

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS SOCIALES Y ADMINISTRATIVAS

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

"METODOLOGÍA PARA REDUCIR TIEMPOS DE PARO EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE **ETIQUETAS**"

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA:

ISAÍ RODRÍGUEZ TOMÁS

DIRECTOR DE TESIS:

DR. EDUARDO GUTIÉRREZ GONZÁLEZ



MÉXICO, D.F. OCTUBRE

2011



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de	México	D. F.	siendo las	12:00	horas	del di	ia _	29	de	l me	s de
SEPTIEMBRE del	2011 se re	unieron	los miembros	de la Comis	sión R	Revisor	ra de	Tes	sis, c	lesig	nada
por el Colegio de	Profesores	s de Estu	dios de Posg	rado e Inves	tigaci	ión de		U	PH	CS	A
para examinar la	tesis titulad	da:									
"METODOLOGÍ	A PARA R	EDÚCIR	TIEMPOS DE	PARO EN	UNA	LÍNEA	A DE	PR	ODL	JCC	ÓN
DE ETIQUETA	S"	į.									
		3									
Presentada por e	l alumno:										
RODRÍ	GUEZ		TOMÁS	E		18	i.A.i				
Apelido pater	no	- 4	Apellido materno	872 DOS	000	1 0 11	bre(s)		TOU	10	188
		4		Con registr	o: A	0	8	0	2	1	6
aspirante de:				Transport							
		MAESTR	O EN INGEN	ERÍA INDU	STRI	AL					
TESIS, en virtud vigentes.			COMISIÓN I		и наз	шароз	310101	iica .	regio	arrico	nama
	3		5								
			Director de	tesis	u						
		1-	2/10	1 11							
	VI	T DO	EDUARDO GUTIÉS	REZ GONZÁLEZ	,						
1	Mary	far "	2004100 00110			d Hu	tad	e 184	Hove	7	>
M and Isunib	MAPRO ANTI	ONIO CRISTI	Off Al	1		JOSÉ HI				1	
0	VARQUEZ	4	0.00			1	1				
4	VAG	W			=						
M.ENC.	UILLERMO PÉR	EZ VÁZQUE	z f	M. EN	C. MAR	NO AGU	LARF	ERNA	WPEZ		
/	,	L	A PRESIDENTA I	EL COLEGIO	Series Series		Negative of				
		DR	A MARIA ELENA T	WERK-BORTES	U.P.	1. 1. C.	5.7 .5.7				
		0.50	/			N DE ES COGRAL ESTIGAC		05			



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México D.F. el día 01 del mes de Octubre de 2011 el que suscribe Isaí Rodríguez Tomás con el número de registro A080216, adscrito a la Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Industrial, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Eduardo Gutiérrez González y cede los derechos del trabajo titulado "METODOLOGÍA PARA REDUCIR TIEMPOS DE PARO EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección ingroti@yahoo.com.mx Si el permiso se otorga el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar fuente del mismo.

Isaí Rodríguez Tomás

Agradecimientos:

A mis Padres, por apoyarme siempre y darme los mejores valores a lo largo de la vida, por darme la orientación para tomar las mejores decisiones en mi vida y por generar en mí el hábito del estudio y un desarrollo cultural, esto es por ustedes y para ustedes.

A mis hermanos, por que de cada uno de ellos ha sido un ejemplo de perseverancia y éxito durante la vida.

Al Instituto Politécnico Nacional

por darme la oportunidad de ser
parte de su comunidad, por
brindarme las mejores
herramientas para enfrentarme en
la vida profesional y por formarme
como un ser humano integral, culto
y difusor del conocimiento en
beneficio de la sociedad
¡Viva el Politécnico;
A la comunidad de la UPIICSA, por
darme los mejores compañeros y
profesores para poder lograr un
desarrollo profesional y personal

Al Dr. Eduardo Gutiérrez González, por su excelente apoyo, dirección y orientación en el desarrollo de esta tesis, y sobretodo por su paciencia para lograr este objetivo

A mis amigos y a las personas que a lo largo de mi vida han aportado momentos significativos par mí y que de igual manera yo he dejado algún aprendizaje para ellos.

> A todos ¡MUCHAS GRACIAS;

Índice

SIP-14	II
Carta cesión de derechos	III
Agradecimientos	IV
Indice	V
Índice de tablas	IX
Índice de figuras Resumen	X XII
Abstract	XIII
Introducción	1
CAPÍTULO 1	5
INDUSTRIA DE LAS ARTES GRÁFICAS	5
1.1 LA INDUSTRIA DE LAS ARTES GRÁFICAS	5
1.1.1 HISTORIA DE LAS ARTES GRÁFICAS	6
1.1.2 PRINCIPALES TIPOS DE ARTES GRÁFICAS	6
1. LITOGRAFÍA	7
2. IMPRESIÓN OFFSET	9
3. SERIGRAFÍA	10
4. FLEXOGRAFÍA	12
5. HUECOGRABADO O ROTOGRABADO	16
1.2 ANTECEDENTES DE LA ETIQUETA	17
1.3 PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA MANUFACTURA DE UNA ETIQUETA	22
1.4 ETIFLEX S.A. DE C.V	24
1.5 PROBLEMÁTICA	27
CAPÍTULO 2	30
MARCO TEÓRICO	20
	30
2.1 ESTRATEGIAS DE COMPETITIVIDAD UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA EN LA ACTUALIDAD	31
, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	

CAPÍTULO 3	66
METODOLOGÍA PARA DISMINUIR LOS TIEMPOS DE PARO EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIO DE ETIQUETAS	
3.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA ETIFLEX, NO CONFORMIDADES	
3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN	
3.2.1. ALMACÉN DE MATERIA PRIMA	
3.2.2. ALMACÉN DE SUAJES	
3.2.3. FOTOMECÁNICA O ÁREA DE PREPRENSA	
3.2.4. ÁREA DE CAMBIOS RÁPIDOS Y DE ANILOX	74
3.2.5. LABORATORIO DE TINTAS	75
3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ENTORNO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ETIQUE EN ESTUDIO	_
3.3.1. CLASIFICACIÓN DE PRENSAS EN OPERACIÓN	75
3.3.2. ENTORNO GENERAL DE LOS DEFECTOS GENERADOS EN EL PROCESO DE PRENSADO	76
3.3.3. VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS	79
3.3.4. TIPOS DE DESPERDICIOS GENERADOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS	80
1. SOBREPRODUCCIÓN	80
2. ESPERA	81
3. TRANSPORTE	82
4. PROCESOS QUE NO AGREGAN VALOR	83
5. INVENTARIOS	84
6. DEFECTOS	85
7. EXCESO DE MOVIMIENTO	85
8. PERSONAS SUBUTILIZADAS	86
3.4 CAUSAS GENERALES DE PARO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS	87
3.5 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA EL CONTROL DEL PROCESO	88
3.6 ESCENARIOS POSIBLES DE LAS PÉRDIDAS POR TIEMPOS DE PARO EN UNA LÍNEA PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS	
3.7 CONSTRUCCIÓN DE ÍNDICES PARA LOS TIEMPOS DE PARO EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS	90
3.8 COMPARACIONES ENTRE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN ESTUDIO	90
3.9 DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LOS TIEMPOS DE PARO EN UNA LÍNEA I PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS	DE 91

		muice
CAPÍT	ULO 4	92
CASO	DE ESTUDIO: LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS CON 5 ESTACIONES D	E
TRAB	AJO	92
	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DE PA EA DE PRODUCCIÓN FA-2500	
4.2	DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN FA-2500	94
4.3	LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN ESTUDIO.	96
4	.3.1 PRINCIPALES DEFECTOS EN EL PROCESO DE PRENSA FA-2500	97
4	.3.2 VARIABLES DE LA PRODUCCIÓN	97
4.4	CAUSAS DE PARO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN	99
4.5 250	COMPORTAMIENTOS DE LAS CAUSAS DE PARO DE LAS LÍNEAS DE PRODUC O Y FB-2500	
4.6	RIESGO Y ESCENARIOS DE TIEMPOS DE PARO	111
4.7	CONSTRUCCIÓN DE ÍNDICES DE TIEMPOS DE PARO	114
4.8	COMPARACIONES ENTRE LAS PRENSAS P17 Y P19	117
4.9 PR0	ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN LAS LÍNEA: DDUCCIÓN FA-2500 Y FB-2500	
4	.9.1 MOTIVOS OBLIGATORIOS EN CADA ORDEN DE PRODUCCIÓN	120
4	.9.2. MOTIVO OBLIGATORIO PARA ETIQUETAS CON IMPRESIÓN	123
4	.9.3. MOTIVOS DE PARO NO OBLIGATORIOS	124
	.9.4 MOTIVOS DE PARO NO OBLIGATORIOS QUE SUCEDEN POR CARACTERÍS EL MATERIAL O DE LA MÁQUINA	
	9.5 MOTIVOS DE PARO OBLIGATORIO POR VALIDACIÓN DEL PROCESO	
•		
Concl	usiones	127
3iblio	grafía	130
Anexo		133
Anexo	SD	138

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 3.1.No conformidades generadas durante el 2009.	68
Tabla 3.2 Pareto del total de no conformidades.	69
Tabla 3.3 No conformidades del área de producción.	70
Tabla 3.4 Códigos de motivos de no conformidades	71
Tabla 3.5 Motivos de no conformidades en el área de prensas	71
Tabla 3.6 Pareto de motivos de no conformidades en la prensa.	72
Tabla 4.1 Diagrama de Pareto de los motivos de paro en la prensa FA-2500.	100
Tabla 4.2 Principales motivos de paro con sus respectivos costos de la prensa 17.	101
Tabla 4.3 Diagrama de Pareto de los motivos de paro prensa 19.	102
Tabla 4.4 Principales motivos de paro con sus respectivos costos de la prensa 19.	103
Tabla 4.5 Comportamiento de los modelos en los ajustes de tiempos muertos para la prensa 17	'. 105
Tabla 4.6 Comportamiento de los modelos en los ajustes de tiempos muertos para la prensa 19	. 108
Tabla 4.7 Riesgos de los escenarios 50 y 100 minutos de tiempos muertos para la prensa 17.	111
Tabla 4.8 Riesgos de los escenarios 150 y 200 minutos de tiempos muertos para la prensa 17.	112
Tabla 4.9 Riesgos de los escenarios 250 y 300 minutos de tiempos muertos para la prensa 17.	112
Tabla 4.10 Riesgos de los escenarios 350 y 400 minutos de tiempos muertos para la prensa 17	. 112
Tabla 4.11 Riesgos de los escenarios 50 y 100 minutos de tiempos muertos para la prensa 19.	113
Tabla 4.12 Riesgos de los escenarios 150 y 200 minutos de tiempos muertos para la prensa 19	. 113
Tabla 4.13 Riesgos de los escenarios 250 y 300 minutos de tiempos muertos para la prensa 19	. 113
Tabla 4.14 Riesgos de los escenarios 350 y 400 minutos de tiempos muertos para la prensa 19	. 113
Tabla 4.15 Pesos por componentes principales para cada motivo de la P17	117
Tabla 4.16 Indicador de tiempos de paro de la P17.	117
Tabla 4.17 Pesos por componentes principales para cada motivo de la P19.	118
Tabla 4.18 Indicador de tiempos de paro de la P19.	118

Índice de figuras

Figura. 1.1. Prensa para Litografía	'ág. 8
Figura. 1.2. Proceso flexografico.	13
Figura. 1.3. Evolución de la etiqueta.	18
Figura. 1.4. Factores de Competitividad.	25
Figura. 1.5. Organigrama de Etiflex.	26
Figura. 2.1. Las siete herramientas básicas de la calidad.	36
Figura. 2.2. Diagrama Causa-Efecto.	38
Figura. 2.3 Ejemplo de diagrama de dispersión.	39
Figura. 2.4 Ejemplos de histogramas.	41
Figura 2.5 Ejemplos de hojas de verificación.	41
Figura 2.6 Distribución normal media μ y variancia σ^2 .	44
Figura 2.7 Funciones de densidad y distribución acumulada exponencial, con parámetro $oldsymbol{eta}$	45
Figura 2.8 Funciones de densidad y distribución acumulada gamma, con parámetros beta i y alfa con valores de 1, 2, 3, y 4	igual a uno 45
Figura 2.9 Funciones de densidad y distribución acumulada gamma, con $\alpha = 3$ y $\beta = 0.5.1$	l, 2 y 3.
	46
Figura 2.10 Funciones de densidad y distribución acumulada Weibull, con $\beta_{=1}$ y $\alpha_{=0.75}$,	1, 2, 3, 4.
	46
Figura 2.11 Funciones de densidad y distribución acumulada Weibull, con β =0.5, 1, 2, 3 y	$\alpha_{=3}$.
	47
Figura 2.12 Funciones de densidad lognormal.	47
Figura 2.13. Metodología de la etapa Seiri.	53
Figura 2.14. Metodología etapa Seiton.	54
Figura 2.15. Proceso de las 5´s.	55

	Pág.
Figura 3.1 Motivos de paro de prensa 17.	69
Figura 3.2 Distribución de no conformidades en el área de producción.	70
Figura 3.3 Gráfica de Pareto de motivos de no conformidades en la prensa.	72
Figura 4.1 Diagrama de la metodología aplicada para disminuir los tiempos de paro en las de producción.	líneas 93
Figura 4.2 Diagrama de flujo general de un proceso de una etiqueta impresa.	95
Figura 4.3 Flujo de variables de entrada hacia la prensa.	98
Figura 4.4 Distribución gráfica de los motivos de paro en la prensa (17) FA-2500 del period Diciembre del 2010.	o Mayo a 101
Figura 4.5 Distribución gráfica de los motivos de paro en la prensa (19) FA-2500.	103
Figura 4.6 Histogramas y gráficas de cada motivo de paro P17	107
Figura 4.7 Histogramas y gráficas de cada motivo de paro P19.	110
Figura 4.8 Pantalla del paquete Minitab de ingreso de los 134 datos para cada motivo de pa	aro.
	115
Figura 4.9 Pantalla del paquete Minitab para selección de variables de paro.	116
Figura 4.10 Pantalla de respuestas de componentes principales, P17.	116
Figura 4.11 Pantalla de respuestas de componentes principales, P19.	118

Resumen

En este trabajo se describe un trabajo estructurado en dos fases. La primera fase es el estudio general de un proceso flexográfico, considerando situaciones del entorno de la organización, características del proceso, variables involucradas en los procesos, las áreas más influyentes dentro del proceso productivo, entre otras situaciones. Además se plantea de manera general una metodología para un proceso flexográfico. En la segunda fase se analiza un caso de estudio en una empresa de flexografía, en la cual se realiza un estudio de lo general a un objetivo en particular, se analizan los tiempos de paro de dos líneas de producción de características similares para generar índices que apoyen a la mejor toma decisiones para mejorar la productividad.

Para realizar el planteamiento de la problemática fue necesario recopilar datos desde el año 2010 para conocer el panorama general de la organización en estudio, para después generar una base de datos de los motivos de paro de las máquinas objeto de estudio, estos datos se generaron a partir de Mayo del 2010 hasta Diciembre del 2010. Durante este periodo se realizaron los estudios probabilísticos y estadísticos para poder generar los índices de comportamiento de los motivos de paro

Con los resultados fue posible analizar escenarios de riesgo por los motivos de paro asociados a sus costos respectivos. Por último se plantean estrategias para reducción de tiempos de paro en un proceso flexográfico, enfocadas en la mejora de la productividad del proceso y del desarrollo de una cultura de mejora continua.

Abstract

This thesis describes a structured methodology in two phases. The first phase is the general study of a flexographic process, including those situations in the environment of the organization, characteristics of the process variables involved in the process, the areas most influential in the production process, among other situations. It also presents a general methodology for a flexographic process. In the second phase discusses a case study in a flexo company, which is a study from the general to a particular purpose, we analyze the downtime of two production lines with similar characteristics to generate indices support better decision making and improve productivity.

To approach the issue was necessary to collect data from 2009 to know the overview of the organization under study, and then generate a database of the reasons for stopping the machine object of study; these data were generated from May 2010 through December 2010. During this period, statistical studies were performed to generate performance indicators of downtime.

With the results was possible to analyze risk scenarios of downtime for the reasons associated with their respective costs. Finally, we suggest strategies for reducing downtime in a flexographic process, focused on improving the productivity of the process and developing a culture of continuous improvement.

Introducción

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los tiempos muertos en los procesos productivos es uno de los desperdicios más frecuentes dentro de las organizaciones, y aunque existen herramientas para su reducción, las organizaciones generalmente no las usan por desconocimiento o por resistencia al cambio. Los tiempos muertos generan altos costos dentro de la operación y provoca que la productividad no sea la esperada, sin embargo algunas veces estos costos son absorbidos por otras situaciones diferentes al proceso productivo.

El desarrollo de la tecnología es un factor de competitividad que logra ser diferenciador de una organización en el sector industrial donde se desenvuelva. Sin embargo, algunas veces se cree que la tecnología resolverá los problemas de los procesos sustituyendo el análisis y creatividad del factor humano, en estos casos estamos agregando más costo a los problemas. La inversión en tecnología es necesaria para ser competitivo, pero debe ser complemento de procesos documentados, estructurados, analizados y estandarizados. El factor humano debe comprender cuál es su rol frente a la tecnología en beneficio de las organizaciones.

De esta forma el estudio se enfocará en un proceso flexográfico, donde las prácticas artesanales están muy arraigadas a los sistemas productivos. En contraste, la inversión en tecnología es muy alta, ya que se busca que el proceso sea más productivo, aunque algunas veces el diseño de los procesos donde interviene el factor humano no está al nivel que requieren las máquinas con tecnología de punta.

La problemática de los tiempos muertos se fundamenta al realizar primeramente un análisis de las no conformidades de los clientes hacia la organización durante el año 2009, estos datos arrojaron que el área de Producción es donde se originan la mayor cantidad de no conformidades, y dentro de ésta la subárea de prensas es la principal generadora de no conformidades. Los principales motivos de las no conformidades fueron la etiqueta defectuosa, no realizar

procedimientos y déficit en la producción. Dentro del motivo del déficit de producción se encuentran los tiempos de paro por diversos ajustes que se consideran principalmente el origen de los otros dos motivos que son etiqueta defectuosa y no realizar procedimiento. Por esta razón se considera que el alto índice de déficit de producción es un problema que está asociado a generar altos costos y productos de baja calidad.

OBJETIVO

Estructurar una metodología para reducir tiempos de paro en una línea de producción de etiquetas que promueva el incremento de la productividad del proceso, y que permita generar una ventaja competitiva en el sector de las artes gráficas, principalmente en los procesos flexográficos orientados a la producción de etiquetas.

JUSTIFICACIÓN

La organización objeto de estudio considera que la cantidad de tiempos de paro en los procesos ha incrementado de manera significativa en los últimos meses y estos tiempos están relacionados con los altos costos de producción que se generan por realizar producto no conforme. Sin embargo no conocen cuáles son los principales tiempos de paro de máquinas, ni el comportamiento de los datos de los tiempos.

En la actualidad sólo se registran los motivos de paro de máquina pero no se plantean iniciativas para reducir los tiempos de paro de una máquina en un proceso flexográfico.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Esta investigación está enfocada hacia organizaciones que utilizan máquinas flexográficas dentro de sus procesos, ya que se plantea un análisis del entorno de un proceso flexográfico, determinando variables y características inherentes a este tipo de proceso. El caso de estudio se concentra en evaluar dos prensas flexográficas de características similares para encontrar los índices de comportamiento de los tiempos de paro de cada máquina que apoyen en la toma de decisiones relacionadas a la productividad.

El estudio se realizó en una organización con más de 25 años de experiencia en procesos flexográficos, aunque en la actualidad los procesos digitales están ganando terreno dentro de este sector industrial todavía los procesos flexográficos

soportan el mayor peso específico dentro de los procesos productivos en esta organización.

RESULTADOS ESPERADOS

A través de la metodología propuesta se espera conocer con claridad los principales tiempos de paro que ocurren en un proceso flexográfico y que se estructuren las estrategias adecuadas para reducir los tiempos en las prensas en estudio y reducir el costo que emana por dichos tiempos. En general se debe generar mayor productividad y establecer mejores prácticas que fortalezcan la cultura laboral dentro de la organización.

METODOLOGÍA GENERAL

Para el desarrollo de la metodología se realizó lo siguiente:

- a) Se analizan las variables y características de los procesos flexográficos orientados a la producción de etiquetas.
- **b)** Se analizan los datos históricos de las no conformidades de la organización de manera general involucrando a todas las áreas, enseguida se genera un estudio particular para el área de producción.
- c) Se analizan las principales causas de los motivos de paro de máquina para su evaluación enfocado en la mejora del proceso.
- **d)** Se realizan cálculos probabilísticos y estadísticos para conocer el comportamiento de los datos en el proceso.
- **e)** Se generan índices estadísticos para poder realizar comparaciones y proyecciones en los proceso productivos de las prensas en estudio.
- f) Se establecen propuestas de reducción de tiempos de paro de máquina para mejorar la productividad.

RESEÑA DEL ESTUDIO

El estudio se estructuró en cuatro capítulos, donde en el primer capitulo se realiza una reseña de los procesos que forman parte de las artes gráficas. Se describe de manera general la historia de las artes gráficas, las variables que intervienen dentro de los diferentes procesos incluidos en el sector de las artes gráficas. Posteriormente se realiza una explicación más detallada de un proceso flexográfico para la manufactura de etiquetas.

En el segundo capítulo se plantean posibles herramientas para atender la problemática planteada previamente, se realiza una breve explicación de herramientas y modelos estadísticos enfocados en la resolución de problemas. De igual manera se realiza una revisión breve de herramientas cualitativas para la mejora de los procesos.

En el tercer capitulo se plantea una metodología general para reducir tiempos de paro de la máquina en procesos flexográficos, considerando: tipo de paro, frecuencias, costos e impactos hacia la productividad del proceso. Además se plantea un escenario general de los impactos de los tiempos de paros dentro de un proceso flexográfico para la manufactura de una etiqueta, como son índices de tiempos de paro, escenarios de riesgo y pérdida, entre otros.

En el cuarto capítulo, se desarrolla la metodología planteada en el capítulo previo con datos generados en las prensas de estudio. Se plantean estudios estadísticos de tiempos de paro de las prensas en estudio, se analizan los comportamientos de los datos y se generan los índices que aplican a cada motivo de las prensas en estudio. Además se plantean propuesta de reducción de tiempos con herramientas cuantitativas y cualitativas. Por último se establecen algunas conclusiones y recomendaciones del estudio.

Capítulo 1

INDUSTRIA DE LAS ARTES GRÁFICAS

INTRODUCCIÓN

Es importante mencionar que en los últimos años la industria de las artes gráficas ha evolucionado rápidamente y ha sufrido la transición de métodos artesanales a métodos completamente automatizados. En este capítulo se plantea una breve reseña de cada una de las ramas que comprenden las artes gráficas, mencionando sus principales características y aplicaciones. Luego, el objetivo de este capítulo consiste en conocer los principales componentes de la flexografía, fundamentalmente en la manufactura de una etiqueta para tener una mejor comprensión de la problemática que se resolverá en la investigación.

Por esta razón, en el capítulo se presenta la evolución de la etiqueta a lo largo de la historia, así como sus principales aplicaciones dentro de la industria. Se analizan, cuáles podrían ser las variables que se encuentran dentro de un proceso flexográfico y entender adecuadamente los conceptos que se desarrollan en este tipo de proceso.

El capítulo se desarrolla en 5 secciones, en las dos primeras se desarrolla una breve introducción a la historia de las artes gráficas. En la tercera sección se revisan los principales problemas que se tienen en la manufactura de una etiqueta, mientras que en la penúltima sección se describe brevemente la filosofía de la empresa en estudio. Finalmente en la quinta sección se hace el planteamiento de la problemática que se trabajará en la investigación.

1.1 LA INDUSTRIA DE LAS ARTES GRÁFICAS

Las Artes gráficas hacen referencia a la elaboración de todo tipo de elementos visuales fundamentalmente a técnicas de grabado y dibujo, aunque suelen restringir el término a las técnicas relacionadas con la imprenta.

Luego, es posible decir que las artes gráficas es un proceso artístico de la creación de un diseño usando un medio y la transferencia de la imagen hacia un sustrato (como el papel), creando así una expresión artística.

1.1.1 HISTORIA DE LAS ARTES GRÁFICAS

Las artes gráficas¹ es un término que aparece luego de la invención de la imprenta por Johannes Gutenberg hacia 1450, como forma de agrupar todos los oficios que se relacionaban con la impresión tipográfica, como era la acomodación de los tipos, la impresión, la encuadernación, el terminado, y todas las variantes o procesos adicionales que se le hacían al material impreso.

Un poco más tarde aparece la litografía, un sistema de impresión desarrollado por Aloys Senefelder, quien sabiendo que el agua y el aceite se repelen naturalmente, utilizó una piedra caliza y una barra de cera para realizar una impresión, con lo que revolucionó las artes gráficas, con el paso del tiempo la piedra fue cambiada por una lámina de aluminio o de zinc.

Debido a la urgente necesidad de generar impresiones de mejor calidad aparece la pre-prensa o fotomecánica. Esta nueva parte del proceso de impresión utilizaba grandes máquinas, y cámaras especiales para dividir el color de las imágenes en CMYK o cian, magenta, amarillo y negro por sus siglas en inglés (cyan, magenta, yellow, key); el término Key que significa llave hace referencia a la sobre impresión del negro para mejorar la calidad del trabajo. De esta forma se evoluciona a la impresión offset (fuera de lugar), la que mejora significativamente la calidad de la impresión al utilizar un sistema indirecto, de tres rodillos.

Posteriormente se acuñaron otras formas de impresión como la serigrafía, la flexografía, el huecograbado o rotograbado, entre muchas otras. Actualmente se incluye la impresión digital, y gracias al avance tecnológico y las nuevas tecnologías los procesos que se necesitaban para realizar un trabajo se han reducido, hoy en día cuando nos referimos al arte, en las artes gráficas se hace referencia casi que exclusivamente al diseño gráfico, debido a que lo demás ha dejado de ser arte para convertirse en técnica.

1.1.2 PRINCIPALES TIPOS DE ARTES GRÁFICAS

Las Artes gráficas², se refieren a la elaboración de todo tipo de elementos visuales fundamentalmente a técnicas de grabado y dibujo, aunque suele restringirse el término a las técnicas relacionadas con la imprenta. Es un proceso artístico de la

² FINAT Manual de formación – etiquetado autoadhesivo 1996

¹ Encyclopedia of labels and label technology, Michael Fairley, Tarsus Publishing Ltd, London, 2004

creación de un diseño usando un medio y la transferencia de la imagen hacia un sustrato (como el papel), creando así una expresión artística.

Entre los tipos más importantes de las artes gráficas tenemos los siguientes:

1. LITOGRAFÍA

La Litografía³ es un procedimiento de impresión, hoy casi en desuso salvo para la obtención y duplicación de obras artísticas. Su creador fue Aloys Senefelder, de origen alemán. Etimológicamente la palabra litografía viene de los términos griegos lithos piedra, y graphe dibujo. La técnica litográfica se basa en el desvío recíproco entre sustancias lipóficas e hidrófilas, esto quiere decir que el agua rechaza las tintas grasas; las zonas que imprimen y las que no imprimen se encuentran en el mismo nivel, por ello las matrices litográficas se llaman también planográficas.

En las técnicas manuales la formación de la matriz consiste en la adhesión de las tintas grasas y resinosas sobre el papel litográfico. Con estas tintas se efectúa el dibujo que se trata de reproducir, el cual queda fijado mediante una solución de ácido nítrico y goma arábiga. La adhesión de la sustancia grasa produce un jabón calcáreo o metálico insoluble que constituye la base de señales de impresión. Sobre las partes que no se imprimen, una preparación especial determina la formación de sales hidrófilas, con lo cual, sobre el plano de la matriz existen dos zonas contra puestas gráficamente, que permiten la impresión, previa a las operaciones de entintado y humidificación. De los fondos coloreados y conformados de acuerdo con las zonas claras del original hasta el empleo de tintas planas superpuestas, se pasó por las coloraciones por superposición.

Engelmann⁴ hacia 1835, llamó cromolitografía a la técnica de reproducción litográfica en colores. Se hacen tantos dibujos sobre papel o placa como tintas se consideren necesarias para la reproducción. El registro se obtiene realizando sobre el papel de cada color la correspondiente cruz de registro. Para este tipo de impresión se utiliza una piedra caliza pulimentada sobre la que se dibuja la imagen a imprimir con una materia grasa, bien sea mediante lápiz o pincel. Este proceso se basa en la incompatibilidad de la grasa y el agua. Una vez la piedra humedecida, la tinta de impresión sólo queda retenida en las zonas dibujadas previamente.

Para cada color debe usarse una piedra distinta y, evidentemente, el papel tendrá que pasar por la prensa de imprimir tantas veces como tintas se empleen. En los carteles impresos mediante el sistema litográfico, tan frecuentes en la segunda

³ Encyclopedia of labels and label technology, Michael Fairley, Tarsus Publishing Ltd, London, 2004

⁴ **Godefroy Engelmann**, considerado como el inventor de la **cromolitografía**, el cual alcanzará las más altas cotas de calidad técnica y artística. http://www.jaberni-coleccionismo-vitolas.com

mitad del siglo XIX y primeras décadas del siglo XX, se utilizaban quince, veinte o más tintas. Entre ellos son de destacar los que anunciaban las corridas de toros, los de la Semana Santa, y los diseñados durante la Guerra Civil española. En una imagen litográfica las letras no pueden ser retiradas y reutilizadas en otro sitio: son únicas y precisan re-dibujarse, o copiarse, para cada uso. El litógrafo podía reproducir una imagen "única" dibujada, combinando texto e imagen en complicadas disposiciones formales del color. El proceso cromolitográfico alcanzó su cima durante el siglo XIX. La mejora en los métodos del fotograbado (el grabado de una imagen fotográfica en una plancha metálica recubierta con una capa sensible y "mordida" después con ácido, obteniéndose así una imagen impresora en relieve) amenazó la supervivencia de la litografía, conduciendo a su progresivo declive a partir de la década de 1890.

El inventor de este sistema de impresión fue el tipógrafo alemán Alois Senefelder (1771-1834). Aunque este procedimiento fue extensamente usado con fines comerciales, la mayor parte de los grandes pintores de los siglos XIX y XX también lo emplearon ya que facilitaba obtener un cierto número de copias de un mismo trabajo: Picasso, Toulouse-Lautrec, Joan Miró, Piet Mondrian, Ramón Casas, Antoni Tàpies, Alphonse Mucha, etc. Asimismo, reciben el nombre de litografía, además del sistema de impresión, cada uno de los ejemplares obtenidos por este procedimiento así como el taller donde se realiza este tipo de trabajos. Posteriormente, al aparecer las rotativas se comenzaron a emplear láminas flexibles de zinc o de aluminio, y más recientemente de plástico, en sustitución de las pesadas piedras litográficas. Con la incorporación de la fotomecánica, dichas planchas dejaron de ser dibujadas a mano, puesto que la sensibilización de su superficie permitía exactas reproducciones fotográficas. Aunque de forma incorrecta, aún es frecuente denominar a las empresas de Artes Gráficas, como Litografías.



Fig. 1.1. Prensa para Litografía

Fuente: Elaboración propia

2. IMPRESIÓN OFFSET

La impresión Offset⁵ es un método de reproducción de documentos e imágenes sobre papel, o materiales similares, que consiste en aplicar una tinta, generalmente oleosa, sobre una plancha metálica, compuesta generalmente de una aleación de aluminio. La plancha toma la tinta en las zonas donde hay un compuesto hidrófobo, el resto de la plancha se moja con agua para que repela la tinta; la imagen o el texto se trasfiere por presión a una mantilla de caucho, para pasarla, finalmente, al papel por presión.

La prensa se denomina offset porque el diseño se transfiere de la plancha de impresión al rodillo de goma citado, antes de producir la impresión sobre el papel. Es precisamente esta característica la que confiere una calidad excepcional a este tipo de impresión, puesto que el recubrimiento de caucho del rodillo de impresión es capaz de impregnar, con la tinta que lleva adherida, superficies con rugosidades o texturas irregulares. Obviamente, esto es debido a las propiedades elásticas del caucho que no presentan los rodillos metálicos.

La impresión offset es un método de impresión indirecta, ya que se pasa indirectamente de la plancha de aluminio al caucho para después pasar al tambor impresor y éste al papel o material a imprimir. La impresión offset se realiza mediante planchas metálicas (generalmente de aluminio) tratadas y fijadas sobre cilindros, de modo que hay una plancha por cada color que se quiera representar, o en el caso de la fotocromía, por cada uno de los cuatro colores (cian, magenta, amarillo y negro). De este último modo se obtiene papel impreso con imágenes a todo color superponiendo, mediante varias pasadas, las distintas tintas sobre el soporte.

La cantidad, y proporciones, de cada una de las tintas básicas que se usan en el proceso de impresión, así como la transparencia parcial de éstas, darán lugar a una imagen a todo color con un buen degradado de los tonos. Para que la plancha se impregne de tinta, únicamente en aquellas partes con imagen, se somete la plancha a un tratamiento fotoquímico, de tal manera que las partes tratadas repelen el agua. Así, la plancha se pasa primero por un mojador, impregnándola de agua y, seguidamente, por un tintero. Como la tinta es un compuesto graso, es repelida por el agua, y se deposita exclusivamente en las partes tratadas, o sea, con imagen. El agua, a menudo, contiene otras sustancias para mejorar su reactividad con la chapa y el agua. Finalmente, las imágenes ya entintadas se transfieren a un caucho que forra otro cilindro, siendo este caucho el que entra en contacto con el papel para imprimirlo, ayudado por un cilindro de contrapresión, o platina.

⁵ Encyclopedia of labels and label technology, Michael Fairley, Tarsus Publishing Ltd, London, 2004

-

Este tipo de impresión es el más utilizado en las grandes tiradas de volumen, debido a sus evidentes ventajas de calidad, rapidez y costo, lo que permite trabajos de grandes volúmenes de impresión a precios muy reducidos. A pesar de que las modernas imprentas digitales se acercan a la relación costo/beneficio de una imprenta offset, aún no son capaces de producir las ingentes cantidades que se requieren, por ejemplo, para la tirada de un periódico de amplia difusión. Además, muchas impresoras offset de última generación usan sistemas computarizados a la plancha de impresión en lugar de los antiguos, que lo hacían a la película, lo que incrementa, aún más su calidad. En las dos últimas décadas, la flexografía se ha convertido en la forma dominante de imprimir en embalajes debido a sus bajas expectativas de calidad y al costo significativamente más bajo en comparación con otras formas de impresión.

Las principales ventajas son:

- Una imagen de alta calidad consistente, más clara y definida que con otros sistemas de impresión.
- ➤ Se puede utilizar en una gran cantidad de superficies aparte del papel liso (madera, ropa, metal, cuero, papel rugoso).
- Las láminas son de rápida y fácil producción.
- La duración de las láminas es mayor que en imprentas de litografía directa, porque aquí no hay contacto directo entre la plantilla y la superficie de contacto

3. SERIGRAFÍA

La serigrafía⁶ es una técnica de impresión empleada en el método de reproducción de documentos e imágenes sobre cualquier material, y consiste en transferir una tinta a través de una gasa tensada en un marco, el paso de la tinta se bloquea en las áreas donde no habrá imagen mediante una emulsión o barniz, quedando libre la zona donde pasará la tinta. El sistema de impresión es repetitivo, esto es, que una vez que el primer modelo se ha logrado, la impresión puede ser repetida cientos y hasta miles de veces sin perder definición.

La serigrafía es un sistema de impresión milenario. Si bien no hay datos exactos, se cree que se remonta a la antigua China, en la que según una leyenda utilizaban cabellos de mujer entrelazados a los que les pegaban papeles, formando dibujos que luego se laqueaban para que quedaran impermeables. Posteriormente se cambió el material por la seda, de ahí proviene su nombre.

_

⁶ Encyclopedia of labels and label technology, Michael Fairley, Tarsus Publishing Ltd, London, 2004

Su nombre original sería *sericum* (seda, en latín) *graphe* (escribir, en griego). En realidad se debería llamar "sericigrafía", pero por deformaciones termina siendo serigrafía, por el uso de la seda como su componente original. En la antigüedad se fabricaban unas calcomanías que se aplicaban en los artículos de uso diario, platos, vasos, etc. En Europa se utilizó para imprimir telas, en lo que se llamó "impresión a la lionesa", por ser el lugar en donde se aplicaba este sistema.

Las primeras serigrafías sobre papel (carteles publicitarios) aparecen en Estados Unidos sobre 1916 con una nota pendiente de concesión. La primera patente concedida es para Selectasine en 1918. Guy Maccoy fue el primero en utilizar la técnica de la serigrafía con fines artísticos. Realizó sus dos primeras serigrafías en 1932; ambas eran alrededor de 9x11 pulgadas y tiró aproximadamente 40 copias de cada diseño. En 1938 tuvo su primera exposición individual, la primera de serigrafías en una galería. Es en Estados Unidos, y con el auge de la fotografía y los Productos químicos, donde toma un impulso espectacular; por ser un método muy versátil para poder imprimir en muchos materiales, hoy en día pueden distinguirse miles de artículos procesados con serigrafía.

Las principales aplicaciones son las siguientes:

- ➤ El procedimiento de impresión es muy utilizado para hacer reproducciones de arte y de anuncios; en la reproducción de obra de arte, pinturas, dibujos, carteles, etc.
- ➤ En el estampado de tejidos, camisetas, vestidos, telas, corbatas, material de deporte, calzado, lonas, y en todo tipo de ropa.
- > En la impresión de plásticos. Marquesinas, paneles, elementos de decoración, placas de señalización y marcaje, tableros de control, etc.
- ➤ En la impresión de madera y corcho, para elementos de decoración, puestas, muebles, paneles, etc.
- En la impresión de calcomanías y etiquetas. Calcomanías al agua y secas, etiquetas en complejos o materiales autoadhesivos (papel y policloruro de vinilo (PVC)), calcomanías vitrificables para la decoración de azulejos, vidrio y cerámica.
- Decoración de cristal, para espejos y material, para todo tipo de máquinas recreativas y de juego, y en cilíndrico para frascos, botellas, envases, jeringuillas, ampollas, vasijas, etc.
- Para el flocado de todo tipo de materiales, en este caso el adhesivo se aplica también por serigrafía.

- En la producción de cartelería mural de gran formato, las vallas de publicidad exterior, por la resistencia de las tintas a los rayos ultravioleta.
- ➤ En todo tipo de materiales para decoración de escaparates, mostradores, vitrinas, interiores de tiendas, y, en cualquier escala, elementos de decoración promocionales y publicitarios.
- > Decoración directa por medio de esmaltes y vitrificables de barro, cerámica, porcelana, etc.
- > Etiquetas en aluminio, cartulinas, cueros, tejidos, etc.
- Producción de circuitos impresos.
- Decoración de corcho y madera.
- Rotulación y marcaje con transportadores para vehículos y material de automoción.

Las impresiones serigráficas pueden detectarse porque cada color tiene cierto relieve, y en los contornos de las imágenes de trazado, como los textos, si los aumentamos, aparecerán con una forma que recuerda a los dientes de una sierra. Sería difícil llegar a un detalle completo de todas ellas, ya que evoluciona de forma continua precisamente por sus posibilidades de aplicación en cualquier tipo de soporte.

4. FLEXOGRAFÍA

La flexografía⁷ la inventa Houleg (Francia) en 1905; es una técnica de impresión en relieve, puesto que las zonas impresas de la forma están realzadas respecto de las zonas no impresas. La plancha, llamada cliché, es generalmente de fotopolímero (anteriormente era de hule vulcanizado), que por ser un material muy flexible, es capaz de adaptarse a una cantidad de soportes muy variados. La flexografía es el sistema de impresión característico, por ejemplo, del cartón ondulado y de los soportes plásticos. Es un método semejante al de un sello de imprenta.

En este sistema de impresión se utilizan tintas líquidas caracterizadas por su gran rapidez de secado. Esta gran velocidad de secado es la que permite imprimir volúmenes altos a bajos costos, comparado con otros sistemas de impresión. En cualquier caso, para soportes poco absorbentes, es necesario utilizar secadores situados en la propia impresora (por ejemplo, en el caso de papeles estucados o barnices UVI).

⁷ Encyclopedia of labels and label technology, Michael Fairley, Tarsus Publishing Ltd, London, 2004

Las impresoras suelen ser rotativas, y su principal diferencia con el resto de los sistemas de impresión es el modo en que el cliché recibe la tinta. Generalmente, un rodillo giratorio de caucho recoge la tinta y la transfiere por contacto a otro cilindro, llamado *anilox*. El *anilox*, por medio de unos alvéolos o huecos de tamaño microscópico, formados generalmente por abrasión de un rayo laser en un rodillo de cerámica y con cubierta de cromo, transfiere una ligera capa de tinta regular y uniforme a la forma impresora, grabado o cliché. Posteriormente, el cliché transferirá la tinta al soporte a imprimir. El proceso de flexografía⁸ es característico para la impresión de etiquetas auto adheribles en rollo, las que se pueden imprimir en papel, películas y plásticos; la impresión es posible desde una hasta diez tintas, incluyendo diferentes tipos de acabados como barnices (de máquina, alto brillo o ultravioleta), laminación plástica y estampado de película.





Fig. 1.2. Proceso flexográfico.

Fuente: Encyclopedia of labels and label technology, Michael Fairley, Tarsus Publishing Ltd, London, 2004

La flexografía es uno de los métodos de impresión más usado para envases, desde cajas de cartón corrugado, películas o films de plásticos (polietileno, polipropileno, poliéster, etc.) bolsas de papel y plástico, hasta la impresión de servilletas, papeles higiénicos, cartoncillos plegadizos, periódicos, etc. La flexografía es uno de los métodos de impresión más económicos con respecto al producto final, permite un mayor número de reproducciones a un menor costo. Al principio se llamaba anilina ya que se usaban tintas en base de este químico, luego de esto la MossType Corporation realizó una encuesta para decidir el nombre que se le daría a este método de impresión, puesto que el uso de anilina en los empaques para consumo humano era prohibido por ser perjudicial para la salud y fue prohibido por la FDA federación de drogas y alimentos. En esta encuesta se decidieron tres nombres - Roto pack - Permatone – Flexografía.

13

⁸ Encyclopedia of labels and label technology, Michael Fairley, Tarsus Publishing Ltd, London, 2004

⁹ FINAT Manual de formación – etiquetado autoadhesivo 1996

Este proceso permite la impresión desde 1 a 10 colores, en el caso de que se utilicen materiales transparentes, se hace indispensable el uso del color blanco, a comparación del offset, el blanco se obtiene del soporte del papel la mayoría de veces, motivo por el cuál se usa la cuatricromía, en el caso de la flexografía es muy común el uso de colores preparados o pantone, por ejemplo si se realiza un producto con fotografía, este se imprime en ocho colores, el blanco, cyan, magenta, amarillo, negro (para la foto), negro (para el código de barras y el texto) y dos colores más para realizar fondos saturados, entre éstos pueden estar el dorado, plateado y/o el pantone de la empresa.

Con este gran invento la industria del diseño gráfico tuvo un inusitado desarrollo, a pesar de existir otros tipos de impresión, como: la xilografía que consiste en el grabado sobre madera, fotograbado que es la fotografía de documentos sobre láminas de zinc o cobre, heliograbado similar al fotograbado sobre planchas de cobre pero usando aguafuerte, litografía donde se graba sobre planchas de piedra caliza, fototipia que consiste en grabar sobre cristal una gelatina especial y la flexografía que es la impresión sobre ciertos materiales. Estos diferentes tipos de impresión han ayudado al desarrollo de técnicas para la especialización del diseño gráfico.

Para diseñar un empaque flexográfico, se requiere de un conocimiento amplio de los procedimientos que se necesitan para realizarlos. En primer lugar, deben conocerse las necesidades del cliente, que tipo de producto comercializa, si es sólido, líquido o congelado, luego el material que desea el cliente, en el caso de que quiera para incluir varios elementos, o empacar uno en especial.

Cuando se diseña debe tenerse la información precisa del producto, de la marca, el estudio de mercado, conocer los requerimientos del cliente y lo que se quiere comunicar, tendencias de diseño, y otros conceptos básicos que se demandan en flexo, como la clase de film, si es mono capa, laminado o tri laminado, esto determina si es impresión interior o exterior, el pigmento del material, si es transparente se usa una base blanca, el cubrimiento de tinta, la compensación y el tipo de sellado. Para la captación del interés del cliente, el empaque debe ser impactante, es decir, sobresalir entre los miles de figuras que van a rodearlo, tiene que tener un contenido psicológico, estético y ser funcional, esto quiere decir que el fruto es un compendio de: ideas, tipografías, colores, información, objetivos, imágenes, formas que juntos desarrollen un solo mensaje preciso, directo y comunicacional.

Los diseños son variados, algunos de los más utilizados son para ocasiones festivas, en los que el motivo es destacar la celebración próxima; se hace una reproducción con impresión continua por millares, en donde los clientes finales serán

las personas que compren según la ocasión, en este caso tenemos el papel de regalo, los vasos y platos desechables. En la flexografía los diseñadores muchas veces tienen que encargarse desde el proceso de producción hasta el de separación de colores; estos conocimientos claros ayudan a tener un proceso eficaz, fácil y rentable; se pueden utilizar métodos para pruebas como son color key, cromalin, color chek, cromacheck, dylux, etc., los que ayudan a aproximarse en un 90% a los colores finales de impresión, caso contrario un error puede resultar muy costoso.

La flexografía requiere el conocimiento de varias técnicas como son las tolerancias, medidas que deben ser proporcionadas por los fabricantes, estos datos sirven para determinar los porcentajes de compensación necesarios para la producción del arte final y de la separación de colores. Los porcentajes de compensación son otro de los datos que proporciona el fabricante, para poder reducir el diseño al momento de la separación y que en la realización de las planchas de impresión se obtenga el tamaño necesario, aunque también se tiene que enfrentar al encogimiento de la misma en un porcentaje de 1,5 a 2%, estos números no se aplican a fotopolímeros ya que disminuye o desaparece.

Otro aspecto importante para los diseñadores es el llamado trapping, se trata de expandir un color y montarlo sobre otro para que en el momento de la impresión si se mueven las planchas o si se alargan por el envolvimiento o por la cinta doble faz colocada para pegarlas sobre el cilindro principal, no se muevan y así puedan cubrir con el exceso del resto de colores formando una intersección de los mismos. Si no se realiza trapping, en el momento de obtener el producto final, se obtendrá el diseño con todos los colores normales y entre la unión de éstos se observarán líneas blancas o partes vaciadas, que demuestran la necesidad de rellenar el color, la medida normal va desde 0,3 pt hasta 1 pt, en el caso de la imprenta no se hace trap ya que las planchas no se estiran y el registro es más confiable.

El caso de los positivos y negativos, si se usan líneas se tiene que procurar no hacerlas tan finas, en el caso de un arte positivo, por que corre el riesgo de desaparecer la línea, en el caso del negativo se hace más grande que en el anterior porque el relleno de tinta en los espacios interiores tiende a disminuir el espesor, por ejemplo, si tenemos una línea de 1.5 puntos, al momento de imprimir en el soporte se transforma en 1pt.

El tamaño de punto se ve afectado por la presión cuando se realiza el diseño debe tomarse en cuenta que en el momento de la impresión se aumenta un 10 o un 20% en las tramas, ya que la presión ejerce una fuerza sobre la película y el punto se carga, es decir si se envía una trama de 25% ésta en la máquina se aumenta a un 35% o 40%, estas consideraciones deben tomarse en cuenta antes de realizar el

diseño, ya que se debe tratar de no usar muchas gradaciones puesto que tienden a explotar el punto y aumentarse.

Otro punto importante es la angulación de las celdas del rodillo anilox ya que se colocan a 45º de la bobina del material, así que la angulación de los colores tiene que estar en diferente inclinación para evitar el muaré.

El muaré es un problema de interferencia de los medios tonos, en el que se ven líneas o vetas de color que se produce por el mal manejo de las angulaciones o por un erróneo patrón de la roseta, si se imprime en un solo color se recomienda usar tramas a 45°, o a su manera usar 30° de diferencia entre cada color, las angulaturas más usadas son: Cian: 105° Magenta: 45° Amarillo: 90° Negro: 75°.Estos grados son comunes pero por la disposición del anilox que es de 45° se suele cambiar sumándole o disminuyendo 7,5° +7,5° -7,5° Cian: 105° 112,5° 97,5° Magenta: 45° 52,5° 37,5° Amarillo: 90° 97,5° 82,5° Negro: 75° 82,5° 67,5°

5. HUECOGRABADO O ROTOGRABADO

El huecograbado o rotograbado¹⁰ es una técnica de impresión en la cual las imágenes son transferidas al papel a partir de una superficie cuyas depresiones contienen tinta, a diferencia del grabado tipográfico en el que la impresión se realiza a partir de una superficie plana cuyas líneas entintadas están en relieve.

Este sistema de impresión es uno de los más extendidos en la actualidad. Usado habitualmente en la impresión de calidad de embalaje flexible (como bolsas de patatas y envoltorios de golosinas) y de edición (libros y revistas de gran tirada), tiene como particularidad que la forma impresora es una manera en bajo relieve. La forma impresora típica del huecograbado es el cilindro de impresión, que consta básicamente de un cilindro de hierro, una capa de cobre sobre la que se grabará el motivo a ser impreso, y una capa de cromo que permite una mayor resistencia o dureza durante el proceso de impresión (la capa de cobre es muy frágil y se rompería con gran facilidad durante el proceso).

El proceso de grabado (denominando grabado a la incisión de pequeñas oquedades, encargadas de transferir la tinta en la capa de cobre), se hace bien por métodos químicos o bien por métodos mecánicos, siendo este último el más extendido actualmente. Para ello, un sistema de grabación es una cabeza de diamante, dirigido desde un ordenador, que se encarga de grabar la figura que se transferirá posteriormente al impreso mediante repetidos golpes. Cada cilindro tiene diferencias en su grabado que dependen del color y de la imagen que debe transferir.

¹⁰ Encyclopedia of labels and label technology, Michael Fairley, Tarsus Publishing Ltd, London, 2004

Estas diferencias se ven reflejadas por la lineatura, el ángulo de grabado de la trama y el porcentaje de puntos.

La prensa rotativa imprime directamente a partir de un cilindro de cobre tratado con ácido y que utiliza una tinta al agua de secado rápido. A medida que gira el cilindro pasa a través de un baño de tinta y es raspado posteriormente por un fleje de acero llamado racleta, dejando de esta forma la tinta sólo en los pozos del área con imágenes. De este modo la tinta es absorbida por la superficie del papel cuando entra en contacto con la placa. Un original, para ser impreso, se descompone en los cuatro colores: cian, magenta, amarillo y negro. Para cada uno de los colores se utiliza un cilindro de impresión, encargado de transferir al soporte la tinta correspondiente. La suma de cada uno de los colores da como resultado final la imagen del original.

Una estación de rotograbado puede utilizar tantos cilindros como se requiera (adicional a los colores primarios) dependiendo la complejidad de la imagen a imprimirse o en el caso de colores o tonos muy específicos. La tinta es transferida al soporte impreso en el proceso de pasaje entre el cilindro de impresión y el cilindro de contrapresión. Para ello, el cilindro de impresión se sumerge rotando en el tintero. Esta tinta penetra en los alveolos del cilindro de impresión, el excedente de tinta es barrido por una racla (fleje de acero) y cuando el papel pasa a través de este cilindro y el de contrapresión, la tinta es transferida al soporte.

El soporte pasa inmediatamente por un túnel de secado, donde se inyecta aire caliente a presión, que evapora los solventes contenidos en la tinta dejando un residuo que se compone básicamente de una resina, encargada de fijar los pigmentos al soporte y que dan color al impreso y otros aditivos como plastificantes y endurecedores. Una aplicación típica del proceso en su forma más simple es el grabado de las tarjetas de visita o las invitaciones formales.

1.2 ANTECEDENTES DE LA ETIQUETA¹¹

Una etiqueta¹² es un elemento que se adhiere a otro elemento para identificarlo o describirlo; por extensión, una etiqueta también puede ser una o más palabras que se asocian a algo con el mismo fin. Una etiqueta se compone principalmente de cuatro partes; el papel respaldo que soporta la etiqueta, una capa de silicon aplicado sobre el papel respaldo para que el adhesivo desprenda, el tipo de adhesivo que depende de la aplicación de la etiqueta y el papel cara donde el usuario puede imprimir información que sea requerida.

¹² Encyclopedia of labels and label technology, Michael Fairley, Tarsus Publishing Ltd, London, 2004

¹¹ FINAT Manual de formación – etiquetado autoadhesivo 1996

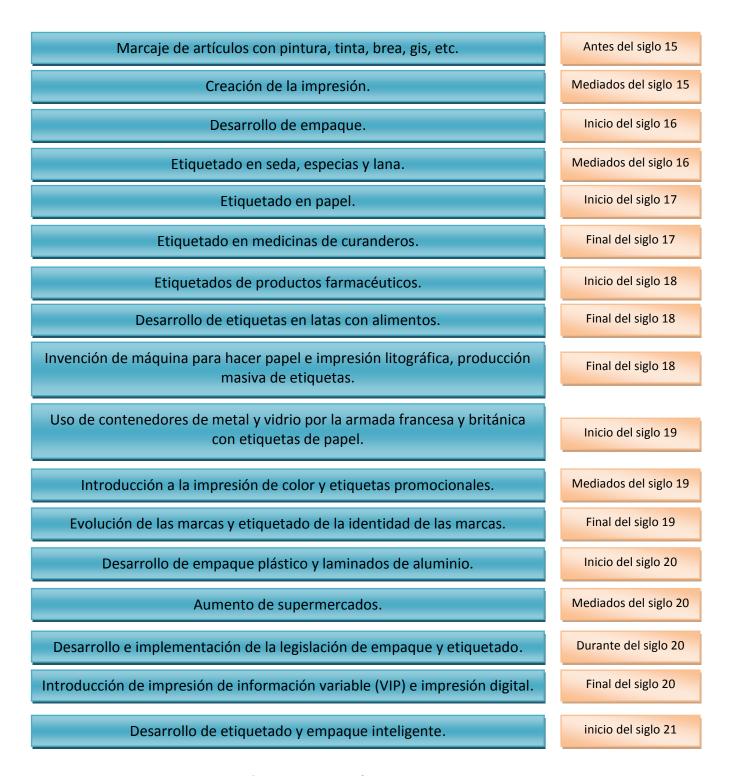


Fig. 1.3. Evolución de la etiqueta

Fuente: Encyclopedia of labels and label technology, Michael Fairley, Tarsus Publishing Ltd, London, 2004

Es fácil especular sobre cuándo debieron usarse las primeras etiquetas de papel, pudo ser una pieza de papiro pegado en una olla de barro hace 3000 años ó quizá una etiqueta escrita por los Chinos hace 2000 años.

Sin embargo la verdad puede ser relacionada más precisamente, cuando se comercializo el papel a un precio más accesible para una mayor cantidad de población. Esto ocurrió durante el siglo XV cuando las etiquetas de papel debieron haber sido pegadas en pacas y contenedores para identificar los contenidos y quizá también el productor.

La etiqueta impresa conocida más reciente fue usada durante el siglo XVI para fardos de ropa. El etiquetado de fechas de medicamento se dio en el mismo periodo; esto fue generalmente por manuscritas y usadas para identificar botellas individuales. En 1700 las etiquetas impresas fueron usadas en medicinas generales. Las primeras etiquetas impresas para vino son diseñadas porque habían estado en uso en el mismo periodo. Esto fue una etiqueta para vino en un puerto portugués en 1756, y una etiqueta para vino alemana en 1755. Los productores de papel fueron posiblemente los primeros en usar envolturas impresas. Es sabido que el productor de papel alemán Bernhart estuvo usando envolturas alrededor de 1550 como medio de identificar su producción y separar esto de la competencia.

Hasta el fin del siglo XVIII las etiquetas fueron totalmente manuscritas, o impresas a mano en prensas de madera de bloques tallados impresas sobre papel manuscrito producido hoja por hoja. Alrededor de 1800 dos inventos lideraron al incremento del uso del papel e impresión de gráficos más efectivos, la máquina productora de papel y el principio de la litografía. La máquina productora de papel fue inventada por Fourdrinier un francés y litografía por Alois Senefelder en Bavaria. La máquina de papel de Fourdrinier esparcía la pulpa sobre un cinturón de malla de alambre permitiendo al agua ser removida por una red continua en lugar de hoja por hoja. Gracias a estos desarrollos, por los años 1930's las etiquetas fueron siendo usadas en cantidad, en empaques y productos de todos tipos.

Si bien era posible introducir color, tanto en las etiquetas escritas a mano como en las impresas, no se consideraba rentable. Las primeras etiquetas estaban impresas en negro o quizás en una gama restringida de colores. Los primeros ejemplares que se han observado en museos y en colecciones particulares indican que una gama de negro, marrón y azul satisfacía la mayor parte de los requerimientos.

Los principios de separación de colores y la consiguiente reproducción por puntos impresos para crear una imagen coloreada repetible se desarrollaron hacia 1850. Era conocido como cromolitografía. Todavía se estaba muy lejos del procedimiento de cuatro colores" o cuatricromía y el procedimiento de impresión podría aplicar hasta doce pasadas por la prensa para conseguirla reproducción de color deseada. Si bien era mucho más barato que colorear a mano, las etiquetas producidas de esta manera eran lo primero que se suprimía cuando se recortaba el costo del empacado.

1.2.1 LAS FUNCIONES CAMBIANTES DE LA ETIQUETA

La función de la etiqueta ha cambiado durante este largo periodo de desarrollo y esto ha sido ocasionado por diversas necesidades y presiones. Originalmente el objetivo era identificar los contenidos de un paquete, fardo ó tonel. Poca gente sabía leer, por lo que cualquier intento de comunicación, vía palabra impresa resultaba una pérdida de tiempo. Se tenía más cuidado don la identificación de medicamentos, tanto por los posibles peligros como por el hecho de que la mayoría de personas que los mezclaban o administraban sabían leer. Este factor proporcionó mayor justificación para incluir información, aunque fuera escrita a mano.

Con el desarrollo de la demanda llego la competencia, y con ella la necesidad de embellecer o enfatizar el valor o la calidad de un producto frente a sus competidores. El concepto de etiqueta para facilitar la venta de productos no es nada nuevo ¡ya pasaba a finales del año 1800!, junto con los primeros perfeccionamientos en la tecnología de impresión vino la capacidad de incorporar, de modo relativamente fácil, tenues ilustraciones como parte del diseño de la etiqueta. Un escudo, representaciones de medallas otorgadas a la compañía o producto, y muchas otras características fueron incorporados para atraer la atención de los posibles compradores y añadir credibilidad al producto. La etiqueta había llegado a ser una ayuda directa para las ventas.

Como parte de esta etapa, los incentivos de venta parecían orientados a incrementar el valor percibido de un producto y con ello estimular las ventas. Esto se hizo, tanto diseñando envases de uso dual, como poniendo el incentivo en la etiqueta. El envase fabricado quizás de madera, cerámica o cristal, mostraba un diseño atractivo, de modo que fuera un accesorio práctico para ser utilizado en el lugar una vez que el contenido se hubiera acabado. Los incentivos en el etiquetado cubrían un amplio espectro de posibilidades.

Los victorianos (1837-1901) eran gente a los que les gustaba los álbumes de recortes y una de las ideas de etiquetas más populares fue incorporar una imagen en la misma que se pudiera cortar y coleccionar en un álbum de recortes. Por aquella época esto no era solamente un pasatiempo infantil; los temas seleccionados para

atraer el interés de un grupo de edad más amplio. Otros incentivos fueron incorporados al diseño de la etiqueta o impresos en un trozo separado de papel que se adjuntaba posteriormente a la etiqueta principal, ofrecía regalos a cambio de una cierta cantidad de etiquetas, descuentos. ¡No muy diferente de las "nuevas" estrategias de la mercadotecnia actual!

Los cambios en la venta, motivados por el desarrollo del supermercado que empezó hacia 1950, empujaron realmente el crecimiento de los incentivos o etiquetado promocional. Esto marco el final del vendedor individual y el inicio de diferentes envases de distintos fabricantes expuestos en el mismo estante, cada uno para esforzándose por atraer al posible comprador. Esta tendencia ha continuado y ahora abarca prácticamente cada producto ofrecido, desde las tiendas de lujo hasta almacenes al por menor, en los países industrializados.

Clasificación de las etiquetas. 13

- ➤ Impresión en Braille: Se imprimen con facilidad textos en braille que son necesarios en caso de productos tóxicos.
- ➤ Etiqueta traslúcida: En un envase transparente se aplica la etiqueta con transparencias que permiten ver la impresión del dorso a través del contenido. En la cara externa, aparece los mensajes tradicionales.
- ➤ Etiqueta sin apariencia. Mediante la inclusión de la etiqueta adhesiva en un envase de paredes muy lisas sobre film transparente (PET, PP ó PE) de modo que el mensaje parezca serigrafiado en el envase.
- ➤ **Holograma**. Actualmente, es habitual la impresión de hologramas sobre las etiquetas.
- ➤ Etiquetas aromáticas. Hoy en día, se pueden aplicar tintas aromáticas al diseño de las etiquetas.
- ➤ Etiquetas reflejantes. Se fabrican de un material compuesto por microesferas que hace que reflejen la luz cunado les da directamente. Se utilizan en ropa de seguridad o en anuncios en carreteras.
- Etiquetas de alta frecuencia. Tienen relieve y se utilizan principalmente para el decorado de ropa, calzado, carteras, bolsos y accesorios.
- ➤ Etiquetas termo sensible. Por medio de tintas termo crómicas, se puede detectar si el envase ha rebasado un determinado nivel de temperatura. De este modo, se produce un cambio de color o aparece un mensaje cuando

-

¹³ idem

- cambia la temperatura. Son útiles para detectar roturas de la cadena de frío o calentamiento en productos sensibles al calor.
- ➤ Etiqueta inteligente. La llamada etiqueta inteligente o etiqueta RFID (Radiofrecuencia con Información) consiste en un chip con antena cuya información se puede leer mediante la emisión de ondas de radio. Su función principal es la de evitar los hurtos y actualmente, se utiliza para libros, prendas de vestir y otros artículos de alto precio. Las grandes cadenas de distribución se han propuesto, no obstante, imponerlo para todo tipo de envases en los próximos años. Para ello, ya está en pruebas con proveedores de un determinado volumen de Wal-Mart y otros distribuidores europeos. Por el momento, su alto precio obliga a restringir su uso a pallets pero se espera que su progresivo abaratamiento permita implantarlo en embalajes y envases en los próximos años.

Las ventajas de la etiqueta inteligente respecto al tradicional código de barras son claras:

- ✓ menor tiempo de lectura tanto a la salida y entrada del almacén como en el punto de venta.
- ✓ control preciso de la localización del producto al realizarse una lectura en cada punto de la cadena logística.
- ✓ mayor información útil introducida en el envase: fecha de fabricación, fecha de caducidad, componentes, etc.
- ✓ reducción de pérdidas por robos.
- ➤ **Petiqueta:** Es una etiqueta que se usa para censurar groserías, maldiciones y todo tipo de vandalismo. Se usa en la TV y en el internet.

1.3 PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA MANUFACTURA DE UNA ETIQUETA

La manufactura de una etiqueta en general es una labor que necesita mucho control y precisión en los procesos, puesto que una pequeña variación puede atraer varias dificultades debido a que la velocidad de impresión y suajado en las prensas es muy rápida. Para esto se tienen que considerar variables como:

 La materia prima ó tipo de papel, ya que puede ser un papel térmico, transfer, película, entre otros, y algunas veces el calibre del papel varía y no se puede detectar a tiempo. Además cada materia prima puede tener una variable diferente de adhesivos como reactivos, no reactivos, termoplásticos, elastómeros y termoestables, esto dependiendo del uso que vaya a tener la etiqueta. La dimensión de la etiqueta, ya que por algún motivo de desajuste de la prensa, las etiquetas pueden tener diferentes dimensiones y cuando el cliente quiere imprimir algo sobre la etiqueta, la impresión queda fuera de registro y causa retrasos y pérdida de rastreabilidad en el producto del cliente, de igual manera se genera un problema similar cuando en el rollo de las etiquetas, existe demasiada diferencia entre la distancia de etiqueta y etiqueta.

Por otro lado es muy importante considerar las herramientas básicas necesarias para elaborar una etiqueta como el anilox, el suaje, las tintas, y el grabado cuando esto aplica.

- El anilox es un elemento muy importante debido a que es el impresor de la tinta sobre la etiqueta y cuando se quiere imprimir algún color sobre la etiqueta existen complicaciones, puesto que la profundidad de las celdas de la superficie del anilox pueden tener un desgaste mínimo pero significativo, que provoca que la impresión de tinta no sea uniforme y se genere una variación con respecto al master aprobado por el cliente.
- Otro punto a considerar es el estado óptimo del suaje, debido que al ser una herramienta rotatoria de corte, necesita estar en excelente condición para realizar su función. En algunos casos cuando el filo excesivo llega a cortar de más a la etiqueta y a el papel respaldo ó en otros caso sólo marca el papel respaldo, pero esta condición hace que el adhesivo se derrame de una manera no uniforme y genera que fracture el papel y se corre el riesgo que se rompa la etiqueta ó el papel respaldo.

Por lo contrario si el suaje no tiene el suficiente filo, no corta la etiqueta a la dimensión deseada ó las etiquetas quedan unidas por un pedazo de papel que el suaje debió cortar. Este tipo de defectos son muy penalizados por los clientes, ya que pierden el control del secuenciado de su impresión.

- En el caso de las tintas, los problemas principales son cuando se necesita igualar un color y no se puede lograr dicho color fácilmente, ya que muchas veces sólo se logra con el conocimiento de las personas experimentadas, y a pesar de que se compara contra un pantone digital, el tono del color puede sufrir variaciones debido a otras variables como el desgaste de las celdas del anilox ó la presión de las estaciones de la prensa.
- Con lo que respecta a los grabados, ésta es una plantilla que se une magnéticamente a un soporte rotatorio e imprime los dibujos, signos ó leyendas sobre la etiqueta. Esta herramienta debe tener mucha limpieza, ya

que cualquier porosidad, partícula ó elemento extraño que se le adhiera puede ser grabado sobre la etiqueta.

De la conjugación adecuada de estos elementos depende la calidad de una etiqueta, y es necesario considerar que las prensas utilizadas pueden alcanzar una velocidad de 500 pies por minuto, y debido a esto algunos defectos no pueden ser detectados, ya que al momento de estar produciendo también se va formando un gran rollo, que después sólo se secciona a la cantidad requerida por el cliente. Por eso cobra mucha importancia el ajuste inicial de la máquina, puesto que todos los elementos deben estar en las condiciones óptimas para poder garantizar una corrida de producción con calidad y que sea lo menos probable un rechazo del cliente. Debido a que estas situaciones generan que las empresas tengan costos por devoluciones, pérdida de clientes, re-trabajos, etc.

1.4 ETIFLEX S.A. DE C.V.

Antecedentes de ETIFLEX. Etiflex es una compañía que se fundó en Julio de 1981, dedicada a la distribución y producción de identificación y marcaje. Producción de etiquetas en papel, cartón, tela, tyvek, películas auto adheribles, películas plásticas. Además, se comercializan impresoras, aplicadores de etiqueta, cintas para impresión, sujetador plástico, entre otros.

Empresa constituida por dos socios mayoritarios y tres Directores, cuyo objetivo se centra en ofrecer a los clientes los mejores sistemas de impresión y soluciones de etiquetado, para ello cuenta actualmente con una red de distribuidores en toda la república mexicana, así como oficinas regionales en Monterrey, Culiacán, Querétaro, y oficinas y planta en Guadalajara.

Misión de Etiflex

Lograr una empresa rentable para nuestros clientes, accionistas, empleados y proveedores, ofreciendo productos de identificación y marcaje que cumplan con los requerimientos del cliente en el momento que lo necesite, cumpliendo con nuestra Política de calidad.

Visión de Etiflex

Obtener el liderazgo dentro de nuestro segmento del mercado, mejorar continuamente nuestros productos, continuar desarrollando proveedores, fortalecer nuestras relaciones con nuestros socios de negocio y certificar nuestro Sistema de Calidad en base a la norma ISO 9001: 2000. Nuestra política de calidad es entendida, implementada y mantenida a todos los niveles de la organización, mediante censos ó durante las Auditorías

Internas de Calidad, mantenemos y cumplimos lo declarado en esta política. La Política es revisada para su continua adecuación.

Objetivos de la Calidad

- ✓ Implantar y mantener un Sistema de Calidad en base a la norma ISO 9001: 2000.
- ✓ Mantener un ambiente de trabajo sano y satisfactorio para todos los empleados.
- ✓ Proporcionar a nuestros clientes tiempos de entrega adecuado a sus necesidades, a un precio competitivo y con la calidad requerida.
- ✓ Todos los trabajadores en Etiflex están comprometidos a realizar su trabajo con calidad, a través de la implementación del Sistema de Gestión de Calidad y mejorar continuamente.

Política de calidad

Etiflex S.A. de C.V. tiene como política de calidad la de cubrir los requerimientos de los clientes en el momento que lo necesiten a un precio competitivo dentro del mercado y proporcionar el mejor servicio preventa, venta y posventa que la compañía tenga a su disposición.

Nuestro lema a difundir en todos los niveles de la organización con respecto a la política de calidad es la siguiente:

"TODOS NUESTROS ESFUERZOS ESTÁN ENCAMINADOS A CUBRIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE"

Los factores de competitividad que diferencian a Etiflex de los demás competidores son; el precio de los productos, el servicio de preventa, venta y posventa que ofrece a los clientes y la tecnología con al que se manufacturan las etiquetas.



Fig. 1.4. Factores de Competitividad.

Fuente: Elaboración propia

Organigrama de ETIFLEX

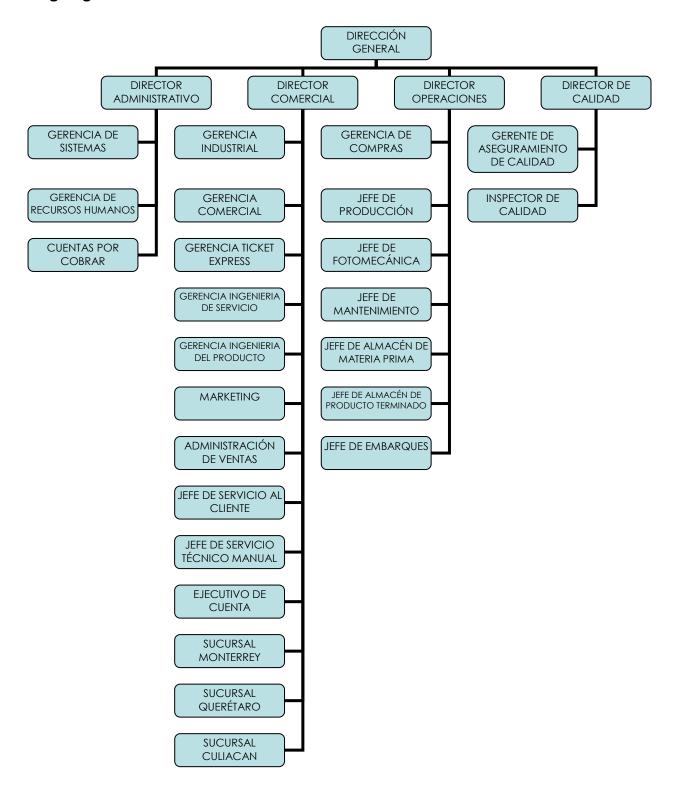


Fig. 1.5. Organigrama de Etiflex.

Fuente: Elaboración propia

1.5 PROBLEMÁTICA

La investigación se llevará a cabo en la empresa ETIFLEX S.A. de C.V., misma que tiene una gran variedad de clientes y surte productos a los giros alimenticios, farmacéuticos, cosméticos, industriales, plásticos, cartoneros, entre otros. La problemática a estudiar está motivada al hecho de que en los últimos años la empresa ha tenido una gran expansión en lo que se refiere a capacidad de producción, esto gracias a que últimamente se han adquirido prensas que generan mayor productividad para la empresa, aunado a esto han crecido las necesidades de:

- Diseñar los procesos.
- Planear los procesos.
- Controlar los procesos.

En la actualidad, la organización tiene la necesidad de establecer indicadores en las distintas etapas del proceso para tomar mejores decisiones dentro de las estrategias de negocio planteadas previamente.

En los años recientes, las exigencias en las especificaciones y requerimientos de los clientes han incrementado y se han convertido en una situación primordial para cualquier organización. La reducción de los costos e incrementar los niveles de servicio son aspectos que se deben de considerar como prioridad dentro de los procesos de la organización para alcanzar una ventaja competitiva dentro del sector industrial.

De igual manera es importante resaltar que el incumplimiento en cantidad, forma, tiempo y lugar de los pedidos de los clientes se sanciona con penalizaciones por los costos ocasionados en la cadena de suministros de los clientes, ya sea paros de línea, retrabajos, demoras, almacenamientos no programados, etc.

Por esta razón, y de acuerdo a los parámetros establecidos actualmente se considera que los tiempos de paro de las máquinas de producción es una de las causas más costosas y más frecuentes dentro de los procesos productivos de la organización. Algunas veces estos tiempos de paro provocan que los procesos posteriores para la entrega de los pedidos se retrasen, que la eficiencia de la máquina disminuya y que los índices de productividad establecidos actualmente no se cumplan. Por todo lo anterior, los tiempos de paro de las máquinas flexográficas serán el objeto de estudio de esta investigación.

Dentro del contexto general de la organización, es importante considerar que en la actualidad se atienden más de 15,000 clientes de todos los sectores industriales, se producen alrededor de 150,000 artículos diferentes y se distribuyen los productos en casi toda la República Mexicana.

Hace algunos años, los tiempos de paro en las líneas de producción no eran registrados, y no se sabía a ciencia cierta cuáles de ellos eran los más significativos. En la actualidad, la organización tiene un sistema de monitoreo de las líneas de producción, en el cual, se puede conocer la condición de la máquina, y en el caso de los motivos de paro, es posible saber cuál es motivo actual de cada línea de producción. Del mismo modo es posible cuantificar los costos de cada paro, los cuales son muy elevados, aunque depende principalmente del tipo de producto y el tipo de máquina que se utilice para la producción.

Además, existe la situación de que algunos de los trabajadores tienen sólo el conocimiento empírico y han requerido aprender a través de los años del desarrollo de la empresa, por lo tanto no se ha tenido una capacitación formal en cuanto a la actividad que cada trabajador desempeña. No existen metodologías para alcanzar algún objetivo ya sea en un área o en un proceso, cada trabajador realiza su actividad como a él le parece mejor, no existe estandarización de los procesos, no existe un control estadístico de los procesos, ni tampoco registros de medición de especificaciones de los productos, no se aplican políticas de orden y limpieza en las áreas de trabajo, existen muchas mermas de materia prima que después se convierten en desperdicio, algunas veces no se registra adecuadamente las razones de paro de máquinas, o no se justifica el tiempo de preparación de las prensas, aunado a esto el promedio de estancia de un trabajador es de alrededor de 10 años en la empresa.

Al parecer el negocio de la flexografía es muy rentable, por eso muchas de estas deficiencias quedan ocultas y muchos costos ocultos nunca son cuantificados. Sin embargo, en la actualidad la empresa tiene el reto de proveer etiquetas a sectores más exigentes como el sector automotriz, y es por eso que tiene la necesidad de generar las metodologías y controles necesarios para garantizar un proceso confiable y que las etiquetas cumplan los rigurosos estándares de calidad del sector automotriz.

La empresa está consciente de la necesidad de realizar un mayor esfuerzo e invertir mayores recursos para entrar al entorno competitivo de proveedores del sector automotriz, ya que es una gran oportunidad para la empresa de aumentar su mercado nacional e inclusive internacional.

La empresa tiene de 12 prensas para la elaboración de etiquetas y 5 prensas para la elaboración de boletaje. Se han destinado dos prensas para la producción de etiquetas de este sector y sobre las que se realizará la investigación.

El objetivo del estudio consiste en proponer una metodología para detectar las principales razones de paro de las líneas de producción. La metodología consistirá en la cuantificación de los tiempos de paro y el riesgo o pérdida que esto ocasiona, además se propondrán índices de paro de cada prensa para poder realizar una comparación entre todas ellas y de esta forma tener comparativos para la disminución de los tiempos de paro, para que se pueda elevar el nivel de productividad de la empresa.

El objetivo de esta tesis es diseñar una metodología que ayude a:

- Identificar las causas principales de paro en las líneas de producción.
- Reducir los tiempos de paro en las líneas de producción.
- ➤ Estandarizar la medición de paros por medio de indicadores para poder realizar comparaciones entre las líneas de producción.
- Disminuir las pérdidas debido a los paros de línea.
- Construir índices para los tiempos de paro.

Capítulo 2

Marco teórico

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de este capítulo se revisarán las herramientas necesarias para proporcionar la solución tanto al caso de estudio, como la metodología para optimizar una línea de producción de etiquetas disminuyendo los tiempos de paro, misma que será propuesta en el capítulo siguiente.

En general no se tiene una metodología que se pueda utilizar para la disminución de los tiempos de paro en las líneas de producción de una empresa flexográfica. Por tales razones se revisarán en este capítulo las herramientas estadísticas más comunes para la detección y disminución de desperdicios. En el caso de estudio el desperdicio será referido a los tiempos de paro.

El capítulo inicia revisando algunos conceptos y resultados necesarios sobre el control estadístico del proceso, esto con el objetivo de contar con las herramientas cuantitativas que apoyen a minimizar los tiempos de paro en las líneas de producción, además que ayuden a disminuir pérdidas debidas a los tiempos muertos en la fabricación de las etiquetas que se presentan en el proceso de corte e impresión en el área de prensas.

Se revisan las herramientas clásicas para la optimización o disminución de desperdicios como son las 7w´s y las 5s´s, esto con el objetivo de formular una propuesta de disminución de paros en las líneas de producción.

Finalmente se revisa el material para calcular los índices de paro de las líneas de producción, éstos estarán basados en los componentes principales del análisis multivariado, esta técnica de construcción de índices es poco conocida y por ende poco utilizada, pero da mejores ponderaciones que las técnicas clásicas.

2.1 ESTRATEGIAS DE COMPETITIVIDAD UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA EN LA ACTUALIDAD¹

Las empresas de manufactura establecidas en México han elegido algunas estrategia para mejorar su posición competitiva, ya que de alguna manera están presionados por los clientes, con requerimientos con mayor rapidez en tiempos de entrega, desarrollo e innovación de nuevos productos, entrega de lotes pequeños mas frecuentemente y con mayor variedad de productos, precios con tendencia decreciente, cero defectos de calidad y confiabilidad y en ocasiones fabricación a la medida.

Esta situación ha ocasionado que las empresas de manufactura busquen nuevas alternativas para garantizar cumplir los requerimientos del cliente. Por esta razón, se plantean la metodología de Manufactura Esbelta y metodología Seis Sigma, ya que son las principales metodologías que se han desarrollado a nivel estratégico dentro de las industrias del país, principalmente por empresas grandes que tienen el apoyo corporativo en el extranjero. Las empresas medianas y pequeñas han tenido un avance más lento debido a confrontación cultural que existe dentro de este tipo de industrias, pero de igual manera han tenido que amortiguar y adaptarse al cambio que generan estas estrategias implantadas por sus clientes para poder sobrevivir dentro de la cadena de suministro como un proveedor confiable de los grandes corporativos

Los sistemas de calidad modernos que más aplicación tienen dentro de la industria son la metodología Seis Sigma y la Manufactura Esbelta, estas metodologías están enfocadas a la disminución de la variabilidad de los procesos y a la reducción y eliminación de los desperdicios respectivamente.

Estas metodologías tienen sus cimientos en la década de los 40's cuando surgió la Administración Total de la Calidad, donde se establecieron los principios de calidad que se basan principalmente en:

- Enfoque al cliente.
- Trabajo en Equipo.
- Participación gerencial.
- Uso de herramientas de mejora continúa.

-

Rizzo, K. (2010). Prácticas efectivas de gestión de la impresión. Artes Gráficas, 10-13.

Manufactura Esbelta²

La manufactura esbelta nació con el Sistema de Producción Toyota que promueve los procesos de manufactura estrictos y eficientes, manteniendo el respeto al trabajador. Este sistema fue desarrollado por Toyota Motor Corporation como una forma de eliminar desperdicio dentro de las consecuencias del embargo petrolero de 1973. El principal propósito es el mejoramiento de la productividad y la reducción de los costos siguiendo los pasos del sistema Taylor de administración científica y de la línea de ensamble en masa de Ford.

Pero el enfoque del sistema de producción Toyota es más amplio ya que no solo se dirige a los costos de manufactura, sino también a los costos de ventas, y administrativos de capital. Toyota pensó que era riesgoso adoptar el sistema de producción Ford, que funciona muy bien en tiempos de alto crecimiento. En tiempos de menor crecimiento, se volvió más importante prestar atención a la eliminación del desperdicio, la disminución de costos y el incremento de la eficiencia.

Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta es implantar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

El pensamiento esbelto se define con 5 principios que son:

- 1. Define el valor desde el punto de vista del cliente: la mayoría quiere comprar una solución, no un producto o un servicio.
- Identifica tu corriente de valor: eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos so inevitables y otros son eliminados inmediatamente.
- Crea flujo: Haz que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.
- **4.** Produzca el "jale" del cliente: Una vez hecho el cambio, serán capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo.

² Administración de la producción y operaciones, Chase, Jacobs, Aquilano, Mc Graw Hill, 10^a edición, 2005

5. Persiga la perfección: Una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible.

Algunas de las herramientas más comunes dentro de esta metodología son: las 5's, Justo a Tiempo, Células de Manufactura, Kankan, TPM, Kaizen, Poka Yoke, SMED, entre otras.

Seis Sigma³

La metodología Seis Sigma se desarrollo inicialmente en la empresa Motorola Inc. En la década de los 80's, el ingeniero Bill Smith estudio y reporto que si un producto faltaba durante la producción y se reparaba, otros defectos quedaban ocultos y se presentaban cuando el cliente usaba el producto, ocasionando quejas y reclamos. Por otra parte, si el producto no fallaba durante al producción, tampoco fallaba con el cliente. Este fue el fundamento principal que motivo el desarrollo de procesos muy capaces que no generaban productos defectuosos, todo esto con la ayuda de métodos estadísticos desarrollados desde los años 20's y con otros métodos mas modernos se obtuvieron reducción de costos e incremento de utilidades significativas.

Esta metodología estudia un problema real apoyándose en métodos estadísticos, para identificar las fuentes de variación, se identifican estadísticamente las variables que tiene mas influencia en la variabilidad de los procesos y los niveles en el que el desempeño es optimo, al final se monitorean las variables criticas y se mantiene el proceso en control estadístico. Algunas de las empresas replicaron la metodología con éxito fueron General Electric, Alllied Signal, Texas Instruments, Sony y Polaroid.

La estructura de Seis Sigma esta basada en 5 fases que son:

1. Definición: los principales temas para proyectos Seis Sigma se pueden incluir dentro de los indicadores principales del negocio como; bajo desempeño en características del producto apreciadas por el cliente identificadas como características criticas para el cliente (CTQ´s); áreas de operación con costos altos; aspectos deficientes de servicio a cliente como tiempo de respuesta lento; aspectos ambientales y de contaminación.

33

³ Administración de la producción y operaciones, Chase, Jacobs, Aquilano, Mc Graw Hill, 10^a edición, 2005.

- 2. Medición: en esta fase se recolecta la información relevante sobre el proyecto de mejora, para lo cual es muy importante asegurarse de la confiabilidad de los dispositivos de medición, se recolecta información de los indicadores clave del negocio. Las herramientas mas comunes son el análisis del sistema de medición (repetibilidad y reproducibilidad),mapeo de procesos, defectos por unidad (DPU), Comparación competitiva (Benchmarking), Despliegue de la función de calidad (QFD), Cartas multivariables, Análisis del Modo y Efecto de la Falla (AMEF), Capacidad de proceso, entre otras.
- 3. Análisis: en esta fase se realiza el análisis de la información recolectada previamente, indicando las fuentes de variabilidad a través de pruebas estadísticas de hipótesis (t de student, ANOVA, Chi- cuadrada, F de Fisher y pruebas no parametricas); así como análisis de correlación y regresión, AMEF, análisis de capacidad de procesos, entre otros.
- 4. Mejora: esta fase se refiere a la búsqueda de variables que tienen mayor influencia en la variabilidad y la determinación de los niveles que deben operar para tener el mejor desempeño del proceso para poder optimizarlo. Para esto se utilizan Diseño de experimentos (DOE) de Box Jenkins, la ingeniería de calidad de Taguchi y los métodos de ingeniería estadística de Dorian Shainin. Para optimizar se utilizan análisis evolutivo del proceso (EVOP), superficie de respuesta, búsqueda de variables, etc.
- 5. Control: esta fase se refiere al control de las variables críticas que causan la variabilidad de los procesos, para lo cual se utilizan las cartas de control, planes de control, instrucciones de operación, control estadístico del proceso (CEP), dispositivos a prueba de error (Poka Yoke), entre otros.

Con respecto a estas metodologías dentro del ramo de las Artes Gráficas, se puede decir que han penetrado muy ligeramente en ciertos procesos, principalmente en empresas de Estados Unidos y Europa. Con referencia a México se puede decir que dentro del giro de las Artes Gráficas, es difícil encontrar información de casos de éxito de estas metodologías, quizá esta situación es porque las metodologías están estructuradas con un enfoque principalmente a procesos de ensamble, metales, plásticos, tela, electrónica, entre otros, y no exista mucha referencia con respecto a procesos relacionados con el papel y su derivados, aunque esto no quiere decir que no tenga éxito dentro de un proceso flexografico. Además, para implantar estas metodologías se recomienda iniciar a partir de cierto nivel de estandarización y un adecuado registro de datos en el proceso, lo cual aun no esta completamente establecido en la empresa objeto de estudio.

De acuerdo a las metodologías planteadas podemos decir que los métodos estadísticos son muy importantes para mejorar la productividad de cualquier proceso, y actualmente se encuentran integrados como parte de estrategias de mejora competitiva.

La naturaleza de los procesos flexograficos en particular, puede ser muy diferente a otros procesos donde se atribuye una normalidad en el comportamiento de los datos que emanan de los procesos. La diferencia del comportamiento de los datos puede derivarse principalmente de las propiedades físico-químicas del papel cuando se procesa, ya que pueden existir cambios en su desempeño debido a condiciones ambiéntales, velocidad del proceso, tiempos de almacenaje, paros de máquina, entre otros. Aunado a esto, otras variables importantes del proceso que pueden tener un comportamiento no-normal, son las propiedades de las tintas que impacta directamente en la velocidad del proceso, en los paros de máquina y en el producto final, y por ultimo, los filos de los suajes puede ser una variable con características de no-normalidad y que pueden provocar paros de máquina.

Por esta razón, como parte del objeto de esta tesis se analizaran los comportamientos arrojados de un proceso flexografico, para poder comprender la naturaleza del proceso y que este estudio sirva como una base sólida para abordar metodologías mas extensas como las que se mencionaron en párrafos anteriores. Debido a esto es importante repasar los métodos estadísticos básicos que se utilizan dentro de la industria.

2.2 CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO⁴

En general un proceso de manufactura debe ser estable de tal forma que todos los individuos que participan en el mismo (operadores, ingenieros, personal de aseguramiento de calidad y la administración) deben buscar el mejoramiento continuo del desempeño del proceso y reducir la variabilidad de los parámetros clave.

El control estadístico del proceso es una herramienta que utilizaremos para detectar y disminuir los tiempos de paro en las líneas de producción de la empresa de estudio. Este control se compone de varios métodos estadísticos para medir, analizar, controlar y tomar decisiones y acciones que ayuden a optimizar los tiempos de paro de la línea de producción. Puesto que como se sabe no se puede controlar algo (previamente definido) sino se mide antes.

-

⁴ Control estadístico de la calidad, Douglas C. Montgomery, Limusa-Wiley, 3ra edición,2008

El control estadístico de procesos es una herramienta estadística básica para alcanzar la estabilidad deseada en una línea de producción, sus herramientas se muestran gráficamente en la figura 2.1.

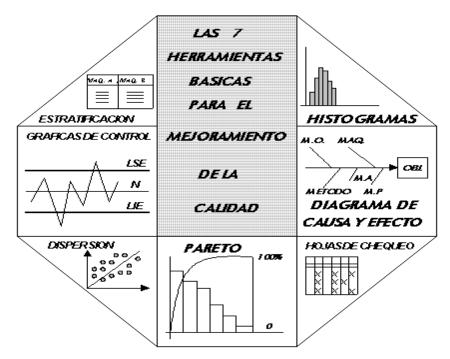


Figura 2.1 Las siete herramientas básicas de la calidad

Fuente: Elaboración propia

2.2.1 DIAGRAMA DE PARETO⁵

El diagrama de Pareto se utiliza con el propósito de visualizar rápidamente qué factores son los más representativos en los paros de la línea de producción y de esta forma detectar cuáles de ellos hay que atender en forma prioritaria, a fin de disminuir los tiempos de paro. Se le llama diagrama de Pareto, debido a que su creador Wilfredo Pareto, le dio su nombre, en "1800, al realizar un estudio y observar que el 20% de la gente en el mundo controlaba el 80% de la riqueza.

La aplicación del principio de Pareto es muy importante, ya que con base en éste se puede saber a dónde hay que dirigir los esfuerzos para obtener mejores resultados. Además, permite conocer en forma gráfica cuáles son los factores principales de los paros en las líneas de producción con su respectivo porcentaje, lo cual facilita identificar sobre qué factores se debe actuar en forma prioritaria.

_

⁵ Control estadístico de la calidad, Douglas C. Montgomery, Limusa-Wiley, 3ra edición,2008

Pasos para la construcción de un diagrama de Pareto

- i. Decidir y delimitar el problema o área de mejora que se va a atender. Teniendo en claro que el objetivo en este problema es la disminución de los tiempos de paro.
- **ii.** Con base a lo anterior discutir y decidir los tipos de datos que se van a necesitar y los posibles factores que sería importante estratificar.
- iii. Si la información se va a tomar de reportes anteriores o si se va a recabar, definir el periodo del que se tomarán datos y determinar quién será el responsable.
- **iv.** Al terminar de obtener los datos construir una tabla donde se cuantifique frecuencia de cada defecto y su porcentaje.
- v. Representar gráficamente la información de la tabla obtenida.
- vi. Construir una gráfica de barras tomando como altura de cada barra el total de tiempos de paro correspondientes.
- vii. Con la información de porcentaje acumulado gráficar una línea acumulada.
- viii. Documentar referencias del diagrama de Pareto como son títulos periodo área de trabajo etc.
- ix. Interpretar el diagrama de Pareto.

El propósito es identificar los tiempos y causas principales de paro, ordenándolas de mayor a menor. Esto nos ayuda a determinar qué problema debe atacarse primero.

2.2.2 DIAGRAMA ISHIKAWA⁶

El diagrama de Ishikawa (figura 2.2) en este problema será utilizado para identificar las causas que influyen o afectan los tiempos de paro en las líneas de producción.

El diagrama se construye a partir de una línea principal en la cual se coloca el efecto o causa de paro a estudiar y después se colocan flechas que convergen a esa línea para anotar las causas de tiempos de paro, por lo general estas flechas incluyen información que se va organizando para después, obtener las subcausas y colocarlas como subramas.

- 1. Clasificar las causas en categorías.
- **2.** Elaborar el diagrama, para ello debe:
 - Escribir el efecto a la derecha, y trazar una flecha de izquierda a derecha.

⁶ Control estadístico de la calidad, Douglas C. Montgomery, Limusa-Wiley, 3ra edición,2008

- Ubicar las causas en categorías o grupos, trazando flechas secundarias en dirección a la principal.
- Incorporar a cada una de estas flechas, secundarias, los factores detallados que pueden ser considerados como actuantes en cada categoría.

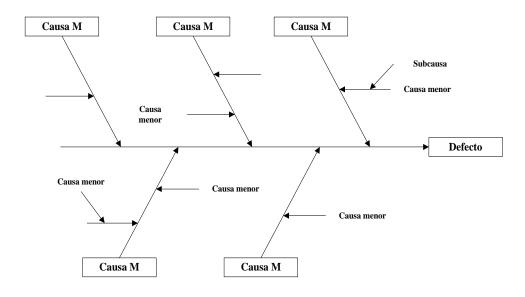


FIGURA. 2.2 Diagrama Causa-Efecto

Fuente: Elaboración propia

2.2.3 GRÁFICOS DE CONTROL 7

Los gráficos de control en este problema tendrán poca aplicabilidad debido a que no se está estudiando un proceso de producción, sino los tiempos de paro del proceso. Por tales razones este punto no se trata en este problema. Será sustituido por el estudio del comportamiento aleatorio de los tiempos de paro.

2.2.4 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN⁸

El diagrama de dispersión es una gráfica útil para identificar una relación potencial entre dos variables. Los datos se colectan por pares de las dos variables. Por ejemplo, (x,y) – para i = 1,2,...n. después se gráfica cada y, contra la x, correspondiente. La forma del diagrama de dispersión suele indicar el tipo de relación que puede existir entre las dos variables. El diagrama es útil para identificar relaciones potenciales en los tiempos de paro.

Control estadístico de la calidad, Douglas C. Montgomery, Limusa-Wiley, 3ra edición,2008

⁸ Control estadístico de la calidad, Douglas C. Montgomery, Limusa-Wiley, 3ra edición,2008

Objetivos del diagrama de dispersión:

- ✓ Proporciona la posibilidad de reconocer relaciones Causa/Efecto.
- ✓ Hace fácil el reconocimiento de correlaciones.
- ✓ Ayuda a determinar relaciones dinámicas o estáticas (de mediciones).
- ✓ Indica si dos variables (factores o características de calidad) están relacionados.

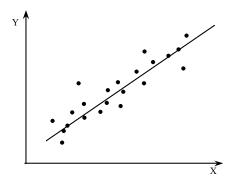


Figura 2.3 Ejemplo de diagrama de dispersión.

Fuente: Elaboración propia

2.2.5 ESTRATIFICACIÓN9

Esta herramienta dará la clasificación sobre las causas de los tiempos de paro. Es decir, toda la información debe ser estratificada de acuerdo a las causas individuales de paro con el objeto de asegurarse de los factores asumidos.

Los criterios efectivos para la estratificación son:

- > Tipo operador.
- Causa y efecto del paro.
- Localización del paro.
- Producto, etc.

La estratificación generalmente se hace partiendo de la clasificación de los factores que inciden en los tiempos de paro de la línea de producción.

Objetivos de la Estratificación:

- ✓ Identificar la causa que tiene mayor influencia en los paros.
- ✓ Comprende de manera detallada la estructura de un grupo de datos, lo cual permitirá identificar las causas del problema y llevar a cabo las acciones correctivas convenientes.

⁹ Administración de la producción y operaciones, Chase, Jacobs, Aquilano, Mc Graw Hill, 10^a edición, 2005

✓ Examinar la diferencia en los valores promedio y la variación entre diferentes estratos, y tomar medidas contra la diferencia que pueda existir.

2.1.6 HISTOGRAMAS¹⁰

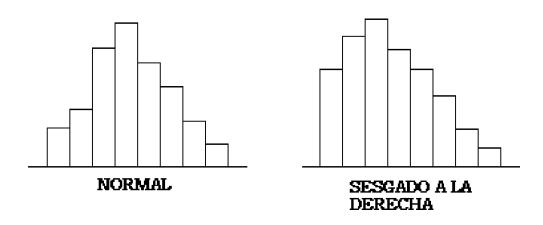
Un histograma es un gráfico de barras utilizado para representar la forma en que están distribuidas los tiempos de paro y con él podemos identificar el centro y la variabilidad de los datos, para determinar la simetría o sesgos de los tiempos de paro.

El histograma se puede usar para:

- ✓ Obtener distribución clara de tiempos de paro de la línea de producción.
- ✓ Identificar anormalidades examinando la forma de tiempos de paro.

Procedimientos de elaboración:

- > Reunir datos para localizar por lo menos 50 puntos de referencia
- Calcular el rango de los datos.
- Calcular la cantidad de clases, para esto se tienen diferentes métodos.
- Determinar la longitud de clase dividiendo el rango en la cantidad de clases.
- ➤ Calcule el intervalo o sea la localización sobre el eje X de las dos líneas verticales que sirven de fronteras para cada barrera
- Construya una tabla de frecuencias que organice los puntos de referencia desde el más bajo hasta el más alto de acuerdo con las fronteras establecidas por cada barra.



¹⁰ Control estadístico de la calidad, Douglas C. Montgomery, Limusa-Wiley, 3ra edición,2008

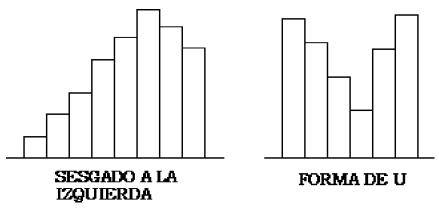


Figura 2.4 Ejemplos de histogramas.

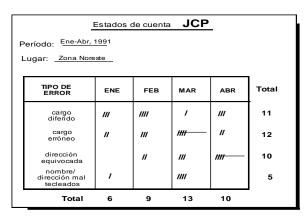
Fuente: Elaboración propia

2.2.7 HOJAS DE VERIFICACIÓN¹¹

La hoja de verificación es una forma que se usa para registrar la información en el momento en que se está recabando. Esta forma puede consistir de una tabla o gráfica, donde se registre, analice y presenten resultados de una manera sencilla y directa.

Objetivos de la hoja de verificación:

- ✓ Proporcionar un medio para registrar de manera eficiente los datos que servirán de base para subsecuentes análisis.
- ✓ Proporcionar registros históricos, que ayudan a percibir los cambios en el tiempo.
- ✓ Facilitar el inicio del pensamiento estadístico.
- ✓ Ayudar a traducir las opiniones en hechos y datos.
- ✓ Usar para confirmar las normas establecidas



SPONSABLE: Carlos Robledo	CAMION: TQ-003	<u>_1</u>	FECHA: 19 / abril/ 1991	
Lugara	Lugar a repartir:		jueves 16	
Luguru			Comentarios	
Col. Independencia		✓		
Col. Bugamb	Col. Bugambilias			
Col. Altavista		✓		
Col. Florida		x	Inundación en la colonia	
Col. Primave	Col. Primavera			

Figura 2.5 Ejemplos de hojas de verificación.

Fuente: Elaboración propia

¹¹ Control estadístico de la calidad, Douglas C. Montgomery, Limusa-Wiley, 3ra edición,2008

2.3 AJUSTE DE MODELOS¹²

Para calcular riesgos o pérdidas debido a los tiempos de paro es necesario determinar el comportamiento aleatorio de éstos. Después de haber revisado las herramientas estadísticas que es posible utilizar en este problema, ahora será revisado brevemente el problema de ajuste del modelo que describe cada causa de los tiempos de paro en una línea de producción.

Método de la Máxima Verosimilitud

Al realizar el ajuste de un modelo existen diferentes métodos de estimación de los parámetro, uno de los mejores métodos se refiere al método introducido por Fisher en los años 30 del siglo pasado y conocido como Máxima Verosimilitud.

Este método considera un problema de estimación muy simple, se basa en la función de densidad conjunta de n variables aleatorias X_1, \ldots, X_n con parámetros $\{\theta_1,\ldots\theta_m\}$, sobre los cuales se maximiza la función de densidad conjunta para el caso de una realización x_1,\ldots,x_n .

El método de máxima verosimilitud es un método sencillo en esencia, sin embargo presenta las dificultades de la localización de máximos en una función, en donde se aplican las diferentes técnicas del cálculo como son: máximos y mínimos relativos, máximos y mínimos absolutos y extremos de funciones monótonas, así como métodos numéricos.

El problema de maximizar en este caso requiere de un estudio de cálculo. Por lo tanto es importante atender previamente las siguientes definiciones:

a. Función de verosimilitud

La función de verosimilitud de n variables aleatorias X_1, \ldots, X_n está definida como la densidad conjunta de las n variables, es decir, $f(x_1, \ldots, x_n; \theta_1, \ldots, \theta_m)$, la cual es considerada como una función de $\theta_1, \ldots, \theta_m$. En particular, si X_1, \ldots, X_n es una muestra aleatoria con función de densidad $f(x; \theta_1, \ldots, \theta_m)$, entonces la función de verosimilitud para la realización x_1, \ldots, x_n es:

$$f(x_1,\ldots,x_n;\theta_1,\ldots,\theta_m) = \prod_{i=1}^n f(x_i;\theta_1,\ldots,\theta_m).$$

¹² **Fundamentos de la teoría de las probabilidades**. Eduardo Gutiérrez González Nauka – Educación 2007.

Note que la función de verosimilitud es una función de $\theta_1,...,\theta_m$ y se suele utilizar la notación

$$L(\theta_1,...,\theta_m;x_1,...,x_n) = f(x_1,...,x_n;\theta_1,...,\theta_m).$$

La función de verosimilitud $L(\theta_1,...,\theta_m;x_1,...,x_n)$ da la verosimilitud cuando las variables aleatorias asumen un valor particular $x_1,...,x_n$.

Si denotamos por Ω al espacio de parámetros, se tiene que el problema de los estimadores de máxima verosimilitud consiste en determinar el valor de $(\theta_1,\ldots,\theta_m)=\mathbf{0}\in\Omega$, que se denotará por $\hat{\mathbf{0}}$, y será tal que maximiza la función de verosimilitud $L(\mathbf{0};x_1,\ldots,x_n)$. El valor de $\hat{\mathbf{0}}$, que maximiza la función de verosimilitud en general es una función de x_1,\ldots,x_n , es decir,

$$\hat{\boldsymbol{\theta}} = g(x_1, ..., x_n).$$

Cuando esto sucede la variable aleatoria $\hat{\Theta} = g(X_1,...,X_n)$ es llamada el estimador de máxima verosimilitud del parámetro θ .

b. Estimador de máxima verosimilitud

Sea $L(\theta) = L(\theta; x_1, ..., x_n)$ la función de verosimilitud para las variables aleatorias $X_1, ..., X_n$. Si $\hat{\theta}$ (donde $\hat{\theta} = g(x_1, ..., x_n)$ es una función de las observaciones $x_1, ..., x_n$) es el valor de $\theta \in \Omega$ con el que se maximiza $L(\theta)$, entonces la variable aleatoria $\hat{\Theta} = g(X_1, ..., X_n)$ es el **estimador de máxima verosimilitud** de θ . Mientras que $\hat{\theta} = g(x_1, ..., x_n)$ es el **estimador de máxima verosimilitud** de θ para la realización $x_1, ..., x_n$.

Un problema grande que tienen los estimadores de máxima verosimilitud consiste en que no siempre existen y cuando existen puede ser difícil su cálculo. Esta parte del estudio de los tiempos de paro es posible realizarlo con alguna paquetería estadística como son los paquetes del proyecto R mixtools, gamlssMX, rebmix, etcétera.

Veamos un resumen de las distribuciones que serán utilizadas en esta investigación.

Distribución Normal

Definición: Sea X una variable aleatoria continua. Se dice que X tiene una distribución normal o de Gauss, con parámetros de localidad μ (en los reales) y escala σ (positivo), cuando su función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} en x \in (-\infty, \infty)$$

En cuestión de notación, tenemos que las variables aleatorias con distribución normal y parámetros μ y σ^2 se suelen denotar por N (μ , σ^2).

Los modelos de distribución normal se caracterizan por la forma de la gráfica de su función densidad, la cual tiene forma de campana tal como se muestra en la siguiente figura:

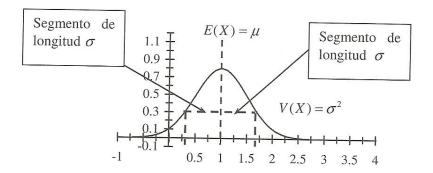


Figura 2.6 Distribución normal media μ y variancia σ^2 .

Fuente: Gutiérrez González, Fundamentos de la Teoría de las probabilidades. México D.F. 2007.

Distribución exponencial

Definición: Sea X una variable aleatoria continua del experimento realizado, diremos que tiene una distribución exponencial con parámetro positivo de escala β en el intervalo $[0,\infty)$, cuando su función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x}{\beta}}, & \text{si } x \ge 0\\ 0 & \text{en cualquier otro lugar} \end{cases}$$

Los modelos exponenciales se emplean cuando la probabilidad de que la variable aleatoria en estudio ocurra en una unidad de tiempo, sea igual a que suceda en cualquier otra. Lo anterior significa que las variables aleatorias exponenciales son invariantes en el tiempo.

A continuación se presentan las gráficas de la distribución exponencial con parámetro beta mayor y menor a uno.

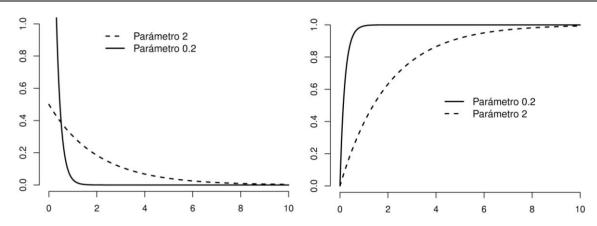


Figura 2.7 Funciones de densidad y distribución acumulada exponencial, con parámetro β

Fuente: Elaboración propia

Distribución tipo Gamma

Definición: una variable aleatoria continua X tiene una distribución de probabilidad tipo gamma, si su función de densidad con parámetros de forma α y escala β ,

$$f(x; \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{x^{\alpha - 1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)}, & \text{si } 0 \le x < \infty; \alpha, \beta > 0 \\ 0 & \text{en cualquier otro lugar} \end{cases}$$

En donde, Γ (α) es la función gamma que se define como:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha - 1} e^{-x} dx$$

Los parámetros α y β representan a la forma y la escala de la distribución respectivamente. Por lo anterior, se suele llamar el parámetro α " Parámetro de forma" y los cambios en su valor modifican la forma de la distribución, ver figuras 2.8 y 2.9, en donde se muestran algunas gráficas de la función de densidad tipo gamma, para los valores de beta igual a uno y alfa con valores de 1, 2, 3 y 4.

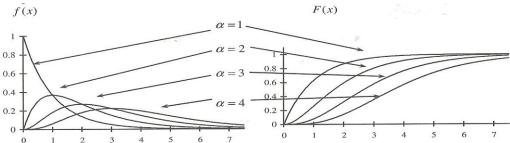


Figura 2.8 Funciones de densidad y distribución acumulada gamma, con parámetros beta igual a uno y alfa con valores de 1, 2, 3, y 4

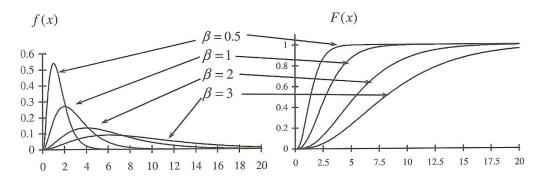


Figura 2.9 Funciones de densidad y distribución acumulada gamma, con $\alpha = 3$ y $\beta = 0.5.1$, 2 y 3 Fuente: Gutiérrez González, Fundamentos de la Teoría de las probabilidades. México D.F. 2007.

Distribución tipo Weibull

Una variable aleatoria continua X tiene una distribución de probabilidad tipo Weibull con parámetros de forma α y escala β , ver figuras 2.10 y 2.11. y función de densidad

$$f(x; \alpha, \beta) = \begin{cases} \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha - 1} e^{-\frac{x}{\beta}}, & \text{si } 0 \le x < \infty; \alpha, \beta > 0 \\ 0 & \text{en cualquier otro lugar} \end{cases}$$

$$f(x)$$

$$f(x)$$

$$\alpha = 0.75$$

$$\alpha = 2$$

$$\alpha = 3$$

$$\alpha = 4$$

$$0.8$$

$$0.6$$

$$0.4$$

$$0.2$$

$$0$$

$$0.5$$

$$1.5$$

$$2.5$$

$$3.5$$

Figura 2.10 Funciones de densidad y distribución acumulada Weibull, con β =1 y α =0.75, 1, 2, 3, 4. Fuente: Gutiérrez González, Fundamentos de la Teoría de las probabilidades. México D.F. 2007.

46

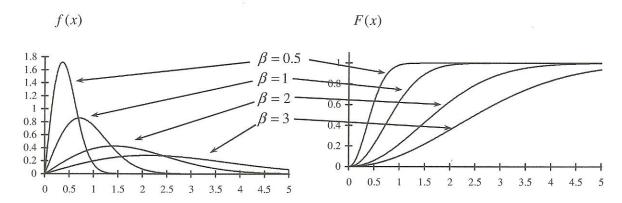


Figura 2.11 Funciones de densidad y distribución acumulada Weibull, con β =0.5, 1, 2, 3 y α =3.

Fuente: Gutiérrez González, Fundamentos de la Teoría de las probabilidades. México D.F. 2007.

Modelos Lognormal

Definición: la función densidad de una variable aleatoria continua con distribución lognormal y parámetro μ y σ está definida por:

$$f(x; \mu, \sigma) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} \left(e\right)^{\frac{(\ln(x) - \mu)^2}{2\sigma^2}}, & x \ge 0\\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

Al igual que en la distribución normal los parámetros μ y σ son el valor esperado y la desviación estándar, respectivamente, de la variable Y = In (X). En la figura 2.12 se muestran algunas formas de los modelos lognormal.

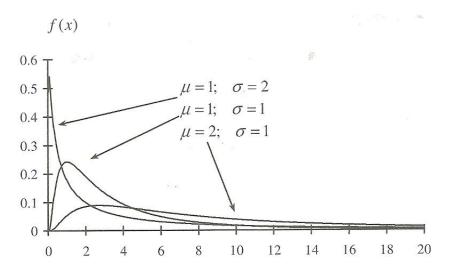


Figura 2.12 Funciones de densidad lognormal.

Fuente: Gutiérrez González, Fundamentos de la Teoría de las probabilidades. México D.F. 2007.

2.4 CONSTRUCCIÓN DE ÍNDICES¹³

En una línea de producción es necesario monitorear continuamente los tiempos de paro para determinar qué tanto han cambiado los diferentes factores o variables que influyen en esta causa. Los controladores pueden estar interesados en estudiar las variables que influyen en los tiempos de paro de cada línea y comparar qué tanto han cambiado los porcentajes de éstos durante las últimas semanas, meses, etc.

Por ejemplo, algunos factores que influyen en los paros de línea se refieren a la limpieza de la máquina, cambio de materia prima, cambio de carga, cambio de turno de personal, etc.

Así, en una situación como ésta un operador estará interesado en determinar una medida que represente los cambios en los paros de línea con base en dichas variables. La dificultad inicial se refiere a la métrica del problema, ya que ésta depende de la variable en estudio, y por tal razón es lógico pensar en definir una medida que permita cuantificar el grado de cambio en una situación particular. Por lo común los números índices o índices son los que permiten medir esas diferencias.

Como se conoce de los índices éstos tiene un problema fundamental en la determinación de sus pesos, en este trabajo utilizaremos una técnica poco común pero que ha dado buenos resultados.

2.4.1 COMPONENTES PRINCIPALES USO Y CÁLCULO DE PONDERACIONES

Uno de los principales problemas que se tienen en la búsqueda de buenos índices consiste en determinar ponderaciones apropiadas para los componentes de los factores que intervienen en el índice. Por otro lado, del análisis multivariado sabemos que si tenemos p variables, $x_1, x_2, ..., x_p$ y de cada una n observaciones, al acomodar la información en una matriz $n \times p$, tenemos

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdots & x_{2p} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \cdots & x_{3p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix}$$

Para la comparación se conocen dos formas: por filas o por columnas.

¹³ **Taller de construcción de índices**. Eduardo Gutiérrez González, Proyecto Conacyt titulado: Desarrollo y calidad educativa según grado de Ruralidad en los municipios de México. 2008.

La comparación que requerimos para los pesos es entre variables, o lo que es lo mismo entre columnas. Más aún requerimos no sólo su comparación sino los pesos que le debemos asignar a cada una de ellas. Es decir, requerimos de combinaciones lineales entre las variables para ver cuál es la más adecuada.

Como es de imaginarse existen infinidad de combinaciones lineales que se pueden proponer entre las variables, pero del análisis multivariado se conoce una técnica llamada **componentes principales** qué da una respuesta adecuada.

2.4.2 COMPONENTES PRINCIPALES

Sean las p variables $x_1, x_2, ..., x_p$ de interés, llamaremos componentes principales a las nuevas variables, resultantes de las combinaciones lineales de ellas

$$\begin{cases} y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1p}x_p = \mathbf{a}_1'\mathbf{x} \\ y_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2p}x_p = \mathbf{a}_2'\mathbf{x} \\ \vdots \\ y_p = a_{p1}x_1 + a_{p2}x_2 + \dots + a_{pp}x_p = \mathbf{a}_p'\mathbf{x} \end{cases}$$

Que cumplen la característica de no ser correlacionadas. En donde, $\mathbf{a}_i' = (a_{i1}, a_{i2}, \ldots, a_{ip})$ y $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \ldots, x_p)'$. De esta forma las componentes principales nos permiten ver con mayor claridad las diferencias entre cada uno de los n valores de las variables, jerarquizándolas por el criterio que se usa en la construcción de y_i sobre las variables x_i .

Por otro lado, se desea que las componentes principales cumplan

- $cov(y_i, y_i) = 0$ para $i \neq j$, no correlacionadas.
- $var(y_1) \ge var(y_2) \ge \cdots \ge var(y_p)$, la varianza de la primera componente sea mayor.

2.4.3 CÁLCULO DE LAS COMPONENTES PRINCIPALES

El método que veremos fue introducido originalmente por Karl Pearson en 1901 y desarrollado por Hotelling en 1933.

- 1) Si las variables $x_1, x_2, ..., x_p$ son conmensurables (comparables).
 - a) Con la matriz \boldsymbol{X} calcule su matriz de covarianzas, $\boldsymbol{\Sigma}$.
 - **b)** Calcular los valores y vectores propios de la matriz de covarianzas. Para que cumplan la segunda propiedad deseada sobre la varianza, se deben buscar los vectores propios, iniciando con el valor propio más grande. Es decir, los

valores propios, se indizan para que queden $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \cdots \geq \lambda_p$, con λ_i valores propios de la matriz de covarianzas. De esta forma se cumplirá $\text{var}(y_1) \geq \text{var}(y_2) \geq \cdots \geq \text{var}(y_p)$.

- c) De esta forma las p componentes principales son los p vectores propios.
- d) Las ponderaciones de las variables estarán dadas por los elementos de las componentes principales, por medio de la siguiente regla. Sea la variable k, (k=1,2,...,p) la que el decisor considere que tenga mayor peso, si el k-ésimo elemento de la primer componente principal es el mayor, entonces las ponderaciones de la p variables son los p elementos del componente principal, respectivamente. En caso contrario, tal vez sea necesario realizar sumas entre los elementos de los compontes principales.
- **2)** Si las variables $x_1, x_2, ..., x_p$ no son conmensurables (no comparables).
 - a) Con la matriz X calcule su matriz de correlaciones, Σ_{ρ} .

Los demás incisos se repiten, pero con la matriz de correlaciones.

Esta técnica de componentes principales será utilizada en el capítulo 4 para determinar los índices de los tiempos de paro en una línea de producción.

2.5 OPTIMIZACIÓN DEL DESPERDICIO

En esta sección se revisan brevemente algunas metodologías y herramientas utilizadas en la actualidad para la eliminación y reducción de desperdicios, en este caso se adaptarán a los tiempos de paro en las líneas de producción.

2.5.1 FORMAS DE DESPERDICIO, LAS 7W'S14

Las 7W's es una herramienta del mejoramiento continuo, su nombre viene de palabra en inglés Waste que significa desperdicio (cualquier cosa que no agrega valor directamente al producto final o que no contribuye a la transformación del producto). De manera agregada, existen dos contribuyentes al desperdicio que deben ser entendidos:

- i. Desequilibrio. Variación en el volumen de producción causado por los tiempos de paro. Esto crea manejo de material innecesario, sobreproducción en espera.
- ii. Sobrecarga. Cuando una máquina o trabajador es empujado más allá de sus límites naturales de su capacidad o aptitud.

-

¹⁴ Yasuhiro Monden, Toyota Production System,1998

Las formas de desperdicio en general son:

- 1. Corrección, inspección o reinspecciones. El rechazo de los productos defectuosos interrumpe la producción y requiere una costosa repetición del trabajo. Muchos de los productos defectuosos frecuentemente deben desecharse, lo que implica importantes pérdidas de recursos.
- 2. Sobreproducción (excedente): producir más de lo que se necesita.
- 3. Movimiento innecesario del material: no apoya al sistema sincronizado para producir. El transporte es parte esencial de las operaciones, pero el movimiento de materiales o productos no agrega valor. Lo que es aún peor, con frecuencia ocurren daños durante el mismo.
- 4. Movimientos del operador: cualquier movimiento que no agrega valor. Cualquier movimiento del operador que no se relacione directamente con la adición de valor, es improductivo. Para identificar este tipo de desperdicio es necesario observar cuidadosamente la forma en la que los operadores realizan sus movimientos.
- 5. Espera: tiempo inactivo entre operaciones. Este desperdicio se presenta cuando el trabajo de un operador se detiene debido a desbalances en la línea, falta de partes de recambio, así como el tiempo que el operador emplea esperando que llegue la siguiente pieza de trabajo y cuando se supervisa la operación de una máquina.
- 6. Inventarios altos: cualquier surtido excedido a los requerimientos para producir. Los productos terminados, semiterminados, repuestos y suministros que se mantienen excedidos en el inventario no agregan valor alguno. Por el contrario, aumentan el costo de operaciones porque ocupan espacio y requieren equipos e instalaciones adicionales, tales como bodegas, elevadores de cargas. Mientras el exceso de artículos permanece en inventario no se agrega ningún valor, y su calidad se deteriora con el transcurso del tiempo. El inventario es en gran medida el resultado de una sobreproducción.
- 7. Reprocesos: actividades que no agregan valor adicional al producto.

Los beneficios al aplicar las herramientas de las 7w's a los tiempos de paro pueden ser:

- Reducir el tiempo de ciclo.
- Aumento de productividad.
- Disminución de costos de calidad.

- Equipos de trabajo más efectivos.
- Entrega de producto terminado a tiempo.
- Incremento de la confianza del cliente.

2.5.2 HERRAMIENTAS PARA LA ELIMINACIÓN Y REDUCCIÓN DEL DESPERDICIO, LAS 5'S¹⁵

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras. El método de las 5 "S", así denominado por la primera letra (en japonés) de cada una de sus cinco etapas, está basado en cinco principios básicos:

- √ Seiri (Organizar)
- ✓ Seiton (Ordenar)
- ✓ Seiso (Limpieza)
- ✓ Seiketsu (Estandarizar)
- ✓ Shitsuke (Disciplina)

Seiri (Organizar)

En esta etapa, se trata de eliminar del lugar de trabajo todo aquello que no tenga un sitio o no sea necesario. Algunas normas ayudan a tomar buenas decisiones:

- > Se tira todo lo que se usa menos de una vez al año.
- ➤ De lo que queda, todo aquello que se usa menos de una vez al mes se aparta (por ejemplo, en la sección de archivos o en el almacén de la fábrica).
- ➤ De lo que queda, *todo* aquello que se usa menos de una vez por semana se aparta no muy lejos (típicamente en un armario en la oficina, o en una zona de almacenamiento en la fábrica).
- ➤ De lo que queda, *todo* lo que se usa menos de una vez por día se deja en el puesto de trabajo.
- ➤ De lo que queda, *todo* lo que se usa menos de una vez por hora está en el puesto de trabajo, al alcance de la mano.

¹⁵ The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer, Jeffrey K. Liker McGraw-Hill 2004, pág. 43-44

Y lo que se usa al menos una vez por hora se coloca directamente sobre el operario.

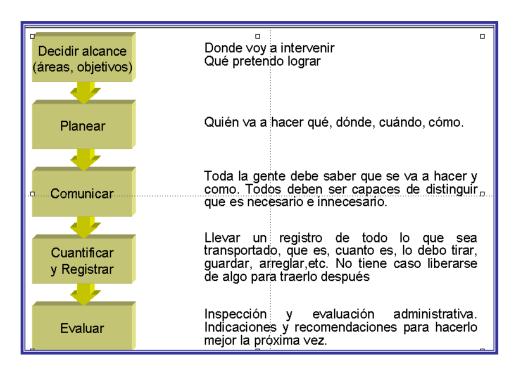


Figura 2.13. Metodología de la etapa Seiri.

Fuente: Elaboración propia

Seiton (Ordenar)

Esta etapa consiste en ordenar las diferentes herramientas y materiales para el trabajo. Se pueden usar métodos de gestión visual para facilitar el orden, pero la mejor descripción de Seiton es: *Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.*

Las normas de Seiton son:

- Organizar racionalmente el puesto de trabajo (proximidad, objetos pesados fáciles de coger o sobre un soporte, etc.)
- Definir las reglas de ordenamiento
- Hacer obvia la colocación de los objetos
- Los objetos de uso frecuente deben estar cerca del operario
- Clasificar los objetos por orden de utilización
- Estandarizar los puestos de trabajo
- Favorecer el "FIFO"

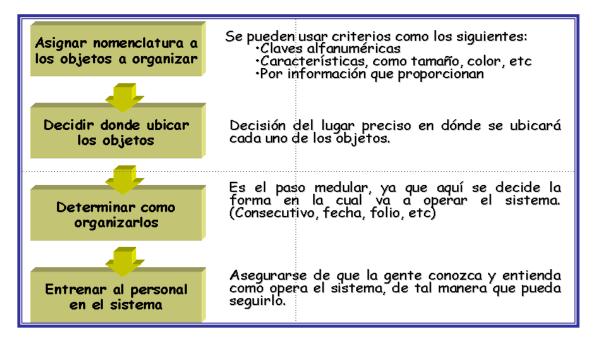


Figura 2.14. Metodología etapa Seiton.

Fuente: Elaboración propia

Seiso (Limpiar)

Una vez que el espacio de trabajo está despejado y ordenado, es mucho más fácil limpiarlo. El incumplimiento de la limpieza puede tener muchas consecuencias, provocando incluso anomalías o el mal funcionamiento de la maquinaria.

Normas para Seiso:

- Limpiar, inspeccionar, detectar las anomalías
- Volver a dejar sistemáticamente en condiciones al equipo
- Facilitar la limpieza y la inspección
- Eliminar las anomalías en su origen

Seiketsu (Estandarizar)

A menudo el sistema de las 5'S se aplica sólo puntualmente. Estandarizar pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras 3'S, y que debe mantenerse cada día.

Para conseguir esto, las normas siguientes son de ayuda:

- Hacer evidentes las consignas: cantidades mínimas, identificación de la zonas
- Favorecer una gestión visual. En lo posible se deben emplear fotografías de cómo se debe mantener el equipo y las zonas de cuidado
- Estandarizar los métodos operativos
- Formar al personal en los estándares

Shitsuke (Disciplina)

Significa evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Esta etapa contiene la calidad en la aplicación del sistema 5'S. Es también una etapa de control riguroso, donde los motores de esta etapa son una comprobación continua y fiable de la aplicación del sistema y el apoyo del personal implicado.

La disciplina es el canal entre las 5'S y el mejoramiento continuo. Implica:

- Control periódico
- Visitas sorpresa
- Autocontrol de los empleados
- Respeto por sí mismo y por los demás
- Mejor calidad de vida laboral

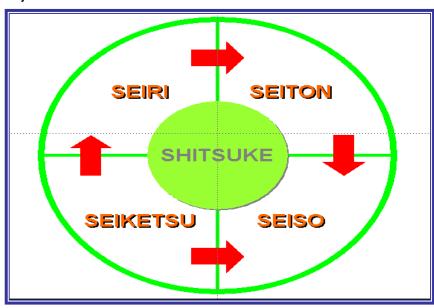


Figura 2.15. Proceso de las 5's.

Fuente: Elaboración propia

2.5.3 HERRAMIENTAS PARA DISMINUIR TIEMPOS DE PARO Y AJUSTE EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN, EL SISTEMA SMED¹⁶

Para empresas que quieren incrementar su flexibilidad y al mismo tiempo disminuir sus niveles de stock resulta crítico reducir al mínimo los tiempos tanto para los cambios de herramientas como para las preparaciones.

Esta necesidad viene a su vez insertada dentro de la filosofía de reducción de tiempo o máxima velocidad, que hoy todo lo invade, desde la capacidad de rápida atención, a la reducción de tiempos de respuesta, menores plazos desde la investigación y diseño hasta el inicio de la producción y puesta del producto en el mercado, y la reducción en los plazos de elaboración. El tiempo vale oro, y cada día ello toma mayor importancia tanto desde el punto de vista de la satisfacción del cliente, como desde los costos y de la capacidad competitiva de la empresa.

Para empresas que quieren incrementar su flexibilidad y al mismo tiempo disminuir sus niveles de stock resulta crítico reducir al mínimo los tiempos tanto para los cambios de herramientas como para las preparaciones.

Esta necesidad viene a su vez insertada dentro de la filosofía de reducción de tiempo o máxima velocidad, que hoy todo lo invade, desde la capacidad de rápida atención, a la reducción de tiempos de respuesta, menores plazos desde la investigación y diseño hasta el inicio de la producción y puesta del producto en el mercado, y la reducción en los plazos de elaboración. El tiempo vale oro, y cada día ello toma mayor importancia tanto desde el punto de vista de la satisfacción del cliente, como desde los costos y de la capacidad competitiva de la empresa. Eliminar el concepto de lote de fabricación reduciendo al máximo el tiempo de preparación de máquinas y de materiales, esta es en esencia la filosofía SMED, acrónimo de *Single-Minute Exchange of Die*. Hoy se apuesta no sólo a reducir al mínimo los tiempos de preparación, sino también los tiempos de reparación y mantenimiento.

A fines de la década de los '60 Toyota tardaba más de cuatro horas en cambiar de modelo en una prensa de estampación de 800 toneladas, cuando su equivalente en Volkswagen requería de tan sólo dos horas. El ingeniero Shigeo Shingo ante una actividad de investigación asignada por el directivo de Toyota, Sr. Ohno, (destinado a afianzar y hacer factible el Sistema de Producción Just in Time, con el claro y preciso objetivo de reducir los tiempos de espera y los niveles de inventarios tanto de productos en proceso, como de productos terminados -encontrándose ambos

-

¹⁶ Yasuhiro Monden, Toyota Production System,1998

catalogados entre las siete mudas clásicas), procede a desarrollar un sistema que permitió reducir el tiempo antes indicado a tan sólo tres minutos.

Se había dado inicio a la implantación del SMED, superando de tal forma uno de los mayores obstáculos que en aquel momento tenía Toyota para implantar la producción "justo a tiempo", sistema que se haría famoso en el mundo entero como Sistema de Producción Toyota (TPS).

Cuando una empresa ha trabajado en la reducción del tiempo de preparación de una máquina concreta durante varios años, comprueba que es posible reducir radicalmente el tiempo de cambio de varias decenas de horas, a menos de diez. Más tarde y para la misma máquina, se pueden lograr tiempos de decenas de minutos. Un poco más adelante se puede hablar de tiempos de cambio de menos de diez minutos. Algunas empresas incluso han conseguido el objetivo final: cambios al primer toque, donde el tiempo es casi igual a cero. Ninguna empresa puede permitirse el lujo de dejar de trabajar en reducir los tiempos de cambio hasta llegar a este objetivo. No se trata de analizar si es o no posible, sino de ver lo que hay que hacer y cuánto se va a tardar en conseguirlo.

No sólo Toyota sirve de ejemplo, también podemos mencionar a la empresa Kodak (USA) quien en materia de prensa de inyección de plástico logró en 1984 reducir el tiempo de cambio de aproximadamente dos horas a treinta minutos; unos meses más tarde, se volvió a reducir hasta llegar a seis minutos.

Aunque existen un gran número de técnicas destinadas al incremento o mejora de la productividad, la reducción en los tiempos de preparación merece especial consideración y es importante por tres motivos:

- a. Cuando el tiempo de cambio es alto, los lotes de producción son grandes y, por tanto, la inversión en inventario es elevada. Cuando el tiempo de cambio es insignificante se puede producir diariamente la cantidad necesaria, eliminando casi totalmente la necesidad de invertir en inventarios.
- b. Los métodos rápidos y simples de cambio eliminan la posibilidad de errores en los ajustes de herramientas y útiles. Los nuevos métodos de cambio reducen sustancialmente los defectos y suprimen la necesidad de inspecciones.
- **c.** Con cambios rápidos se puede aumentar la capacidad de la máquina. Si las máquinas funcionan siete días a la semana, 24 horas al día, una

opción para tener más capacidad, sin comprar máquinas nuevas, es reducir su tiempo de cambio y preparación.

Una de las ventajas más importantes de reducir los tiempos de preparación a cifras de un sólo dígito, es que la empresa puede pasar de trabajar contra almacén a fabricar bajo pedido. Dado que para algunas fábricas la inversión en el inventario de producto acabado es el mayor activo, su conversión en efectivo puede servir para financiar otras inversiones o reducir deudas.

El SMED es sin lugar a dudas un concepto de alta innovación generado por los japoneses dentro del ámbito de la ingeniería industrial. Cabe consignar que en las empresas japonesas, la reducción de tiempos de preparación no sólo recae en el personal de ingeniería, sino también en los Círculos de Control de Calidad (CCC).

Cabe mencionar que actualmente tal filosofía de trabajo ya no sólo se aplica en los cambios de herramientas y preparación de máquinas y equipos, sino también en la preparación y puesta a punto de quirófanos, preparación de embarques aéreos, atención de automóviles Fórmula Uno y de otras actividades vinculadas a los servicios.

1. METODOLOGÍA PARA CAMBIOS RÁPIDOS

Como en el caso de otros métodos de trabajo, se hace uso de diversas técnicas, siendo ellas:

- a. Análisis paretiano: destinado a diferenciar los muchos triviales de los pocos vitales. O sea concentrarse en aquellas pocas actividades que absorben la mayor parte en el tiempo de cambio y/o preparación.
- b. Las seis preguntas clásicas: ¿Qué? ¿Cómo? ¿Dónde? ¿Quién? ¿Cuándo? y los respectivos ¿Por qué?, correspondientes a cada una de las respectivas respuestas, con el objetivo de eliminar lo innecesario, combinar o reordenar las tareas y simplificarlas.
- c. Los cinco ¿Por qué? sucesivos: a los efectos de detectar posibilidades de cambio, simplificación o eliminación de tareas comprendidas en el proceso de cambio de herramientas o preparación de las máquinas o equipos. Esta técnica está fundamentalmente enfocada en la búsqueda de la causa raíz, o sea en los factores que en éste caso concreto determinan los tiempos de preparación o cambio de herramientas.

2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL SMED

A los efectos de la reducción en los tiempos de preparación deben tomarse en consideración cuatro conceptos claves consistentes en:

- a. Separar la preparación interna de la externa. Se debe entender por preparación interna todas aquellas actividades para cuya realización es menester detener la máquina o equipo. En tanto que la externa incluyen todas aquellas actividades que pueden efectuarse mientras la máquina está en funcionamiento.
- b. Convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa. De tal forma muchas actividades que deben en principio efectuarse con la máquina parada puede adelantársela mientras ésta esta en funcionamiento. Ejemplo: la máquina de colar a presión puede precalentarse utilizando el calor sobrante del horno que sirve a esta máquina. Esto significa que puede eliminarse el disparo de prueba para calentar el molde metálico de la máquina.
- c. Eliminación de los procesos de ajuste. Las actividades de ajuste pueden llegar a representar entre el 50 y el 70 por ciento del total de las actividades internas. Por tal motivo es importante e imperioso reducir sistemáticamente el tiempo de ajuste a los efectos de reducir el tiempo total de preparación. La clave no consiste en reducir el ajuste, sino en "eliminarlo" mediante un pensamiento creativo (por ejemplo: ajustando las herramientas en un sólo movimiento one touch up).
- d. Suprimir la propia fase de preparación. A los efectos de prescindir por completo de la preparación, pueden adoptarse dos criterios. El primero consiste en utilizar un diseño uniforme de los productos o emplear la misma pieza para distintos productos; y el segundo enfoque consiste en producir las distintas piezas al mismo tiempo. Esto último puede lograrse por dos métodos. El primer método es el sistema del conjunto. Por ejemplo, en el mismo troquel, se tallan dos formas diferentes. El segundo método consiste en troquelar las distintas piezas en paralelo, mediante la utilización de varias máquinas de menor costo.

3. TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Se utilizan en el SMED seis técnicas destinadas a dar aplicación a los cuatro conceptos anteriormente expuestos.

Técnica Nº 1: Estandarizar las actividades de preparación externa. Las operaciones de preparación de los moldes, herramientas y materiales deben convertirse en procedimientos habituales y estandarizados. Tales operaciones estandarizadas deben recogerse por escrito y fijarse en la pared para que los operarios las puedan visualizar. Después, los trabajadores deben recibir al correspondiente adiestramiento para dominarlas.

Técnica Nº 2: Estandarizar solamente las partes necesarias de la máquina. Si el tamaño y la forma de todos los troqueles se estandarizan completamente, el tiempo de preparación se reducirá considerablemente. Pero dado que ello resulta de un costo elevado, se aconseja estandarizar solamente la parte de la función necesaria para las preparaciones.

Técnica Nº 3: Utilizar un elemento de fijación rápido. Si bien el elemento de sujeción más difundido es el perno, dado que el mismo sujeta en la última vuelta de la tuerca y puede aflojarse a la primera vuelta, se han ideado diversos elementos que permiten una más eficaz y eficiente sujeción. Entre tales elementos se cuenta con la utilización del orificio en forma de pera, la arandela en forma de U y la tuerca y el perno acanalado.

Técnica Nº 4: Utilizar una herramienta complementaria. Se tarda mucho en unir un troquel o unas mordazas directamente a la prensa de troquelar o al plato de un torno. Por consiguiente, el troquel o las mordazas deben unirse a una herramienta complementaria en la fase de preparación externa, y luego en la fase de preparación interna esta herramienta puede fijarse en la máquina casi instantáneamente. Para hacer ello factible es necesario proceder a la estandarización de las herramientas complementarias. Puede hacerse mención, como ejemplo de ésta técnica, la mesa móvil giratoria.

Técnica Nº 5: Hacer uso de operaciones en paralelo. Una prensa de troquelar grande o una máquina grande de colada a presión tendrán muchas posiciones de fijación en sus cuatro costados. Las operaciones de preparación de tales máquinas ocuparán mucho tiempo al operario. Pero, si se procede a aplicar a tales máquinas operaciones en paralelo por dos personas, pueden eliminarse movimientos inútiles y reducirse así el tiempo de preparación.

Técnica Nº 6: Utilización de un sistema de preparación mecánica. Al poner el troquel, podría hacerse uso de sistemas hidráulicos o neumáticos para la fijación simultánea de varias posiciones en cuestión de segundos. Por otra parte, las alturas

de los troqueles de una prensa de troquelar podrían ajustarse mediante un mecanismo electrónico.

4. PROBLEMAS MÁS COMUNES A LA HORA DE REALIZAR LOS CAMBIOS O PREPARACIONES DE HERRAMIENTAS

Cuando las actividades de preparación se prolongan demasiado o el tiempo de preparación varía considerablemente, es factible que se estén dando los siguientes problemas o inconvenientes:

- a. La terminación de la preparación es incierta.
- **b.** No se ha estandarizado el procedimiento de preparación.
- **c.** El procedimiento no se observa debidamente.
- **d.** Los materiales, las herramientas y las plantillas no están dispuestos antes del comienzo de las operaciones de preparación.
- e. Las actividades de acoplamiento y separación duran demasiado.
- **f.** Es alto el número de operaciones de ajuste.
- **g.** Las actividades de preparación no han sido adecuadamente evaluadas.
- **h.** Variaciones no aleatorias en los tiempos de preparación de las máquinas.

Estos obstáculos pueden y deben salvarse mediante la investigación diaria y el reiterado cuestionamiento de las condiciones de preparación en el lugar de trabajo.

5. IMPORTANCIA DE LAS CINCO "S" EN LA APLICACIÓN DEL SMED

Las actividades de Organización-Orden-Limpieza-Estandarización y Disciplina son esenciales y fundamentales para una correcta y óptima puesta en funcionamiento del sistema SMED.

El poder encontrar rápidamente las herramientas, el disponer de todos los equipos y lugar de trabajo en estado de limpieza, y el disponer de elementos visuales que permitan el mejor ajuste, son beneficios que trae consigo la aplicación sistemática de las Cinco "S".

6. PROCEDIMIENTOS PARA PODER MEJORAR LA PREPARACIÓN

Además de las grabaciones en video y de los estudios de tiempos y movimientos relacionados con las actividades de preparación, hay cuatro procedimientos más para lograr mejoras. El primero consiste en separar la preparación interna de la preparación externa. El segundo, en reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora de las operaciones. El tercero, en promover una ulterior reducción del tiempo de preparación interna mejorando el equipo. Y, el cuarto es el reto de reducirlo hasta dejarlo en cero.

Fase 1: Diferenciación de la preparación externa y la interna. Por preparación interna, como antes ya se expreso, se incluyen todas aquellas actividades que para poder efectuarlas requiere que la máquina se detenga. En tanto que la preparación externa se refiere a las actividades que pueden llevarse a cabo mientras la máquina funciona. El principal objetivo de esta fase es separar la preparación interna de la preparación externa, y convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa. Para convertir la preparación interna en preparación externa y reducir el tiempo de esta última, son esenciales los cuatro puntos siguientes:

- **a.** Preparar previamente las plantillas, herramientas, troqueles y materiales.
- **b.** Mantener los troqueles en buenas condiciones de funcionamiento.
- **c.** Crear tablas de las operaciones para la preparación externa.
- d. Mantener el buen orden y limpieza en la zona de almacenamiento de las plantillas y troqueles retirados (5 "S").

El más importante de estos cuatro puntos es el último: mantener limpia y ordenada la zona de almacenamiento de las herramientas, plantillas y troqueles. Si las herramientas están almacenadas de un modo desordenado en una caja de herramientas, los trabajadores perderán tiempo buscando las que necesiten; es la típica operación inútil que no crea valor adicional.

Fase 2: Las preparaciones internas que no puedan convertirse en externas deben ser objeto de mejora y control continuo. A tales efectos se consideran clave para la mejora continua de las mismas los siguientes puntos:

- **a.** Mantener las zonas de almacenamiento de herramientas y troqueles limpias y ordenadas (5 "S").
- **b.** Vigilar los efectos de los cambios introducidos en la secuencia de las operaciones.
- **c.** Vigilar las necesidades de personal para cada operación.
- **d.** Vigilar la necesidad de cada operación.

El examen continuo de los puntos antes descriptos pondrá de manifiesto oportunidades de mejora.

Fase 3: Mejora del equipo. Todas las medidas tomadas a los efectos de reducir los tiempos de preparación se han referido hasta ahora a las operaciones o actividades. La próxima estrategia se enfoca en la mejora del equipo. A continuación se exponen algunas formas de hacer ello factible.

- **a.** Organizar las preparaciones externas y modificar el equipo de forma tal que puedan seleccionarse distintas preparaciones pulsando un botón.
- **b.** Reciclar el calor procedente de las operaciones de mecanización y utilizarlo para el precalentamiento de hornos.
- **c.** Modificar la estructura del equipo o inventar herramientas que permitan una reducción de la preparación y de la puesta en marcha.
- **d.** Eliminar los ajustes necesarios para fijar la altura o la posición de los troqueles o plantillas mediante el uso de un desconectador de fin de carrera o convertir los ajustes manuales en automáticos.
- **e.** Revisar la hoja de secuencia de operaciones estándar y adiestrar a los operarios cuando se mejora el equipo.

Fase 4: Preparación Cero. El tiempo ideal de preparación es cero. Para lograrlo es menester utilizar una pieza común para varios productos. Esto podría lograrse en la fase de desarrollo y diseño de los nuevos modelos.

7. CONCLUSIONES

Los tiempos invertidos en preparación y cambio de útiles y herramientas son uno de los factores claves para un fabricante de clase mundial. La reducción de los tiempos de cambio de útiles permite la reducción en el tamaño de los lotes, haciendo posible con ello la reducción de los inventarios en proceso.

La reducción de los lotes hace a su vez factible reducir los tiempos de ciclo; la reducción de éste último permite dar a la empresa una respuesta más rápida a los clientes, reduciendo o eliminando la necesidad de mantener inventarios de productos terminados.

Una fábrica típica dispondrá de numerosos procesos de cambios de herramientas, y una parte importante de la mejora continua tendrá relación directa con la reducción gradual y sistemática de dichos tiempos de cambio.

El Sistema de Producción Just in Time (Justo a Tiempo) no es factible si son voluminosos los tamaños de lotes, y dichos lotes pueden reducirse solamente si se reducen los tiempos para los cambio de útiles y preparación de los equipos. En el pasado, no se daba mucha trascendencia a la necesidad de acelerar los cambios de útiles, pero la amplia aceptación del Just in Time ha constituido este tema en el centro de atención de muchas plantas fabriles.

Muchas empresas han verificado que pueden reducirse significativamente los tiempos de cambio de herramientas (del orden del 50 al 75%) con el mero estudio del problema y la posterior mejora en la organización de las actividades. Pueden lograrse reducciones adicionales mediante modificaciones relativamente pequeñas en las máquinas, herramientas, útiles o producto. Solamente después de haber puesto en práctica esta clase de mejoras sencillas es menester o necesario incurrir en inversiones de capital de cierto nivel.

El costo actual de obtener importantes mejoras en materia de tiempos es factible meramente con el tiempo destinado en primer lugar a la capacitación de los operarios y en segundo lugar a la atención que estos diariamente presten a las máquinas, y el de los técnicos e ingenieros necesarios para las actividades de asesoramiento y soporte.

Como hay relativamente pocas fábricas sin costos de cambio, la mayoría tienen la oportunidad de reducirlos, y reducir la inversión en inventario asociada. Los costos de preparación no se limitan a los talleres mecánicos convencionales, afectan

también a las industrias de proceso y a las de montaje, como farmacéuticas, papeleras, alimenticias, químicas, y electrónicas entre muchas otras.

El punto importante es que las operaciones de preparación de máquinas y cambio de útiles, herramientas, plantillas y accesorios son uno de los despilfarros más sustanciales de la fabricación. Sólo basta considerar que si en una fábrica se reducen a un mínimo todas las operaciones vinculadas a los cambios de herramientas y tiempos de preparación (tiempos de reutillaje), normalmente pueden reducir los costos de fabricación en un 20% o más.

Capítulo 3

Metodología para disminuir los tiempos de paro en una línea de producción de etiquetas

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se proporcionará una metodología que ayude a optimizar recursos con respecto a los tiempos de paro de una línea de producción de etiquetas de una empresa flexográfica. Para esto se recurre a técnicas estadísticas que ayuden a la disminución de desperdicios.

Es el uso de técnicas estadísticas, por medio de las cuales se puede analizar el proceso, tomar las acciones apropiadas para reducir su variación, mantener su control y disminuir tiempos muertos del proceso. Además permite observar lo que ocurre en el proceso a través del tiempo, no se tiene que esperar para conocer los resultados, es posible obtener esta información rápidamente.

En este capítulo se propone una metodología que ayude a disminuir los tiempos muertos en una línea de producción de una empresa flexográfica. La metodología estará basada en la presentación de diferentes escenarios de pérdidas en caso de no disminuir los tiempos muertos. En la necesidad de tener medidas con las que sea posible comparar diferentes líneas de producción con respecto a los tiempos muertos. Además de proponer acciones correctivas para disminuir los tiempos muertos. Acciones que deben estar basadas en las herramientas de las 7w´s o 5S´s.

El capítulo inicia con una descripción de la situación actual de inconformidades en la empresa Etiflex, el objetivo de revisar esta descripción se debe a que al final veremos que una de las causas principales de las inconformidades radica en conocer y mejorar los tiempos de paro de las líneas de producción.

3.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA ETIFLEX, NO CONFORMIDADES

La empresa Etiflex SA de CV tiene un programa de ampliación, lo que requiere ingresar al mercado automotriz, para esto requiere optimizar su proceso de producción. Se ha detectado que uno de los problemas principales en este tema se refiere a los paros de línea y que éstos están directamente relacionados con las inconformidades que tiene la empresa en su sistema de producción. Por tales en esta sección antes de abordar el problema sobre los tiempos de paro, veremos un análisis sobre las inconformidades.

En la actualidad Etiflex SA de CV tiene un sistema de calidad basado en la norma ISO-9000 versión 2002, el cual es un requisito indispensable y requerido por muchos clientes. Actualmente Etiflex SA de CV provee alrededor de 12000 clientes de diversos sectores y de diferentes magnitudes.

En este momento uno de los objetivos en Etiflex es lograr una estandarización y control del proceso de producción que pueda optimizar los recursos utilizados en el mismo proceso. Este propósito parece difícil sobretodo porque en este país existen pocas referencias y pocos estudios que analicen y desarrollen métodos de optimización para procesos flexográficos, y de artes gráficas en general.

Por esta razón, tal y como lo establece el sistema ISO 9000, se deben utilizar herramientas estadísticas que analicen, controlen y mejoren los procesos productivos. Todo esto con la finalidad de buscar la confiabilidad de los productos y adquirir un proceso de mejora continua. Un parámetro para saber cuál es el nivel de satisfacción de los clientes externos e internos de Etiflex es el punto que marca el sistema ISO 9000 titulado no conformidad, en él se redacta una situación por el incumplimiento de un estándar, la cual necesita la aplicación de acciones correctivas y preventivas para la reducción o erradicación de la falla o error, así como su correcto seguimiento o evaluación.

Actualmente en el sistema de calidad de Etiflex se tiene el procedimiento de la no conformidad del sistema, en el cual se redacta una situación que no cumple con el proceso o procedimientos necesarios para satisfacer las expectativas requeridas por los clientes. Las no conformidades pueden ser levantadas por el cliente y principalmente son quejas acerca del incumplimiento de lo solicitado por él, por ejemplo, retraso en las entregas, entre muchos otros motivos.

También se pueden generar no conformidades internas por diversos motivos como retrabajos, incumplimiento de procedimientos, equivocaciones en los procesos, entre otros, ver tabla 3.1 (el análisis está realizado con respecto a los distintos departamentos y con respecto a los motivos de las no conformidades).

El análisis se iniciara de una manera general analizando los datos que se tienen registrados de las no conformidades de la organización, más adelante se hará una clasificación de las áreas más frecuentes en este rubro para poder analizar el comportamiento de las subareas, así como la distribución de sus respectivos motivos. El estado general se presenta a continuación.

1.- Estado general. ACUMULADO DE NO CONFORMIDADES DEL 2009

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	ОСТ	NOV	DIC	TOTAL
Producción	24	18	19	8	7	26	24	27	28	19	20	8	228
Proveedor	12	5	7	3	4	7	4	8	6	8	5	5	74
Ventas	5	7	5	5	7	8	8	6	10	8	7	2	78
Fotomecánica	5		5		1	6	5	4	8	9	3		46
Sucursal Querétaro	1	1	1				2						5
Almacén de Producto Terminado		3			2	1	4	5	4	3	4	3	29
Servicio a clientes				2	2	3		2	1	2	2	2	16
Clientes						7	3	8	6	4	2	2	32
Embarques						6		5	2	2	1	1	17
Calidad						2	3	2	2	2	2		13
Compras						1			2	1			4
Ticket express						1							1
Sucursal Monterrey						1							1
Etiflex								2	2		4	1	9
Ingeniería de servicio								1					1
TOTAL	47	34	37	18	23	69	53	70	71	58	50	24	554

Tabla 3.1. No conformidades generadas durante el 2009

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3.1 muestra el desglose de las no conformidades durante el año 2009, se dividen de acuerdo a los departamentos existentes en Etiflex con respecto a cada mes, donde arroja un acumulado de 554 no conformidades y con una considerable frecuencia en el departamento de producción con 228 no conformidades.

Se realiza la clasificación ABC para las causas y traza su gráfica para conocer las áreas más significativas.

Área	Clave	Cantidad	Acum	Porcentaje	Clasif.
Producción	PROD	228	228	41.16%	٨
Ventas	VEN	78	306	55.23%	Α
Proveedor	PROV	74	380	68.59%	
Fotomecánica	FOT	46	426	76.90%	
Clientes	CLI	32	458	82.67%	D
Almacén PT	APT	29	487	87.91%	В
Embarques	EMB	17	504	90.97%	
Servicio al cliente	SAC	16	520	93.86%	
Calidad	CAL	13	533	96.21%	C
Etiflex	SIS	9	542	97.83%	C
Sucursal Querétaro	QUE	5	547	98.74%	
Compras	COM	4	551	99.46%	
Sucursal Monterrey	MON	1	552	99.64%	
Ticket exprés	TICH	1	553	99.82%	
Ing servicio	ISER	1	554	100.00%	
		554			

Tabla 3.2 Pareto del total de no conformidades

Fuente: Elaboración propia

Donde la clasificación A arroja que los departamentos de producción, ventas, proveedor y fotomecánica son los departamentos que representan casi el 80% de las no conformidades durante el 2009.



Figura 3.1 Motivos de paro de prensa 17

Fuente: Elaboración propia

El área de producción que obtuvo el mayor número de no conformidades se divide en subáreas que son las siguientes y que tuvieron la siguiente cantidad de no conformidades.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	ОСТ	NOV	DIC	
Total todos mes	47	34	37	18	23	69	53	70	71	58	50	24	
Prensa	15	9	10	6	6	14	18	20	22	15	9	3	147
Embobinado	6	9	6	2		10	3	1	6	3	6	2	54
Programación	3		3		1		1	1		1	2	2	14
Boletos						2	2	5			3	1	13
Total Producción	24	18	19	8	7	26	24	27	28	19	20	8	228

Subarea	Cantidad	Porcentaje
Prensa	147	64.47%
Embobinado	54	23.68%
Programación	14	6.14%
Boletos	13	5.70%
	228	

Tabla 3.3 No conformidades del área de producción.

Fuente: Elaboración propia

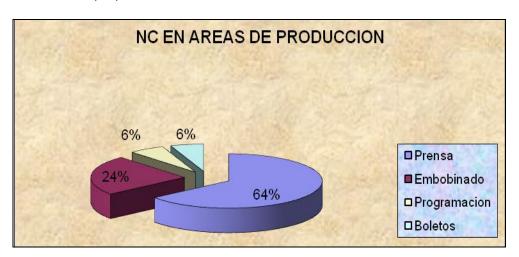


Figura 3.2 Distribución de no conformidades en el área de producción

Fuente: Elaboración propia

Este análisis arroja que en el área de prensas ocurren casi un 65% de las no conformidades del área de producción.

Para determinar cuál fue el motivo de la no conformidad se tiene una clasificación de motivos que a continuación se muestra en la tabla 3.4. Se agrego una letra como clave del motivo para identificarla en las gráficas generales.

CLAVE	мотіvo
Α	ETIQUETA DEFECTUOSA
В	MATERIA PRIMA DEFECTUOSA
С	IMPRESIÓN ERRONEA
D	DÉFICIT DE PRODUCCIÓN
E	MAL EJECUCION EN SISPRO
F	DAÑOS A HERRAMENTAL
G	NO REALIZA PROCEDIMIENTOS
Н	CANTIDAD ERRÓNEA
I	ERROR EN INGENIERIA
J	MEDIDA ERRONEA
K	MEJORA EN EL PROCESO

Tabla 3.4 Códigos de motivos de no conformidades

Fuente: Elaboración propia

El motivo de las no conformidades son las siguientes y se muestra en la tabla 3.5 el comportamiento general del área de prensas.

Este análisis arroja que el motivo con la clave A correspondiente a la etiqueta defectuosa es la que tiene mayor incidencia, ya que tiene 63 no conformidades de 167 producidas en la prensa.

	Α	В	С	D	Е	F	G	Н	ı	J	K	
ENERO	8	1	1	1	2	1	1					15
FEBRERO	7					1	1					9
MARZO	3	1	2	1			2	1				10
ABRIL	2			1		2	1					6
MAYO	2	1	1					1	1			6
JUNIO	6	1	2				1			4		14
JULIO	6			1		3	5	2			1	18
AGOSTO	9		3	6			2					20
SEPTIEMBRE	10		1	3			8					22
OCTUBRE	3	1					10	1				15
NOVIEMBRE	4						5					9
DICIEMBRE	3											3
TOTAL	63	5	10	13	2	7	36	5	1	4	1	147

Tabla 3.5 motivos de no conformidades en el área de prensas

Fuente: Elaboración propia

Donde la etiqueta defectuosa (A) es el principal motivo de no conformidad por parte de los clientes, ver tabla 3.6.

MOTIVO	CLAVE	CANTIDAD	ACUMULADO	PORCENTAJE	
ETIQUETA DEFECTUOSA	ED	63	63	42.86%	Λ
NO REALIZA PROCEDIMIENTOS	NRP	36	99	67.35%	
DÉFICIT DE PRODUCCION	DP	13	112	76.19%	
IMPRESIÓN ERRONEA	IE	10	122	82.99%	R
DAÑOS A HERRAMENTAL	DAH	7	129	87.76%	D
MATERIA PRIMA DEFECTUOSA	MPD	5	134	91.16%	
CANTIDAD ERRONEA	CE	5	139	94.56%	
MEDIDA ERRONEA	ME	4	143	97.28%	C
MAL EJECUCION EN SISPRO	MEES	2	145	98.64%	
ERROR EN INGENIERIA	EEI	1	146	99.32%	
MEJORA EN EL PROCESO	MEEP	1	147	100.00%	
		147			

Tabla 3.6 Pareto de motivos de no conformidades en la prensa.

Fuente: Elaboración propia

El análisis de Pareto arroja que la etiqueta defectuosa, el incumplimiento de los procedimientos y los déficit de producción son los principales motivos de las no conformidades, con un 76.19% con la clasificación A. Las causas que provocan inconformidades son bastantes, por tales motivos en el presente trabajo se realiza un estudio detallado sobre una de ellas y que concierne a todas las prensas, los tiempos de paro, donde están las actividades de ajuste de los procesos que originan los defectos de las etiquetas.



Figura 3.3 Gráfica de Pareto de motivos de no conformidades en la prensa.

Fuente: Elaboración propia

3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

En una segunda etapa de la metodología para optimizar una línea de producción de etiquetas se tiene que hacer un análisis de las líneas de producción, para esto vale notar que en la actualidad las empresas flexográficas tienen una gran variedad de procesos de producción de etiquetas y boletos. Así, una línea de producción de etiquetas y de boletos se compone de la participación de varios departamentos que proveen los insumos a las áreas de las prensas. Entre los departamentos de mayor importancia se tienen los siguientes.

3.2.1. ALMACÉN DE MATERIA PRIMA

El departamento de almacén de materia prima recibe las materias primas utilizadas en la empresa, estos materiales pueden ser películas como: polipropileno, poliéster, polietilenos, entre otros, además también se recibe cualquier tipo de papeles y cartones de diferentes calibres y diferentes características de adhesión. Este almacén acomoda la mercancía de acuerdo a la política FIFO (first in, first out) primeras entradas, primeras salidas. Regularmente las cintas llegan con una cantidad de 2500, 5000 y 10000 pies lineales por cada cinta, dependiendo igualmente del tipo de proveedor o de lo solicitado en la orden de compra.

El surtido de las materias primas a las áreas de prensa depende de las indicaciones de la orden de producción, la orden de producción indica cual es la materia prima que se tiene que surtir, cuantas cintas o sea cuantos pies lineales para realizar la producción, en qué lugar se debe surtir o sea en que numero de prensa, entre otras indicaciones.

Para el ajuste de preparación en la prensa se utilizan sobrantes utilizados con anterioridad para desperdiciarlos con el ajuste. Todos estos sobrantes se almacenan en el almacén de materia prima.

3.2.2. ALMACÉN DE SUAJES

El área de almacenes es la responsable de proveer, mantener y almacenar los suaje o troqueles de corte que se utilizan en las prensas. En este almacén se identifican los suajes de acuerdo a una numeración secuencial que corresponde a la fecha de ingreso, cada suaje tiene un código diferente. Los suajes pueden ser sólidos o magnéticos, los cuales pueden variar con respecto a las medidas de corte, además para una medida que es muy frecuente utilizar se tienen varios suajes con la misma medida identificada como suajes substitutos.

Las personas de esta área tienen que realizar un mantenimiento correctivo de los suajes cuando se requiera, y tienen que realizar una prueba física para evidenciar que el suaje está en buen estado y se realiza una simulación de corte antes de enviarlo al área de prensa, aunque esta actividad no se hace con todos los trabajos, solamente con los más críticos. El estado óptimo de los suajes garantiza un corte de adecuado de las etiquetas y de los boletos, cuando pasa lo contrario se genera tiempos muertos en el área de producción.

3.2.3. FOTOMECÁNICA O ÁREA DE PREPRENSA

El área de preprensa es la responsable de establecer los diseños y especificaciones de las etiquetas y boletos en un documento formal llamado Forma de Aprobación (FA) y de crear las placas de polímeros comúnmente llamados grabados, que es una placa flexible que contiene el diseño de la impresión y que se monta en un rodillo en el momento de imprimir. Esta área define cual es el tipo de tinta que se debe utilizar para cada trabajo, esto depende de las tonalidades, del tipo de impresión que se quiera, entre otras variables, también se definen otro tipo de aditivos necesarios para el logro de la impresión como el tipo del barniz, utilizado para un mejor desempeño de la etiqueta principalmente, o el tipo de primer, utilizado principalmente para un mejor anclaje de la tinta en el papel ó película.

En el caso de los grabados, se tiene un almacén de grabados el cual está distribuido de acuerdo al cliente, cada cliente tiene identificado todos los tipos de artículos diseñados para producción, este almacén debe estar acondicionado a temperatura ambiente para que las placas mantengan sus condiciones optimas. La Forma de Aprobación que es una hoja de diseño, especifica la posición del artículo, especificaciones y tolerancias del artículo, también el tipo de tintas a utilizar en la impresión y el historial de cambios o actualizaciones aplicadas en el artículo.

La orden de producción específica que articulo se va a producir, entonces esta área es encargada de llevar los grabados en buen estado y la forma de aprobación correspondiente al área de la prensa.

3.2.4. ÁREA DE CAMBIOS RÁPIDOS Y DE ANILOX

El área de cambios rápidos y de anilox es la encargada de montar lo grabados requeridos en la orden de producción. El montaje se realiza sobre un rodillo y este montaje es muy importante para la calidad de impresión, los grabados tienen marcas llamadas pistas que funcionan como referencia para el montaje, ya que deben estar perfectamente alineadas entre ellas.

En el caso de los anilox, esta herramienta es muy importante para el aporte de la tinta en la impresión, esta herramienta tiene celdas microscópicas que deben estar limpias para que el aporte de la tinta sea el adecuado. La limpieza es un factor prioritario, por eso después de sus uso, inmediatamente se limpia superficialmente para que los residuos de la tinta no se sequen y no se acumulen, posteriormente se realiza una limpieza más profunda con líquidos y con los métodos recomendados para que en el momento que se utilice este en las mejores condiciones.

Los anilox también se ubican en un almacén donde se ubican de acuerdo a los LPI, que significa línea por pulgada cuadrada que es la alineación que ocupan las celdas microscópicas en el rodillo.

3.2.5. LABORATORIO DE TINTAS

En el área de tintas se formula o prepara la tinta requerida en la orden de producción, en esta área se almacenan tintas base agua, tintas base solvente, tintas ultravioleta, barnices, primers, aditivos como retardadores, pH líquidos, entre otros. Para tener un adecuado estado de las propiedades de las tintas se tienen que controlar la viscosidad y el pH de las tintas, ya que es muy común que se alternan sus valores debido a otras variables.

Esta área surte las tintas especificadas en la forma de aprobación y en la orden de producción y es responsable de registrar la medición de las propiedades en el momento de surtirlas.

El estado optimo de las tintas es un factor que se debe controlar para lograr una adecuada impresión, se recomienda tener la relación viscosidad, pH, temperatura de una manera estable. En este laboratorio se tiene un sistema electrónico para la igualación del color, en el cual se escanea una muestra que sirve como patrón para las próximas corridas, considerando las mismas condiciones, pero difícilmente se cumplen estas condiciones.

3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ENTORNO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS EN ESTUDIO

3.3.1. CLASIFICACIÓN DE PRENSAS EN OPERACIÓN

Existen tres tipos básicos de prensas para impresión flexográfica: convencionales o de "torre", de cilindro de impresión central y prensas en línea. Estas prensas se usan generalmente para impresión de empaques flexibles, lo mismo que para impresión

de rollos angostos, material corrugado, y hojas o laminas. Independientemente del producto final, los principios de impresión son básicamente los mismos.

Las prensas en línea son el tipo más comúnmente utilizado, sus estaciones de color son unidades completas, separadas, dispuestas horizontalmente e impulsadas por un eje de transmisión común. Las prensas en línea pueden tener cualquier número de colores y pueden fácilmente ser diseñadas para manejar rollos extremadamente anchos puesto que no se necesita que una sola estructura sostenga todas las estaciones de color. Ellas se usan especialmente en impresión de cajas plegadizas, corrugados, bolsas de pared múltiple y algunas otras aplicaciones especiales.

Las prensas en línea se usan también para impresión de etiquetas normales y autoadhesivas sobre rollos de banda angosta, para lo cual ofrece las ventajas de corto tiempo de arreglo y accesibilidad.

Estas características de diseño son también importantes en aquellas áreas especializadas donde una línea de producto específico puede necesitar una prensa de tiraje corto, como en el caso de prensas convencionales, estas prensas están limitadas a impresiones que no sean críticas con respecto al registro.

Sin embargo en muchas prensas de banda angosta, donde la distancia recorrida por la cinta de material entre dos estaciones de color sucesivas no es mucha, se puede mejorar y mantener un buen registró.

En esta prensa se realizara un análisis para proponer una metodología para optimizar los recursos en la producción de etiquetas, por esta razón se hará un análisis de la situación actual de las variables que intervienen en el proceso de producción, especialmente en la prensa y el cumplimiento del sistema de calidad con respecto al proceso de producción.

3.3.2. ENTORNO GENERAL DE LOS DEFECTOS GENERADOS EN EL PROCESO DE PRENSADO

Es importante conocer la amplia variedad de defectos que se pueden provocar en una línea de producción de etiquetas. Los principales defectos identificados generados en la prensa se describen a continuación.

1) Falta de adhesión de la tinta: la tinta no se adhiere al material y se refleja en la falla de la prueba de cinta, de ondulación y de frote.

- 2) **Sangrado:** un color de abajo humedece uno que le cae encima, también se refleja con colores difusos o que migran.
- 3) **Bloqueo:** adhesión indeseada entre dos superficies de una banda.
- 4) Resquebrajamiento: material que se rompe cuando se flexiona.
- 5) Vibración: líneas paralelas con falta de impresión
- 6) **Secado muy rápido**: la tinta seca en las placas o en los rodillos y no se transfiere a los materiales.
- 7) Secado muy lento: un color sangra en otro, la tinta se acumula o se transfiere a los rodillos de la prensa o las planchas, se refleja en la neutralización o bloqueo de la tinta, se refleja en la penetración de la tinta en el papel ó una superficie de sobreimpresión pegajosa.
- 8) **Barba:** filos irregulares como bandas alrededor de la impresión, usualmente en los lados frontales.
- 9) Embotamiento: acumulación o exceso de tinta alrededor de la superficie de impresión de las planchas especialmente con relación al tipo pequeño y a los puntos de la trama.
- 10) **Banda o película ondulada**: ondulación sobre los bordes del material recubierto.
- 11) Impresión proceso plana o sin detalle: falta de contraste, brumoso, lechoso.
- 12) **Fantasmas**: una imagen desvanecida de una plancha o de una porción de la plancha dentro de un sólido impreso. Una imagen brumosa, descolorida de la impresión en las áreas no impresas de la película.
- 13) **Halo**: una línea indeseada que rodea la imagen impresa. Impresión de doble borde.
- 14) **Tinta gruesa, muy fuerte**: exceso de tinta en el rodillo anilox o en las planchas.
- 15) Tinta débil, muy suave: perdida de la fuerza del color.

- 16) **Jaspeado**: aspecto moteado del solido impreso. Rayas intermitentes oscuras o coloreadas, usualmente en un color pálido.
- 17) **Falta de registro**: una parte del diseño no está correctamente posicionada con otro.
- 18) **Moare**: patrón de puntos indeseables en el proceso de impresión.
- 19) **Olor**: olor indeseable en el sustrato impreso
- 20) **Repise**: transferencia de tinta al lado opuesto del material en el cual fue impreso.
- 21) **Arranque / tinta**: la primera tinta de abajo se esta transfiriendo a las planchas subsiguientes.
- 22) Agujeramiento o pinholes: huecos pequeños en el sólido impreso.
- 23) **Hinchamiento de la plancha**: dimensionalmente más larga y más blanda que cuando se monto al cilindro.
- 24)**Transferencia pobre de tinta**: tinta insuficiente está siendo aplicada al material.
- 25) **Patrón de cuadricula**: un patrón definido de pequeños huecos aparece en la superficie del solido impreso.
- 26) Salto de la impresión: áreas de la plancha que no imprimen
- 27) Descomposición de la tinta: perdida del flujo tixotrópico, coaquiación.
- 28) La tinta se separa: coagulación o tixotropismo.
- 29) **Rayas o bandas**: burbujas obscuras o tenues de color en áreas indeseadas de la cinta.
- 30) Rayas en la dirección de la banda: líneas obscuras continúas a través de la impresión.
- 31) **Arrugas**: arrugas en el sustrato.
- 32) La banda baila o aletea: la banda no sigue un curso diseñado a través de la prensa.

3.3.3. VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS

Las variables que influyen en la producción de una etiqueta impresa en el área de prensa son las siguientes:

- Grabados o clichés flexográficos: son placas elaboradas de fotopolímeros que contienen el diseño de la impresión y se montan sobre los rodillos en cada estación de la máquina donde se requiera y siguen la siguiente secuencia para su elaboración:
- A. Pre-exposición
- B. Exposición principal
- C. Lavado
- **D.** Secado
- E. Postexposición
- **F.** Postratamiento
- 2) Tintas: ingredientes líquidos de diferentes tonalidades, pero el origen de cualquier tono está basado en la combinación de los cuatro colores principales que son Cyan, Magenta, amarillo y Negro. Las tintas tienen cuatro propiedades que contribuyen a la efectividad de una tinta; la viscosidad, el tack, la tixotropía y las propiedades del secado.
- 3) Anilox: el rodillo anilox mide la cantidad de tinta depositada en el grabado en cada vuelta. El rodillo grabado gira en contacto con la tinta en la bandeja de tinta. El grabado con celdas está diseñado para bloquear la tinta y transferir una cantidad medida de la misma al cilindro porta grabados, el exceso de tintas se controla con un rodillo intermedio o con una regleta.
- 4) Troquel (suaje): herramienta de corte rotativa que corta el papel a las dimensiones establecidas en las ordenes de producción, se utiliza para cortar solo el papel cara del material dejando removible el sobrante del material para que se pueda desprender. Estas herramientas pueden estar hechas de materiales sólidos o de materiales flexibles.
- 5) **Material:** se refiere a los sustratos que se utilizan como materia prima para convertirlos en producto terminado como etiquetas y boletos principalmente. Los materiales principales que se utilizan en las prensas flexográficas son el papel, el cartón, las películas, las telas, entre otros.

3.3.4. TIPOS DE DESPERDICIOS GENERADOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS

Por otro lado es importante considerar las situaciones y actividades que generan desperdicios dentro un proceso flexografico y que son factores importantes para el aumento o disminución de la productividad de la organización. A continuación se explicaran brevemente algunas de las situaciones consideradas probables en las líneas de producción de etiquetas.

3.3.4.1. SOBREPRODUCCIÓN

Cuando se tiene la capacidad, se tiende a producir más de lo que los clientes demandan, esto hace que grandes cantidades de materias primas y mano de obra sean transformadas en algo que no se vende en una cantidad conveniente de tiempo, mientras que se reduce o retrasa el retorno de inversión. Por ejemplo:

- a) Cuando se producen etiquetas fondeadas de un color en prensas viejas regularmente se produce de más para pruebas o para completar la orden, ya que durante el proceso hay segmentos de la cinta en la prensa con defectos y produce de más de acuerdo al criterio de cada prensista para llegar a los pies cuadrados indicados en la orden, la mayoría de las veces sobra material y se tira ó se embobina y está en espera de ser parte de otra orden de producción en el futuro.
- **b)** Cuando los vendedores generan un pedido con producción mayor con respecto a la solicitada por el cliente por la "suposición" de que el cliente pedirá más en los próximos periodos, pero no siempre es así.
- c) Cuando los vendedores generan un pedido con producción mayor a la solicitada por el cliente porque el stock existente el sistema no les parece confiable, o sea no saben exactamente si está el material se encuentra físicamente, así que piden más para tener un "colchón" por si es verdad ó no lo indicado en el sistema.
- d) Cuando un material es muy caro, una cinta de materia prima tiene determinados pies cuadrados estándares, pero lo solicitado en la orden de producción no consume toda la cinta, así que se decide producir toda la cinta para "aprovecharla" y tenerla como producto por si el cliente necesita más producto, muchas veces la producción de la misma solo tiene una corrida de existencia.

- e) Cuando se embobinan los rollos de las etiquetas, se embobinan más que lo que pide la orden para no dejar sobrantes de materiales en las áreas de embobinado, es "preferible" tenerlos empacados en cajas aunque nunca los vuelvan a pedir.
- f) Cuando a los prensistas les interesa llegar a cierto nivel de pies cuadrados para llegar a su "objetivo de productividad" preestablecido, así que producen de más sin que lo indique la orden con el argumento de ser "más productivos".
- g) Cuando se produce de más simplemente por no dejar "parada" la máquina porque sale muy cara la hora-prensa y no puede estar parada, así que es "preferible" que la prensa esté corriendo aunque los excedentes no siempre son facturados.

3.3.4.2. ESPERA

Esperar nunca es un buen uso del tiempo, pude ser Tiempo-máquina o Tiempolabor, esto normalmente se causa por cargas de trabajo, o capacidades de la estación, desequilibrados, etc. Por ejemplo:

- a) Cuando el prensista tiene que esperar que las tintas cumplan con el estándar y estén listas para utilizarlas, la máquina está parada y él está inactivo.
- **b)** Cuando los prensistas tienen que esperar y hacer fila para lavar sus herramentales (anilox, tinas, mangas, etc.), porque nada más existen dos lavabos para aproximadamente 20 prensas automáticas y semiautomáticas durante tres turnos.
- c) Cuando los prensistas terminan de ajustar el trabajo que se va a elaborar y buscan al personal de calidad para que avale el set up del proceso, pero como no "encuentran a nadie" platican con quien se encuentren en el camino ó regresan a su prensa y esperan hasta que alguien les autorice el arranque.
- d) Cuando el área de almacén de producto terminado no puede surtir hasta que el área de servicio a clientes empieza a bajar las facturas al almacén para surtirlas, mientras el almacén está totalmente pasivo, en espera de instrucciones.
- **e)** Cuando los embobinadoras tienen problemas con los contadores de etiquetas digitales y analógicas de las embobinadoras, tienen que esperar hasta que mantenimiento las componga para continuar su trabajo.

- f) Cuando las camionetas repartidoras tienen que esperar hasta que los receptores de material tengan espacio para descargar la mercancía y no se cumplen las entregas planeadas por esperar demasiado tiempo en un lugar.
- **g)** Cuando un proceso tiene que esperar el visto bueno o autorización de alguien porque no se sabe cómo actuar ante la situación ó no se sabe tomar una decisión, muy frecuente en los procesos administrativos, esto produce que todos los procesos subsecuentes se paren y se pierda tiempo.

3.3.4.3. TRANSPORTE

Las distancias entre las operaciones subsecuentes pueden ser muy costosas, las distancias normalmente son el resultado de cambios en los procesos ó pueden ser errores originales de plano de la planta. También se refiere al work in process (WIP), movimiento de materiales de, partes ó productos terminados en un almacén o entre los procesos. Por ejemplo:

- a) Cuando los prensistas de un extremo de la planta tienen que recorrer más de la mitad de la planta para solicitar una tinta en el área de tintas, y realizar un recorrido similar para solicitar un suaje y después regresar a su prensa, pero si algo no funciona tiene que realizar de nuevo el recorrido.
- b) Cuando el personal de almacén de producto terminado lleva una mercancía al almacén y más tarde la tiene que mover al área de embarques, no la puede llevar desde un inicio por falta de espacio, y tampoco se puede quedar en la ubicación inicial porqué se pondrá otra mercancía.
- c) Cuando el personal de servicio a clientes tiene que bajar y recorrer la planta para llevar las ordenes de producción al área de planeación de la producción y programar la producción, se realiza un promedio de 100 órdenes diarias, así que esta actividad la tienen que realizar varias veces, cabe señalar que el área de servicio al cliente está en el primer piso de la planta.
- d) Cuando el almacenista de materia prima tiene que recorrer toda la planta para dejar cintas de materia prima a las prensas automáticas que utilizan más materia prima de lo normal debido a su velocidad, pero el montacargas tiene que dar varias vueltas debido a que no puede dejar todo el material a utilizar por falta de espacio para maniobrar, así que tiene que hacer más recorridos para surtir lo requerido.

- e) Cuando el área de almacén de producto terminado y embarques tienen que ir hasta el almacén de materia prima por tarimas para acomodar el producto terminado que se entregará.
- **f)** Cuando debido a la sobre producción las cintas que están listas para embobinar se llevan hasta un almacén lejano para que no "estorben" ya que no "urgen", y después se regresan al siguiente proceso.
- **g)** Cuando los prensistas tienen que utilizar herramientas especiales (cuchillas especiales, adaptadores, etc.) y tiene que recorrer toda el área de prensas para buscar si existe el herramental adecuado para el trabajo a realizar ó tendrá que buscar prensa por prensa el herramental adecuado.

3.3.4.4. PROCESOS QUE NO AGREGAN VALOR

Se refiere a todas aquellas actividades que no son necesarias para cumplir con los requerimientos que espera el cliente, que quizá si se omiten no tenga una consecuencia en el producto final. Por ejemplo:

- a) Cuando el personal de planeación de producción pone protectores de hojas a las órdenes de producción para que "no se ensucien" pero finalmente cuando están en las prensas o embobinadora, los operarios las tienen que utilizar sin protectores porque realizan su chequeo de lista (check list) sobre la orden de producción.
- b) Cuando una etiqueta requiere una aplicación manual por el cliente, o sea que el cliente desprende la etiqueta en la posición y velocidad que necesite, no requiere que se le hagan pruebas simulando en una máquina una aplicación automática, o sea que el desprendimiento y velocidad depende de una programación de una máquina.
- c) Cuando el área de almacén de producto terminado y embarques acomoda y palletiza mercancía que va a provincia de manera adecuada mientras está en la planta, pero cuando llega el servicio de transporte foráneo el material se desacomoda y se maneja de acuerdo a los espacios del transporte foráneo ya que también maneja mercancías de otros clientes de ellos.
- d) Cuando el área de embobinado limpia con aire a presión los rollos de etiquetas terminados cuando son materiales de transferencia térmica y térmica que no lo necesitan ya que con el movimiento del manejo normal todo el polvo se desprende, caso contrario con las películas como polipropileno ó poliéster que atraen el polvo.

- e) Cuando un material se empaca en cajas de doble corrugado sabiendo que el material pesa poco, lo entrega la ruta de la empresa y el cliente está cercano. Caso contrario cuando son materiales delicados empacados en cajas de un corrugado y serán entregados en provincia por un servicio de paquetería y que el material pasara por varias estaciones.
- f) Cuando el área de calidad hace pruebas de impresión a etiquetas que el cliente no utilizara para imprimir información.
- **g)** Cuando en el proceso de suajado y fondeado se le coloca un barniz para proteger el anclaje del barniz pero el cliente quiere imprimir sobre las etiquetas y no se puede debido a la protección del barniz.

3.3.4.5. INVENTARIOS

Tener más materia prima, productos semi procesados, o productos terminados que lo necesario para cubrir la demanda, el work in process es especialmente inconveniente, crea distancias que no se necesitan, bloquea materiales que probablemente se podría usar en algo que si se requiere. Por ejemplo:

- a) Las cintas de materia prima que están al inicio de la prensa, están rezagadas porque se cambio la decisión de utilizar ese material y ahí se quedo porque "después" se utilizaría, ocupa un espacio que dificulta los movimientos.
- b) Cuando el área de compras pide un material que no se va a utilizar, pero que lo compró porqué le hizo un "buen descuento" y lo convenció de comprarlo con el argumento de quizá después iba a ser más caro conseguirlo y se almacena para su uso futuro.
- c) Cuando el material es procesado en prensa y queda en espera del siguiente proceso, pasan los días e inclusive se coloca más material de otras órdenes sobre ese mismo, y se procesa hasta que "urge".
- **d)** Cuando se almacenan materiales que son obsoletos y ya no tienen ninguna oportunidad de movimiento.
- e) Cuando almacenan consumibles que fueron devueltos por los clientes y que ya no tienen ninguna utilidad.
- f) Cuando en la planta se tienen cajas para empacar con impresión del logo e información de la empresa siendo que no se van a utilizar en ese momento, solo estorban y dificultan las actividades.

g) Cuando el área de compras adquiere más tinta de la que realmente se va a utilizar porque la tinta de ese proveedor es muy barata y hay que "aprovechar" la oferta, solo provoca problemas de espacio, ya que el espacio es reducido y se utilizan una gran cantidad de colores de pantones y aditamentos para mezclar la tinta.

3.3.4.6. **DEFECTOS**

Se necesita evaluar los costos de los costos, ya que crean pérdidas que pueden ser ignoradas, regularmente son causados por falta de entrenamiento o conocimiento, se internan en el ciclo de la producción y frecuentemente se descubren cuando es demasiado tarde. Por ejemplo:

- a) Cuando el cliente rechaza el material porque los dibujos de la etiqueta están fuera de registro o sea fuera de la posición original del diseño.
- **b)** Cuando el cliente rechaza el material debido a que la tinta no ancla bien y se desprende con cualquier fricción.
- c) Cuando el cliente rechaza el material porque el ribbon no imprime adecuadamente sobre la etiqueta.
- **d)** Cuando el material es rechazado debido a que las etiquetas no se desprenden en una aplicación automática y provocan paros en las líneas de producción.
- e) Cuando los rollos de etiquetas no están embobinados en la posición requerida por el diseño del cliente.
- **f)** Cuando los boletos de autobuses tienen folios repetidos, que provoca un desajuste en el sistema del cliente.
- **g)** Cuando los textos o dibujos en las etiquetas o boletos no están bien definidos como lo indica el diseño del cliente y es rechazado.

3.3.4.7. EXCESO DE MOVIMIENTO

Cuando las personas en el proceso necesitan recorrer distancias y desperdiciar tiempo para conseguir lo que necesitan para hacer su trabajo, puede ser un almacenaje centralizado y no se consideran condiciones ergonómicas. Por ejemplo:

a) Cuando un prensista realiza actividades repetitivas cuando ajusta la prensa y la herramienta no la tiene al alcance de la mano y tiene que realizar unos pasos para alcanzarlas.

- **b)** Cuando el área de calidad tiene que hacer medidas dimensionales tiene que ir al área de mantenimiento por los instrumentos y regresar al área de calidad para realizar la medición.
- c) Cuando el personal de almacén de producto terminado tiene que revisar las ordenes que tiene que surtir en su área y tiene que caminar a través de los pasillos para buscar la mercancía y después al tiene que trasladar a otro lado para prepararla para el embarque.
- **d)** Cuando el área de fotomecánica no encuentra un grabado en sus archivos, tiene que buscar en todos los sobres parecidos a ese archivo para encontrarlo.
- e) Cuando un prensista no encuentra el herramental asignado a cada prensa porque alguien lo "tomó" tiene que buscar prensa por prensa si existe algún herramental en buen estado que pueda utilizar.
- f) Cuando un prensista no encuentra las cuchillas de cortes especiales en su prensa tiene que ir a preguntar a mantenimiento si saben acerca de dichas cuchillas ó al departamento de planeación de la producción.
- g) Cuando el área de embobinado tiene que utilizar centros que no están en la planta tiene que subir al primer piso a un almacén especial para buscar el centro adecuado requerido en la orden de producción.

3.3.4.8. PERSONAS SUBUTILIZADAS

Quizás el más común de los desperdicios ya que no se evalúa a las personas y sus recursos mentales y se niegan las oportunidades para aprovecharlos. La creatividad e inteligencia debe a provecharse al máximo. Por ejemplo:

- a) Cuando un prensista que le gusta trabajar enfocado en la calidad desde la fuente es reprimido porque no cumple los estándares de producción porque la máquina trabaja a una velocidad menor para poder detectar los defectos.
- **b)** Cuando una persona propone alternativas para solucionar problemas internos del área y el jefe del área no se las reconoce porque "no es posible" que un subordinado sepa más que él.
- **c)** Cuando un operario general propone un método nuevo que utilizó en otra empresa del mismo ramo y es rechazado porque el jefe dice "aquí siempre se ha hecho así".
- **d)** Cuando el gerente de producción no tiene una comunicación efectiva con sus colaboradores, entonces provoca inconformidad y desmotivación.

- **e)** Cuando en el área de almacenes se propone una distribución de acuerdo a la frecuencia de rotación de la mercancía y se rechaza por los compañeros debido a que se tiene la impresión de que es muy "complicado".
- f) Cuando al Gerente de producción no le interesa si su departamento tiene lo necesario para realizar bien su trabajo y la gente no tiene la iniciativa de aportar ideas a los métodos de trabajo.
- **g)** Cuando en ninguna área se tiene la iniciativa y el liderazgo para realizar mejoras en sus áreas porque consideran que no es necesario mejorar porque "así estamos bien".

En conclusión, los procesos flexograficos tienen muchas áreas de oportunidad para poder mejorar los procesos y generar mayor productividad. La documentación de los procesos agiliza a estructurar mejor cualquier problema, pero no siempre se tiene una cultura del registro de las actividades dentro de los procesos de la organización.

3.4 CAUSAS GENERALES DE PARO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS

Después de conocer las características, defectos y desperdicios que se originan en un proceso flexografico es posible saber cuáles son las variables más significativas que influyen directamente en la productividad de la organización. Para fines de este caso de estudio se ha elegido a los tiempos de paro de prensa como objeto de estudio debido a que existe la información suficiente para diseñar una metodología que optimice las líneas de producción en estudio. Por esta razón se realiza un análisis más detallado de esta variable dentro de los procesos.

Cuando se realiza una producción, se llevan a cabo diferentes motivos de paro de la prensa que ocasionan tiempos muertos, los tiempos muertos dentro de la preparación y ajuste en las prensa regularmente son muy costosos y algunas son causas potenciales que originan fallas.

Los principales motivos de paro en las prensas se describen a continuación.

- 1) Limpieza de máquina: es todo lo relacionada a la actividad de limpiar las áreas de la máquina donde se acumulan y generan rebabas, polvos y residuos de los materiales. La limpieza debe ser continua, ya que las altas velocidades de producción generan residuos constantemente.
- 2) Cambios de materia prima: son los tiempos de paro que se originan cuando una cinta de materia prima se termina y se tiene que sustituir.

- **3) No definido**: son todas las actividades que no se encuentran identificadas por el sistema y que varían de una producción a otra.
- **4) Autorización de calidad**: es el tiempo transcurrido en el cual el área de calidad verifica que los artículos cumplan con los requerimientos especificados por el cliente.
- **5) Cambio de carga**: cuando una cinta procesada se termina y se tiene que desmontar para hacer una cinta nueva.
- **6) Limpieza de grabados:** es cuando durante el proceso se tiene que limpiar la placa del grabado para evitar la acumulación de tinta sobre la placa y genera fallas en la impresión.
- 7) Cambios de turno: es el tiempo transcurrido cuando la prensa se encuentra parada para que el operador que se retire informe de todo lo acontecido en su turno y el operador subsecuente reinicie la corrida con dicha información.
- 8) Ajuste de tonos: es el tiempo transcurrido cuando el tono de la tinta sale de especificación y el operador tiene que hacer ajustes para volver a tener el tono de la impresión dentro de especificación.
- **9) Cambio de grabados**: este cambio se origina cuando un grabado esta en mal estado y genera defectos de impresión, se realiza una solicitud de reposición de grabado y se tiene en que esperar a que lo realicen nuevamente.
- **10)** Se rompió el esqueleto: este caso se presenta cuando el sobrante del corte de la etiqueta se rompe en el embobinado, y se tiene que volver a embobinar para que no provoque fallas cuando se adhiere al producto en buen estado.
- **11) Falta de materia prima**: es el tiempo que transcurre cuando el almacén de materia prima no ha surtido la materia prima correspondiente a la producción en turno y se tienen que esperar hasta que las surta.
- **12) Materia prima defectuosa**: es el tiempo que trascurre cuando la materia prima tiene defectos detectados en el proceso y se tiene que evaluar por parte del departamento de calidad y hacer el cambio por otro lote de materia prima.

3.5 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA EL CONTROL DEL PROCESO

En esta sección se revisa brevemente algunas de las herramientas operativas del control estadístico del proceso también conocidas como las siete herramientas básicas de la calidad, con la finalidad de considerarlas como herramientas complementarias para la optimización de una línea de producción de etiquetas:

1. Diagrama de Pareto.

- 2. Diagrama de Ishikawa.
- 3. Histograma.
- 4. Estratificación.
- 5. Hojas de verificación.
- 6. Diagrama de dispersión.
- 7. Gráficos de control.

3.6 ESCENARIOS POSIBLES DE LAS PÉRDIDAS POR TIEMPOS DE PARO EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS

Para determinar una metodología sobre la reducción de los tiempos de paro de una prensa flexográfica es importante considerar lo siguiente:

- a) Realizar observaciones en el área de trabajo para conocer y entender los tiempos de paro que ocurren en uno o varios procesos de producción.
- b) Hacer una lista de motivos de paro que ocurren en una prensa, considerando los paros históricos, los paros observados y los paros que no han ocurrido y que tengan posibilidad de ocurrir. Se puede utilizar una hoja de estratificación para contabilizar los motivos de paro
- c) Realizar un registro de los tiempos de paro que se atribuyen a cada motivo ocurrido en la prensa. El registro puede ser de manera manual o de manera automática y debe ser registrado cada exista una producción.
- **d)** Diseñar un diagrama de Pareto para conocer cuáles son los principales motivos de paro que ocurren en una prensa.
- **e)** Graficar los datos obtenidos de los registros para entender el comportamientos de los tiempos de paro
- f) Realizar un análisis de costos para cada motivo de paro de la prensa.
- g) Realizar un análisis con distribuciones de probabilidad para conocer su comportamiento estadístico, se debe de elegir la distribución que mejor ajuste a los datos de acuerdo al índice de log verosimilitud. Se debe de utilizar histogramas para visualizar el mejor ajuste de las distribuciones.
- h) Definir y calcular el riesgo de que ocurra un evento o escenario posible en los tiempos de paro más significativos de la prensa en estudio. Se debe de generar un modelo probabilístico para calcular el riesgo de los tiempos de paro.

3.7 CONSTRUCCIÓN DE ÍNDICES PARA LOS TIEMPOS DE PARO EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS

Para construir los índices de los tiempos de paro en estudio es necesario considerar los siguientes pasos.

- a) Construir un indicador diario para cada motivo de paro, considerando m motivo con n observaciones.
- **b)** Calcular un indicador de cada motivo de paro y se debe de considerar un indicador general de motivo de paros que se puede definir como el promedio de los indicadores diarios de cada motivo.
- c) Calcular el indicador de los tiempos de paro de la prensa en estudio, para realizar esto se necesitan proponer pesos para cada motivo de paro bajo el método de componentes principales. Se debe apoyar de un paquete estadístico para agilizar los cálculos. En el paquete estadístico se debe utilizar un análisis multivariado con la opción de componentes principales, si se consideran variables conmensurables, se debe elegir una matriz de Covarianza, en el caso contrario se debe elegir la matriz de Correlación. Después de los resultados obtenidos se debe elegir el componente principal que corresponde al mayor valor propio y se debe considerar los avalores absolutos para conocer los pesos de cada motivo de paro.
- **d)** Diseñar una tabla con los indicadores y pesos para cada motivo de paro, el cual se puede calcular la media ponderada de los indicadores de cada paro para conocer el indicador de la prensa en estudio.

3.8 COMPARACIONES ENTRE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN ESTUDIO

Es importante conocer cuál es el comportamiento de otra línea de producción que tenga condiciones similares a la que se le realizó el estudio previo, con el fin de comparar los comportamientos de los diferentes motivos de paro que existen en este tipo de procesos. Por esta razón es vital considerar las siguientes actividades para realizar la comparación.

- a) Realizar un análisis de escenarios y riesgos como se explicó previamente.
- **b)** Establecer los índices de motivos de paro siguiente la metodología explicada en el paso anterior.

c) Comparar los comportamientos de los tiempos de paro, es importante considerar cuáles son los riesgos que corresponden a cada prensa por los motivos de paro. Con los índices generados para cada prensa se pueden tener mejores decisiones con respecto a la programación de producción en las prensas en estudio.

3.9 DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LOS TIEMPOS DE PARO EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ETIQUETAS

Después de generar un análisis completo del entorno de los motivos de tiempo de paro de una línea de producción de etiquetas se deben establecer estrategias que mejoren los indicadores dentro del sistema. Las estrategias para reducir los tiempos de paro dependerán de que motivos sean los más significativos en la prensa de estudio. Se deberá seguir la siguiente estructura.

- a) Establecer un programa de 5´s que contemple todas las actividades que se realizan en la línea de producción en estudio para lograr una cultura de mejora continua. El programa de 5´s debe ser ejecutado por los operadores, monitoreado por los supervisores y auditado por el Gerente del área apoyado por el área de Calidad.
- b) Clasificar los motivos derivados de los estudios previos de acuerdo a su naturaleza, similitud, características, etc. De esta manera se podrán establecer acciones con un enfoque integral dentro de la línea de producción.
- c) Realizar una descripción a detalle del motivo de paro para conocer y entender todo el flujo que tiene cada actividad.
- **d)** Generar un indicador de productividad para cada motivo de manera que pueda evaluar la reducción de tiempo de paro durante un periodo.
- **e)** Involucrar al personal que interviene en los procesos analizados para poder dar el seguimiento de las actividades que se proyecten dentro de la línea de producción.
- f) Considerar herramientas estadísticas complementarias para medir y controlar las propuestas que se implanten dentro de las líneas de producción de etiquetas.

Capítulo 4

Caso de estudio: Línea de producción de etiquetas con 5 estaciones de trabajo

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realizará la aplicación de la metodología propuesta en el capítulo anterior a una línea de producción de etiquetas en la empresa Etiflex.

La aplicación de la metodología para disminuir los tiempos de paro de una línea de producción de etiquetas que fue propuesta en el capítulo anterior se hará en las prensas número 17 y 19, donde se encuentran prensas modelo FA-2500 y FB-2500, respectivamente, de la marca NILPETER con cinco estaciones de trabajo, una de ellas con lámpara ultravioleta para el secado de los barnices. Estas prensas trabajan veinticuatro horas de lunes a viernes dividido en tres turnos con tres operadores, uno por cada turno. Las prensas están apoyadas con un sistema electrónico que registra cada paro de la máquina, indica en pies lineales la cantidad de material producido y la cantidad de desperdicio, también, cada motivo de paro se registra en un acumulado de frecuencias de motivos de paro y su costo acumulado.

En este capítulo se desarrolla la metodología en la línea de producción de la empresa Etiflex, presentando las pérdidas ante diferentes escenarios posibles de los tiempos de paro de las líneas de producción. Además se construyen los índices de los tiempos de paro, con los que será posible hacer comparativos más objetivos de los tiempos de paro entre diferentes prensas.

Finalmente se propondrán alternativas para disminuir los tiempos de paro en las prensas.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DE PARO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN FA-2500

A continuación se muestra en la figura 4.1 un esquema a seguir de la metodología propuesta para disminuir los tiempos de paro de las líneas de producción. La metodología se basa en la cuantificación del riesgo y la construcción de índices de los tiempos de paro en las prensas de la empresa Etiflex



Figura 4.1 Diagrama de la metodología aplicada para disminuir los tiempos de paro en las líneas de producción.

Fuente: Elaboración propia

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN FA-2500

En esta sección se describe la línea de producción FA-2500 sobre la que se aplicará la metodología propuesta para la disminución de los tiempos de paro. Para esto iniciamos con una descripción del diagrama de flujo para realizar la impresión de una etiqueta.

Etiflex es una empresa dedicada a la manufactura de todo tipo de etiquetas y boletos impresos. La empresa tiene 15 líneas de producción designadas a la fabricación de etiquetas y boletos, cada línea de producción fluye a través de la siguiente secuencia:

- 1.- Almacén de materia prima: área encargada del recibo de la materia de los proveedores para su almacenamiento y acomodo de acuerdo a las órdenes de producción generadas por las demandas de los clientes. Esta área surte la materia prima especificada en una orden de producción a la prensa especificada en el mismo orden.
- **2.- Producción**: El área de producción se divide en dos subáreas; área de prensas y área de embobinado.
 - Prensas: en el área de Prensas se transforma la materia prima surtida por el área de almacén de materia prima, se realiza un ajuste de preparación de acuerdo al tipo de etiqueta que se va a fabricar, está indicada en el orden de producción. La producción se enrolla en cintas grandes para poder seguir con el proceso de embobinado.
 - Embobinado: en el área de Embobinado las cintas grandes recibidas del área de prensa son rebobinadas en rollos pequeños con la cantidad de etiquetas especificada por la orden de producción. Además se empacan los rollos con el acomodo (indicado en la orden de producción) dentro de las cajas.
- **3.- Almacén producto terminado**: Área recibe las cajas con los rollos de etiquetas y verifica que las cajas cumplan con la cantidad y características especificadas en la orden de producción.

De esta manera se concluye la manufactura de una etiqueta que se encuentra lista para entregarla al cliente. Ver diagrama de flujo de la figura 4.2

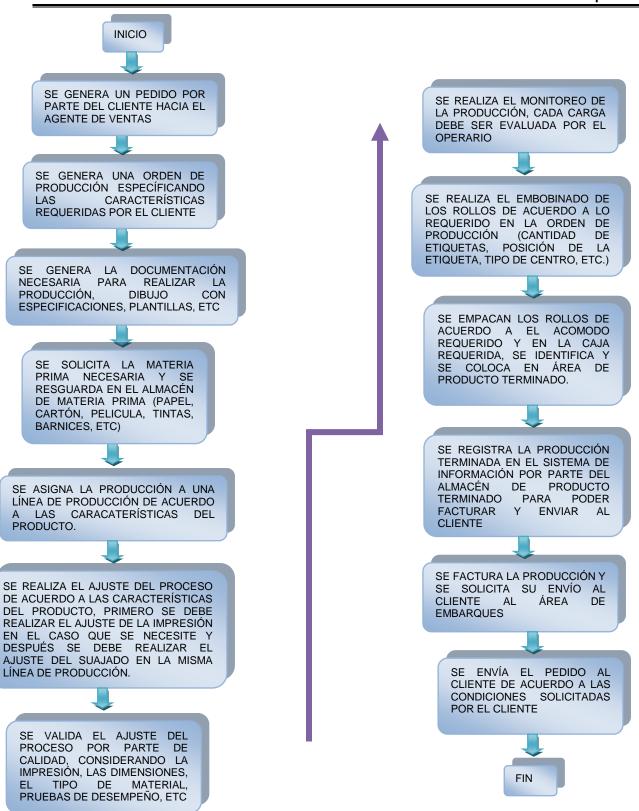


Figura 4.2 Diagrama de flujo general de un proceso de una etiqueta impresa Fuente: Elaboración propia

4.3 LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN ESTUDIO

La aplicación se llevará a cabo en la prensa modelo FA-2500 de la marca NILPETER, misma que tiene cinco estaciones de trabajo con las siguientes especificaciones técnicas:

Unidad de impresión:			
Ancho máximo de la bobina		0.1/2	2400
		9 1/2"	2400mm
Ancho máximo de impresión		8 ½"	220mm
Longitud máximo de impresión	120z	15"	381mm
Longitud mínima de impresión	60z	7 ½"	190.50mm
Incrementos sucesivos		1/8"	3175mm
Grosor estándar de las placas			1.70mm
Grosor estándar de las cintas			0.38mm
Troquelado rotativo (suajado)			
Longitud máximo de troquelado	120z	15"	381mm
Longitud mínima de troquelado	60z	7 ½"	190.5 mm
Incrementos sucesivos		1/8"	3175mm
Ancho máximo de troquelado		9"	230 mm
Velocidad:			
Variación indefinida		10-175m /m	nin.
Desbobinado:			
Diámetro máximo de desbobinado		31 ½"	800 mm
Eje de desbobinado		3"	46 mm
Bobinado:			
Diámetro máximo de embobinado		27"	700 mm
Eje de bobinado (estándar)		76 mm	
Desperdicio máximo de bobinado.			700 mm

Alimentación eléctrica:

Para máximo 5 colores, 31.0 Kw-fusible principal 63 Amp. (Incluida unidad de troquelado plano de 2 Kw y lámparas UV de Kw)

Aire:

Se incluye la barra de inversión del aire comprimido: 600 l / min / 7bar.

Dimensiones de la máquinaria:

Máquina a 5 colores	6330 mm
Unidad de impresión extra o unidad de troquelado	530 mm
Ancho	1250 mm

La prensa flexográfica tiene cuatro componentes principales; la sección de desembobinado y alimentación del material, la sección de impresión, el secador y la sección de rebobinado del producto. También puede tener equipo auxiliar como guías y visores de la cinta impresa, unidades de aplicación de polvo, ejes neumáticos, etc., que juegan un papel muy importante en la operación general de la flexografía. En esta prensa se estudiará el proceso de impresión describiendo los principales defectos en el proceso de prensa.

4.3.1 PRINCIPALES DEFECTOS EN EL PROCESO DE PRENSA FA-2500

- **1.- Ausencia de impresión** (cuando en alguna parte de la etiqueta no hay impresión.
- **2.- Remosqueo** (cuando en alguna parte de la impresión se nota una saturación de tinta que engruesa parte de la impresión).
- **3.- Tableteo** (cuando sobre la impresión se nota un efecto dómino con dos tonos, uno más suave y uno más grueso).
- **4.- Falta de curado en tinta** (cuando la tinta no seco y se desprende con la mínima fricción).
- **5.- Piojos** (es cuando un agente extraño ubicado en el medio ambiente cae sobre la impresión fresca y queda impreso.
- **6.- Impresión desalineada** (cuando la impresión de la etiqueta no queda bien definida y se nota desubicada de su posición).

Cada una de estas fallas depende de diferentes variables que más adelante se definirán, cabe mencionar que no son las únicas, pero son las más significativas, se sabe que suceden pero no se tiene un indicador que cuantifique las fallas en este tipo de prensas.

4.3.2 VARIABLES DE LA PRODUCCIÓN

A continuación se describe en la figura 4.3 el flujo de variables de entrada hacia la prensa para la producción de etiquetas. Las variables no tienen un orden específico pero todas tienen la restricción de que deben estar listas en el momento de que sea

la hora indicada en la programación de órdenes de producción. Posteriormente se realiza una descripción de cada una de las variables.

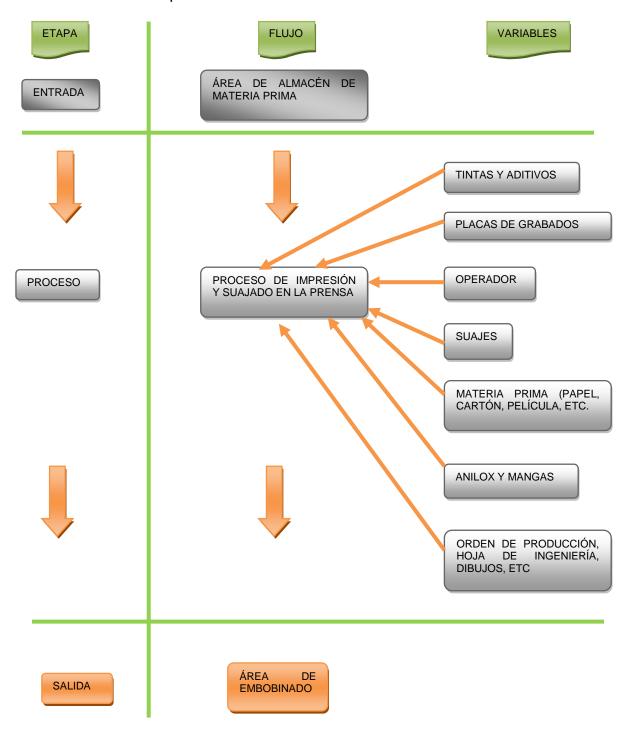


Figura 4.3 Flujo de variables de entrada hacia la prensa.

Fuente: Elaboración propia.

Embobinado: Acomodo de etiqueta en rollos pequeños de acuerdo a la cantidad especificada por el cliente.

Materia prima: Papel, película o cartón utilizado para producir etiquetas.

Grabados: plantillas de fotopolímeros con las figuras que se imprimen sobre la etiqueta.

Tintas: colorantes de diferentes tonalidades para la impresión del color requerido

Anilox: herramienta rotativa que imprime la tinta sobre el papel, película, etc.

Utensilios, cuchillas, mangas, etcétera: accesorios utilizados para la elaboración de la etiqueta.

Orden de producción: información e instrucciones para la manufactura de la etiqueta.

Suajes: herramienta rotativa que corta la etiqueta a la medida requerida.

Operador: persona que realiza las a actividades de preparación y elaboración de la etiqueta de acuerdo a la información de la orden de producción.

4.4 CAUSAS DE PARO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Los motivos de paro de la línea de producción son muy variados y depende de las características del producto que se produce en cada prensa, aunque la mayoría de procesos de producción de etiquetas y boletos tienen motivos de paro similares, algunas veces es complicado determinar la definición de un paro. Por esta razón los motivos de paro se han estandarizado en toda la organización.

Se realiza un diagnóstico con dos prensas similares para considerar los motivos de paro más frecuentes y determinar cuáles son las prioridades. A continuación se presenta un análisis de la prensa número 17 con el diagrama de Pareto, la cual tiene los siguientes datos.

La información disponible para el estudio de los tiempos de paro de la prensa 17, FA-2500 se tiene a partir del mes de Mayo hasta el mes de Diciembre del 2010. Dicha información se muestra en la tabla 4.1 con la clasificación ABC de los motivos de paro de la prensa FA-2500. Mientras que la figura 4.4 corresponde a la gráfica de Pareto de los motivos de paro durante este periodo de estudio.

Caso de Estudio: Línea de producción de etiquetas con 5 estaciones de trabajo

MOTIVOS	MINUTOS	ACUMULADO	PORCENTAJE	CLASE
Limpieza de Máquina	13356	13356	19.727%	Α
Refrigerio	9738	23094	34.111%	/ \
Cambio de Carga	7926	31021	45.818%	
Autorización Calidad	6687	37708	55.694%	
Cambio de Cinta Materia Prima	6349	44057	65.072%	
No Definido	4618	48675	71.894%	
Limpieza de Grabados	3312	51987	76.785%	
Se Rompió Esqueleto	3241	55228	81.572%	В
Personal	2740	57968	85.619%	
Espera Embobinado	1909	59877	88.439%	
Suaje no Corta	1464	61341	90.601%	
Ajuste de Tonos	922	62263	91.963%	
Cambio de Grabados	770	63033	93.101%	
Limpieza de Anilox	684	63717	94.111%	
Mala Información de OP	574	64291	94.959%	
Placas Defectuosas	519	64810	95.725%	С
Mant. Correctivo Mecánico	487	65297	96.445%	
Falta de Personal	456	65753	97.118%	
Cambio de Turno	382	66135	97.682%	
Mant. Correctivo Eléctrico	375	66510	98.236%	
Falta de Herramental	323	66833	98.713%	
Falta de Materia Prima	310	67143	99.171%	
Falta Hoja de Ingeniería / Forma de Aprobación	173	67316	99.427%	
Falla en Energía Eléctrica	124	67440	99.610%	
Materia Prima Defectuosa	102	67542	99.761%	
Mala Programación	89	67631	99.892%	
Cambio de Laminado	63	67694	99.985%	
Fin de Semana	9	67703	99.999%	
Falla de Folio	1	67704	100.000%	
TOTAL	67704			

Tabla 4.1 Diagrama de Pareto de los motivos de paro en la prensa FA-2500.

Fuente: Elaboración propia

La clasificación ABC de los motivos de paro se llevó a cabo mediante el criterio de los tiempos de paro que determinarán estadísticamente cuáles son los motivos más relevantes de acuerdo a los minutos utilizados por cada motivo de paro durante el periodo de Mayo a Diciembre del 2010.



Figura 4.4 Distribución gráfica de los motivos de paro en la prensa (17) FA-2500 del periodo Mayo a Diciembre del 2010.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a este análisis se puede definir que los motivos que se encuentran dentro la clasificación A son los más importantes con base en la frecuencia y se distribuyen como se muestra en la tabla 4.1.

Se identificó que en total hubo 67704 minutos de tiempo muerto durante el periodo analizado, en el cual los principales motivos de paro con sus respectivos costos son descritos en la Tabla 4.2

PRENSA 17									
MOTIVO	cos	TO USD	MINUTOS	СО	STO TOTAL				
LIMPIEZA DE MÁQUINA	\$	18.10	13356	\$	241,743.60				
REFRIGERIO	\$	16.50	9738	\$	160,683.11				
CAMBIO DE CARGA	\$	15.30	7926	\$	121,270.10				
AUTORIZACIÓN DE CALIDAD	\$	22.20	6687	\$	148,451.40				
CAMBIO DE CINTA DE MATERIA PRIMA	\$	15.90	6349	\$	100,953.39				
NO DEFINIDO	\$	19.30	4618	\$	89,133.00				
LIMPIEZA DE GRABADOS	\$	17.60	3312	\$	58,291.20				
			51987	\$	920,525.79				

Tabla 4.2 Principales motivos de paro con sus respectivos costos de la prensa 17. **Fuente:** Elaboración propia

Se realiza la misma metodología para la prensa 19 en el mismo periodo con los resultados mostrados en la tabla 4.2 y gráfica de Pareto de la figura 4.6.

MOTIVOS	MINUTOS	ACUMULADO	PORCENTAJE	CLASE
Limpieza de Máquina	16139	16139	22.878%	_
Cambio de Cinta Materia Prima	9550	25689	36.415%	Α
Cambio de Carga	8527	34216	48.502%	
No Definido				
Autorización Calidad	7936	42152	59.752%	
	6356	48508	68.762%	
Se Rompió Esqueleto	4498	53006	75.138%	
Limpieza de Grabados	3419	56425	79.984%	
Refrigerio	2306	58731	83.253%	В
Personal	1421	60152	85.268%	_
Cambio de Turno	1370	61522	87.210%	
Limpieza de Anilox	1253	62775	88.986%	
Suaje no Corta	1147	63922	90.612%	
Cambio de Grabados	988	64910	92.012%	
Ajuste de Tonos	977	65887	93.397%	
Espera Embobinado	726	66613	94.426%	
Falta de Materia Prima	616	67229	95.299%	C
Placas Defectuosas	580	67809	96.122%	C
Mant. Correctivo Mecánico	510	68319	96.845%	
Meteria Prima Defectuosa	461	68780	97.498%	
Capacitación	421	69201	98.095%	
Mant. Correctivo Eléctrico	353	69554	98.595%	
Mala Programación	189	69743	98.863%	
Falta de Herramental	165	69908	99.097%	
Cambio de Laminado	134	70042	99.287%	
Falta de Estándar	131	70173	99.473%	
mantenimiento preventivo	103	70276	99.619%	
Falla en Energía Eléctrica	101	70377	99.762%	
Prensa sin Trabajo	88	70465	99.887%	
Falta Hoja de Ingeniería / Forma de Aprobación	48	70403	99.955%	
Mala Información de OP	13	70526	99.973%	
Falta de Personal				
Fin de Semana	10	70536	99.987%	
riii de Semana	9	70545	100.000%	
	70545			

Tabla 4.3 Diagrama de Pareto de los motivos de paro prensa 19. **Fuente:** Elaboración propia

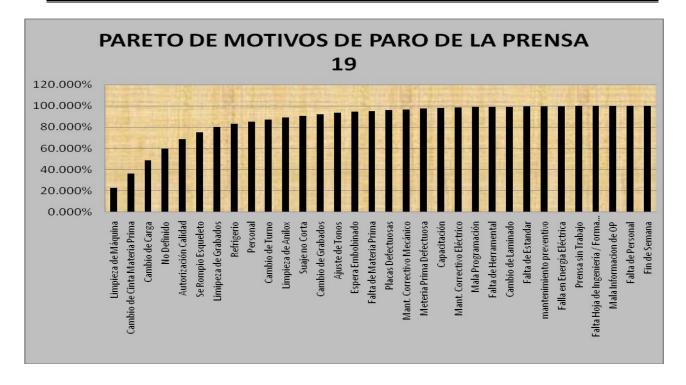


Figura 4.5 Distribución gráfica de los motivos de paro en la prensa (19) FA-2500. **Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo a este análisis se puede definir que los motivos que se encuentran dentro la clasificación A son los más importantes de acuerdo a la frecuencia y se distribuyen como se muestra en la figura 4.6.

Además se identifica que en total hubo 70545 minutos de tiempo muerto durante el periodo de Mayo a Diciembre del 2010 en el cual los principales motivos con sus respectivos costos están descritos en la Tabla 4.4.

PRENSA 19									
MOTIVO	COS	TO USD	MINUTOS	COSTO TOTAL					
LIMPIEZA DE MÁQUINA	\$	18.10	16139	\$ 292,115.90					
CAMBIO DE CINTA DE MATERIA PRIMA	\$	15.90	9550	\$ 151,845.00					
CAMBIO DE CARGA	\$	15.30	8527	\$ 130,463.10					
NO DEFINIDO	\$	19.30	7936	\$ 153,164.80					
AUTORIZACIÓN DE CALIDAD	\$	22.20	6356	\$ 141,103.20					
SE ROMPIO ESQUELETO	\$	16.10	4498	\$ 72,417.80					
LIMPIEZA DE GRABADOS	\$	17.60	3419	\$ 60,174.40					
			56425	\$ 1,001,284.20					

Tabla 4.4 Principales motivos de paro con sus respectivos costos de la prensa 19.

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar el análisis en las dos prensas, los resultados muestran que en el periodo comprendido de Mayo a Diciembre del 2010 los motivos de paro incluidos en la clase A del Pareto de la prensa 17 tuvieron un total de 51897 minutos de paro que corresponden a \$920,525.79 USD totales y que representa el acumulado del costo de cada paro.

De igual manera, en el periodo comprendido de Mayo a Diciembre del 2010 los motivos de paro incluidos en la clase A del Pareto de la prensa 19 tuvieron un total de 56425 de paro que corresponden a \$1001284.2 USD totales y que representa el acumulado del costo de cada paro.

En la actualidad las empresas de artes gráficas en general, y en este caso una empresa flexográfica, se han apoyado en las tecnologías de información para cubrir sus necesidades en los procesos productivos y administrativos.

Los datos para elaborar el análisis fueron obtenidos de un sistema informático de planeación y control de la producción, el cual tiene un sistema de detección de paros de la máquina, en la que el operador registra con un scanner el motivo del paro de máquina y el sistema asocia directamente un costo por tal motivo.

El sistema utilizado se divide en dos secciones básicas, que son el tiempo de preparación y el tiempo de producción, en cuanto al tiempo de preparación aún no se tienen registradas cuáles son las actividades incluidas en esta sección sólo se toma un total. En este caso particular, el sistema utilizado ayuda a detectar la cantidad de tiempos muertos generados en una producción normal.

4.5 COMPORTAMIENTOS DE LAS CAUSAS DE PARO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN FA-2500 Y FB-2500

Se realizó un estudio para comparar los modelos de las distribuciones que mejor ajustan los datos, se tomó como criterio de decisión el AIC. Como en este caso se tiene la misma cantidad de parámetros en cada modelo, se puede considerar de forma equivalente el valor de la log verosimilitud de las distribuciones analizadas. Se obtuvieron los siguientes resultados para los motivos de paro de la prensa 17.

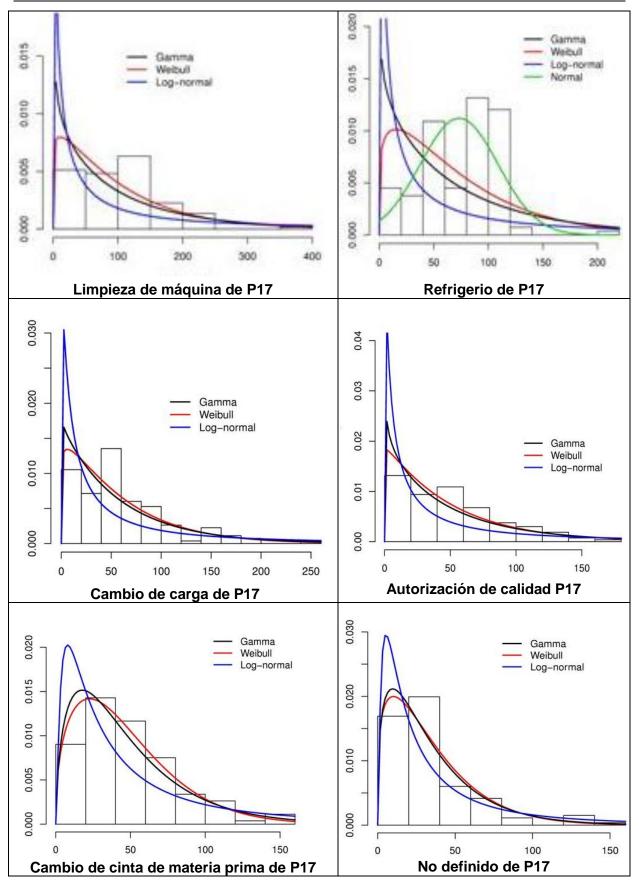
Para realizar los ajustes se programó en el proyecto R una función que obtuviera los mejores estimadores de los parámetros para cada uno de los modelos propuestos. Los modelos se propusieron con base en el histograma de los datos para cada una de las causas de paro.

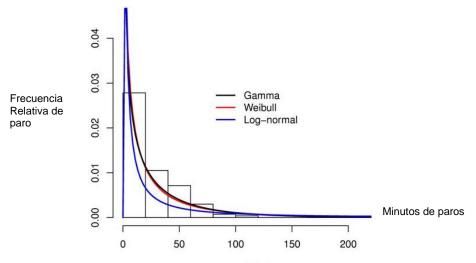
Los resultados de los mejores ajustes se muestran en la tabla 4.5 y sus gráficas respectivas en las figuras 4.6.

			Estimado	ores	
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
LIMPIEZA DE MÁQUINA	WEIBULL	-745.41	1.0907	102.3756	
LM	GAMMA	-745.75	0.8237	0.0082	
	LOGNORMAL	-813.87	3.9539	2.1095	
			Estimado	ores	
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
REFRIGERIO	WEIBULL	-702.09	1.1781	75.0885	
R	GAMMA	-703.20	0.8760	0.0120	
	LOGNORMAL	-781.09	3.6220	2.2978	
	NORMAL	-663.83	73.2197	35.5976	
			Estimado	ores	
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
CAMBIO DE CARGA	WEIBULL	-676.01	1.0856	61.1012	
CC	GAMMA	-676.63	0.9805	0.0165	
	LOGNORMAL	-727.83	3.4967	1.7450	
			Estimado	ores	
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
AUTORIZACION DE	WEIBULL	-654.00	1.0198	50.5800	
CALIDAD	GAMMA	-653.21	0.8743	0.0174	
AC	LOGNORMAL	-706.94	3.2461	1.9162	
			Estimado	ores	
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
CAMBIO DE CINTA DE	WEIBULL	-635.74	1.4328	52.0562	
MATERIA PRIMA	GAMMA	-639.56	1.5922	0.0334	
CCMP	LOGNORMAL	-681.61	3.5196	1.2048	
			Estimado	ores	
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
NO DEFINIDO	WEIBULL	-599.95	1.2467	37.1615	
ND	GAMMA	-600.87	1.3849	0.0399	
	LOGNORMAL	-632.49	3.1446	1.2118	
			Estimadores		
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
LIMPIEZA DE GRABADOS	WEIBULL	-532.93	0.6045	19.2345	
LG	GAMMA	-522.93	0.4602	0.0185	
	LOGNORMAL	-565.17	1.8159	2.7582	

Tabla 4.5 Comportamiento de los modelos en los ajustes de tiempos muertos para la prensa 17. **Fuente:** Elaboración propia.

En las gráficas de la figura 4.6 el eje X representa al tiempo en minutos de paro, mientras que el eje Y la frecuencia relativa de paro. En cada gráfica se anota abajo el nombre del motivo de paro correspondiente a la clasificación A. También se etiqueta la distribución a la que pertenece cada modelo de ajuste.





Comportamiento del motivo Limpieza de Grabados de P17

Figura 4.6 Histogramas y gráficas de cada motivo de paro P17.

Fuente: Elaboración propia.

Los modelos que mejor ajustan cada motivo de paro son:

1. Limpieza de máquina, Weibull:

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{1.0907}{102.3756} \left(\frac{x}{102.3756}\right)^{0.0907} \exp\left(-\left(\frac{x}{102.3756}\right)^{1.0907}\right).$$

- **2.** Refrigerio, Normal: $f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$.
- 3. Cambio de carga, Weibull:

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha-1} \exp \left(-\left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha} \right).$$

4. Autorización de calidad, Gamma:

$$f(x;\alpha,\lambda) = \frac{\alpha}{\Gamma(\alpha)} (\lambda x)^{\alpha-1} \exp(-(\lambda x)^{\alpha}).$$

5. Cambio de cinta de material, Weibull:

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha-1} \exp \left(-\left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha} \right).$$

- **6.** No definido, Weibull: $f(x; \alpha, \beta) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha 1} \exp \left(-\left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha} \right)$.
- 7. Limpieza de grabado, Gamma:

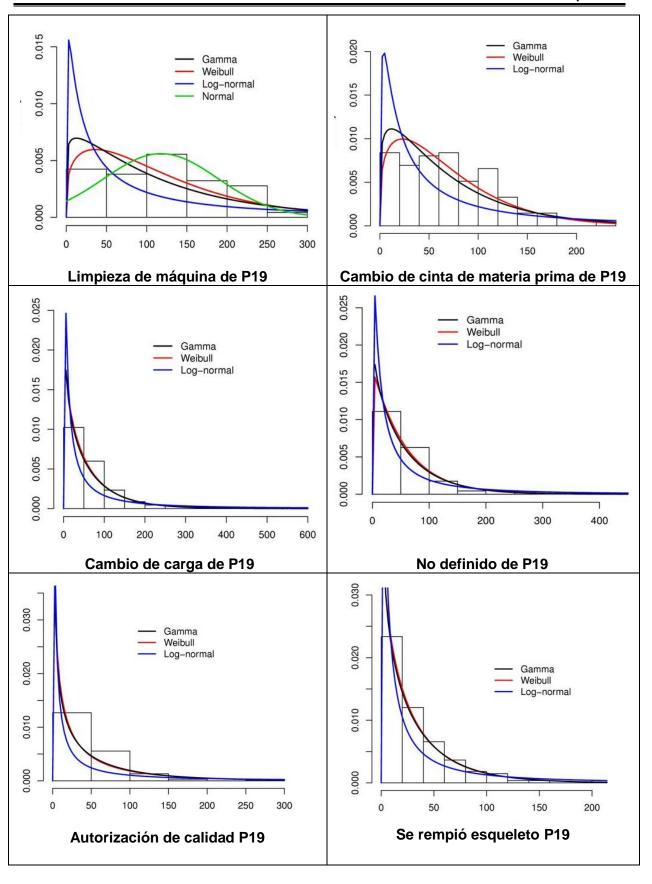
$$f(x;\alpha,\lambda) = \frac{\alpha}{\Gamma(\alpha)} (\lambda x)^{\alpha-1} \exp(-(\lambda x)^{\alpha}).$$

Del mismo modo se hizo el estudio con los paros más críticos de la prensa 19, los resultados se muestran en la tabla 4.6.

			Estimado	res	
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
LIMPIEZA DE MÁQUINA	WEIBULL	-785.75	1.2666	123.912	
LM	GAMMA	-789.95	1.1177	0.0095	
	LOGNORMAL	-856.09	4.2521	1.7821	
	NORMAL	-778.85	117.8037	71.2421	
			Estimado	res	
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
CAMBIO DE CINTA	WEIBULL	-713.09	1.2833	74.0276	
DE MATERIA PRIMA	GAMMA	-717.13	1.2004	0.0172	
CCMP	LOGNORMAL	-773.41	3.7727	1.5741	
			Estimado	res	
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
CAMBIO DE CARGA	WEIBULL	-701.48	0.8911	59.4223	
CC	GAMMA	-699.45	0.7692	0.0124	
	LOGNORMAL	-747.17	3.3533	1.9770	
			Estimadores		
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
NO DEFINIDO	WEIBULL	-693.11	1.0103	58.1494	
ND	GAMMA	-693.13	0.9183	0.0159	
	LOGNORMAL	-735.04	3.4560	1.6328	
			Estimado	res	
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
AUTORIZACION DE					
CALIDAD	WEIBULL	-640.50	0.6282	38.0219	
AC	GAMMA	-627.49	0.4752	0.0103	
	LOGNORMAL	-681.53	2.4873	2.9107	
			Estimado		
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
SE ROMPIO ESQUELETO	WEIBULL	-613.33	0.8742	31.0076	
RE	GAMMA	-611.50	0.7593	0.0231	
	LOGNORMAL	-650.88	2.7038	1.8743	
			Estimadores		
MOTIVO	DISTRIBUCIÓN	LOGVER.	V1	V2	
LIMPIEZA DE GRABADOS	WEIBULL	-555.87	0.6398	19.9346	
LG	GAMMA	-547.09	0.4951	0.0199	
	LOGNORMAL	-588.81	1.9317	2.5787	

Tabla 4.6 Comportamiento de los modelos en los ajustes de tiempos muertos para la prensa 19. **Fuente:** Elaboración propia.

Las representaciones gráficas de las distribuciones de los paros de la prensa 19 se muestran en la figura 4.7.



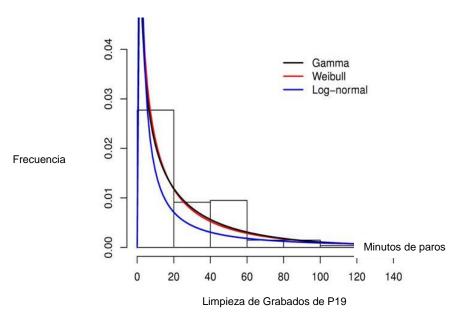


Figura 4.7 Histogramas y gráficas de cada motivo de paro P19.

Fuente: Elaboración propia.

Los modelos que mejor ajustan cada motivo de paro son:

1. Limpieza de máquina, Normal:

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right).$$

- **2.** Cambio de cinta de material, Weibull: $f(x; \alpha, \beta) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha 1} \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}\right)$.
- 3. Cambio de carga, Weibull:

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha-1} \exp \left(-\left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha} \right).$$

4. No definido, Weibull:

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha - 1} \exp \left(-\left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha} \right).$$

Autorización de calidad, Gamma:

$$f(x;\alpha,\lambda) = \frac{\alpha}{\Gamma(\alpha)} (\lambda x)^{\alpha-1} \exp(-(\lambda x)^{\alpha}).$$

6. Rompimiento de esqueleto, Gamma: $f(x; \alpha, \lambda) = \frac{\alpha}{\Gamma(\alpha)} (\lambda x)^{\alpha-1} \exp(-(\lambda x)^{\alpha})$.

7. Limpieza de grabado, Gamma:
$$f(x; \alpha, \lambda) = \frac{\alpha}{\Gamma(\alpha)} (\lambda x)^{\alpha - 1} \exp(-(\lambda x)^{\alpha})$$
.

4.6 RIESGO Y ESCENARIOS DE TIEMPOS DE PARO

Después de haber determinado el comportamiento de cada motivo de paro de la clase A, con esta información es posible definir y calcular el riesgo de que ocurra algún evento o escenario posible en los tiempos de paro de una prensa.

Dado un motivo de paro, denotemos por la variable aleatoria X con función de distribución $F(x;\alpha,\lambda)$ al comportamiento del tiempo de paro respectivo, entonces en un escenario de que ocurra el tiempo de paro T, el riesgo estará dado por:

$$R(T) = F(T) \times C \times T \tag{4.1}$$

En donde las unidades para este caso de estudio son:

- R(T) riesgo de que ocurra el escenario de tiempo de paro T en dólares,
- F(T) función de distribución acumulada del tiempo de paro T en minutos,
- C costo de que ocurra una unidad de tiempo (minuto) de paro en dólares,
- *T* tiempo total de paro que se estudia en minutos.

Con los resultados de la sección anterior sobre los comportamientos de cada motivo de paro y considerando los mejores ajustes se tendrán los riesgo para diferentes escenarios de 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 y 400 minutos para cada motivo de paro en cada una de las dos prensas.

Los resultados se muestran en las tablas 4.7 – 4.10 en donde los motivos son:

LM- LIMPIEZA DE MÁQUINA

R- REFRIGERIO

CC- CAMBIO DE CARGA

AC- AUTORIZACION DE CALIDAD

CCMP- CAMBIO DE CINTA DE MATERIA PRIMA

ND- NO DEFINIDO

LG- LIMPIEZA DE GRABADOS

MOTIVO	DISTR.	Т	F	С	Riesgo	Т	F	С	Riesgo
LM	WEIBULL	50	0.3672	18.1	332.3458	100	0.6227	18.1	1127.089
R	NORMAL	50	0.2571	16.5	212.1154	100	0.7741	16.5	1277.210
СС	WEIBULL	50	0.5526	15.3	422.7691	100	0.8186	15.3	1252.476
AC	GAMMA	50	0.6392	22.2	709.5512	100	0.8571	22.2	1902.768
ССМР	WEIBULL	50	0.6109	15.9	485.6575	100	0.9218	15.9	1465.620
ND	WEIBULL	50	0.7649	19.3	738.1174	100	0.9678	19.3	1867.834
LG	GAMMA	50	0.8426	17.6	741.482	100	0.9516	17.6	1674.855

Tabla 4.7 Riesgos de los escenarios 50 y 100 minutos de tiempos muertos para la prensa 17. **Fuente:** Elaboración propia.

MOTIVO	DISTR.	Т	F	С	Riesgo	Т	F	С	Riesgo
LM	WEIBULL	150	0.7806	18.1	2119.332	200	0.8746	18.1	3165.926
R	NORMAL	150	0.9845	16.5	2436.62	200	0.9998	16.5	3299.392
СС	WEIBULL	150	0.9294	15.3	2133.034	200	0.9733	15.3	2978.284
AC	GAMMA	150	0.9423	22.2	3137.992	200	0.9765	22.2	4335.758
ССМР	WEIBULL	150	0.9895	15.9	2359.931	200	0.9990	15.9	3176.727
ND	WEIBULL	150	0.9966	19.3	2885.269	200	0.9997	19.3	3858.888
LG	GAMMA	150	0.9838	17.6	2597.118	200	0.9943	17.6	3499.987

Tabla 4.8 Riesgos de los escenarios 150 y 200 minutos de tiempos muertos para la prensa 17. **Fuente:** Elaboración propia.

MOTIVO	DISTR.	Т	F	С	Riesgo	Т	F	С	Riesgo
LM	WEIBULL	250	0.9292	18.1	4204.674	300	0.9605	18.1	5215.341
R	NORMAL	250	1.0000	16.5	4124.999	300	0.5878	16.5	2909.762
СС	WEIBULL	250	0.9901	15.3	3787.161	300	0.9964	15.3	4573.467
AC	GAMMA	250	0.9904	22.2	5496.653	300	0.9961	22.2	6633.695
ССМР	WEIBULL	250	0.9999	15.9	3974.694	300	1.0000	15.9	4769.978
ND	WEIBULL	250	1.0000	19.3	4824.898	300	1.0000	19.3	5789.992
LG	GAMMA	250	0.9980	17.6	4391.025	300	0.9993	17.6	5276.072

Tabla 4.9 Riesgos de los escenarios 250 y 300 minutos de tiempos muertos para la prensa 17. **Fuente:** Elaboración propia.

MOTIVO	DISTR.	Т	F	С	Riesgo	T	F	С	Riesgo
LM	WEIBULL	350	0.9781	18.1	6196.388	400	0.9880	18.1	7152.997
R	NORMAL	350	0.5544	16.5	3201.852	400	0.5463	16.5	3605.357
СС	WEIBULL	350	0.9987	15.3	5348.079	400	0.9995	15.3	6117.197
AC	GAMMA	350	0.9984	22.2	7757.356	400	0.9993	22.2	8874.034
ССМР	WEIBULL	350	1.0000	15.9	5564.999	400	1.0000	15.9	6360.000
ND	WEIBULL	350	1.0000	19.3	6754.999	400	1.0000	19.3	7720.000
LG	GAMMA	350	0.9997	17.6	6158.309	400	0.9999	17.6	7039.281

Tabla 4.10 Riesgos de los escenarios 350 y 400 minutos de tiempos muertos para la prensa 17. **Fuente:** Elaboración propia.

Similarmente los resultados de la prensa 19, en este caso se agrega el motivo:

RE- ROMPIMIENTO DE ESQUELETO

Y se suprime el motivo:

R- REFRIGERIO

Los resultados se muestran en las tablas 4.11 – 4.14.

MOTIVO	DISTR.	Т	F	С	Riesgo	Т	F	С	Riesgo
LM	NORMAL	50	0.1706	18.1	154.4069	100	0.4013	18.1	726.409
ССМР	WEIBULL	50	0.4536	15.9	360.5937	100	0.7703	15.9	1224.776
СС	WEIBULL	50	0.5757	15.3	440.4377	100	0.7961	15.3	1218.046
ND	WEIBULL	50	0.5762	19.3	556.0419	100	0.8226	19.3	1587.619
AC	GAMMA	50	0.7049	22.2	782.3879	100	0.8574	22.2	1903.390
RE	GAMMA	50	0.7793	16.1	627.3374	100	0.9383	16.1	1510.617
LG	GAMMA	50	0.8431	17.6	741.8924	100	0.9544	17.6	1679.672

Tabla 4.11 Riesgos de los escenarios 50 y 100 minutos de tiempos muertos para la prensa 19.

MOTIVO	DISTR.	Т	F	С	Riesgo	Т	F	С	Riesgo
LM	NORMAL	150	0.6743	18.1	1830.833	200	0.8757	18.1	3170.038
ССМР	WEIBULL	150	0.9158	15.9	2184.28	200	0.9721	15.9	3091.379
СС	WEIBULL	150	0.8979	15.3	2060.788	200	0.9476	15.3	2899.711
ND	WEIBULL	150	0.9261	19.3	2681.029	200	0.9693	19.3	3741.501
AC	GAMMA	150	0.9261	22.2	3083.859	200	0.9604	22.2	4264.047
RE	GAMMA	150	0.9820	16.1	2371.588	200	0.9947	16.1	3202.818
LG	GAMMA	150	0.9856	17.6	2601.886	200	0.9952	17.6	3503.277

Tabla 4.12 Riesgos de los escenarios 150 y 200 minutos de tiempos muertos para la prensa 19.

MOTIVO	DISTR.	Т	F	С	Riesgo	Т	F	С	Riesgo
LM	NORMAL	250	0.9682	18.1	4381.305	300	0.9947	18.1	5401.37
ССМР	WEIBULL	250	0.9915	15.9	3941.202	300	0.9976	15.9	4758.458
СС	WEIBULL	250	0.9726	15.3	3720.28	300	0.9855	15.3	4523.39
ND	WEIBULL	250	0.9873	19.3	4763.617	300	0.9947	19.3	5759.531
AC	GAMMA	250	0.9783	22.2	5429.646	300	0.9880	22.2	6579.869
RE	GAMMA	250	0.9984	16.1	4018.552	300	0.9995	16.1	4827.659
LG	GAMMA	250	0.9984	17.6	4392.959	300	0.9995	17.6	5277.109

Tabla 4.13 Riesgos de los escenarios 250 y 300 minutos de tiempos muertos para la prensa 19.

MOTIVO	DISTR.	Т	F	С	Riesgo	Т	F	С	Riesgo
LM	NORMAL	350	0.9994	18.1	6331.462	400	1.0000	18.1	7239.730
ССМР	WEIBULL	350	0.9994	15.9	5561.395	400	0.9998	15.9	6358.955
СС	WEIBULL	350	0.9922	15.3	5313.333	400	0.9958	15.3	6094.220
ND	WEIBULL	350	0.9978	19.3	6740.319	400	0.9991	19.3	7713.079
AC	GAMMA	350	0.9933	22.2	7717.608	400	0.9962	22.2	8846.187
RE	GAMMA	350	0.9999	16.1	5634.169	400	1.0000	16.1	6439.710
LG	GAMMA	350	0.9998	17.6	6158.833	400	0.9999	17.6	7039.535

Tabla 4.14 Riesgos de los escenarios 350 y 400 minutos de tiempos muertos para la prensa 19. **Fuente:** Elaboración propia.

4.7 CONSTRUCCIÓN DE ÍNDICES DE TIEMPOS DE PARO

Se construirán los índices de tiempo de paro de cada una de las prensas. Esto se realiza de la siguiente forma.

Supóngase que se tienen *m* motivos con *n* observaciones cada uno (días).

Paso 1. Construir un indicador diario para cada motivo de paro.

Como las líneas se consideran independientes, el indicador de cada motivo *j* se construye estandarizando cada tiempo de paro por día, de tal forma que al **menor tiempo le corresponda el indicador mayor**, esto lo realizaremos

$$I_{ji} = \frac{M_j - x_{ji}}{M_i - m_i}.$$

En donde.

- M_j es el mayor de los tiempos de paro del motivo j = 1, 2, ..., m.
- m_j es el menor de los tiempos de paro del motivo j = 1, 2, ..., m.
- x_{ii} es el valor del tiempo de paro en el día i = 1, 2, ..., n del motivo j = 1, 2, ..., m.
- I_{ji} es el valor del indicador en el día $i=1,2,\ldots,n$ del motivo $j=1,2,\ldots,m$.

En el caso de la prensa 17 se tiene que i = 1, 2, ..., 134 y j = 1, 2, ..., 7. Los resultados de todos los indicadores se muestran en el Anexo B.

Paso 2. Calcular un indicador de cada motivo de paro.

En este caso el indicador general del motivo de paro lo definiremos como el promedio de los indicadores diarios del motivo de paro

$$I_{j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} I_{ji} .$$

Los resultados para la prensa 17 fueron:

Motivo	LM	R	CC	AC	CCMP	ND	LG
Indicador	0.7451	0.6497	0.7635	0.7077	0.6959	0.7605	0.8797

Paso 3. Calcular el indicador de los tiempos de paro de la prensa 17.

Para obtener el indicador de los tiempos de paro, tenemos que proponer pesos para cada motivo de paro. Como se dijo en el capítulo 2, un buen método para proponer

pesos en la construcción de índices lo proporciona el método de componentes principales.

El método de componentes principales lo realizaremos con ayuda del paquete Minitab.

1) Introducir los valores de los tiempos de paro diarios por cada motivo. En la figura 4.8 se muestra una parte de los 134 días de tiempos de paro.

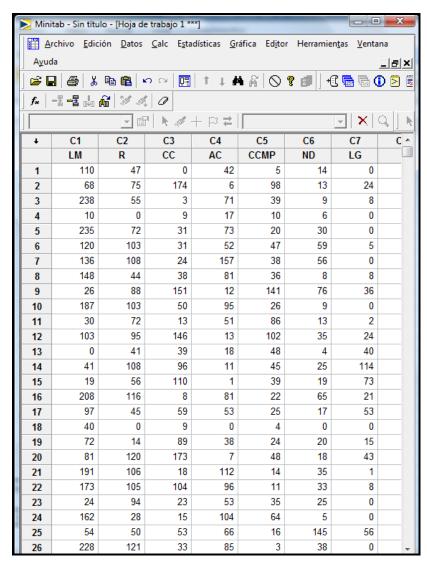


Figura 4.8 Pantalla del paquete Minitab de ingreso de los 134 datos para cada motivo de paro. **Fuente:** Elaboración propia.

- 2) Después dirigirse al menú Estadísticas
- 3) Elegir la opción Análisis multivariado

- 4) Elegir la opción Componentes principales
- 5) En la pantalla de opciones que aparece seleccionar las variables que se desee en el cálculo de componentes principales, ver figura 4.9.

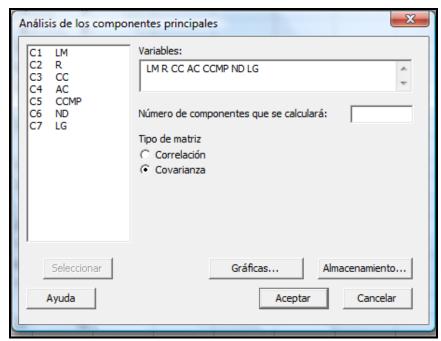


Figura 4.9 Pantalla del paquete Minitab para selección de variables de paro. **Fuente:** Elaboración propia.

6) Antes de elegir la opción Aceptar, hay que seleccionar el tipo de matriz. En el Capítulo 2 se dijo que si las variables son conmensurables debe elegirse la matriz de Covarianzas en caso contrario matriz de Correlación. En este caso todas las variables son tiempo en las mismas unidades, por lo tanto son conmensurables. Al aceptar aparecen los resultados, ver figura 4.10

Análisis de	e compor	ente prin	cipal: LM	I, R, CC, A	C, CCMP	, ND, LG		
		_					e covarianza	a
Valor pro	pio 515	7.2 273	3.9 128	1.2 950	.7 644.	8 597.0	547.7	
Proporció	n 0.	433 0.	229 0.	108 0.0	80 0.05	4 0.050	0.046	
Acumulada	0.	433 0.	662 0.	770 0.8	50 0.90	4 0.954	1.000	
Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	
LM	-0.886	0.227	0.357	-0.123	-0.002	0.033	0.139	
R	-0.175	0.456	-0.423	0.011	-0.141	-0.121	-0.740	
CC	0.259	0.734	0.251	0.508	0.036	0.147	0.224	
AC	-0.312	-0.111	-0.706	0.471	-0.015	0.064	0.408	
CCMP	0.110	0.293	-0.280	-0.599	-0.301	0.548	0.273	
ND	0.018	0.213	-0.211	-0.289	0.901	-0.088	0.086	
LG	0.085	0.242	-0.099	-0.252	-0.277	-0.807	0.366	

Figura 4.10 Pantalla de respuestas de componentes principales, P17.

Fuente: Elaboración propia.

7) Calcular los pesos. Se mencionó en el capítulo 2 que los pesos se obtienen eligiendo la componente principal 1 (vector propio correspondiente al mayor valor propio, 5157.2), entonces considerando los valores absolutos y sumando todos, después cada coordenada de la componente principal se divide entre la suma, tenemos los pesos por componentes principales para cada motivo, tabla 4.15

LM	0.886	0.4802
R	0.175	0.0949
CC	0.259	0.1404
AC	0.312	0.1691
CCMP	0.110	0.0596
ND	0.018	0.0098
LG	0.085	0.0461
suma	1.845	Pesos

Tabla 4.15 Pesos por componentes principales para cada motivo de la P17.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se obtiene el indicador como la media ponderada de los indicadores de los motivos de los tiempos de paro de la prensa 17, ver tabla 4.16.

Indicadores	0.7451	0.6497	0.7635	0.7077	0.6959	0.7605	0.8797
Pesos	0.4802	0.0949	0.1404	0.1691	0.0596	0.0098	0.0461
Indicador	0.7357						

Tabla 4.16 Indicador de tiempos de paro de la P17.

Fuente: Elaboración propia.

Con esto se concluye que el indicador para los tiempos de paro de la prensa 17 con los 7 motivos de la clase A vale 0.7357.

4.8 COMPARACIONES ENTRE LAS PRENSAS P17 Y P19

Para comparar los tiempos de paro con las otras prensas se realizan los cálculos de la sección anterior en la prensa 19.

Siguiendo los pasos anteriores y de la misma forma que en el caso anterior los cálculos de todos los indicadores se muestran en el Anexo B.

Los resultados para la prensa 19 fueron:

Motivo	LM	CCMP	СС	ND	AC	RE	LG
Indicador	0.6034	0.7083	0.8894	0.8604	0.8307	0.8383	0.805

La salida del paquete Minitab para las componentes principales se tiene en la figura 4.11.

Análisis d	de comp	onente p	rincipal:	LM, CC	MP, CC,	ND, AC,	RE, LG
Análisis	de los v	alores y	vectore	s propio	s de la	matriz d	e covarianza
Valor pro	pio 723	4.3 372	7.9 295	3.3 199	0.8 143	6.6 976	.0 414.6
Proporció	n 0.	386 0.	199 0.	158 0.	106 0.	077 0.0	52 0.022
Acumulada	0.	386 0.	585 0.	743 0.	849 0.	926 0.9	78 1.000
Variable LM	PC1 0.717	PC2 0.415	PC3 -0.410	PC4 -0.289	PC5	PC6	PC7 -0.011
CCMP	0.137	0.001	-0.236	0.913	-0.274	-0.072	0.106
CC	-0.558	0.287	-0.753	-0.059	0.180	0.035	0.044
ND	0.204	-0.852	-0.451	-0.122	0.048	0.105	-0.018
AC	0.292	0.054	-0.030	0.157	0.826	-0.452	0.026
RE	-0.141	-0.121	-0.013	-0.199	-0.336	-0.761	0.483
LG	-0.095	-0.039	-0.061	0.009	-0.185	-0.446	-0.867

Figura 4.11 Pantalla de respuestas de componentes principales, P19.

Fuente: Elaboración propia.

Los pesos en este caso se obtienen de la tabla por componentes principales para cada motivo, tabla 4.17

LM	0.717	0.3344
CCMP	0.137	0.0639
CC	0.558	0.2603
ND	0.204	0.0951
AC	0.292	0.1362
RE	0.141	0.0658
LG	0.095	0.0443
suma	2.144	Pesos

Tabla 4.17 Pesos por componentes principales para cada motivo de la P19.

Fuente: Elaboración propia.

El indicador de los tiempos de paro de la prensa 19 se tiene en la tabla 4.18.

Indicadores	0.6034	0.7083	0.8894	0.8604	0.8307	0.8383	0.8050
Pesos	0.3344	0.0639	0.2603	0.0951	0.1362	0.0658	0.0443
Indicador	0.7643						

Tabla 4.18 Indicador de tiempos de paro de la P19.

Fuente: Elaboración propia.

Con esto se concluye que el indicador para los tiempos de paro de la prensa 19 con los 7 motivos de la clase A vale 0.7643 ligeramente mayor al de la prensa 17, 0.7357.

Recordando que los índices de paro toman valores entre 0 a 1 y que mientras más grande sean, los tiempos de paro son mejores o de forma equivalente son menores, se concluye que en general los tiempos de paro de la prensa 19 son ligeramente menores a los de la prensa P17. Esto también repercute en los riesgos, hacer comparaciones en las tablas 4.7 a 4.14.

Finalmente se concluye que para hacer comparaciones entre los tiempos de paro de cualquiera de las prensas de la empresa hay que realizar los cálculos anteriores y comparar los riesgos y los índices de paro.

4.9 ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN FA-2500 Y FB-2500

A continuación se propondrán estrategias para la reducción de los principales motivos de paro de la prensa 17 FA-2500 y de la prensa 19 FB-2500. Es importante considerar que los tiempos de paro son los principales problemas que se presentan en la organización, los costos son muy elevados como ya hemos observado en el capítulo previo. Sin embargo, en la actualidad no existen procesos suficientemente documentados para poder medir de manera equilibrada cada proceso.

A pesar que el sistema informático genera los datos para cuantificar la cantidad de minutos que se acumula de cada motivo no se han establecido los mecanismos que puedan mitigar los tiempos de paro y directamente minimicen los costos asociados a cada motivo.

En esta sección se establecerán propuestas para la reducción de motivos de paro, basándose principalmente en el pilar de la estandarización de las actividades operativas y en el pilar de la metodología 5´s para generar un hábito de trabajo. Cada motivo es definido brevemente a manera de entender la actividad y posteriormente se plantearan las iniciativas que se atribuyen a cada motivo.

Una producción masiva sin un programa de 5´s dentro de una planta oculta muchos desperdicios acumulados a lo largo de los años, cubriendo problemas y maneras inadecuadas de hacer negocios. Un programa de 5´s crea un proceso continuo para mejorar el medio ambiente de trabajo.

A. Se debe de empezar con seleccionar todo lo que se encuentra en el lugar de trabajo y separar que es necesario de manera cotidiana para agregar valor al trabajo de lo que casi no se utiliza en el área, marcar los artículos que raramente se utilizan con etiquetas rojas y moverlos fuera del área de trabajo.

- **B.** Después crear ubicaciones permanentes para cada parteo herramienta en el orden de que tan frecuente es necesaria para el operador como si fuera un cirujano, el operador debe alcanzar inmediatamente y cómodamente cualquier parte o herramienta.
- **C.** Posteriormente se debe mantener limpio (todos los días) el lugar de trabajo y todo lo necesario para operar.
- **D.** Además se debe mantener estandarizado y documentado todo lo anterior.
- **E.** Por último se debe formar un hábito de trabajo para cualquier actividad, actuando de acuerdo a lo que está estandarizado, siguiendo la actividad de documentar lo que se ejecuta. De esta manera se genera un ciclo de mejora continua.

Es muy importante que un programa de 5's sea auditado por los supervisores de producción de manera semanal y el Gerente de producción de manera mensual, es mucho mejor si se apoyan con un método de auditoría que permita el reconocimiento de las aportaciones de los miembros del equipo a favor de la mejora continua.

Para realizar propuestas de reducción de tiempo se realiza la siguiente clasificación de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Motivos de paro obligatorios que suceden en cada orden de producción.
- b) Motivos de paro obligatorios que suceden sólo en etiquetas con impresión.
- c) Motivos de paro no obligatorios
- **d)** Motivos de paro no obligatorios que suceden por características del material o de la máquina.
- e) Motivos de paro obligatorio por validación del proceso.

4.9.1 Motivos obligatorios en cada orden de producción

Las tres actividades siguientes son de carácter obligatorio en cada producción, no se encuentran estandarizadas, cada operador realiza la actividad de manera diferente. Después de describir las actividades se establecerá la propuesta para reducir estos tiempos de paro.

4.9.1.1 Motivo Limpieza de máquina

El motivo de Limpieza de máquina fue el principal motivo de paro en las prensas 17 y 19 y se refiere cuando un operador realiza las siguientes actividades:

- 1. Montaje, desmontaje y limpieza de los suajes utilizados en la prensa.
- **2.** Montaje, desmontaje y limpieza de los rodillos impresores.
- **3.** Montaje, desmontaje y lavado de contenedores de tinta de la prensa.
- **4.** Montaje, desmontaje y lavado de anilox.
- 5. Limpieza y secado de tintas utilizadas sobre la máquina.
- 6. Limpieza de rodillos fijos.

Este es un motivo obligatorio para cada lote de producción, ya que por cada producción debe existir un proceso de limpieza.

4.9.1.2 Motivo Cambio de carga.

El motivo de cambio de carga es un motivo de carácter obligatorio en cada producción y esta actividad regularmente se realiza varias veces en cada producción. Se refiere al tiempo que transcurre cuando un operador termina la cinta de material impreso y cortado que se encuentra al final de la prensa, ya que tiene parar la máquina, apagar el sensor neumático para aflojar la cinta y la pueda desmontar sin oposición, se tiene que cortar una punta para que la puedan ensamblar en la siguiente cinta, el tamaño de las cintas es variable, no está determinada, depende del tipo del material y del criterio del operador.

Además cuando se debe de colocar en el área ubicada para material en espera de embobinado. Por último, el operario debe desprender el desperdicio inherente al proceso, que son los sobrantes de los cortes de las etiquetas, depositarlos en la basura y después debe colocar un soporte de cartón para la nueva cinta que se debe producir.

4.9.1.3 Motivo Cambio de cinta de materia prima.

El motivo de Cambio de cinta de materia prima es una actividad obligada, ya que se refiere al cambio que realiza el operador cuando la cinta de materia que se encuentra a lo largo de la prensa se termina y tiene que sustituirse. Debe realizarse regularmente varias veces en cada producción. Debe de apagarse la alimentación

neumática para desmontar el sobrante de la cinta, después se debe montar una cinta completa que es suministrada por el área de materia prima. Las cintas algunas veces son demasiado pesadas para manipularlas con las manos, así que a veces se requiere de una grúa neumática para bajarlas de la pila y dejarlas a nivel de piso.

Para lograr reducir los tiempos de paro por los tres motivos descritos en párrafos anteriores se propone la siguiente metodología:

- a) Estandarizar las actividades de preparación externa. Las operaciones de preparación de los moldes, herramientas y materiales deben convertirse en procedimientos habituales y estandarizados. Tales operaciones estandarizadas deben recogerse por escrito y fijarse en la pared para que los operarios las puedan visualizar. Después, los trabajadores deben recibir al correspondiente adiestramiento para dominarlas.
- b) Estandarizar solamente las partes necesarias de la máquina. Si el tamaño y la forma de todos los troqueles se estandarizan completamente, el tiempo de preparación se reducirá considerablemente. Pero dado que ello resulta de un costo elevado, se aconseja estandarizar solamente la parte de la función necesaria para las preparaciones.
- c) Hacer uso de operaciones en paralelo. Una prensa de troquelar grande o una máquina grande de colada a presión tendrán muchas posiciones de fijación en sus cuatro costados. Las operaciones de preparación de tales máquinas ocuparán mucho tiempo al operario. Pero, si se procede a aplicar a tales máquinas operaciones en paralelo por dos personas, pueden eliminarse movimientos inútiles y reducirse así el tiempo de preparación.
- d) Diseñar instrucciones de operación, donde se identifiquen claramente las actividades que debe de realizar el operador de manera secuencial e identificando todo lo requerido para realizar de una manera cómoda, segura, clara, ágil y confiable.

Además es importante seguir las siguientes recomendaciones para mejorar los tiempos de paro y preparación:

- a) Preparar previamente las plantillas, herramientas, troqueles y materiales.
- **b)** Mantener los troqueles en buenas condiciones de funcionamiento.

- c) Crear tablas de las operaciones para la preparación externa.
- **d)** Mantener el buen orden y limpieza en la zona de almacenamiento de las plantillas y troqueles retirados (5 "S").
- e) Mantener las zonas de almacenamiento de herramientas y troqueles limpias y ordenadas (5 "S").
- **f)** Vigilar los efectos de los cambios introducidos en la secuencia de las operaciones.
- **g)** Vigilar las necesidades de personal para cada operación.
- h) Vigilar la necesidad de cada operación.

Esta metodología debe ser auditada después de su implantación para revisar posibles mejoras al sistema y poder replicarlo en otras actividades o áreas donde sea factible hacerlo.

4.9.2. Motivo obligatorio para etiquetas con impresión

Motivo Limpieza de grabados: El motivo Limpieza de grabados se refiere a cuando el producto utiliza placas de grabado en el proceso para hacer alguna impresión. El operador debe limpiar la placa del grabado con un cepillo pequeño para que no se acumule tinta en los huecos de la placa y no provoque impresiones defectuosas, estas placas pueden estar en las cinco estaciones de trabajo de la prensa y la limpieza del producto depende de la cantidad de placas de grabados que necesita cada producto.

Para reducir este motivo se proponen las siguientes recomendaciones:

- a) Mantener las condiciones adecuadas de origen de las propiedades de las tintas (viscosidad y pH) en las prensas para evitar que se espesen y se acumulen en las esquinas de los grabados.
- b) Establecer una revisión rutinaria para medir la viscosidad y el pH por parte del área de tintas, en un periodo de cada hora o dos horas según convenga al proceso.
- c) Mantener en buen estado los instrumentos de limpieza para realizar la actividad más rápido, así como mantener en orden y limpio el área de

trabajo, de tal manera que no se adhieran agentes externos a la impresión.

d) Establecer un control de aditivos y acondicionadores de tinta, se debe realizar un registro de las cantidades de aditivos que se le adhieren a las tintas en el proceso.

4.9.3. Motivos de paro no obligatorios

4.9.3.1. Motivo Refrigerio

El motivo refrigerio se refiere al tiempo consumido por los operadores para tomar alimentos en los diferentes turnos.

En los turnos actualmente establecidos no contemplan un tiempo asignado a consumir alimentos de manera general, es decir se trabajan 8 horas corridas sin hora de comida, pero en la prensa 17 donde este motivo fue muy alto, en este caso sólo dos operadores cubren la operación de la prensa, distribuidos en jornadas de 10 horas promedio más hora de comida que puede prolongarse de una manera abierta según cada situación.

En este caso la propuesta sería realizar un estudio de costo beneficio con respecto a qué situación genera menor costo, si continuar con dos operadores donde se cargan demasiadas horas al tiempo para tomar alimentos o poner a un operario que cubra un turno y de esta manera cubrir los tres turnos de manera equilibrada, ya que no habría horas extras, ni horas de comida.

4.9.3.2. Motivo No definido

El motivo No definido se refiere cuando existe alguna actividad dentro del proceso de prensa y que no está registrada en la lista oficial de paros de máquina, así que se atribuye a una gran variedad de motivos. Además, también se atribuye a la situación de cuando el operador no registra un motivo automáticamente se registra como un tiempo de paro No definido.

Para reducir este motivo de paro se propone realizar lo siguiente:

Cuando el sistema de planificación y control de la producción se encuentre en esté estado, se debe generar un indicador visual electrónico, de manera que los supervisores en turno se percaten de que existe un tiempo de paro no definido e inmediatamente verifiquen la situación en la prensa.

4.9.4 Motivos de paro no obligatorios que suceden por características del material o de la máquina

Motivo Se Rompió esqueleto: El motivo de Se rompió esqueleto se refiere a cuando el sobrante del corte de la etiqueta en el proceso se rompe, es decir las etiquetas se embobinan en una cinta máster y su sobrante se embobina en otra bobina que se considera desperdicio. La bobina del desperdicio tiene una tensión regulada y que depende de varios factores. Las razones del rompimiento de este desperdicio pueden ser que el ancho del sobrante sea muy pequeño y no soporte la fuerza de tensión de la bobina de desperdicio, la velocidad de la prensa afecta directamente a la tensión que se ejerce sobre la bobina del desperdicio, el tipo de adhesivo de los materiales es un factor importante, ya que entre más agresivo se al adhesivo es más probable que no desprenda del corte de la etiqueta, el ángulo de desprendimiento del desperdicio, la presión del suaje al realizar el corte y las alteraciones en las tensiones de las bobinas del desperdicio.

La propuesta de reducción de este motivo de paro es la siguiente:

- a) Para cada producción se debe de registrar los parámetros de proceso de la prensa como son la velocidad de la prensa, la tensión de las bobinas de producto terminado y de desperdicio, la presión del suaje, el ángulo de desprendimiento del desperdicio, así como el tipo de material que se procesa para saber qué tipo de adhesivo utiliza dicho material. Esta actividad se puede clasificar de acuerdo a familias de material que se utiliza, ya que se pueden considerar al papel, al cartón y a las películas como los principales materiales que se procesan en las prensas en estudio.
- b) Después que se generen los datos para cada familia de productos, se debe de generar un diseño de experimentos para conocer cuál es la variable más significativa que afecte al rompimiento del esqueleto para cada familia de productos y establecer el mejor método para que el esqueleto no se rompa durante el proceso.

4.9.5. Motivos de paro obligatorio por validación del proceso

Motivo Autorización de calidad: El motivo de Autorización de calidad se refiere a que el operador debe parar la máquina porque ya realizó el setup inicial y está lista la producción para correr, pero debe ser validada por el área de calidad, así que tiene que buscar al auditor de calidad para que valide el proceso. Es importante resaltar que sólo existe un auditor de calidad para atender esta actividad por turno.

El auditor de calidad debe verificar todas las variables del producto establecidas en los documentos respectivos que deben acompañar al producto a lo largo del proceso dentro de la planta. La validación depende del tipo de producto que se realizará, ya que se tienen que realizar mediciones dimensionales, pruebas de desempeño, validación de los tonos de impresión, entre otras actividades.

Para reducir el tiempo de paro por este motivo se propone lo siguiente:

- a) Para realizar las mediciones dimensionales, se deben generar plantillas de acetato transparente con las dimensiones y tolerancias de cada etiqueta y que previamente debe de validar el área de Calidad con el área de Ingeniería, para que el operador pueda hacer la verificación dimensional en la estación de trabajo, de esta manera no necesitara buscar alguna persona del área de calidad para que lo evalué.
- b) Para la evaluación de los tonos en las impresiones, se deben generar máster de tonos desde la primera vez que se haga alguna producción, considerando que en algunos casos los tonos difícilmente se pueden repetir, debe de considerarse un rango de máximo y mínimo para cada tono. El área de Calidad debe validar previamente que los tonos de las impresiones se encuentren dentro de los parámetros solicitados por el cliente, para que a partir de las siguientes producciones los operarios tengan la información al alcance y ajusten el proceso de acuerdo a lo requerido.
- c) Para el caso de las pruebas de desempeño, el área de Calidad debe de estandarizar las operaciones para cada prueba de desempeño y generar las instrucciones de operación de los equipos para realizar las pruebas. De igual manera deben establecerse las condiciones, especificaciones y parámetros necesarios para cada prueba. Todo esto para reducir tiempos de paro por esta actividad.

Es importante resaltar que la labor de los supervisores de Producción es muy importante para que se puedan lograr mejoras dentro de las áreas, ya que esta área táctica tiene la responsabilidad de monitorear las actividades que se realizan en las prensas.

Conclusiones

En este trabajo se pudo fusionar diferentes técnicas estadísticas para proponer una metodología para la disminución de los tiempos de paro en una línea de producción de una empresa flexográfica. Por ejemplo, a través del diagrama de Pareto se reflejaron cuales son los principales motivos de paro de las dos prensas en estudio, la prensa 17 y la prensa 19.

Para la prensa 17 los principales motivos de paro encontrados fueron los siguientes:

- 1) Limpieza de Máquina
- 2) Refrigerio
- 3) Cambio de carga
- 4) Autorización de calidad
- 5) Cambio de cinta de materia prima
- 6) No definido
- 7) Limpieza de grabados

Con respecto a la prensa 19, los resultados fueron en el siguiente orden:

- 1) Limpieza de Máquina.
- 2) Cambio de cinta de materia prima
- 3) Cambio de carga
- 4) No definido
- 5) Autorización de calidad
- 6) Se rompió esqueleto
- 7) Limpieza de grabados

Con este análisis se reflejo que los principales motivos fueron muy similares en las dos prensas en estudio.

Por otro lado, con técnicas estadísticas inferencial se obtuvieron los comportamientos de los tiempos de los diferentes motivos de tiempos de paro. El análisis se realizó con la distribución Weibull, Gamma, Log normal y Normal, así que se buscó cuál es el modelo que mejor ajusta. El criterio de decisión para decidir cuál es el mejor ajuste se consideró la mayor log verosimilitud con los siguientes resultados.

Para la prensa 17.

- 1) En el caso del motivo limpieza de máquina, la distribución que mejor ajusto a los datos fue la Weibull con un valor de -745.41.
- 2) En el caso del motivo refrigerio, la distribución que mejor ajusto a los datos fue la Normal con un valor de -663.83.
- 3) En el caso del motivo cambio de carga, la distribución que mejor ajusto a los datos fue la Weibull con un valor de -676.01.
- **4)** En el caso del motivo autorización de calidad, la distribución que mejor ajusto a los datos fue la Gamma con un valor de -653.21.
- **5)** En el caso del motivo cambio de cinta de materia prima, la distribución que mejor ajusto a los datos fue la Weibull con un valor de -635.74.
- **6)** En el caso del motivo no definido, la distribución que mejor ajusto a los datos fue la Weibull con un valor de -599.95.
- **7)** En el caso del motivo limpieza de grabados, la distribución que mejor ajusto a los datos fue la Gamma con un valor-522.93.

Para el caso de la prensa 19 se obtuvo lo siguiente:

- 1) En el caso del motivo limpieza de máquina, la distribución que mejor ajusto a los datos fue la Normal con un valor de -778.85.
- 2) En el caso del motivo de cambio de cinta de materia prima, la distribución que mejor ajusto a los datos fue la Weibull con un valor de -713.09.
- 3) En el caso del motivo de cambio de carga, la distribución que mejor ajusto a los datos fue la Gamma con un valor de -699.45.
- **4)** En el caso del motivo no definido, la distribución que mejor ajusto a los datos fue la Weibull con un valor de -693.11.

- 5) En el caso del motivo autorización de calidad, la distribución que mejor ajusto a los datos fue la Gamma con un valor de -627.49.
- 6) En el caso del motivo se rompió el esqueleto, la distribución que mejor ajusto a los datos fue la Gamma con un valor de -611.50.
- 7) En el caso del motivo limpieza de grabados, la distribución que mejor a justo a los datos fue la Gamma con un valor de -547.09.

Otra técnica utilizada de teoría de decisiones ayudo a cuantificar los riesgos y escenarios de tiempos de paro asociados a los motivos de paro, donde se notaron las proyecciones estimadas en posibles tiempos de paro con su respectivo costo.

De igual manera con base en el uso del análisis multivariado a través de los componentes principales se construyeron los índices de paro para cada prensa, donde se obtuvieron los siguientes resultados para la prensa 17.

Indicadores	0.7451	0.6497	0.7635	0.7077	0.6959	0.7605	0.8797
Pesos	0.4802	0.0949	0.1404	0.1691	0.0596	0.0098	0.0461
Indicador	0.7357						

Para la prensa 19.

Indicadores	0.6034	0.7083	0.8894	0.8604	0.8307	0.8383	0.8050
Pesos	0.3344	0.0639	0.2603	0.0951	0.1362	0.0658	0.0443
Indicador	0.7643						

Con estos indicadores concluimos que son independientes y que para alguna proyección que se requiera conocer se debe seguir la metodología planteada y estimar escenarios y riesgos complementados con los costos como se muestra en las tablas 4.7 a 4.14.

Bibliografía

- 1) Anchaleeporn, W. L. (2006). Significant parameters determined by the Minitab program to affect ink abrasion resistance of polypropylene tape and their application to surfface flexografhy printing. Ind, Eng, Chem., 44-49.
- 2) Anupam Agrawal, A. D. (April 2008). Managing Value in Supply Chain Case Studies on Alternate Structures. Fontainebleau, France: INSEAD.
- 3) Association, F. O. (1991). Flexografía, principios y prácticas. New york: Flexographic Technical Association.
- 4) Bernardo Villarreal, D. G. (2009). Eliminating Transportation Waste in Food Distribution: A Case Study. Transportation Journal, 72-77.
- 5) Bimal P. Nepal, O. P. (March 2011). Improving the NPD Process by Applying Lean Principles: A Case Study. Engineering Management Journal, 52-68.
- 6) Coia, A. (January- March 2009). Making the best of it. Automotivelogistics .
- 7) Comptom, J. (2006). Lean comes to print. Graphicartsmonthly, 10.
- 8) Fairley, M. (2004). Encyclopedia of labels and label technology. London: Tarsus Publishing.
- 9) G.C. Parry, C. (2009, vol 17, No 1). Application of lean visual process management tools. Production planning & control, 77-86.
- 10) Geert Letens, J. A. (March 2011). A Multilevel Framework for Lean Product Development System Design. Engineering Management Journal, 69-85.
- 11) Gutiérrez, E. G. (2007). Fundamentos de la teoría de las probabilidades. México DF: Nauka-Educación.
- 12) Gutiérrez, E. G. (2008). Taller de construcción de índices. México DF.
- 13) H s C Perera, D. M. (s.f.). Case Study; Lean Manufacturing: A Case Study of a Sri Lankan Manufacturing Organization. South Asian Journal of Management, 150-158.

- 14) Houborg, C. (September 2010). Implementing a successful Lean programme. Pharmaceutical Technology Europe, 52-57.
- 15) J. Jacobson, M. K. (2009, vol 3). Flexography printing performance of pla film. Journal of applied packaging research, 91-103.
- 16) Jeffrey K. Liker, J. M. (March 2011). Lean Product Development as a System: A Case Study of Body and Stamping Development at Ford. Engineering Management Journal, 16-28.
- 17) John P. Millikin, D. F. (January-February 2005). The Global Leadership of Carlos Ghosn at Nissan. Thunderbird International Business Review, 121-137.
- 18) Joseph C. Chen, Y. L. (February 2010). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study. International Journal of Production Research, 1069–1086.
- 19) Liker, J. K. (2004). The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. Mc graw-hill.
- 20) Mark D. Nguyen, G. G. (April 2010). Increasing Productivity through Effective Workforce Management. Ceramic Industry, 30-31.
- 21) Mary G. Leitnaker, A. C. (2005). Using Statistical thinking and designed experiments to understand process operation. Quality engineering, 279-289.
- 22) Michael F. Gorman, J. h. (November- December 2009). ASP, The Art and Science of Practice: Tales from the Front: Case Studies Indicate the Potential Pitfalls of Misapplication of Lean Improvement Programs. Interfaces, 540-548.
- 23) Monden, Y. (1998). Toyota Production System.
- 24) Montgomery, D. C. (2008). Control estadístico de la calidad. Mexico DF: Limusa Wiley.
- 25) Pferdehirt, W. P. (1993). Case study: roll the presses but hold the wastes; p2 and printing industries . Pollution prevention review , 437-456.
- 26) Richard B. Chase, F. R. (2005). Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. Mc graw-hill interamericana.
- 27) Rick Calabrese, I. F. (August 2007). Reducing variance. Drug, Discovery & Development, 31-35.
- 28) Rizzo, K. (2010). Prácticas efectivas de gestión de la impresión. Artes Gráficas , 10-13.

- 29) Ross, P. J. (1988). Taguchi Techniques for Quality Engineering. Mc graw-hill Inc.
- 30) Shahid Mahmood, S. A. (November 2010). Cost of Poor Quality in Public Sector Projects. Journal of Marketing and Management, 70-93.
- 31) Spring, R. (1996). Manual de formación FINAT, etiquetado autoadhesivo. La haya, Holanda: FINAT.
- 32) Starters, E. (2008). Lean manufacturing. Ebsco Publishing Inc., 1-7.
- 33) Starters, E. (2008). Statistical Quality Control. Ebsco Publishing Inc., 1-5.
- 34) Starters, E. (2008). Statistical Quality Control in manufacturing. Ebsco Publishing Inc., 1-6.
- 35) T. Baines, H. L. (May 2006). State-of-art in lean design engineering; a literature review on white collar lean. J: Engineering manufacture, 1539-1547.

Anexo A

Programas en el proyecto R para determinar ajuste de modelos de los tiempos de paro

```
library(mixtools)
paros17 <- as.matrix(read.csv(file="c:/REXCEL/isai/maquina17.csv",</pre>
header=T))
### PARO LM 17 ### PARO LM 17 ### PARO LM 17 ### PARO
hist(paros17[,1],freq = FALSE, ylim=c(0,0.018))
auxweibull <- fitdistr(paros17[,1],"weibull")</pre>
aw <- auxweibull$estimate[1]</pre>
bw <- auxweibull$estimate[2]</pre>
auxgama <- fitdistr(paros17[,1], "gamma")</pre>
ag <- auxgama$estimate[1]</pre>
bg <- auxgama$estimate[2]</pre>
auxlnormal <- fitdistr(paros17[,1],"lognormal")</pre>
aln <- auxlnormal$estimate[1]</pre>
bln <- auxlnormal$estimate[2]</pre>
curve(dweibull(x,aw ,bw),type="l",lwd=2,col=2,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dgamma(x,ag,bg),type="l",lwd=2,col=1,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dlnorm(x,aln,bln),type="1",lwd=2,col=4,bty="n",lty=1,add=TRUE)
legend(100, 0.016, c("Gamma", "Weibull", "Log-normal"), lwd=2, lty =
1, col = c(1, 2, 4), bty = "n")
matrizaux <- matrix(NA, 3, 3)</pre>
matrizaux[1,] <- c(aw,bw,auxweibull$loglik)</pre>
matrizaux[2,] <- c(ag,bg,auxgama$loglik)</pre>
matrizaux[3,] <- c(aln,bln,auxlnormal$loglik)</pre>
```

```
write.csv(matrizaux, file="c:/rexcel/isai/LM17.csv")
### PARO R 17 ### PARO R 17 ### PARO R 17 ### PARO R 17 ### PARO R 17
hist(paros17[,2],freq = FALSE, ylim=c(0,0.02))
auxweibull <- fitdistr(paros17[,2],"weibull")</pre>
aw <- auxweibull$estimate[1]</pre>
bw <- auxweibull$estimate[2]</pre>
auxgama <- fitdistr(paros17[,2],"gamma")</pre>
aq <- auxgama$estimate[1]</pre>
bg <- auxgama$estimate[2]</pre>
auxlnormal <- fitdistr(paros17[,2],"lognormal")</pre>
aln <- auxlnormal$estimate[1]</pre>
bln <- auxlnormal$estimate[2]</pre>
auxnormal <- fitdistr(paros17[,2],"normal")</pre>
an <- auxnormal$estimate[1]</pre>
bn <- auxnormal$estimate[2]</pre>
curve(dweibull(x,aw ,bw),type="1",lwd=2,col=2,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dgamma(x,ag,bg),type="1",lwd=2,col=1,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dlnorm(x,aln,bln),type="1",lwd=2,col=4,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dnorm(x,an,bn),type="1",lwd=2,col=3,bty="n",lty=1,add=TRUE)
                                c("Gamma",
                                                  "Weibull", "Log-
legend(125,
                   0.02,
normal", "Normal"), lwd=2, lty = 1, col=c(1,2,4,3), bty = "n")
matrizaux <- matrix(NA, 4, 3)</pre>
matrizaux[1,] <- c(aw,bw,auxweibull$loglik)</pre>
matrizaux[2,] <- c(aq,bq,auxqama$loqlik)</pre>
matrizaux[3,] <- c(aln,bln,auxlnormal$loglik)</pre>
matrizaux[4,] <- c(an,bn,auxnormal$loglik)</pre>
 write.csv(matrizaux, file="c:/rexcel/isai/R17.csv")
### PARO CC 17 ### PARO CC 17 ### PARO CC 17 ### PARO CC 17 ### PARO
hist(paros17[,3],freq = FALSE, ylim=c(0,0.03))
auxweibull <- fitdistr(paros17[,3],"weibull")</pre>
aw <- auxweibull$estimate[1]</pre>
bw <- auxweibull$estimate[2]</pre>
auxgama <- fitdistr(paros17[,3],"gamma")</pre>
aq <- auxgama$estimate[1]</pre>
bq <- auxgama$estimate[2]</pre>
```

```
auxlnormal <- fitdistr(paros17[,3],"lognormal")</pre>
aln <- auxlnormal$estimate[1]</pre>
bln <- auxlnormal$estimate[2]</pre>
curve(dweibull(x,aw,bw),type="1",lwd=2,col=2,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dgamma(x,ag,bg),type="1",lwd=2,col=1,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dlnorm(x,aln,bln),type="1",lwd=2,col=4,bty="n",lty=1,add=TRUE)
legend(100, 0.022, c("Gamma", "Weibull", "Log-normal"), lwd=2, lty =
1, col = c(1, 2, 4), bty = "n")
matrizaux <- matrix(NA,3,3)</pre>
matrizaux[1,] <- c(aw,bw,auxweibull$loglik)</pre>
matrizaux[2,] <- c(ag,bg,auxgama$loglik)</pre>
matrizaux[3,] <- c(aln,bln,auxlnormal$loglik)</pre>
  write.csv(matrizaux, file="c:/rexcel/isai/CC17.csv")
### PARO AC 17 ### PARO AC 17 ### PARO AC 17 ### PARO
hist (paros17[,4], freq = FALSE, ylim=c(0,0.04))
auxweibull <- fitdistr(paros17[,4],"weibull")</pre>
aw <- auxweibull$estimate[1]</pre>
bw <- auxweibull$estimate[2]</pre>
auxgama <- fitdistr(paros17[,4],"gamma")</pre>
aq <- auxgama$estimate[1]</pre>
bg <- auxgama$estimate[2]</pre>
auxlnormal <- fitdistr(paros17[,4],"lognormal")</pre>
aln <- auxlnormal$estimate[1]</pre>
bln <- auxlnormal$estimate[2]</pre>
curve(dweibull(x,aw ,bw),type="1",lwd=2,col=2,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dgamma(x,ag,bg),type="1",lwd=2,col=1,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dlnorm(x,aln,bln),type="1",lwd=2,col=4,bty="n",lty=1,add=TRUE)
legend(100, 0.022, c("Gamma", "Weibull", "Log-normal"), lwd=2, lty =
1, col = c(1, 2, 4), bty = "n")
matrizaux <- matrix(NA,3,3)</pre>
matrizaux[1,] <- c(aw,bw,auxweibull$loglik)</pre>
matrizaux[2,] <- c(ag,bg,auxgama$loglik)</pre>
matrizaux[3,] <- c(aln,bln,auxlnormal$loglik)</pre>
 write.csv(matrizaux, file="c:/rexcel/isai/AC17.csv")
### PARO COMP 17 ### PARO COMP 17 ### PARO COMP 17 ### PARO COMP 17
```

```
hist (paros17[,5], freq = FALSE, ylim=c(0,0.022))
auxweibull <- fitdistr(paros17[,5],"weibull")</pre>
aw <- auxweibull$estimate[1]</pre>
bw <- auxweibull$estimate[2]</pre>
auxgama <- fitdistr(paros17[,5],"gamma")</pre>
ag <- auxgama$estimate[1]</pre>
bg <- auxgama$estimate[2]</pre>
auxlnormal <- fitdistr(paros17[,5],"lognormal")</pre>
aln <- auxlnormal$estimate[1]</pre>
bln <- auxlnormal$estimate[2]</pre>
curve(dweibull(x,aw ,bw),type="1",lwd=2,col=2,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dgamma(x,ag,bg),type="l",lwd=2,col=1,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dlnorm(x,aln,bln),type="1",lwd=2,col=4,bty="n",lty=1,add=TRUE)
legend(100, 0.022, c("Gamma", "Weibull", "Log-normal"), lwd=2, lty =
1, col = c(1, 2, 4), bty = "n")
 matrizaux <- matrix(NA,3,3)</pre>
 matrizaux[1,] <- c(aw,bw,auxweibull$loglik)</pre>
 matrizaux[2,] <- c(aq,bq,auxqama$loqlik)</pre>
 matrizaux[3,] <- c(aln,bln,auxlnormal$loglik)</pre>
  write.csv(matrizaux, file="c:/rexcel/isai/COMP17.csv")
### PARO ND 17 ### PARO ND 17 ### PARO ND 17 ### PARO ND 17 ### PARO
hist(paros17[,6],freq = FALSE,ylim=c(0,0.030))
auxweibull <- fitdistr(paros17[,6],"weibull")</pre>
aw <- auxweibull$estimate[1]</pre>
bw <- auxweibull$estimate[2]</pre>
auxgama <- fitdistr(paros17[,6], "gamma")</pre>
ag <- auxgama$estimate[1]</pre>
bg <- auxgama$estimate[2]</pre>
auxlnormal <- fitdistr(paros17[,6],"lognormal")</pre>
aln <- auxlnormal$estimate[1]</pre>
bln <- auxlnormal$estimate[2]</pre>
curve(dweibull(x,aw ,bw),type="1",lwd=2,col=2,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dgamma(x,ag,bg),type="l",lwd=2,col=1,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dlnorm(x,aln,bln),type="1",lwd=2,col=4,bty="n",lty=1,add=TRUE)
legend(75, 0.03, c("Gamma", "Weibull", "Log-normal"), lwd=2, lty
1, col = c(1, 2, 4), bty = "n")
 matrizaux <- matrix(NA,3,3)</pre>
 matrizaux[1,] <- c(aw,bw,auxweibull$loglik)</pre>
```

```
matrizaux[2,] <- c(ag,bg,auxgama$loglik)</pre>
 matrizaux[3,] <- c(aln,bln,auxlnormal$loglik)</pre>
  write.csv(matrizaux, file="c:/rexcel/isai/ND17.csv")
### PARO LG 17 ### PARO LG 17 ### PARO LG 17 ### PARO LG 17 ### PARO
hist(paros17[,7],freq = FALSE,ylim=c(0,0.045))
auxweibull <- fitdistr(paros17[,7],"weibull")</pre>
aw <- auxweibull$estimate[1]</pre>
bw <- auxweibull$estimate[2]</pre>
auxgama <- fitdistr(paros17[,7],"gamma")</pre>
ag <- auxgama$estimate[1]</pre>
bg <- auxgama$estimate[2]</pre>
auxlnormal <- fitdistr(paros17[,7],"lognormal")</pre>
aln <- auxlnormal$estimate[1]</pre>
bln <- auxlnormal$estimate[2]</pre>
curve(dweibull(x,aw ,bw),type="1",lwd=2,col=2,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dgamma(x,ag,bg),type="1",lwd=2,col=1,bty="n",lty=1,add=TRUE)
curve(dlnorm(x,aln,bln),type="1",lwd=2,col=4,bty="n",lty=1,add=TRUE)
legend(75, 0.03, c("Gamma", "Weibull","Log-normal"),lwd=2,lty
1, col = c(1, 2, 4), bty = "n")
 matrizaux <- matrix(NA, 3, 3)</pre>
 matrizaux[1,] <- c(aw,bw,auxweibull$loglik)</pre>
 matrizaux[2,] <- c(aq,bq,auxqama$loqlik)</pre>
 matrizaux[3,] <- c(aln,bln,auxlnormal$loglik)</pre>
  write.csv(matrizaux, file="c:/rexcel/isai/LG17.csv")
```

Anexo B

Cálculos de los índices para la prensa 17

Día	LM	R	СС	AC	ССМР	ND	LG
1	110	47	0	42	5	14	0
2	68	75	174	6	98	13	24
3	238	55	3	71	39	9	8
4	10	0	9	17	10	6	0
5	235	72	31	73	20	30	0
6	120	103	31	52	47	59	5
7	136	108	24	157	38	56	0
8	148	44	38	81	36	8	8
9	26	88	151	12	141	76	36
10	187	103	50	95	26	9	0
11	30	72	13	51	86	13	2
12	103	95	146	13	102	35	24
13	0	41	39	18	48	4	40
14	41	108	96	11	45	25	114
15	19	56	110	1	39	19	73
16	208	116	8	81	22	65	21
17	97	45	59	53	25	17	53
18	40	0	9	0	4	0	0
19	72	14	89	38	24	20	15
20	81	120	173	7	48	18	43
21	191	106	18	112	14	35	1
22	173	105	104	96	11	33	8
23	24	94	23	53	35	25	0
24	162	28	15	104	64	5	0
25	54	50	53	66	16	145	56
26	228	121	33	85	3	38	0
27	132	96	71	78	15	38	8
28	64	106	252	22	42	18	31

LM	R	СС	AC	ССМР	ND	LG
0.7208	0.7751	1.0000	0.7558	0.9682	0.9034	1.0000
0.8274	0.6411	0.3095	0.9651	0.3758	0.9103	0.8841
0.3959	0.7368	0.9881	0.5872	0.7516	0.9379	0.9614
0.9746	1.0000	0.9643	0.9012	0.9363	0.9586	1.0000
0.4036	0.6555	0.8770	0.5756	0.8726	0.7931	1.0000
0.6954	0.5072	0.8770	0.6977	0.7006	0.5931	0.9758
0.6548	0.4833	0.9048	0.0872	0.7580	0.6138	1.0000
0.6244	0.7895	0.8492	0.5291	0.7707	0.9448	0.9614
0.9340	0.5789	0.4008	0.9302	0.1019	0.4759	0.8261
0.5254	0.5072	0.8016	0.4477	0.8344	0.9379	1.0000
0.9239	0.6555	0.9484	0.7035	0.4522	0.9103	0.9903
0.7386	0.5455	0.4206	0.9244	0.3503	0.7586	0.8841
1.0000	0.8038	0.8452	0.8953	0.6943	0.9724	0.8068
0.8959	0.4833	0.6190	0.9360	0.7134	0.8276	0.4493
0.9518	0.7321	0.5635	0.9942	0.7516	0.8690	0.6473
0.4721	0.4450	0.9683	0.5291	0.8599	0.5517	0.8986
0.7538	0.7847	0.7659	0.6919	0.8408	0.8828	0.7440
0.8985	1.0000	0.9643	1.0000	0.9745	1.0000	1.0000
0.8173	0.9330	0.6468	0.7791	0.8471	0.8621	0.9275
0.7944	0.4258	0.3135	0.9593	0.6943	0.8759	0.7923
0.5152	0.4928	0.9286	0.3488	0.9108	0.7586	0.9952
0.5609	0.4976	0.5873	0.4419	0.9299	0.7724	0.9614
0.9391	0.5502	0.9087	0.6919	0.7771	0.8276	1.0000
0.5888	0.8660	0.9405	0.3953	0.5924	0.9655	1.0000
0.8629	0.7608	0.7897	0.6163	0.8981	0.0000	0.7295
0.4213	0.4211	0.8690	0.5058	0.9809	0.7379	1.0000
0.6650	0.5407	0.7183	0.5465	0.9045	0.7379	0.9614
0.8376	0.4928	0.0000	0.8721	0.7325	0.8759	0.8502

29	394	48	67	35	22	47	5	0.0000	0.7703	0.7341	0.7965	0.8599	0.6759	0.9758
30	13	0	48	26	13	12	0					0.9172		
31	86	47	0	45	9	47	9	0.7817	0.7751	1.0000	0.7384	0.9427	0.6759	0.9565
32	62	78	86	22	120	88	0	0.8426	0.6268	0.6587	0.8721	0.2357	0.3931	1.0000
33	32	52	199	16	11	131	0	0.9188	0.7512	0.2103	0.9070	0.9299	0.0966	1.0000
34	16	38	77	65	78	15	0	0.9594	0.8182	0.6944	0.6221	0.5032	0.8966	1.0000
35	72	106	121	35	66	79	19	0.8173	0.4928	0.5198	0.7965	0.5796	0.4552	0.9082
36	124	57	59	73	22	41	12	0.6853	0.7273	0.7659	0.5756	0.8599	0.7172	0.9420
37	124	89	58	86	35	57	32	0.6853	0.5742	0.7698	0.5000	0.7771	0.6069	0.8454
38	64	0	63	17	74	20	16	0.8376	1.0000	0.7500	0.9012	0.5287	0.8621	0.9227
39	70	82	51	172	31	41	0	0.8223	0.6077	0.7976	0.0000	0.8025	0.7172	1.0000
40	22	102	148	52	94	50	0	0.9442	0.5120	0.4127	0.6977	0.4013	0.6552	1.0000
41	145	104	96	140	47	12	0	0.6320	0.5024	0.6190	0.1860	0.7006	0.9172	1.0000
42	89	69	47	39	61	9	2	0.7741	0.6699	0.8135	0.7733	0.6115	0.9379	0.9903
43	37	0	25	111	20	8	5	0.9061	1.0000	0.9008	0.3547	0.8726	0.9448	0.9758
44	46	48	85	0	25	21	30	0.8832	0.7703	0.6627	1.0000	0.8408	0.8552	0.8551
45	134	119	69	125	45	29	33	0.6599	0.4306	0.7262	0.2733	0.7134	0.8000	0.8406
46	107	121	34	80	45	29	9	0.7284	0.4211	0.8651	0.5349	0.7134	0.8000	0.9565
47	0	80	148	0	101	29	9					0.3567		0.9565
48	19	0	2	0	6	4	0					0.9618		1.0000
49	115	91	13	73	142	37	62					0.0955		0.7005
50	101	107	17	78	37	37	15					0.7643		
51	209	90	76	79	21	37	22					0.8662		
52	143	97	45	37	67	0	27					0.5732		0.8696
53	56	49 or	55 42	62	43	27	15					0.7261		
54 55	62 41	95 106	42 107	8 33	17 83	40 32	14 46		0.3455			0.8917 0.4713		
56	90	88	85	31	28	32 7	0					0.4713		1.0000
57	208	113	48	96	36	30	5					0.7707		
58	40	40	96	11	38	64	35					0.7580		
59	112	105	55	48	25	34	77					0.8408		
60	0	114	168	0	88	92	207					0.4395		
61	250	93	53	47	63	36	58					0.5987		
62	128	95	71	38	32	33	45	0.6751	0.5455	0.7183	0.7791	0.7962	0.7724	0.7826
63	137	34	41	58	0	23	16	0.6523	0.8373	0.8373	0.6628	1.0000	0.8414	0.9227
64	143	72	50	75	16	29	14	0.6371	0.6555	0.8016	0.5640	0.8981	0.8000	0.9324
65	46	53	59	10	22	61	20	0.8832	0.7464	0.7659	0.9419	0.8599	0.5793	0.9034
66	31	0	47	0	37	13	3	0.9213	1.0000	0.8135	1.0000	0.7643	0.9103	0.9855
67	33	0	1	51	0	20	71	0.9162	1.0000	0.9960	0.7035	1.0000	0.8621	0.6570
68	151	70	45	51	43	46	24	0.6168	0.6651	0.8214	0.7035	0.7261	0.6828	0.8841
69	189	89	11	84	34	39	3	0.5203	0.5742	0.9563	0.5116	0.7834	0.7310	0.9855
70	210	114	24	61	46	58	15	0.4670	0.4545	0.9048	0.6453	0.7070	0.6000	0.9275
71	133	106	55	36	107	128	7	0.6624	0.4928	0.7817	0.7907	0.3185	0.1172	0.9662

72	0	0	15	8	2	12	5	1.0000	1.0000	0.9405	0.9535	0.9873	0.9172	0.9758
73	105	69	9	51	43	17	8					0.7261		
74	0	50	102	29	83	35	10	1.0000	0.7608	0.5952	0.8314	0.4713	0.7586	0.9517
75	147	60	62	77	28	58	21	0.6269	0.7129	0.7540	0.5523	0.8217	0.6000	0.8986
76	147	97	68	44	41	37	10	0.6269	0.5359	0.7302	0.7442	0.7389	0.7448	0.9517
77	109	109	86	40	51	27	28	0.7234	0.4785	0.6587	0.7674	0.6752	0.8138	0.8647
78	77	53	76	25	47	19	0	0.8046	0.7464	0.6984	0.8547	0.7006	0.8690	1.0000
79	51	58	37	0	8	2	13	0.8706	0.7225	0.8532	1.0000	0.9490	0.9862	0.9372
80	24	52	60	6	23	137	0	0.9391	0.7512	0.7619	0.9651	0.8535	0.0552	1.0000
81	54	88	49	45	54	16	13	0.8629	0.5789	0.8056	0.7384	0.6561	0.8897	0.9372
82	145	105	52	107	47	31	57	0.6320	0.4976	0.7937	0.3779	0.7006	0.7862	0.7246
83	126	209	41	62	43	33	17	0.6802	0.0000	0.8373	0.6395	0.7261	0.7724	0.9179
84	55	99	51	10	112	71	29	0.8604	0.5263	0.7976	0.9419	0.2866	0.5103	0.8599
85	19	50	105	23	79	12	9	0.9518	0.7608	0.5833	0.8663	0.4968	0.9172	0.9565
86	62	106	50	41	71	29	5	0.8426	0.4928	0.8016	0.7616	0.5478	0.8000	0.9758
87	62	95	90	49	65	47	56	0.8426	0.5455	0.6429	0.7151	0.5860	0.6759	0.7295
88	85	102	158	23	73	52	85	0.7843	0.5120	0.3730	0.8663	0.5350	0.6414	0.5894
89	114	90	37	56	67	30	68	0.7107	0.5694	0.8532	0.6744	0.5732	0.7931	0.6715
90	73	41	0	132	32	25	5	0.8147	0.8038	1.0000	0.2326	0.7962	0.8276	0.9758
91	151	102	4	138	30	25	0	0.6168	0.5120	0.9841	0.1977	0.8089	0.8276	1.0000
92	151	95	42	46	45	46	43	0.6168	0.5455	0.8333	0.7326	0.7134	0.6828	0.7923
93	134	97	90	75	37	28	48		0.5359			0.7643		
94	78	83	49	105	42	31	23	0.8020				0.7325		0.8889
95	20	0	13	14	29	35	0		1.0000	0.9484		0.8153		1.0000
96	129	36	25	4	82	52	43	0.6726				0.4777		
97	150	87	31	54	53	23	7		0.5837			0.6624		
98	179	48	75	45	26	75	17		0.7703			0.8344		0.9179
99	83	41	13	27	33	8	23					0.7898		0.8889
100	89	96	185	29	103	30	81					0.3439		
101	86	99	83	25	59	75 72	37					0.6242		
102	109	96	44 62	111	13	72 26	8					0.9172		
103 104	141 93	104 41	62 64	107 77	12 23	26 14	24 29					0.9236 0.8535		
104	65	97	57	67	65	30	44					0.5860		
106	105	108	49	33	23	39	41					0.8535		
107	39	103	85	9	71	69	18					0.5478		
108	0	40	42	9	41	11	12					0.7389		
109	159	91	46	16	157	125	42					0.0000		
110	82	104	69	32	51	4	27					0.6752		
111	152	102	32	60	46	6	10					0.7070		
112	0	38	0	158	91	63	70					0.4204		
113	89	119	0	105	133	81	69					0.1529		
114	107	108	119	45	51	31	29							0.8599

	•								•						
115	126	83	32	82	48	26	30		0.6802	0.6029	0.8730	0.5233	0.6943	0.8207	0.8551
116	141	84	84	33	66	15	57		0.6421	0.5981	0.6667	0.8081	0.5796	0.8966	0.7246
117	28	27	52	2	82	39	14		0.9289	0.8708	0.7937	0.9884	0.4777	0.7310	0.9324
118	132	42	20	130	66	21	8		0.6650	0.7990	0.9206	0.2442	0.5796	0.8552	0.9614
119	193	87	7	60	64	9	25		0.5102	0.5837	0.9722	0.6512	0.5924	0.9379	0.8792
120	163	48	28	11	71	13	32		0.5863	0.7703	0.8889	0.9360	0.5478	0.9103	0.8454
121	67	39	90	19	43	23	48		0.8299	0.8134	0.6429	0.8895	0.7261	0.8414	0.7681
122	0	0	11	8	13	3	35		1.0000	1.0000	0.9563	0.9535	0.9172	0.9793	0.8309
123	103	81	151	57	79	27	66		0.7386	0.6124	0.4008	0.6686	0.4968	0.8138	0.6812
124	145	88	117	33	27	39	48		0.6320	0.5789	0.5357	0.8081	0.8280	0.7310	0.7681
125	141	76	69	43	55	23	37		0.6421	0.6364	0.7262	0.7500	0.6497	0.8414	0.8213
126	153	50	2	88	28	6	12		0.6117	0.7608	0.9921	0.4884	0.8217	0.9586	0.9420
127	19	37	60	7	109	20	19		0.9518	0.8230	0.7619	0.9593	0.3057	0.8621	0.9082
128	140	81	70	47	46	26	13		0.6447	0.6124	0.7222	0.7267	0.7070	0.8207	0.9372
129	132	85	30	43	70	29	60		0.6650	0.5933	0.8810	0.7500	0.5541	0.8000	0.7101
130	136	76	33	20	36	44	11		0.6548	0.6364	0.8690	0.8837	0.7707	0.6966	0.9469
131	155	62	41	25	57	32	42		0.6066	0.7033	0.8373	0.8547	0.6369	0.7793	0.7971
132	41	52	19	12	32	6	19		0.8959	0.7512	0.9246	0.9302	0.7962	0.9586	0.9082
133	214	42	14	47	19	3	0		0.4569	0.7990	0.9444	0.7267	0.8790	0.9793	1.0000
						Indic	adore	S	0.7451	0.6497	0.7635	0.7077	0.6959	0.7605	0.8797
						Pe	esos		0.4802	0.0949	0.1404	0.1691	0.0596	0.0098	0.0461
						Indi	icador	•	0.7357						

Cálculos de los índices para la prensa 19

Día	LM	ССМР	СС	ND	AC	RE	LG
1	14	78	86	57	20	63	45
2	69	79	106	70	77	21	1
3	175	50	122	8	15	1	49
4	222	79	73	24	126	32	71
5	169	28	55	86	34	5	14
6	211	89	41	81	31	64	13
7	36	168	52	136	137	38	52
8	287	39	57	71	74	28	10
9	126	52	6	34	85	6	5
10	202	108	74	23	27	41	5
11	221	109	13	104	22	78	2
12	59	58	97	40	32	11	54
13	106	134	174	28	45	2	60
14	72	6	0	1	21	0	0

LM	ССМР	СС	ND	AC	RE	LG
0.9529	0.6736	0.8472	0.8627	0.9270	0.6897	0.6484
0.7677	0.6695	0.8117	0.8313	0.7190	0.8966	0.9922
0.4108	0.7908	0.7833	0.9807	0.9453	0.9951	0.6172
0.2525	0.6695	0.8703	0.9422	0.5401	0.8424	0.4453
0.4310	0.8828	0.9023	0.7928	0.8759	0.9754	0.8906
0.2896	0.6276	0.9272	0.8048	0.8869	0.6847	0.8984
0.8788	0.2971	0.9076	0.6723	0.5000	0.8128	0.5938
0.0337	0.8368	0.8988	0.8289	0.7299	0.8621	0.9219
0.5758	0.7824	0.9893	0.9181	0.6898	0.9704	0.9609
0.3199	0.5481	0.8686	0.9446	0.9015	0.7980	0.9609
0.2559	0.5439	0.9769	0.7494	0.9197	0.6158	0.9844
0.8013	0.7573	0.8277	0.9036	0.8832	0.9458	0.5781
0.6431	0.4393	0.6909	0.9325	0.8358	0.9901	0.5313
0.7576	0.9749	1.0000	0.9976	0.9234	1.0000	1.0000

15	128	17	4	119	4	10	0	0.5690	0.9289	0.9929	0.7133	0.9854	0.9507	1.0000
16	31	55	563	17	13	24	10		0.7699		0.9590			0.9219
17	69	145	158	46	26	16	3	0.7677				0.9051		
18	185	92	63	24	23	9	47							0.6328
19	19	92	131	16	21	37	39	0.9360			0.9614		0.8177	0.6953
20	182	174	103	42	40	13	48	0.3872	0.2720		0.8988	0.8540	0.9360	0.6250
21	64	116	61	30	68	11	2				0.9277		0.9458	0.9844
22	171	55	47	27	8	19	17	0.4242	0.7699	0.9165	0.9349	0.9708	0.9064	0.8672
23	80	24	7	8	38	0	0	0.7306	0.8996	0.9876	0.9807	0.8613	1.0000	1.0000
24	116	90	17	68	18	31	17	0.6094	0.6234	0.9698	0.8361	0.9343	0.8473	0.8672
25	176	60	14	37	31	65	51	0.4074	0.7490	0.9751	0.9108	0.8869	0.6798	0.6016
26	156	120	22	107	7	69	32	0.4747	0.4979	0.9609	0.7422	0.9745	0.6601	0.7500
27	144	88	60	46	30	102	36	0.5152	0.6318	0.8934	0.8892	0.8905	0.4975	0.7188
28	105	124	62	78	48	0	42	0.6465	0.4812	0.8899	0.8120	0.8248	1.0000	0.6719
29	236	80	24	55	41	47	12	0.2054	0.6653	0.9574	0.8675	0.8504	0.7685	0.9063
30	36	40	46	26	0	21	0	0.8788	0.8326	0.9183	0.9373	1.0000	0.8966	1.0000
31	143	94	73	96	46	14	0	0.5185	0.6067	0.8703	0.7687	0.8321	0.9310	1.0000
32	233	78	57	33	49	22	14	0.2155	0.6736	0.8988	0.9205	0.8212	0.8916	0.8906
33	89	32	58	170	15	123	46	0.7003	0.8661	0.8970	0.5904	0.9453	0.3941	0.6406
34	16	39	184	192	70	63	60	0.9461	0.8368	0.6732	0.5373	0.7445	0.6897	0.5313
35	81	48	64	31	79	60	13	0.7273	0.7992	0.8863	0.9253	0.7117	0.7044	0.8984
36	132	73	130	61	31	17	17	0.5556	0.6946	0.7691	0.8530	0.8869	0.9163	0.8672
37	148	45	46	93	25	50	38	0.5017	0.8117	0.9183	0.7759	0.9088	0.7537	0.7031
38	118	96	37	48	36	48	12	0.6027	0.5983	0.9343	0.8843	0.8686	0.7635	0.9063
39	165	91	92	56	18	43	29	0.4444	0.6192	0.8366	0.8651	0.9343	0.7882	0.7734
40	235	12	21	66	56	0	4	0.2088	0.9498	0.9627	0.8410	0.7956	1.0000	0.9688
41	124	58	0	40	274	18	1	0.5825	0.7573	1.0000	0.9036	0.0000	0.9113	0.9922
42	115	93	105	62	59	1	22	0.6128	0.6109		0.8506	0.7847		0.8281
43	51	51	66	37	0	37	38		0.7866					
44	212	101	8	33	73	22	53					0.7336		
45	0	11	14	6	43	1	22					0.8431		
46	133	105	77	53	78	5	9					0.7153		
47	146	64	25	47	67	5	5					0.7555		
48	196	68	103	24	92	20	13					0.6642		
49	154	54 75	8	40 25	107	10	17					0.6095		
50	102 72	75 99	58 55	35 30	30	17 7	44					0.8905 0.9562		
51 52	110	103	33 88	30 74	12 119	7 21	13 45					0.5657		
53	81	103	92	53	35	27	43					0.8723		
54	239	80	29	39	33 122	7	43					0.5547		
55	73	76	0	39 84	65	0	29					0.7628		
56	149	88	95	39	59	54	3					0.7847		
57	75	11	93 44	60	9	107	70							0.4531
3/	1 /3	TT	44	UU	3	107	70	0.7473	0.5540	0.5218	0.0554	0.50/2	0.4/29	0.4331

58	25	6	202	7	0	44	103	0.9158	0.9749	0.6412	0.9831	1.0000	0.7833	0.1953
59	70	9	80	1	0	55	53	0.7643	0.9623	0.8579	0.9976	1.0000	0.7291	0.5859
60	52	18	0	34	0	100	37	0.8249	0.9247	1.0000	0.9181	1.0000	0.5074	0.7109
61	28	26	77	20	0	105	78	0.9057	0.8912	0.8632	0.9518	1.0000	0.4828	0.3906
62	35	25	71	18	1	30	25	0.8822		0.8739			0.8522	
63	16	16	122	76	0	158	88	0.9461	0.9331	0.7833	0.8169	1.0000	0.2217	0.3125
64	0	0	137	8	0	83	29	1.0000	1.0000	0.7567	0.9807	1.0000	0.5911	0.7734
65	8	17	61	0	0	32	3	0.9731	0.9289	0.8917	1.0000	1.0000	0.8424	0.9766
66	54	36	118	16	0	90	30	0.8182	0.8494	0.7904	0.9614	1.0000	0.5567	0.7656
67	16	17	178	4	0	66	59	0.9461	0.9289	0.6838	0.9904	1.0000	0.6749	0.5391
68	127	34	113	115	0	76	128	0.5724	0.8577	0.7993	0.7229	1.0000	0.6256	0.0000
69	12	12	118	23	0	203	55	0.9596	0.9498	0.7904	0.9446	1.0000	0.0000	0.5703
70	10	8	186	6	0	18	26	0.9663	0.9665	0.6696	0.9855	1.0000	0.9113	0.7969
71	30	54	49	2	0	104	43	0.8990	0.7741	0.9130	0.9952	1.0000	0.4877	0.6641
72	46	18	125	16	0	85	31	0.8451	0.9247	0.7780	0.9614	1.0000	0.5813	0.7578
73	56	47	214	13	0	57	55	0.8114	0.8033	0.6199	0.9687	1.0000	0.7192	0.5703
74	107	3	217	7	0	56	17	0.6397	0.9874	0.6146	0.9831	1.0000	0.7241	0.8672
75	50	4	157	1	0	40	10	0.8316	0.9833	0.7211	0.9976	1.0000	0.8030	0.9219
76	27	111	73	0	15	16	54	0.9091	0.5356	0.8703	1.0000	0.9453	0.9212	0.5781
77	215	58	23	0	130	6	3	0.2761	0.7573	0.9591	1.0000	0.5255	0.9704	0.9766
78	106	76	35	80	0	74	0	0.6431	0.6820	0.9378	0.8072	1.0000	0.6355	1.0000
79	196	108	4	62	69	19	7	0.3401	0.5481	0.9929	0.8506	0.7482	0.9064	0.9453
80	76	126	45	44	52	44	28	0.7441	0.4728	0.9201	0.8940	0.8102	0.7833	0.7813
81	109	0	70	42	21	5	21	0.6330	1.0000	0.8757	0.8988	0.9234	0.9754	0.8359
82	232	52	43	46	76	6	3	0.2189	0.7824	0.9236	0.8892	0.7226	0.9704	0.9766
83	85	154	97	45	35	26	3	0.7138	0.3556	0.8277	0.8916	0.8723	0.8719	0.9766
84	0	28	32	59	47	17	0	1.0000	0.8828	0.9432	0.8578	0.8285	0.9163	1.0000
85	124	128	26	51	72	2	41	0.5825	0.4644	0.9538	0.8771	0.7372	0.9901	0.6797
86	106	25	21	53	33	37	1	0.6431	0.8954	0.9627	0.8723	0.8796	0.8177	0.9922
87	106	130	13	54	94	17	32	0.6431	0.4561	0.9769	0.8699	0.6569	0.9163	0.7500
88	195	18	49	35	88	5	3					0.6788		
89	49	70	20	141	56	37	45	0.8350	0.7071	0.9645	0.6602	0.7956	0.8177	0.6484
90	126	121	75	125	50	16	18					0.8175		
91	96	81	72	22	40	21	0					0.8540		
92	139	106	108	47	39	38	31					0.8577		
93	172	62	21	45	46	15	73					0.8321		
94	120	151	23	17	31	5	32					0.8869		
95	5	12	1	57	176	2	12					0.3577		
96	97	50	18	31	24	9	0					0.9124		
97	20	26	15	6	0	6	0					1.0000		
98	75	76	59	35	13	4	0					0.9526		
99	213	0	38	40	41	10	17					0.8504		
100	220	0	95	84	47	5	55	0.2593	1.0000	0.8313	0.7976	0.8285	0.9754	0.5703

-															
101	0	119	88	54	10	19	8		1.0000	0.5021	0.8437	0.8699	0.9635	0.9064	0.9375
102	133	136	72	66	93	10	6		0.5522	0.4310	0.8721	0.8410	0.6606	0.9507	0.9531
103	193	164	12	86	82	27	0		0.3502	0.3138	0.9787	0.7928	0.7007	0.8670	1.0000
104	226	62	14	92	55	14	15		0.2391	0.7406	0.9751	0.7783	0.7993	0.9310	0.8828
105	203	111	20	39	66	42	8		0.3165	0.5356	0.9645	0.9060	0.7591	0.7931	0.9375
106	111	29	60	58	29	43	0		0.6263	0.8787	0.8934	0.8602	0.8942	0.7882	1.0000
107	58	52	40	394	39	31	12		0.8047	0.7824	0.9290	0.0506	0.8577	0.8473	0.9063
108	189	83	28	0	76	27	36		0.3636	0.6527	0.9503	1.0000	0.7226	0.8670	0.7188
109	178	71	12	51	50	0	15		0.4007	0.7029	0.9787	0.8771	0.8175	1.0000	0.8828
110	16	36	5	63	24	27	0		0.9461	0.8494	0.9911	0.8482	0.9124	0.8670	1.0000
111	77	62	23	58	47	37	20		0.7407	0.7406	0.9591	0.8602	0.8285	0.8177	0.8438
112	204	239	39	124	50	48	44		0.3131	0.0000	0.9307	0.7012	0.8175	0.7635	0.6563
113	268	74	21	114	161	11	8		0.0976	0.6904	0.9627	0.7253	0.4124	0.9458	0.9375
114	175	118	33	58	72	74	24		0.4108	0.5063	0.9414	0.8602	0.7372	0.6355	0.8125
115	174	57	0	279	76	31	16		0.4141	0.7615	1.0000	0.3277	0.7226	0.8473	0.8750
116	125	109	66	106	57	15	0		0.5791	0.5439	0.8828	0.7446	0.7920	0.9261	1.0000
117	138	174	44	41	53	11	43		0.5354	0.2720	0.9218	0.9012	0.8066	0.9458	0.6641
118	130	94	113	21	51	1	3		0.5623	0.6067	0.7993	0.9494	0.8139	0.9951	0.9766
119	204	24	31	30	97	38	15		0.3131	0.8996	0.9449	0.9277	0.6460	0.8128	0.8828
120	85	138	20	8	4	5	86		0.7138	0.4226	0.9645	0.9807	0.9854	0.9754	0.3281
121	231	40	6	17	50	5	0		0.2222	0.8326	0.9893	0.9590	0.8175	0.9754	1.0000
122	90	62	83	84	69	44	23		0.6970	0.7406	0.8526	0.7976	0.7482	0.7833	0.8203
123	132	142	29	36	41	8	10		0.5556	0.4059	0.9485	0.9133	0.8504	0.9606	0.9219
124	127	35	0	54	10	12	2		0.5724	0.8536	1.0000	0.8699	0.9635	0.9409	0.9844
125	50	129	53	54	6	20	16		0.8316	0.4603	0.9059	0.8699	0.9781	0.9015	0.8750
126	159	53	31	33	111	38	1		0.4646	0.7782	0.9449	0.9205	0.5949	0.8128	0.9922
127	143	49	4	26	96	19	0		0.5185	0.7950	0.9929	0.9373	0.6496	0.9064	1.0000
128	0	49	35	54	74	56	30		1.0000	0.7950	0.9378	0.8699	0.7299	0.7241	0.7656
129	46	120	109	148	15	96	86		0.8451	0.4979	0.8064	0.6434	0.9453	0.5271	0.3281
130	160	49	15	70	90	23	5		0.4613	0.7950	0.9734	0.8313	0.6715	0.8867	0.9609
131	143	33	6	190	23	0	10		0.5185	0.8619	0.9893	0.5422	0.9161	1.0000	0.9219
132	120	64	13	415	25	29	6					0.0000			
133	216	63	36	54	98	23	0					0.8699			
134	116	112	31	32	0	18	28					0.9229			
135	153	68	0	140	147	60	84					0.6627			
136	297	8	1	47	123	22	1					0.8867			
137	159	102	66	41	59	7	12		0.4646	0.5732	0.8828	0.9012	0.7847	0.9655	0.9063
						Indi	cadores		U 6U34	U 2085	ሀ 8804	0.8604	በ ያ2በ7	U 8383	በ ያበፍቦ
								,							
							esos licador			0.0039	0.2003	0.0951	0.1302	0.0038	0.0443
						IIIQ	icauur		0.7640						

144