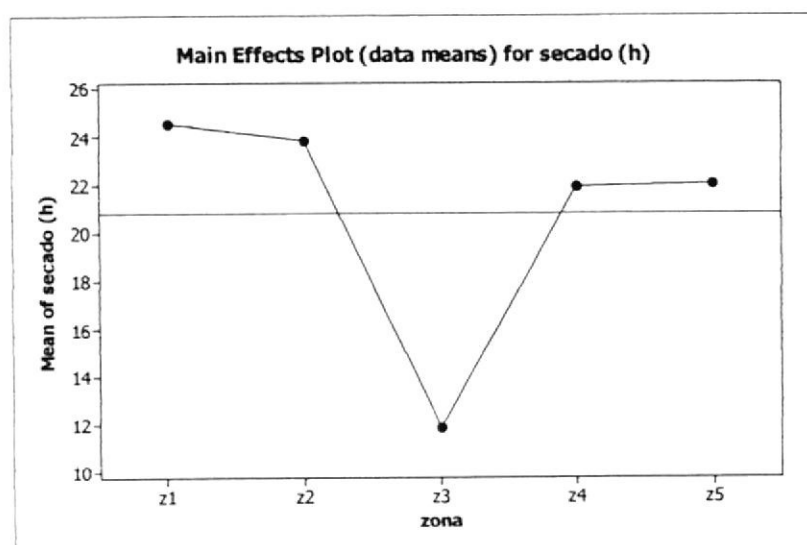


Figura 6.- GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA EL TIEMPO DE SECADO.

Los tiempos de secado registrados por zonas en los dos experimentos se resumen a continuación:

ZONAS DE SECADO	EXP 1 (h)	EXP 2 (h)
Cordeles paralelos a la dirección del viento.	30	25
Cordeles perpendiculares a la dirección del viento	50	...
Cámara de secado (invernadero)	10	11
Cordeles paralelos a la dirección del viento (ventilador)	18	24
Zona techada en frente de la planta	...	22
Proceso mixto: ventilador-cámara de secado	...	21



Tabla 4.- TIEMPOS PROMEDIO DE SECADO OBTENIDOS EN LOS EXPERIMENTOS 1 Y 2.

De la Tabla 4 podemos concluir que los resultados obtenidos entre los dos experimentos son consistentes.

De la calidad de la paja

La paja seca obtenida en ambos experimentos fue mostrada a los compradores de Azogues y Sigüig, ambos coincidieron en que esta es de buena calidad con excepción de unos cogollos que presentaban una tonalidad marrón (paja colorada); esta corresponde a las muestras secadas en la cámara de secado (invernadero). Esta paja puede ser tinturada previamente a su utilización, pero no puede ser blanqueada mediante el sahumado. Dado que la paja blanca para sahumar es la demandada en mayor cantidad se recomienda realizar un experimento que permita identificar el material y el color necesarios para la construcción de una cámara de secado que no afecte la calidad de la paja.

2. MEJORAS PROPUESTAS

Como resultado de los estudios realizados en la Fase 2 del proyecto, se proponen a continuación actividades que de ser acogidas por la comunidad van a dar como resultado el aumento de la productividad en el procesamiento de la paja toquilla, entendiendo esto como la reducción de los recursos empleados para mantener el nivel de producción actual y, el consiguiente aumento en la ganancia de los procesadores.

A continuación se detallarán las mejoras propuestas por subproceso:

2.1 DESAFANADO

Las mejoras propuestas para esta operación tienen como objetivo la reducción del tiempo dedicado a esta labor, lo que permitirá:

- Aumentar la cantidad de ochos de paja desafanados por día con el consecuente aumento en los ingresos.
- Reducir la carga diaria de trabajo para que las desafanadoras dispongan de más tiempo para dedicar a su hogar u otras actividades que les generen ingresos.

Las actividades propuestas son:

1. Realizar un taller en el que se muestre a las desafanadoras los beneficios que obtendrían al realizar esta actividad según los parámetros de la desafanadora más veloz (ver Tabla 1).
2. Estudio para el diseño de una estación de trabajo para las desafanadoras.

2.2 COCCIÓN

Las mejoras propuestas para esta operación tienen como objetivo la reducción de la utilización de recursos para este proceso, lo que permitirá:

- Disminuir el consumo de recursos escasos tales como el agua y la leña, y la consecuente disminución de los costos.
- Aumentar la cantidad de paja procesada por día.
- Disminuir el impacto de esta actividad sobre el medio ambiente.

Las actividades propuestas son:

3. Se propone la ampliación del estudio desarrollado por el Ing. Zabala (rediseño de los hornos con quemadores de gas licuado de petróleo), previo a su implantación, lo que permitirá:
 - reducción del tiempo de cocción;
 - disminución del costo de combustible;
 - disminución de la carga de trabajo para la obtención de leña;
 - disminución de la depredación de los bosques aledaños a la comuna.
4. Se debe considerarse la cocción de lotes completos, esto es, pailadas de 4,5 ochos de paja, lo que permite optimizar la utilización de los recursos (leña, agua, horas hombre). Esto puede lograrse mediante la colaboración entre los procesadores –se da de manera espontánea algunas ocasiones, en otras no ocurre.

2.3 SECADO

Las mejoras propuestas para este proceso tienen como objetivo disminuir el tiempo de secado, lo que permitirá:

- Aumentar la capacidad de secado de la planta.
- Asegurar la calidad óptima de la paja.

Para mejorar la productividad de este proceso se plantean las siguientes alternativas:

5. Colocar todos los cordeles dentro de la planta paralelamente a la dirección del viento, lo que brindaría un tiempo de secado entre 25 y 30 horas; y requiere una muy baja inversión -el monto está constituido por la compra de 705 m de cuerda para cordeles y las cañas para colocarlos.
6. Adicionalmente puede adquirirse 296m² de plástico para ser colocado a manera de techo a 50 cm por encima del nivel de los cordeles, lo que propiciará el aumento de la temperatura, el direccionamiento de las corrientes naturales de aire y el incremento de la velocidad de este dentro de la planta; formando una cámara de secado. **Esto puede apreciarse gráficamente en el Anexo 11**

7. Se plantea además la posibilidad de colocar sopladores industriales (como el utilizado en los experimentos) para incrementar aún más el caudal de aire dentro de la planta, lo que ocasionaría un secado más rápido.

En estas tres alternativas que pueden ser empleadas en conjunto, se resumen las características que, según los experimentos realizados; propician el secado rápido. Sin embargo el efecto conjunto de estas tres alternativas no ha sido medido.

2.4 DE LA ORGANIZACIÓN

Las propuestas a continuación tienen como objetivo mejorar la organización del Centro Artesanal de manera que funcione como una unidad procesadora capaz de asumir los desafíos del mercado con éxito y con responsabilidad social y ambiental, lo que le permitirá ser gestora del desarrollo de la comunidad a la que pertenece.

Para esto debe considerarse:

- ✓ Desarrollar un estudio de factibilidad para la creación de una microempresa procesadora de paja toquilla, esto le permitirá:
 - Desarrollar economías de escala en la adquisición de los insumos tales como: paja toquilla, leña, gas, y azufre (33% del costo asociados al procesamiento de paja toquilla); y los costos de venta de la misma (10,5 % del valor comercial).
 - Acceder a créditos por montos importantes que le permitan realizar inversiones en equipamiento de la planta, mejora de las condiciones de trabajo, vehículo para transporte y venta de la paja así como para la recolección de las cosechas de la misma (que representa actualmente el 22% del valor comercial de la paja); así como capacitación de sus miembros y futuros socios.
 - Concentrar el conocimiento ancestral del manejo de la paja toquilla y enriquecerse del mismo.
- ✓ Conseguir financiamiento para el desarrollo de nuevos productos a base de paja toquilla, su producción y comercialización, lo que aparte de incrementar la demanda de paja para los productores, incrementará también la disponibilidad de plazas de trabajo y el nivel de preparación técnica requerida del personal, fomentando de esta manera el desarrollo de la comunidad.
- ✓ Alianzas estratégicas e integración vertical con otras organizaciones cuya actividad se basa en el procesamiento de paja toquilla (productores artesanales, centros de diseño de modas, organizaciones de comercio justo, exportadores y otros), a fin de captar un mayor porcentaje del precio final de los artículos elaborados con paja toquilla y reducir la participación de comerciantes e intermediarios.
- ✓ Elaborar una Línea de Base de la comuna, que permita conocer la situación actual de sus miembros, su nivel de escolaridad y habilidades, para en función de los requerimientos del nivel de organización que se consiga (microempresa, alianzas, convenios) determinar quienes pueden aprovechar mejor una capacitación planificada.
- ✓ Una vez integrada una organización procesadora y comercializadora de paja toquilla, deben definirse políticas que le permitan generar una real diferencia de un modelo tradicional de negocios, esto es: Distribución equitativa de los ingresos

obtenidos, es decir, que los socios en cada paso del procesamiento -productores, desafanadores, cocineros y otros que se integren como artesanos y diseñadores, sean también partícipes de la mejora en los ingresos que se obtenga; esto fomentará el desarrollo equitativo de la comunidad, y la fidelización de estos hacia la organización lograda, lo cual es de vital importancia si se considera que pueden surgir otros modelos parecidos de operación que capten los recursos requeridos por el Centro Artesanal.

BIBLIOGRAFÍA

- **“Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura”**; Thomas Little y Jackson Hills; Editorial TRILLAS.
- **“Design and Análisis of Experiments”**; Douglas Montgomery, Editorial John Wiley & Sons Inc., 5ta Edición.
-
- **“Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo”**; Nievel y Freivalds, Editorial Alfaomega, 10ma Edición.
-
- **“Probabilidad y Estadística para Ingenieros de Millar y Freund”**; Richard Jonson; Editorial Prentice Hall, 5ta Edición.

APÉNDICE 3

PROYECTO PAJA TOQUILLA COMUNA BARCELONA

INVESTIGACIÓN DE MERCADOS

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA/OPORTUNIDADES

En la comuna Barcelona en el cantón Santa Elena, existe una planta de procesamiento de Paja Toquilla administrada por un grupo de habitantes organizados en el "Centro Artesanal de Procesadoras de Paja Toquilla." El total de su producción es actualmente vendido en la sierra ecuatoriana y es el ingreso económico de varias familias involucradas en las diferentes fases del proceso. La percepción que tiene el grupo es que a pesar del gran esfuerzo que realizan, las ganancias que obtienen son casi nulas; la situación real es más alarmante, pues según resultados obtenidos en el estudio de la Coordinación de IAPI, las pérdidas son mayores puesto que desestiman su mano de obra dentro de los gastos.

Por lo expuesto anteriormente este proyecto busca mejorar el ingreso de la comuna por varias vías. La primera de ellas consiste en ampliar los mercados potenciales para paja procesada, cuyo rendimiento productivo se ha mejorado con el estudio del IAPI. La segunda vía es determinar una diversidad de artículos comerciables que puedan ser elaborados por los miembros de la comuna, para agregar valor a la producción de paja, de tal manera se cree un círculo productivo que culmine con la comercialización del producto terminado tanto en el mercado nacional como internacional.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN



CIB-ESPOL

OBJETIVO GENERAL

Realizar una investigación de mercados para determinar clientes potenciales para la paja toquilla procesada y para artículos eventualmente elaborados por miembros del Centro Artesanal de la comuna Barcelona.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer características de la paja toquilla procesada según necesidades de los clientes.
- Definir qué artículos en paja toquilla pueden ser elaborados por los comuneros según la demanda nacional e internacional de los mismos.
- Establecer mercados potenciales tanto nacionales como extranjeros para los productos terminados.

ANÁLISIS SITUACIONAL

El 20 de junio de 1992 con 18 socios fue fundado el Centro Artesanal de Procesadoras de Paja Toquilla con gestiones del Padre Mariano de la Pastoral de la comuna, quien obtuvo apoyo de algunos países miembros de la ONU, entre ellos Canadá, Noruega y Alemania

Después de cierto tiempo el centro se quedó sin socios, porque una institución que trabajaba con ellos se llevó las ganancias de todos los miembros. La señorita Catalina Bacilo, que trabajaba en ese tiempo haciendo obra social con el sacerdote de la parroquia, vio el abandono de la planta en la que su mamá había trabajado y asumió la rehabilitación del mismo.

A través de los años el Centro Artesanal ha recibido ayuda de auspiciantes tales como Fundación Natura, institución que realizó proyectos de reforestación y mantenimiento de los toquillales; adicionalmente proporcionó el secador de plástico y el primer horno que tuvo el centro. Además realizó los trámites para la colocación de una línea telefónica que aún se encuentra activa.

Fundación Natura además contribuyó a que el Centro realice la comercialización directa de la paja, al hacer conocer a los comuneros la diferencia entre el precio que los intermediarios pagaban por la paja en Barcelona y el precio de re-venta en la zona austral. A partir de ese momento, que coincidió con el cambio de moneda en nuestro país, los miembros del Centro terminaron las relaciones con intermediarios y comenzaron a viajar a la sierra ecuatoriana a vender directamente su producto. Los viajes iniciales fueron sin ningún contacto previo pero las relaciones comerciales que establecieron las conservan hasta hoy. Recuerdan que su producto era muy apreciado y que las artesanas tenían muchas quejas por el sobreprecio que pagaban a los intermediarios. El sistema que se adoptó entonces se mantiene hasta ahora: cada miembro del centro recibe dinero según la cantidad de paja que entregue y pagan un porcentaje y comida a la persona que realiza el viaje,

FEDESOC construyó el 2do horno del Centro, que aún está en funcionamiento y coordinó el dictado de un curso de tejeduría para 15 jóvenes en el que enseñaron únicamente a rematar.

Actualmente el Centro Artesanal de Procesadoras de Paja Toquilla tiene 60 socios activos de los cuales 54 realizan aportaciones.

La directiva del Centro Artesanal de Procesadoras de Paja Toquilla está formada por:

- Sra. Mercedes Láinez, Gerente
- Sra. Esmeralda Baquerizo, Tesorera

La comuna cuenta también con un banco que tiene USD 12.000 de capital en constante rotación para préstamos a sus socios. La colaboración para aumentar ese capital es de USD 1,00 al mes y la tasa es del 4% mensual por préstamos. Para la creación del banco, los comuneros recibieron asesoramiento de la CONAMU a través de la Ing. Geoconda Páez.

Además el Centro recibe préstamos de dinero de FINCA ECUADOR a través de la sra. Lupe García.

Al momento la paja procesada en el Centro Artesanal de Barcelona ocupa un alto porcentaje del mercado del país y es el único con capacidad para producir paja en cantidades representativas, tanto por la disponibilidad de materia prima como por su organización y equipamiento. Sin embargo, debido a la economía deprimida del sector en que se encuentra su actividad, es necesario establecer oportunidades de mejorar el negocio que aseguren continuidad para el Centro y estabilidad económica para todos sus miembros.

MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

La **Ley de Fomento Artesanal**, fue creada el 15 de enero de 1965, y ha sufrido varias modificaciones a través de sendos decretos ejecutivos. Dice esta ley que "dadas las condiciones del país, es necesario que los artesanos cuenten con una Ley propia, a fin de desarrollar y fomentar la artesanía de producción, de servicios y artística".

Existe también el **Reglamento General de la Ley de Defensa del Artesano**, creado mediante Decreto Ejecutivo 1061-B, Registro Oficial 255 de 11 de Febrero de 1998, en el gobierno interino de Fabián Alarcón Rivera, basándose en la Ley de Defensa del Artesano, del Registro Oficial No. 356 de noviembre 5 de 1953, que se expidió para proteger a la clase artesanal del país.

Entre los organismos relacionados al sector artesanal se encuentran:

- **Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad (MICIP)**
Es un organismo de derecho público facultado para planificar, dirigir, controlar y ser el ejecutor de las políticas comerciales y de desarrollo del sector productivo del País. Para el cumplimiento de estos objetivos y en atención a la política institucional de descentralización, el MICIP ha establecido dependencias administrativas a nivel de subsecretarías y Direcciones en diferentes regiones y ciudades del país. La Subsecretaría Regional del MICIP en el Litoral está asentada en la ciudad de Guayaquil y su ámbito de acción cubre todo el litoral ecuatoriano ().

Son funciones de la Dirección de Pequeña Industria, Pymes, Microempresas y Artesanías del MICIP:

- Calificaciones artesanales.
- Cambios de domicilio de talleres artesanales.
- Certificaciones artesanales y microempresariales.



CIB-ESPOL

- **La Junta Nacional de Defensa del Artesano - JNDA**
Es la entidad autónoma del sector público con personería jurídica, finalidad social, patrimonio y recursos propios, con domicilio en la ciudad de Quito, Distrito

Metropolitano, encargada de administrar la Ley de Defensa del Artesano, la cual contiene un mandato expreso para diseñar y poner en práctica, el plan sectorial en términos de Política Nacional de Desarrollo Artesanal, preparado en coordinación con la Secretaría General de Planificación - SEGEPLAN, del Consejo Nacional de Desarrollo - CONADE-, e incluye la planeación y diseño de estrategias de producción y comercialización artesanal, en la perspectiva de fortalecer de manera sostenida al sector.

➤ **Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones - CORPEI**

El artículo 18 de la Ley de Comercio Exterior e Inversiones "LEXI", establece la creación de la CORPEI como persona jurídica de derecho privado, sin fines de lucro, cuya finalidad principal es promover las exportaciones ecuatorianas y atraer la inversión nacional y extranjera a los sectores productivos del país (www.corpei.org).

ENTORNO GENERAL

Según información del Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad - MICIP, en el país existen alrededor de 200.000 artesanos en todas las ramas conocidas: servicios (mecánica, carpintería, etc.), alimentos (yogurt, embutidos, etc.) y artísticas (cerámica, talladuría, bordados, etc.).

Con la finalidad de identificar los sectores más representativos de nuestro país, para su difusión nacional e internacional, el MICIP realizó el Mapa de Artesanías 2003, un estudio tentativo sobre artesanía artística en las siguientes categorías: Cuero y afines; Barro, loza y porcelana (cerámica); Joyas y artículos conexos; Cerdas y crines; Tagua y afines; Otras artesanías (bisutería); Madera, balsa y afines; Textiles y tejidos autóctonos; Fibras vegetales (sombreros de paja toquilla); y, Mármol, piedra y afines.

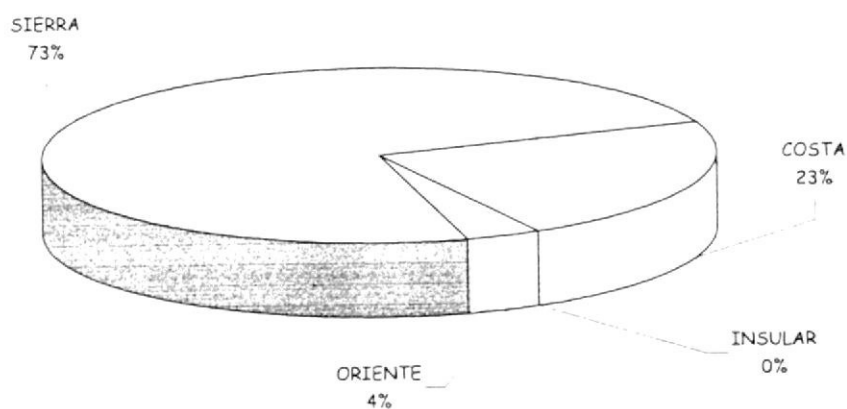
El estudio se realizó con 25.843 talleres informantes distribuidos en los 10 sectores mencionados y los datos se obtuvieron de colaboradores claves tales como: miembros de asociaciones artesanales, personas conocedoras del lugar, tenientes políticos, etc. Un taller informante se define como una o más personas, incluida o no el dueño, que realicen artesanías ya sea en lugar específico para ello o en sus hogares.

La siguiente tabla muestra la distribución de talleres por sector y por región.

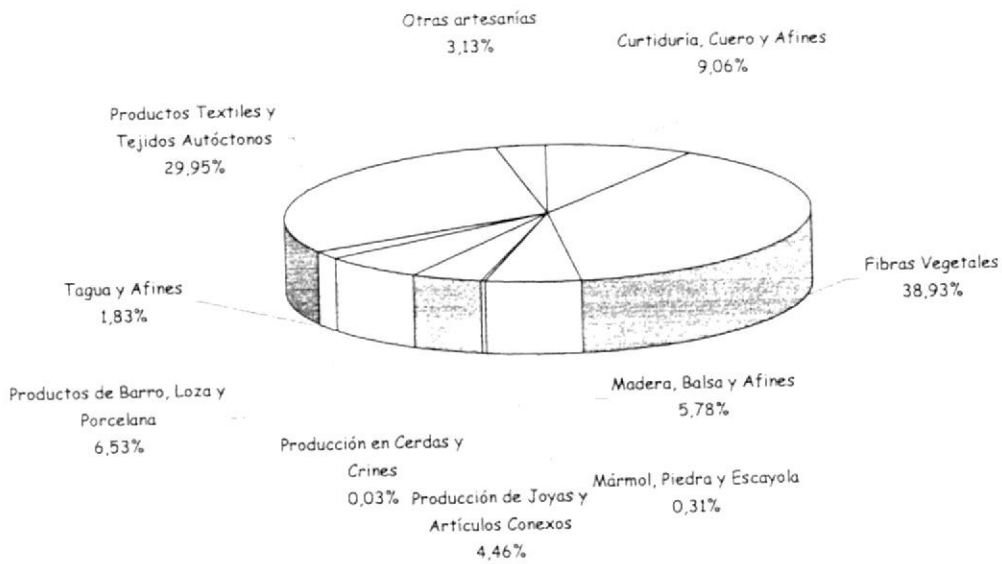
TALLERES POR REGION

Sectores	COSTA	INSULAR	ORIENTE	SIERRA	Total
Curtiduría, Cuero y Afines	40			2.302	2.342
Fibras Vegetales	3.291		87	6.682	10.060
Madera, Balsa y Afines	473		222	798	1.493
Mármol, Piedra y Escayola	10			70	80
Producción de Joyas y Artículos Conexos	337			816	1.153
Producción en Cerdas y Crines				7	7
Productos de Barro, Loza y Porcelana	1.010		76	602	1.688
Tagua y Afines	368	10	28	66	472
Productos Textiles y Tejidos Autóctonos	197	10	359	7.174	7.740
Otras artesanías	152	6	162	488	808
Total	5.878	26	934	19.005	25.843

PAÍS POR REGIONES

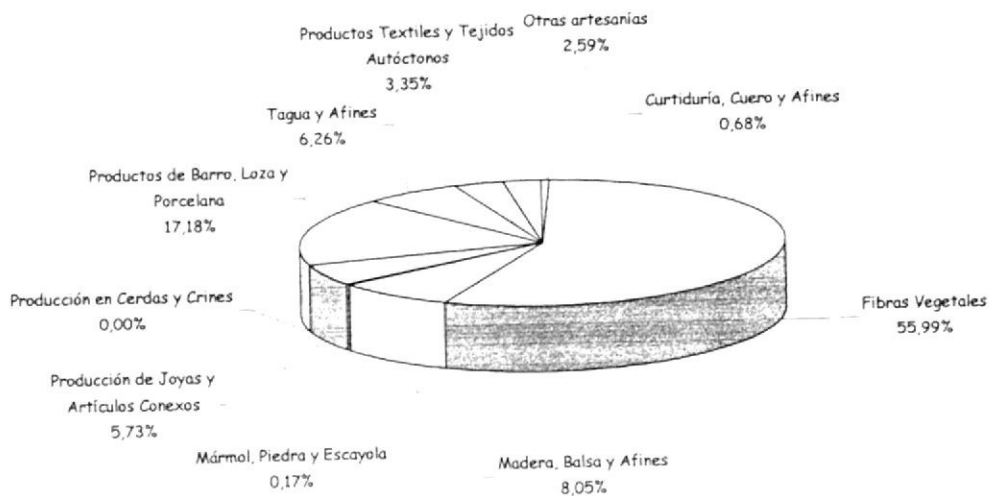


PAIS POR SECTORES

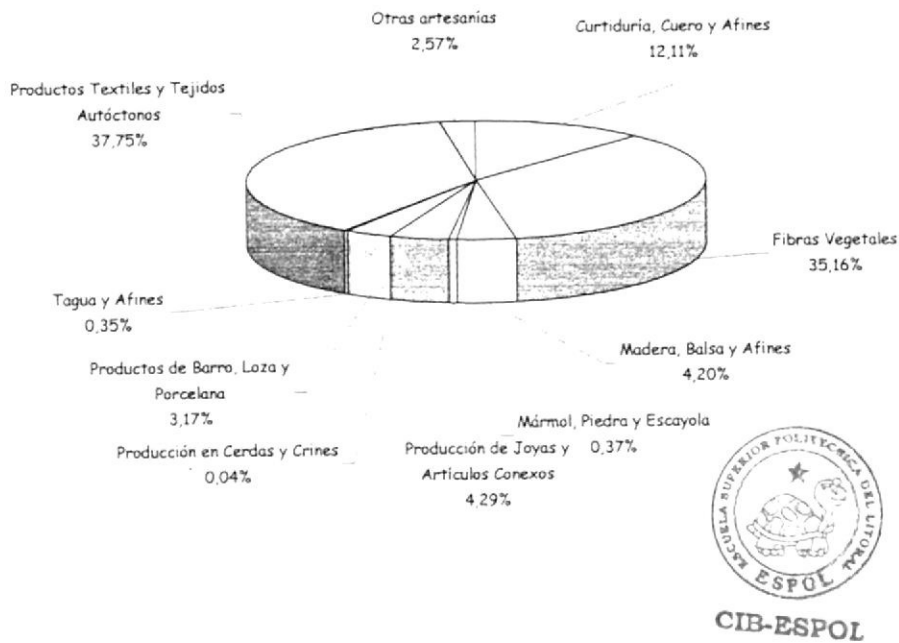


CIB-ESPOL

TALLERES EN LA COSTA



TALLERES EN LA SIERRA



El estudio abarcó 129 cantones del país en los que se investigaron 398 poblados que elaboran artesanías de toda clase. En estos cantones existen 165 poblados (incluidos parroquias, comunidades, caseríos y sus alrededores) en los que se realizan artesanías con Fibras Vegetales, con un total de 10.060 talleres informantes. Dentro del sector Fibras Vegetales se encuentran los tejidos con paja toquilla, paja mocora, cabuya, etc.

La siguiente tabla muestra los porcentajes de sitios por provincia en los que se realiza artesanías con Fibras vegetales.

Provincias	# Poblados participantes en todos los sectores artesanales	# Poblados participantes en sector Fibras Vegetales	Porcentaje correspondiente al sector Fibras Vegetales
Azuay	49	23	47%
Bolívar	5	2	40%
Cañar	48	42	88%

Chimborazo	33	10	30%
Cotopaxi	8	2	25%
Imbabura	107	12	11%
El Oro	15	2	13%
Esmeraldas	23	7	30%
Guayas	25	11	44%
Manabí	65	49	75%
Morona Santiago	11	1	9%
Napo	5	2	40%
Zamora Chinchipe	4	2	50%
Total	398	165	

El porcentaje mostrado corresponde exclusivamente a los poblados de la muestra no al total de la provincia.

De las provincias del cuadro sólo 5 tienen un porcentaje mayor al 40% de sitios en que se realizan artesanías con fibras vegetales: Azuay, Cañar, Guayas, Manabí y Zamora Chinchipe, esta última no se considera representativa debido al reducido tamaño de la muestra (4 poblados).

Los siguientes cuadros muestran el número de talleres informantes por provincia del Sector Fibras Vegetales y de este sector con especialidad en Sombreros de paja toquilla por provincia.

Talleres informantes por provincia
Sector Fibras Vegetales

Azuay	1.275
Bolívar	27
Cañar	3.841
Chimborazo	211
Cotopaxi	150
El Oro	10
Esmeraldas	1.524
Guayas	685
Imbabura	1.178
Manabí	1.072
Morona Santiago	45
Napo	25
Zamora Chinchipe	17
Total	10.060



Talleres informantes por provincia
Sector Fibras Vegetales
Especialidad Sombreros de paja toquilla

Azuay	1.195
Cañar	3.841
Guayas	545
Manabí	1.015
Total	6.596

Reduciendo el análisis a estas cuatro provincias se encuentra que en el sector Fibras Vegetales especialidad Sombreros de paja toquilla participaron 6.596 talleres informantes (en estos talleres se podrían hacer otros artículos con paja toquilla, eso no está especificado en el estudio).

Este estudio realizado por el MICIP no fue un censo sino que los resultados se basan en estimaciones. Así se determinó el número aproximado de talleres por localidades artesanales y también las asociaciones que de algún modo agrupan a los tejedores, este caso para las provincias de Azuay y Cañar, en Guayas y Manabí no se conoce agrupaciones de este tipo.

Cañar

Cantones	# aproximado de talleres / cantón
Azogues	2889
Biblián	876
Déleg	76
Total	3841

Asociaciones existentes	# aproximado de talleres que entregan a asociaciones
Asociación Carlos Pérez Perasso	726
Capizhun	450
Unión Cañari	2665
Total	3841

Azuay

Cantones	# aproximado de talleres / cantón
Chordeleg	46
Cuenca	200
Girón	100
Gualaceo	100
Sevilla de Oro	30
Sigsig	719
Total	1195

Asociaciones existentes	# aproximado de talleres que entregan a asociaciones
Ma. Auxiliadora	754
Sociedad Artesanal Tesoros del Inca	146
Unión Cañari	50
Independientes	245
Total	1195

Guayas

Cantones	# aproximado de talleres / cantón
Balzar	20
El Empalme	20
Isidro Ayora	30
Palestina	20
Pedro Carbo	30
Samborondón	5
Santa Elena	420
Total	545

Manabí

Cantones	# aproximado de talleres / cantón
Chone	50
Manta	85
Montecristi	865
Portoviejo	15
Total	1015

Mediante el estudio se pudo establecer que existen instituciones que brindan apoyo los artesanos, tales como: Ayuda en acción, Fondo Canadiense, Fondo Ecuatoriano Populorm Progresum y ciertos municipios en las provincias de Cañar y Azuay.

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Por ser la Paja Toquilla, *Carludovia palmata*, una planta que crece en zonas tropicales de suelo húmedo, las provincias de la costa y esporádicamente las del oriente son idóneas para su cultivo. Según datos del proyecto CORPEI-CBI "Expansión de la oferta exportable del Ecuador" en Guayas y Manabí se encuentra la mayor cantidad de hectáreas cultivadas y cosechadas de rampira como también se conoce a la paja toquilla localmente. A una planta de paja toquilla le toma 3 años desarrollarse por completo de ahí en adelante ofrece materia prima cada seis meces. La paja toquilla se cultiva durante todo el año aunque durante los meses de garúa, de julio a octubre, sus hojas se tornan más pegajosas lo cual aumenta el trabajo al momento de separarlas.

SUPERFICIE, PRODUCCIÓN DE PAJA TOQUILLA (ha, Ton)

Provincias	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (Ton)
Guayas	1268	1152	2526
Manabí	75	74	30
Pastaza	12	10	16
Sucumbíos	9	9	29
Los Ríos	8	8	19
Napo	1	< 0.5	< 0.5
Morona Santiago	< 0.5	< 0.5	< 0.5

Fuente: Proyecto CORPEI-CBI "Expansión de la oferta exportable del Ecuador" 2003

Se deduce, en consecuencia que los talleres tanto de la costa como de la sierra, se abastecen en mayor grado de la paja proveniente de Manabí y Guayas.

En la provincia de Manabí la paja proviene de sitios como Pile, El Aromo, Las Pampas y Cerro Guayabal; el cantón Picoazá, a 35 minutos de Manta, es el centro de acopio de paja procesada. En Guayas la paja proviene de las comunas Barcelona y Río Seco.

PRODUCCIÓN DE PAJA TOQUILLA PROCESADA

Quienes trabajan con paja toquilla poseen una terminología propia tanto para los procesos que llevan a cabo como para las cantidades en las que se comercializa. Los términos varían un poco según la localidad en la que se encuentren. En la siguiente tabla se indica las equivalencias entre términos:

1 Ocho	112 tallos / cogollos		
1 Tongo / mazo	96 tallos / cogollos		
1 Tercio	10 tongos		
1 Bulto	3 tercios	31 tongos	27 ochos



CIB-ESPOL

Manabí

En **El Aromo** no hay tejedores de sombreros pero sí algunos habitantes que se dedican a procesar paja. Esta actividad es realizada únicamente por mujeres, aproximadamente son 20 señoras, cada una de las cuales puede secar hasta 15 - 20 mazos diarios si tienen la paja a su disposición.

El precio de un mazo de paja entera o verde¹ para los intermediarios es USD 1,50 y para las señoras que se dedican a procesarla es USD 1,20. Una vez tratada el precio sube a USD 2,00 el mazo (USD 0,02 el cogollo), lo que significa que las señoras ganan USD 0,80 por mazo procesado.

Los intermediarios, llamados "picozos" por ser oriundos de Picoazá, hacen la recolección de la paja procesada en camionetas según días establecidos. Las señoras que procesan desconocen el destino exacto de la paja que entregan pero han escuchado que es vendida a Colombia.

Los hermanos Tejena son quienes se dedican a la venta de paja toquilla en el cantón Picoazá; se puede observar gran cantidad de paja tendida al sol, cerca de la iglesia del cantón, propiedad de ellos. Los pocos datos proporcionados por una de sus empleadas es que viajan todos los meses a Santa Elena a comprar un camión de paja para posteriormente venderla en Montecristi. Sin embargo, esto no guarda relación con la información obtenida en El Aromo ni con la proporcionada por habitantes del lugar quienes aseguran que la paja es exportada a Colombia en cestas de 300 ochos.

En **Pile** la paja toquilla que se extrae de los alrededores es destinada a la tejeduría de sombreros. El Sr. Holguín es el único proveedor en el pueblo, quien entrega paja cada 8 días, el viernes de cada semana, según la cantidad solicitada por cada tejedor. El precio de paja verde es \$3,00 por 24 cogollos (USD 0,13 por cogollo). El procesamiento lo lleva a cabo cada tejedor en su casa, siguiendo el mismo procedimiento que en El Aromo con el paso adicional del sahulado con azufre para blanquear la paja.

Guayas

En **Sinchal** ocurre situación muy parecida a la de Pile, pues los pocos tejedores de sombreros finos realizan todo el procesamiento de la paja en sus hogares con ayuda de sus familiares. El precio de compra es USD 0,10 el cogollo.

¹ Paja sin procesar



CIB-ESPOL

En **Barcelona** el proceso se inicia con la recolección de la paja en la montaña, en unos casos, o con la compra de la paja en la comuna. Luego se lleva la paja a las desafanadoras² que limpian la paja en sus casas; después de esto se recoge la paja en la cantidad que se entregó para cocinarla y continuar el proceso en la planta.

Un representante del centro, la srta. Catalina Bacilo junto a una acompañante o su sobrino solo, viaja a vender la paja una o dos veces por semana según la cantidad que haya para despachar (en promedio 30 bultos semanales). Para efectos del viaje, que dura toda una noche, se alquila un camión provisto de una lona para proteger la paja de la lluvia. El flete cuesta USD 10,00 por bulto.

Según cálculos de la srta. Bacilo, la inversión que hacen las procesadoras es de alrededor de USD 60,00 por bulto, además de pagar la comisión a la persona que viaja. Todo el dinero de las ventas llega a la planta para ser distribuido según la cantidad de bultos que entregó cada una.

El precio de venta de un bulto en la planta es de USD 75,00 (para el único intermediario al que le venden) y en el Austro USD 90,00 - 95,00 (estos precios rigen desde fines de marzo del presente año en que se incrementaron USD 10,00)

La srta. Catalina Bacilo conocedora de la relación oferta-precio trata de no ir muy seguido para que el precio del bulto suba un poco (aspira llegar a USD 100,00 en los próximos días).

Hay semanas que entregan en Cuenca, otras en Gualaceo y Chordeleg, y otras en Sigüig, van rotando la entrega, sin pedidos programados. Si en un viaje a una población no venden la paja toquilla van a la siguiente localidad a venderla porque igual es requerida.

Venden la paja tanto a organizaciones como a personas particulares, pudiendo ser estos revendedores o tejedores. Las organizaciones a las que venden son Unión Cañari en Azogues, Centro Artesanal Chordeleg en Soransol y Asociación de Toquilleras de Ma. Auxiliadora en Sigüig; los pedidos varían en cantidad desde 3 a 10 bultos en el caso de organizaciones y de 1 a 3 bultos los particulares. Adicionalmente, el Centro ha vendido paja en dos ocasiones a consumidores peruanos.

Aunque la paja sahumada tiene un precio mayor y en Barcelona poseen los equipos para sahumar, los comuneros optan por no hacerlo porque en tres días la paja se oscurece haciendo nulo el proceso. En la sierra, por otra parte, la paja permanece sin alteración por un período de 2 a 3 meses después de sahumada, se asume que por influencia del clima y la humedad. Además los comuneros han observado que la paja que ha sido sahumada en la sierra, que ha regresado a Barcelona por tener manchas, es más suave y manejable que la sahumada en su comuna.

² Señoras que se dedican a la limpieza de la paja toquilla (incluye el desvenado, espinado y sacado)



Si los procesadores de Barcelona al revisar la paja encuentran que tiene manchas, la venden como rechazo a USD 0,50 - 0,70 el ocho para hacer trenzas para hamacas en los poblados de Atravesado y Libertador Bolívar. Si las manchas están sólo es la parte superior (punta) la venden a USD 2,00 una braza (longitud equivalente a los brazos extendidos en posición horizontal).

RESUMIENDO

- La paja toquilla utilizada por los tejedores a pequeña escala de la costa es obtenida de plantaciones cercanas a estos lugares.
- Existen artesanos que procesan paja toquilla para su uso personal como otros que lo hacen para comercializarla como materia prima tratada.
- De las poblaciones visitadas, Barcelona es la única que cuenta con una planta para el procesamiento de paja toquilla. Los otros artesanos realizan individualmente el tratamiento de la paja en sus hogares con utensilios caseros.
- El procesamiento de paja toquilla consta de las mismas operaciones en los poblados visitados: 1. Desvenado, espinado y sacado de hojas 2. Cocinado 3. Escurrido 4. Tendido 5. Despegado, sacudido y secado 6. Soleado 7. Clasificación y 8. Sahumado en el caso de los tejedores pues la paja es para su inmediato uso.
- No obstante se observan diferencias en el tiempo y cantidad de paja en el cocinado. Mientras en Barcelona se cocinan 4.5 ochos (504 cogollos) en una hora en los otros poblados los artesanos cocinan máximo 12 cogollos durante 5 minutos. Además desechan el agua después de cada cocida mientras que en Barcelona es reutilizada para tres pailadas (por el tiempo de calentamiento).
- El precio de la paja toquilla en cada población se detalla a continuación:

Población	Paja verde (USD/cogollo)	Paja procesada (USD/cogollo)
El Aromo	0.01	0.02
Pile	0.13	---
Sinchal	0.10	---
Barcelona	0.02	0.03



- Se puede observar que el precio de la paja verde es más elevado para los tejedores que para los procesadores. Se asume que se debe a los tejedores compran en menor cantidad y exigen características especiales en la paja toquilla.
- La paja que procesan en Barcelona es paja jecha (como dicen ellos) que tiene la hoja más larga que es preferida por los clientes de la Sierra.



CIB-ESPOL

PRODUCCIÓN DE ARTÍCULOS DE PAJA TOQUILLA

Como se ha mencionado anteriormente la producción de artículos de paja toquilla se lleva a cabo en las provincias de Manabí y Guayas en la costa y en Cañar y Azuay en la sierra.

Evaluación demográfica - Región Costa

En la costa los tejedores se encuentran asentados en pequeños poblados con una fuente cercana de paja toquilla.

En Manabí los poblados identificados son parroquias de cantón Montecristi como Pile, Las Pampas o Cerro Guayabal. En Guayas esta actividad se desarrolla en la Península de Santa Elena en los poblados como Sinchal, Libertador Bolívar y Río Seco.

No existe información sobre el número de tejedores en la costa sin embargo se ha podido establecer que la cifra es cada vez menor.

Estilos de vida, pautas y comportamientos relativos al producto -Región Costa

La tejeduría de sombreros finos es realizada exclusivamente por un reducido número de varones algunos de muy avanzada edad y sus pocos familiares jóvenes interesados en aprender. La cantidad de tejedores es pequeña debido a que los pobladores eligen dedicarse a otras labores más lucrativas como la pesca, el trabajo en empresas atuneras y laboratorios camaroneros u otras actividades relacionadas con el turismo y la playa.

La actividad se realiza durante horas de la mañana o entrando en la noche para que el calor no afecte las fibras; en promedio dedican 6 horas diarias a tejer por lo que les toma alrededor de un mes terminar un sombrero fino. El rango de precios va de USD 30 a USD 300.

Son muy selectivos con la materia prima para sus artículos, ésta debe ser tierna ya que es más flexible y se obtienen hilos más finos, de ahí su utilidad para esta clase de tejido; el resultado es un sombrero de alta calidad y flexibilidad sin necesidad de agregar componentes químicos.

El procesamiento de la paja lo realizan en sus casas

Existen también artesanos que hacen tejidos más gruesos y artesanías como carteras y adornos. Los tejedores generalmente reúnen algunos sombreros y los entregan sin rematar, los comercializadores finales realizan los arreglos necesarios.

Manabí

En **Montecristi**, cabecera cantonal, se encuentra gran cantidad de negocios dedicados a la venta de sombreros de toda clase y procedencia. Según don Rosendo Delgado, ex-director de la asociación de Artesanos Carlos Palma Anchundia, quien fuera el mayor productor y comerciante de sombreros en el lugar hasta hace pocos años, la tejeduría en este cantón se ha reducido a hacer los remates y acabados finales a los sombreros que compran a los tejedores de los alrededores de la zona. Además las exportaciones locales han decaído debido a la

competencia de los sombreros provenientes de la sierra o "cuencanos" que tienen un costo muy bajo en relación con el sombrero fino.

El rango de precios para un sombrero fino va de USD 30,00 a USD 300,00 mientras que un sombrero cuencano cuesta USD 6,00.

En temporada baja vende 20 sombreros finos al mes y cuando el negocio mejora vende alrededor de 50 sombreros finos para el mismo período.

En Pile, población conocida por tejerse ahí los sombreros más finos del país, la actividad es realizada por personas de edad avanzada con ayuda de miembros jóvenes de sus familias. Don Manuel Alarcón, uno de los tejedores que entrega sus sombreros en Montecristi, indica que tejen en las horas de menor temperatura porque el calor puede dañar la paja, usan 24 cogollos por sombrero y tardan un mes en hacer uno sencillo.

El precio base de un sombrero fino en Pile es de alrededor de USD 35,00.

GUAYAS

El Sr. Gregorio Quirombay de 84 años de edad, habitante de **Sinchal** teje sombreros de agua, aquellos que tienen un tejido tan apretado que se pueden llenar de agua sin que se filtre. Dedicar 6 horas diarias a esta actividad por lo que le toma 1 mes terminar un sombrero. Usa paja tierna porque es más blanda y la cantidad requerida por sombrero es de 12 a 20 cogollos. Los sombreros que tejen él y uno de sus nietos los venden en Atravesado o Libertador Bolívar a USD 10,00 o a un comprador español que lo visita.

La sra. Selenia Pozo se dedica a hacer artesanías de paja toquilla, destreza que aprendió hace 15 años en un curso. Elabora carteras, adornos y sombreros de tejido grueso, siendo las carteras los artículos más solicitados. Sus productos los vende a través del Museo Valdivia o directamente a los turistas que pasan por su hogar siendo el mes de Julio el de mayor afluencia de visitantes extranjeros.

Para hacer un sombrero tarda 8 horas y usa 3 cogollos ya sahumados cuyo precio es USD 0,10 el cogollo. El precio de venta de los sombreros es USD 3,00 y para las carteras USD 1,00 a USD 2,00 según el tamaño.

Para obtener paja de colores usa anilina, un sobre le sirve para teñir 2 cogollos

RESUMIENDO

- Los tejedores de sombreros finos de la costa son ancianos varones que aprendieron este arte de sus mayores; pasan su conocimiento a familiares jóvenes interesados en aprender.
- Dedicar pocas horas a la tejeduría, en la mañana o caída la tarde para preservar la paja de los efectos del calor.
- Son muy selectivos con la materia prima para sus sombreros, debe ser tierna que es más flexible y de hilo más fino, ellos mismos la procesan y no adicionan ningún componente químico.

Evaluación demográfica - Región Sierra

Como se mencionó anteriormente la dos provincias con mayor cantidad de artesanos de Paja Toquilla son Cañar y Azuay, en ese orden. Se calcula que existen alrededor de 20.000 tejedores en la zona, cantidad que se ha reducido drásticamente en el último lustro por el fenómeno de la migración (el 51% de los migrantes son oriundos de estas provincias según el Dr. Luis Carpio Amoroso, Defensor del Pueblo de Azogues en su libro Migrantes)

Del "Estudio de Factibilidad para la elaboración y comercialización de sombreros de paja toquilla", de la Fundación Carlos Pérez Perasso, la superficie manufacturera comprende alrededor de 14 parroquias rurales con una población de 118.256 habitantes según el censo poblacional del año 2001.

Los cantones son en Azuay: Gualaceo (parroquias Gualaceo y San Juan), Sigsig (parroquias Sigsig, San Bartolomé, Ludo, Cutchil y Guel) y el cantón Chordeleg (parroquias Chordeleg y Principal)

Cañar: Azogues (parroquias Azogues, Cojitambo, Javier Loyola, Luis Cordero, Guapán, San Miguel y Rivera), Déleg (parroquias Déleg y Solano), Biblián (parroquias Biblián, Nazón, San Francisco de Sageo y Turupamba)

La tasa de crecimiento poblacional promedio para las dos provincias involucradas es 1.15% y existe decrecimiento en poblaciones como Biblián (-0.7%) y Déleg (-1.5%)

Estilos de vida, pautas y comportamientos relativos al producto - Región Sierra

Las tejedoras son mayoritariamente mujeres que realizan la tejeduría en sus ratos libres, después de concluir las actividades del hogar. Los hombres realizan otras actividades fuera del hogar tales como agricultura y el cuidado de animales y por otro lado son los que emigran a otros países en busca de mejores oportunidades. Los sembríos agrícolas son mayormente de maíz, fréjol, y en menor cantidad se cultivan habas, arvejas, hortalizas. Algunas familias poseen ovejas y aves de corral.

En promedio destinan unas 4-6 horas diarias a la tejeduría, por lo que hacen 1 sombrero al día y en el caso de las más hábiles dos sombreros al día a un precio comprendido entre USD 2,00 y USD 2,50.

Los artículos que elaboran las tejedoras los entregan a los intermediarios que recorren la zona en busca de artículos para las casas exportadoras o a asociaciones de las que son miembros o socias.

La compra de materia prima para las artesanías la realiza las mismas tejedoras ya sea en su localidad o en los mercados aledaños. En algunos casos las agrupaciones proporcionan la paja toquilla a las tejedoras (Pérez Perasso, Chordeleg, Ma. Auxiliadora) a un precio promedio de \$0,06 el cogollo.



De la información proporcionada por tejedoras de Chordeleg, de 1 ocho de 96 tallos salen 8 sombreros pues usan 12 tallos por sombrero. Como hacen 1 sombrero diario, este ocho les dura alrededor de 8 -10 días, por que no son horas exactas diarias de trabajo.

Para obtener información específica sobre el tema, se realizaron entrevistas personales con miembros de las siguientes agrupaciones:

Agrupación	Lugar	Nombre del Entrevistado	Número de socios
Cooperativa 1ero. de Junio	Biblián	Sra. Mercedes Saula	12 señoras
Unión Cañari	Azogues	Sr. Manuel Romero / Sra. Rosa	20 señoras 200 familias
Fundación Carlos Pérez Perasso	Azogues	Dr. Luis Carpio Amador	20 organizaciones campesinas
Sociedad Artesanal Tesoros del Inca.	Chordeleg	Srta. Julia Peláez	140 familias fijas 260 familias eventuales
Centro Artesanal Chordeleg	Chordeleg/Soransol	Srta. Ana Loja / Sra. Delia	42 tejedoras fijas 15 tejedoras eventuales

Agrupación	Proporciona paja a sus tejedores	Precio de paja USD	Proveedores	Compras actuales
Cooperativa 1ero. de Junio	No	0,07/cogollo (sahumada)		
Unión Cañari	Si	95 /bulto	Srta. Catalina Bacilo / Sr. Segundo Tomalá	5 bultos/mes
Fundación Carlos Pérez Perasso	Si			
Sociedad Artesanal Tesoros del Inca	No	3,50 /ocho		
Centro Artesanal Chordeleg	Si	115 / bulto	Srta. Catalina Bacilo / Sr. Fausto Bacilo	11 bultos/mes

Con la Asociación de Toquilleras María Auxiliadora, significativo comprador de la paja de Barcelona, no se pudo conseguir una cita a pesar de las constantes solicitudes.

La información obtenida es la siguiente:

- Al comprar hacen un muestreo para revisar que la paja no tenga manchas en la hoja y el número de cogollos esté completo.
- La paja se clasifica, se lava, se tiende al sol para blanquear y se sahuma dos ocasiones durante 12 horas cada vez antes de entregar a las tejedoras quienes hacen el canteo (sacar los gruesos, emparejar, dejar una sola hebra, y un solo color) y luego la mojan para tejer. De ser necesario se tiñe con anilina y en algunos casos untan goma arabia para que tenga brillo.

- La característica más importante para los tejedores es el color de la paja. Debe ser lo más blanca posible y libre de manchas negras porque esto último representa un desperdicio.
- Si la paja presenta alguna coloración se la usa para teñir colores oscuros (morado, verde oscuro y café), para teñidos de color rojo, amarillo y para tejidos en blanco la paja debe ser de excelente calidad. De su experiencia la paja verde es la que más blanquea, la colorada se pone rosada y solo sirve para teñir como ya se ha mencionado. Algunas señoras hacen el teñido en sus casas y algunas otras compran la paja teñida.
- El largo sigue en importancia; clasifican la paja en larga, mediana, corta y mini según el uso que se le vaya a dar. Las hojas más largas se usan para sombreros (éstos también varían según el tamaño del ala) las más cortas se usan para utilitarios y adornos.
- De igual manera destinan la paja tierna para sombreros finos y paja gruesa para sombreros comunes u otras artesanías.
- Las asociaciones prefieren sahumar la paja porque consideran al sahumado de la costa un trabajo mal realizado. Las socias Unión Cañari son las únicas que poseen los cajones para sahumar en sus casas.
- Las tejedoras elaboran toda clase de artículos con paja toquilla: cestas, adornos, llaveros, lazos, carteras, utilitarios (artículos para el hogar tales como portavasos, individuales, paneras, tapetes), gorras y sombreros de hombre y mujer. Los meses de mayor pedido son Mayo (día de la madre), Junio (día del padre) y de Septiembre a Diciembre (Navidad).
- Los artículos más rentables son los utilitarios, debido a que los sombreros tienen que ser procesados con un costo adicional.
- El procesamiento de los sombreros está compuesto por las siguientes etapas: azocar, blanquear con químicos, componer (ordenar por tamaño, planchar, despelucar), prensar en la máquina y ribetear de ser el caso. Los sombreros son enviados en crudo a Cuenca para recibir el tratamiento porque las asociaciones no poseen los equipos necesarios.
- Entre los químicos que se utilizan en el procesamiento de sombreros se encuentran tripolifosfato, ácido acético, secuestrante y neutralizante.
- En los mercados de Azogues y Gualaceo la paja se puede obtener cualquier día como si se tratara de un artículo comestible, en los mercados más pequeños se la consigue los días domingos.
- La paja proviene en un 80-90% de Barcelona (sres. Fausto y Catalina Bacilo) y la restante de Río Seco (sr. Humberto Tomalá). Antes eran proveídos por productores de



la provincia de El Oro que actualmente se dedican a negocios más rentables como el de camarón y banano.

- La paja de Río Seco es más larga que la de Barcelona, pero ésta tiene una entrega más confiable. La paja del sr. Fausto Bacilo es de mejor en calidad (más blanca).
- De Enero a Abril la paja es de mejor calidad que en los meses de garúa que es más corta.
- Hay variación en cuanto al personal según la época del año debido a actividades agrícolas; en los meses de septiembre a diciembre se siembra y en junio y julio que se cosecha.
- Las casas exportadoras, por su poder económico, ofrecen un pequeño valor adicional a las tejedoras con la finalidad de que les entreguen los artículos a ellos y no a las organizaciones.
- Las organizaciones artesanales reciben escaso apoyo de instituciones como Intermop, Municipio, Consejo Provincial, CAMARI, Fondo Ecuatoriano Populorum Progresum, y el MICIP. La ayuda que reciben va desde asesoría jurídica, ventas nacionales e internacionales y computadoras personales.
- Los costos de los artículos varían según la localidad; a continuación se muestran los recursos necesarios para su elaboración y los respectivos precios de venta.

Artículos	Recursos	Población		
		Pile	Sinchal	Chordeleg /Azogues
Sombreros (para detalles finales)	Paja requerida (cogollos)	24	12 - 20	12
	Tiempo requerido (días)	30	30	1
	Precio de venta (USD)	30 -300	10	2.50
Carteras sencillas pequeñas	Paja requerida (cogollos)		3	
	Tiempo requerido (días)		1	
	Precio de venta (USD)		2.00	2.50 - 4.00
Artesanías / utilitarios	Paja requerida (cogollos)			
	Tiempo requerido (días)			1
	Precio de venta (USD)			4 - 8



CIB-ESPOL

ANÁLISIS DE LAS EXPORTACIONES

Para medir el mercado de artículos terminados utilizaremos datos de las exportaciones ecuatorianas ya que es muy difícil obtener cifras de compras nacionales.

En los estudios de mercados generalmente se ha utilizado la información correspondiente a la clasificación NANDINA disponible tanto en la página de Internet como en la oficina del Banco Central del Ecuador:

- 6504000000: Sombreros y demás tocados, trenzados o fabricados por unión de tiras de cualquier material incluso guarnecido
- 6502000000: Cascos para sombreros, trenzados o fabricados por unión de tiras de cualquier material, sin formar ni guarnecer

Sin embargo estas categorías no son exclusivas de artículos de paja toquilla sino que incluyen los fabricados con otros materiales.

Para hacer un análisis más específico buscamos datos según la clasificación CUCI en el Departamento de Comercio Exterior del BCE y encontramos las siguientes categorías relacionadas con el proyecto:

CUCI	DESCRIPCIÓN
2923901000	PAJA TOQUILLA
8484203000	GORRAS DE PAJA TOQUILLA
8484207000	FORMAS DE PAJA TOQUILLA (CONO, CASCO, CLOCHES)
8484209000	FORMAS DE PAJA TOQUILLA DE MÁS DE 101 \$
8484212000	FORMAS DE PAJA TOQUILLA DE 31 A 50 \$
8484214000	FORMAS DE PAJA TOQUILLA
8484215000	SOMBREROS DE PAJA TOQUILLA TERMINADOS BRISA
8997104000	MONEDEROS DE PAJA TOQUILLA
8997111000	ARTESANÍA DE PAJA TOQUILLA NEP
8997116000	CESTA DE PAJA TOQUILLA PARA PESCA
8997901000	HAMACAS DE PAJA TOQUILLA

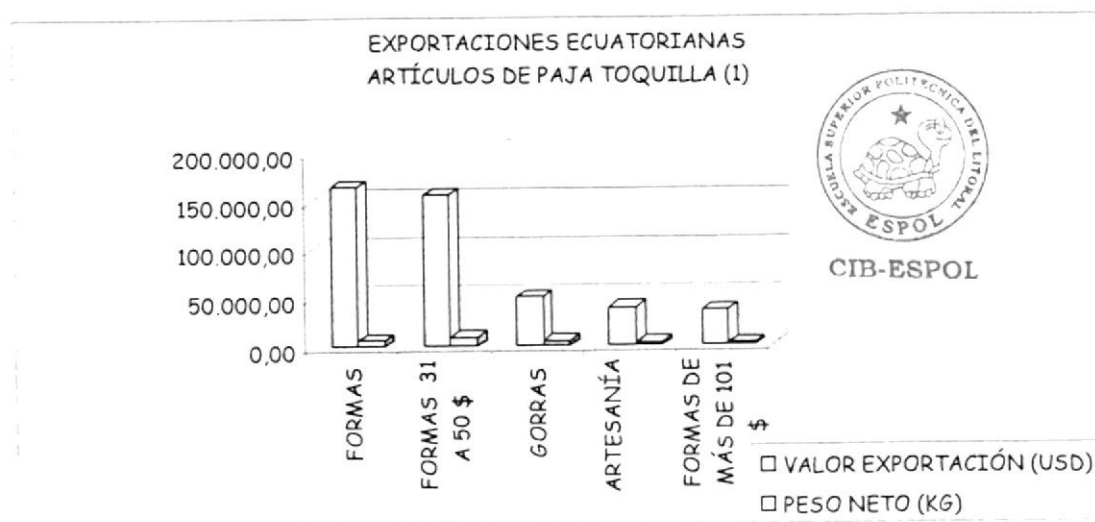
Los datos se obtuvieron de los reportes de FUES (formulario único de exportación) aforados por partida por rango de fechas desde el año 2000 hasta la actualidad, sin embargo no todas las categorías registran movimientos en todos los años.

Ordenando las exportaciones de acuerdo al valor de las exportaciones (en miles de dólares), los rubros se sitúan en el siguiente orden:

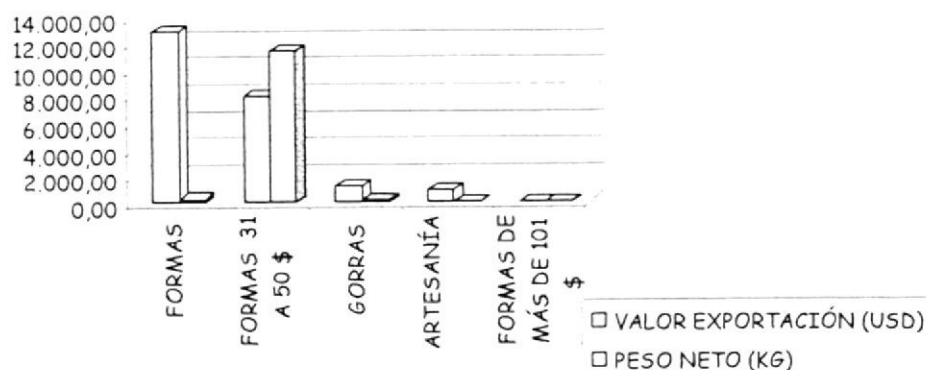
	DESCRIPCIÓN	VALOR EXPORTACIÓN (USD)	PESO NETO (KG)
1	SOMBREROS	2.687.189,91	161.154,70
2	FORMAS	162.998,78	6.721,13
3	FORMAS 31 A 50 \$	155.814,48	9.069,02
4	GORRAS	50.819,07	5.516,29
5	ARTESANÍA	39.698,25	3.154,10
6	FORMAS DE MÁS DE 101 \$	36.230,10	2.201,10
7	FORMAS (CONO, CASCO, CLOCHES)	12.778,25	221,00
8	PAJA TOQUILLA	7.941,24	11.330,78
9	HAMACAS	1.210,60	169,30
10	MONEDEROS	947,66	40,80
11	CESTA PARA PESCA	69,50	7,00
	TOTAL	3.155.697,84	199.585,22

El total de las exportaciones para el período señalado ascienden a USD 3.155.697,84 y su equivalente en peso es 199.585,22 Kg. Al rubro Sombreros le corresponde el 85% de las exportaciones en dólares y el 81% en kilos, en cifras 2.687.189,91 y 161.154,70 respectivamente. Las exportaciones de Paja Toquilla se ubican en el 8vo. lugar

En los siguientes gráficos se muestran los valores exportados. Las categorías se agruparon en dos conjuntos y se excluyó el rubro sombreros para facilitar la observación.



EXPORTACIONES ECUATORIANAS
ARTÍCULOS DE PAJA TOQUILLA (2)



A continuación se presenta el análisis de las categorías Paja Toquilla y Sombreros y en el documento anexo se detallan las restantes.

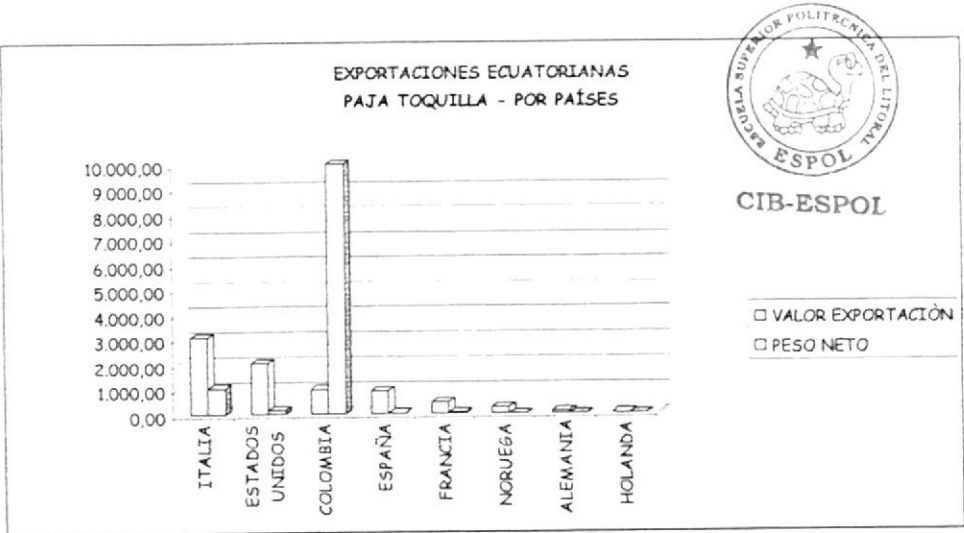
PAJA TOQUILLA CUCI: 8484215000

Este CUCI es de mucha importancia para nuestro estudio, pues señala la posibilidad de exportar la paja que se procesa en Barcelona. En relación a esta partida la información registrada en el BCE es únicamente hasta el año 2003. La siguiente tabla muestra los exportadores, los países de destino y los valores tanto en dólares americanos como en kilogramos.

EXPORTACIONES ECUATORIANAS CUCI: 8484215000
PAJA TOQUILLA AÑOS 1999-2003

AÑO	NOMBRE EXPORTADOR	PAÍS	VALOR EXPORTACIÓN FOB	PESO NETO KG
1999	OSSES GONZÁLEZ CARMEN	ESPAÑA	156,00	20,00
1999	ECUADOR CARGO SYSTEM S.A.	ESTADOS UNIDOS	266,00	150,00
1999	CARLOS DAVID MUEL A	FRANCIA	100,00	20,00
1999	VENTAS MERCANTILES S.A.	HOLANDA	30,10	3,00
2000	HURTADO DELGADO FABIÁN	COLOMBIA	1.000,00	10.000,00
2000	SIST. SOLIDARIO COMERCIALIZ.	FRANCIA	367,50	30,00
2001	FONDO ECUATORIANO POPULORUM	ITALIA	3.091,69	1.067,00
2002	COOP. DE PRODUCCIÓN ARTESANAL	ESPAÑA	780,00	18,08
2002	COOP. DE PRODUCCIÓN ARTESANAL	ESTADOS UNIDOS	41,95	1,00
2003	SERRANO HAT EXPORT CIA. LTDA.	ALEMANIA	120,00	4,40
2003	UNIÓN COOP. ARTESANALES P	ESTADOS UNIDOS	1.575,00	12,00
2003	HOMERO ORTEGA P. E HIJOS C.	ESTADOS UNIDOS	162,00	2,00
2003	HOMERO ORTEGA P. E HIJOS C.	NORUEGA	251,00	3,30
		TOTAL	7.941,24	11.330,78

En este listado no se encuentran los sres. Tejena por lo que asumimos que las exportaciones las están realizando bajo otro rubro.

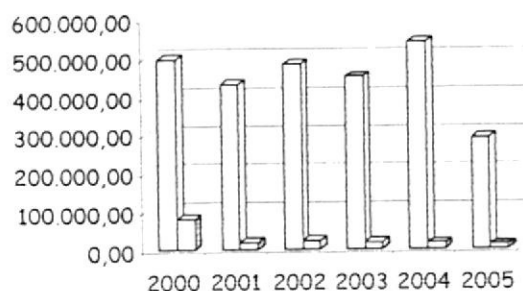


SOMBREROS DE PAJA TOQUILLA TERMINADOS CUCI 8484215000

Este rubro es el de mayor importancia tanto por los valores exportados como por ser el sombrero de paja toquilla el artículo más conocido mundialmente. Además los sombreros son los que mayor precio tienen en el mercado internacional. Los datos disponibles son desde el 4 de enero de 2000 hasta el 27 de mayo de 2005.

AÑO	VALOR FOB	PESO NETO	UNIDADES APROXIMADAS
2000	496.251,64	79.644,07	1.327.401,17
2001	431.125,90	17.968,76	299.479,33
2002	481.213,14	21.850,60	364.176,67
2003	449.786,13	16.540,17	275.669,50
2004	540.965,25	14.652,68	244.211,33
2005	287.847,85	10.498,42	174.973,67
TOTAL	2.687.189,91	161.154,70	2.685.911,67

EXPORTACIONES ECUATORIANAS
SOMBREROS DE PAJA TOQUILLA TERMINADOS POR AÑOS



□ VALOR FOB
□ PESO NETO

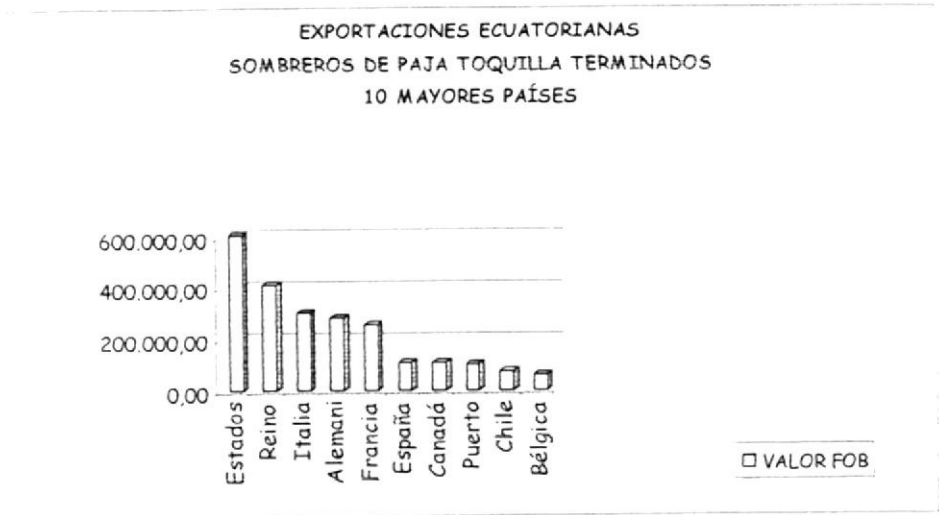


CIB-ESPOL

Las exportaciones anuales son de alrededor de USD 450.000,00 al año, con un crecimiento en el 2004 y tendencia al crecimiento según los datos del 2005. Las cifras correspondientes al número de unidades las hemos obtenido usando un peso de 0.06 Kg. por sombrero obtenido de una medición propia.

	PAÍS	VALOR EXPORTACIÓN	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
1	ESTADOS UNIDOS	609.773,08	22,69%	22,7%
2	REINO UNIDO	410.077,08	15,26%	38,0%
3	ITALIA	304.413,80	11,33%	49,3%
4	ALEMANIA	279.927,57	10,42%	59,7%
5	FRANCIA	258.020,92	9,60%	69,3%
6	ESPAÑA	109.336,95	4,07%	73,4%
7	CANADÁ	105.343,10	3,92%	77,3%
8	PUERTO RICO	100.910,35	3,76%	81,0%
9	CHILE	77.085,34	2,87%	83,9%
10	BÉLGICA	58.904,70	2,19%	86,1%

Los sombreros ecuatorianos tienen 49 países de destino en los cinco continentes. Los 10 países que representan el 86% de las exportaciones son:



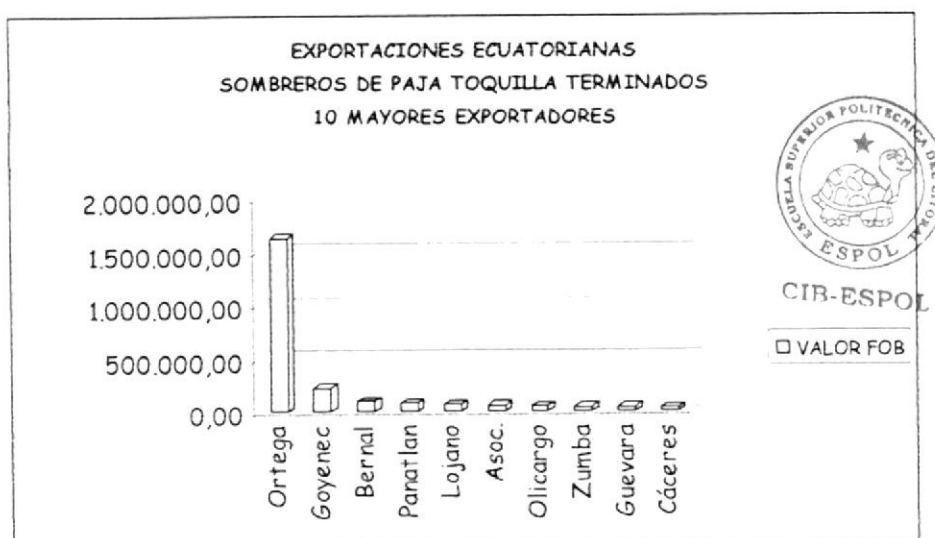
Hay registro de 145 personas jurídicas y naturales que han exportado sombreros. Algunos lo han hecho esporádicamente y otros continuamente. Los 10 mayores comerciantes, que juntos cubren el 85.4% del total de las exportaciones se encuentran en el siguiente cuadro:

	NOMBRE DEL EXPORTADOR	VALOR	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
1	HOMERO ORTEGA P. E HIJOS C.	1.632.135,43	60,7%	60,7%
2	MARCEL ANDRE GOYENECHÉ B.	219.856,04	8,2%	68,9%
3	BERNAL CAMPOVERDE HUGO R	93.440,50	3,5%	72,4%
4	PANATLANTIC LOGISTICS S.A.	80.175,84	3,0%	75,4%
5	LOJANO PUNÍN JOSÉ ANTONIO	61.092,06	2,3%	77,7%
6	ASOCIACIÓN TOQUILLERAS MA. AUX	52.229,59	1,9%	79,6%
7	OLICARGO INTERNATIONAL CIA.	46.999,59	1,7%	81,3%
8	ZUMBA JADÁN ALFONSO MARÍA	40.419,19	1,5%	82,9%
9	MARIA PIEDAD GUEVARA ROMA	35.636,60	1,3%	84,2%
10	CÁCERES ESPINOZA LUIS FRAN	32.941,50	1,2%	85,4%
	TOTAL	2.294.926,34	85,4%	85,4%

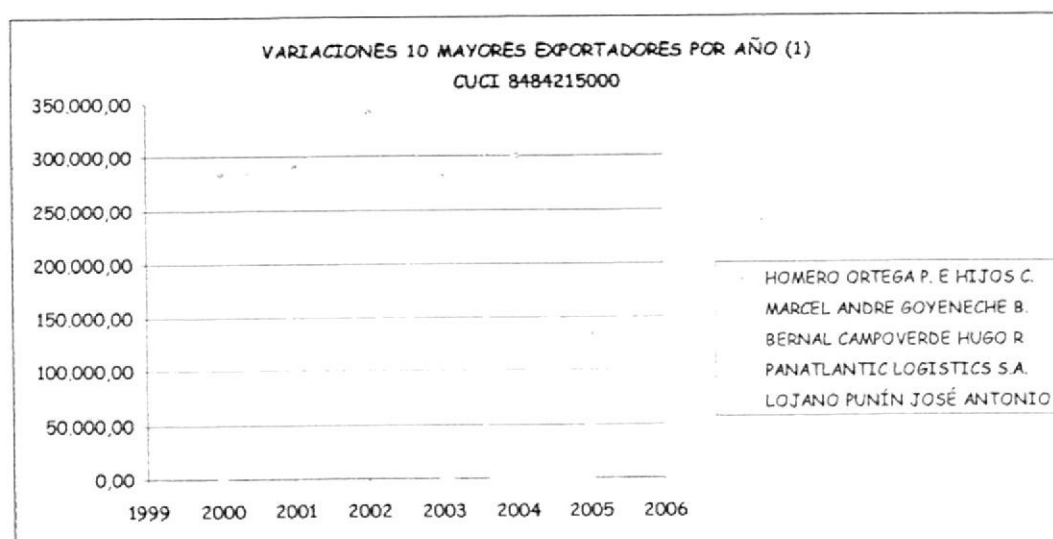
Como se puede notar el mayor exportador de sombreros en el país es la compañía Homero Ortega P. e Hijos localizada en la ciudad de Cuenca.

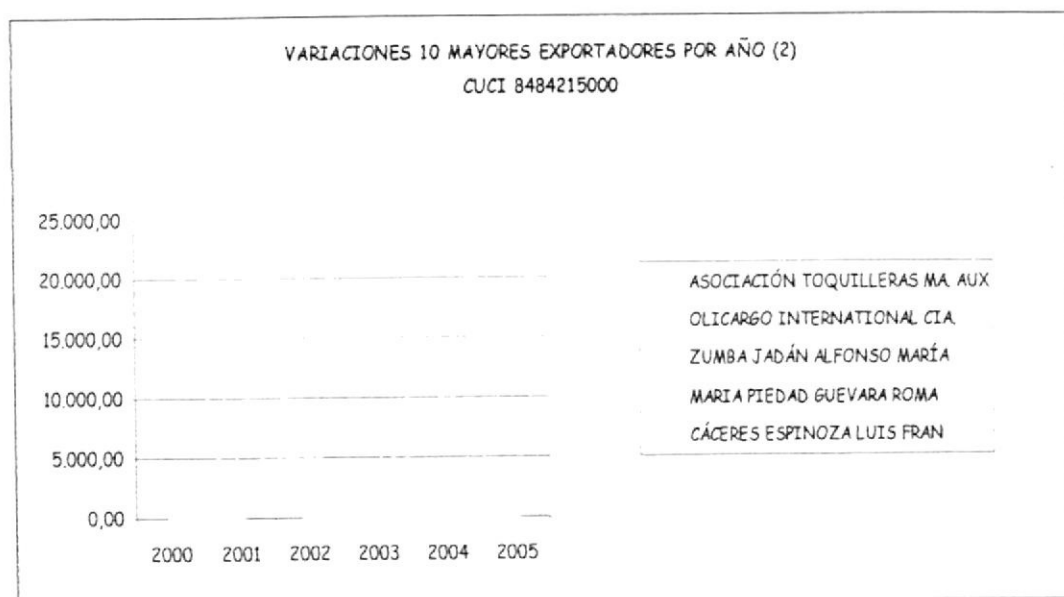
Es de resaltar el lugar que ocupa la Asociación de Toquilleras María Auxiliadora, organización que agrupa a tejedoras de la zona de Sigsig y es un cliente muy importante del Centro Artesanal de Procesadoras de Paja Toquilla de Barcelona.

El Centro Artesanal Chordeleg, otro de los compradores de paja toquilla de Barcelona, consta en el lugar 29 de la lista con una operación en el 2004 por un monto de USD 6.898,32.



El comportamiento de los exportadores a través de los años se muestra en los siguientes gráficos, la compañía Panatlantic Logistics S.A. registra movimientos hasta el 2002 y el sr. Luis Cáceres Espinoza hasta el 2001.





Por otro lado las Asociación de Toquilleras María Auxiliadora registra operaciones desde el año 2002.

TENDENCIA DE LA DEMANDA DE PAJA TOQUILLA

Los directivos tanto de la asociación Unión Cañari como el Centro Artesanal Chordeleg indicaron que sus pedidos de paja toquilla no son satisfechos en cantidad. Este último centro se encuentra en conversaciones con la organización Comercio Justo en España para realizar exportaciones continuamente, por tal motivo se están preparando para los futuros pedidos mediante la actualización de sus diseños y visitas a las comunidades para acoger más socias.

Por otro lado la Fundación Carlos Pérez Perasso tiene entre sus proyectos de expansión la creación de un centro de acopio de sombreros semielaborados y una planta para terminarlos con el finalidad de exportarlos. Las inversiones realizadas alcanzan los USD 280.400,00 y por efectuar USD 225.000,00. Dentro del estudio de factibilidad se prevé la culminación de este proyecto dentro de dos años aproximadamente.

Su plan de producción es 75.000 sombreros al año lo que convertido a bultos representa una demanda de 23 bultos al mes.

75.000 sombreros año
11 cogollos / sombrero
825.000 cogollos al año
2.976 cogollos / bulto
277,22 bultos / año
23,1014785 bultos mes

Hay que considerar que si se lleva a cabo este proyecto, que tiene dentro de sus objetivos reconocer un mejor precio a las tejedoras, éstas se cambiarían de sus actuales asociaciones y habría que hacer un cálculo de demanda de paja toquilla según esas variaciones.

En general los exportadores presentan tendencia al incrementos de sus ventas, como es el caso De la Asociación María Auxiliadora que se encuentra dentro de los 10 mayores exportadores de sombreros y es actualmente un cliente importante del Centro de Procesadores de la comuna Barcelona.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El sector artesanal en la especialidad Paja Toquilla de nuestro país se encuentra establecido en dos zonas geográficas específicas. La primera es en la costa, en las provincias de Manabí y Guayas, donde se hace producción de paja toquilla y tejeduría de sombreros finos en pequeñas cantidades. La segunda es la región austral, en las provincias de Azuay y Cañar, donde se realiza la tejeduría a gran escala tanto de artesanías como de sombreros de hilo más grueso.
2. Los tejedores de la costa obtienen la paja toquilla de plantaciones cercanas a sus hogares y realizan el procesamiento de la misma con sus propios medios.
3. En la sierra deben adquirir paja proveniente de la costa, pues ésta solo es sembrada en climas cálidos. Alrededor del 80% de la paja existente en el mercado proviene de la comuna Barcelona.
4. Los tejedores de sombreros finos de la costa utilizan exclusivamente paja tierna para su trabajo ya que ésta es más dócil y proporciona hilos más delgados para tejer.
5. En la sierra las características más importantes de la paja son, en ese orden: blancura, que esté libre de manchas negras, largo y flexibilidad (que sea dócil), por lo que se recomienda hacer un estudio que busque mejorar tales características de la paja.
6. La blancura es tan primordial que realizan el proceso de sahumado dos veces, cada una con una duración de 12 horas. De presentar alguna coloración se usa para teñidos con anilina.
7. Los puntos negros en la paja, especialmente en la época de garúa en la costa, hacen que la paja sea rechazada por los exportadores y desaprovechada el tejer, que ocasiona los tejidos manchados.
8. El largo sigue en importancia, aunque se da diferentes usos a la paja según la longitud. Las uniones, las más cortas se destinan al tejido de artesanías.

9. Es importante también que la paja no se encuentre muy tostada o seca ya que dificulta lograr similitudes en suavidad y blancura con los sombreros finos de la costa que no usan componentes ni materiales de ninguna clase.
11. En este sector se encuentran dos grupos económicos claramente definidos: los tejedores que viven en zonas rurales y en condiciones de vida muy elementales y los grandes exportadores que en su mayoría adquieren los artículos a los tejedores en mercados o directamente de ellos.
12. Un tejedor de la costa vende un sombrero fino desde USD 10,00 a USD 40,00, pero los sombreros finos en el extranjero tienen costos que van de USD 300,00 a USD 400,00.
13. Las exportaciones ecuatorianas de artesanías y sobre todo de sombreros de paja tienen una tendencia al crecimiento. El valor exportado correspondiente solo a sombreros desde el año 2000 hasta el año 2002 fue de USD 1.200.000.
14. En la CORPEI se encuentran registradas 12 casas exportadoras de artículos de paja, en esta lista se hallan dos organizaciones artesanales que compran paja de la comuna de Barcelona el año 2002 y el Centro Artesanal Chordeleg el año anterior. Esta última agrupación se Carlos Pérez Perasso, tiene entre sus proyectos futuros la exportación de sus productos.
15. La demanda de paja toquilla procesada irá en aumento en consecuencia directa de las exportaciones de artículos terminados.
16. En este estudio preliminar se ha encontrado que el Centro Artesanal de Procesadoras de Paja tiene una buena comercialización para mejorar de manera significativa sus ingresos económicos.
17. La proximidad del Centro Artesanal de Barcelona con la Ruta del Sol se puede visitar las instalaciones y a realizar compras de artículos en su debido tiempo.

18. Los artículos de mayor venta y rentabilidad son los utilitarios (portavases, individuales, de dificultad. Es de resaltar que los artículos deben poseer un fino acabado para que
19. Se recomienda hacer un estudio detallado de todos elementos involucrados tales como requisitos legales y equipamiento.

APÉNDICE 4



CIB-ESPOL

Muestra	Longitud Inicial	Longitud Final -Longitud Inicial	Fuerza	Elasticidad
1	10	3,15	4	1,17
2	10	2,96	4	1,14
3	10	1,65	2	0,48
4	10	2,31	2	0,52
5	10	1,72	3,8	0,92
6	10	3,39	2,25	0,68
7	10	3,81	5,1	1,65
8	10	3,31	4	1,20
9	10	1,69	3,75	0,90
10	10	3,02	2,9	0,83
11	10	3,52	3,05	0,94
12	10	1,75	3	0,73
13	10	1,78	2	0,49
14	10	4,54	4	1,46
15	10	1,69	5,25	1,26
16	10	5,78	3,8	1,80
17	10	2,45	2,5	0,66
18	10	3,82	2,25	0,73
19	10	4,92	3	1,18
20	10	2,44	4,25	1,12
21	10	2,20	2	0,51
22	10	2,01	5,25	1,31
23	10	3,22	3,25	0,96
24	10	1,46	3,25	0,76
25	10	1,02	3,25	0,72
26	10	1,08	3	0,67
27	10	1,80	5	1,22
28	10	4,39	2	0,71
29	10	5,12	3,5	1,44
30	10	1,24	2	0,46
31	10	3,67	4	1,26
32	10	5,13	2	0,82
33	10	4,45	2,5	0,90
34	10	3,13	2,75	0,80
35	10	2,31	3	0,78
36	10	4,69	4	1,51
37	10	3,95	3	0,99
38	10	4,95	4	1,58
39	10	1,67	4	0,96
40	10	2,40	4,5	1,18
41	10	2,99	2,25	0,64
42	10	1,51	5	1,18
43	10	4,22	3,25	1,12
44	10	2,33	3	0,78
45	10	1,64	3,25	0,78
46	10	3,18	3	0,88
47	10	1,22	3	0,68
48	10	1,28	3	0,69
49	10	1,37	2,95	0,68
50	10	1,67	3	0,72
51	10	4,38	3,25	1,16
52	10	1,92	3	0,74
53	10	3,66	4,25	1,34
54	10	1,19	6,5	1,47
55	10	2,36	2	0,52
56	10	3,63	2,25	0,71
57	10	3,55	3	0,93
58	10	1,40	2,25	0,52
59	10	5,87	2	0,97
60	10	1,76	3	0,73
61	10	3,80	4	1,29
62	10	3,49	3	0,92
63	10	2,05	3	0,76
64	10	4,73	3,75	1,42
65	10	1,23	3,75	0,86
66	10	1,45	3	0,70
67	10	2,38	4	1,05
68	10	3,25	5	1,48
69	10	3,03	3	0,86
70	10	1,20	4	0,91



CIB-ESPOL



BIBLIOGRAFÍA

- 1.Chodhury Subir, Design for six sigma, Editorial Prentice Hall primera edición.
- 2.Cornell John ,How to Apply Response Surface Methodology , ASQC 1990 Volumen 8
- 3.Eckes George, Six Sigma For Everyone, Publicado por Jon Willey & Son 2003)
- 4.Empresa Juvenil de la ESPOL Facultad FIMCP "PROYECTO DE MEJORA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA PAJA TOQUILLA" Año 2004
- 5.Erie Works, Time Study Manual en General Electric Company.
- 6.Gack Gary, DFSS and DMAIC diferencias y similitudes, Six Sigma Inc, 2003

7. Kiemele Dr. Mark J, Using the Design for Six Sigma (DFSS) Approach to Design, Test, and Evaluate to Reduce Program Risk NDIA Test and Evaluation Summit Victoria, British Columbia February 24-27, 2003
8. Maynard Manual del Ingeniero Industrial, MCgraw Hill, cuarta edición.
9. Mr. Mazur Glenn H., QFD in Support of Design for Six Sigma (DFSS), Executive Director, QFD Institute, Ann Arbor, Michigan, USA, Adjunct Lecturer, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA, President, Japan Business Consultants, Ltd., Ann Arbor, Michigan, USA
10. Pearson Education Limited, Design for six sigma, Primera Edición
11. Robbins, Comportamiento Organizacional, Editorial Mcgraw Hill Cuarta Edición
12. Thomas M. Little y F. Jackson Hills, Métodos Estadísticos para la investigación en la agricultura, Editorial Trillas Tercera Edición.



CIB-ESPOL