



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO



## MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE SACOS TEJIDOS DE POLIPROPILENO MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

**Tutor Académico:**

Prof. Carlos Hernández

**Tutor Industrial:**

Ing. Katerine Córdova

Autor:

GUEVARA, Julmary

Valencia, Octubre de 2008



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO



## **MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE SACOS TEJIDOS DE POLIPROPILENO MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**

*Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo para  
optar al título de Ingeniero Químico*

**Tutor Académico:**

Prof. Carlos Hernández

**Tutor Industrial:**

Ing. Katerine Córdova

Autor:

GUEVARA, Julmary

Valencia, Octubre de 2008



## AGRADECIMIENTOS

- *En primer lugar a dios, por permitirme culminar mi carrera.*
- *A la Universidad de Carabobo, por haber sido mí casa estudio.*
- *A la empresa Maxca C.A., por permitirme alcanzar el último requisito de mi carrera.*
- *A mi tía Noris, por su apoyo en aquel momento.*
- *A mi tutor, Prof. Carlos Hernández, por toda la colaboración que me brindó, y la ayuda incondicional.*
- *Y a todos aquellos que una u otra manera han contribuido en este trabajo especial de grado.*



## DEDICATORIA

- *A mi padre, quien siempre ha estado a mi lado incondicionalmente.*
- *A mi madre por guiarme en los primeros pasos de mi vida.*
- *A mi novio, José Luis, por apoyarme en todo momento.*
- *A mi hermano, Julio, por ser mi guía durante toda mi vida.*
- *A mi hermanito, César, por darme momentos de alegrías cuando más lo necesitaba.*
- *A Mahyra, porque siempre me ha brindado una mano amiga.*
- *A mi tía Noris, porque este logro fue también gracias a ti.*
- *A mis amigos Giselle, Oscar y Alan, por su apoyo durante todos estos años.*



---

**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE SACOS TEJIDOS DE  
POLIPROPILENO MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**

Autor: Julmary Guevara

Tutor: Prof. Carlos Hernández

Fecha: Octubre de 2008

**RESUMEN**

El presente trabajo de grado consiste en el mejoramiento del proceso de extrusión de sacos tejidos de polipropileno mediante control estadístico de procesos en la empresa MAXCA C.A., ya que debido a la falta de control en la variable Denier el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones, ocasionando grandes pérdidas de dinero y material. El área en estudio consta de 4 extrusoras. Se realizó el diagnóstico de la variabilidad del Denier mediante la recolección de datos existentes en la empresa, de los cuales se obtuvieron las tasas de desperdicios. Posteriormente se realizó un muestreo en las extrusora en estudio que permitió el análisis de la estabilidad del proceso, mediante la utilización de Histogramas de Frecuencias, la Prueba de Kolmogonov-Smirnov y los Gráficos de Control, luego se realizaron entrevistas al personal involucrado con el mismo, de tipo no estructura que permitió la construcción de los diagramas de causa – efecto y Pareto, concluyéndose sobre estos teniéndose que implementar medidas correctivas para solventar la inestabilidad del proceso, posteriormente se estudió la capacidad, mediante los indicadores Cp y Cpk, construyendo Diagramas de causa – efecto basándose en las entrevista al personal pero enfocadas en las variables que lo hacían incapaz, analizándolas, para así proponer soluciones a la situación, seleccionar la mejor mediante una matriz de selección y calcular la relación costo-beneficio de la implementación de la solución seleccionada. Entre las conclusiones más importantes se tiene que las pérdidas monetarias oscilan alrededor de 68.000 BsF mensuales. Además de que el proceso no era estable, siendo la principal causa la manipulación de las variables de proceso por parte del personal de extrusión, por lo cual se estandarizaron los parámetros lo que hizo estable al proceso; además el proceso era incapaz, proponiéndose como solución más adecuada, la calibración correcta del cabezal, búsqueda de la velocidad adecuada del tornillo extrusor y limpieza del filtro. Se justifica económicamente la implementación de la mejora planteada. Se recomendó la consecución del control estadístico de procesos para optimizar el proceso.

**Palabras Claves:** estabilidad y capacidad estadística, índices de capacidad



## LISTA DE SIMBOLOS

$BenefM_i$	Fracción de beneficios mensuales del salario del personal “i”
$Benef_{Ext_i}$	Beneficio económico después de acciones correctivas en la extrusora “i”
$CF$	Capital fijo
$C_p$	Capacidad potencial de un proceso
$C_{pk}$	Capacidad real de un proceso
$Cr$	Costo de elaboración de 1 kilogramo de rafia
$C_{torquímetro}$	Costo del torquímetro
$C_{tornillos}$	Costos de los tornillos
$C_{Ti}$	Costo del tornillo “i”
$CMO_i$	Costo de Mano de Obra por el personal “i”
$Cop_T$	Costo operacionales total
$Cop_{Ti}$	Costo de mano de obra total en al año “i”
$Den_i$	Denier de la zona “i”
$Den_M$	Denier máximo permitido
$EA$	Equivalente Anual
$Ft_0$	Flujo monetario neto para el año “0”
$Ft_i$	Flujo monetario en el año “i”
$I$	Tasa de rendimiento anual del Banco Central de Venezuela
$II$	Inversión Inicial
$IB_i$	Ahorro anual neto en el año “i”
$Lf_i$	Longitud del filamento de la zona “i”
$Mr_{Ai}$	Cantidad de Material de rafia con Denier por encima de especificación en la zona “i”
$Mr_i$	Cantidad de material de rafia de la zona “i”
$Mr_T$	Cantidad de material total de rafia



---

$Mr_{TA}$	Cantidad de material total de rafia con Denier por encima de especificación
$Mr_{TB}$	Cantidad de material total de rafia con Denier por debajo de especificación
$N_i$	Números de trabajadores “i”
$Nh_y$	Número de hilos de la extrusora “y”
$Nz_y$	Número de zonas de la extrusora “y”
$PM_1$	Pérdidas monetarias antes de las acciones correctivas
$PM_2$	Pérdidas monetarias luego de las acciones correctivas
$Pc$	Fracción que deja de percibirse por cada kilogramo de rafia con Denier por debajo de especificación
$Pd$	Porcentaje de productos defectuosos (%)
$Pm$	Pérdidas de material
$P_{FILTRO}$	Presión del filtro
$Pf_i$	Peso del filamento de la zona “i”
$PM_A$	Pérdidas monetarias por hilos de rafia con Denier por encima de especificación
$PM_B$	Pérdidas monetarias por hilos de rafia con Denier por debajo de especificación
$PM_{RD}$	Porcentaje real de rafia desperdiciada (%).
$PM_{RDA}$	Promedio mensual de cantidad de material defectuoso por rafia con Denier por encima de especificación
$PM_{RDB}$	Promedio mensual de cantidad de material defectuoso por rafia con Denier por debajo de especificación
$PM_{RT}$	Promedio mensual de cantidad de material de rafia producida
R	Rango
Re	Relación de estiraje
$R/P_{i,n}$	Factor de recuperación de capital

---



---

$\bar{s}$	Desviación típica muestral
$SDM_i$	Salario a devengar mensual por el personal “i”
$TIR$	Tasa interna de retorno
$T1$	Temperatura 1
$T2$	Temperatura 2
$T3$	Temperatura 3
$T4$	Temperatura 4
$T5$	Temperatura 5
$VA$	Valor actual
$V_{MOTOR}$	Velocidad del motor del tornillo extrusor
$VR_y$	Velocidad real de la extrusora “y”
$VR_i$	Valor residual de las herramientas y accesorios
$V_{TORNILLO}$	Velocidad del tornillo extrusor
$V1$	Velocidad de los godets de salida
$V2$	Velocidad de los godets de estiramiento
$V3$	Velocidad de los godets de salida
$Z$	Abscisa tipificada
$c_4$	Parámetro que depende del número de medidas del subgrupo
$fc_1$	Factor de conversión 1
$fc_2$	Factor de conversión 2
$fc_3$	Factor de conversión 3
$n$	Número de años de la proyección económica.
$r^*$	Año en que se paga la inversión inicial
$x$	Valor de la abscisa
$\sigma$	Desviación estándar
$\lambda$	Índice de falla del sistema
$\mu$	Media poblacional
$\phi(z)$	Área que en la normal tipificada hay desde “z” a la izquierda

---



---

---

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción del problema.....	4
1.2. Formulación del problema.....	6
1.2.1. Situación actual.....	6
1.2.2. Situación deseada.....	6
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. Objetivo general.....	7
1.3.2. Objetivos específicos.....	7
1.4. Justificación.....	8
1.5. Limitaciones.....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.2. Plásticos y polímeros.....	16
2.3. Fabricación y obtención de plásticos.....	17
2.3.1. Materias primas.....	17
2.3.2. Mecanismos de síntesis.....	19
• Reacciones de síntesis.....	19
• Modificación con aditivos.....	19
2.4. Polipropileno.....	19
2.4.1. Polipropileno homopolímero.....	20
2.4.2. Polipropileno copolímero.....	20
2.4.3. Polipropileno copolímero random.....	21
2.5. Principales procesos para la obtención de productos plásticos.....	21
2.5.1. Compresión.....	21
2.5.2. Estratificación.....	21
2.5.3. Extrusión.....	22
2.5.3.1. Extrusoras de uno y varios tornillos.....	22
2.5.3.2. Temperaturas y velocidades equilibradas.....	23



---

2.5.4. Extrusión inflado.....	24
2.5.5. Inyección.....	24
2.5.6. Modelo rotacional.....	25
2.6. Control estadístico de procesos (CEP).....	25
2.7. Tipos de causas de variación en un procesos.....	26
2.7.1. Causas no asignables.....	26
2.7.2. Causas asignables.....	27
2.8. Tamaño y frecuencia del muestreo en gráficos de control.....	27
2.9. Distribuciones de frecuencias.....	28
2.9.1. Histograma de Frecuencias.....	29
2.9.2. Distribuciones de probabilidad.....	30
• Distribuciones discretas importantes.....	30
• Distribución Hipergeométrica.....	30
• Distribución Binomial.....	31
• Distribución de Poisson.....	31
• Distribución de Pascal.....	31
• Distribuciones continuas importantes.....	31
• Distribución Normal.....	32
• Distribución Exponencial.....	33
• Distribución Gamma.....	34
• Distribución de Weibull.....	34
2.10. Gráficos de control.....	35
2.10.1. Gráficos de control por variables.....	35
2.10.2. Gráficos de control por Atributos.....	36
2.10.3. Patrones de comportamiento no natural en gráficos de control.....	37
2.10.4. Pruebas de inestabilidad.....	37
• Prueba N° 1.....	38
• Prueba N° 2.....	39
• Prueba N° 3.....	39

---



---

• Prueba N° 4.....	39
2.11. Capacidad o aptitud de un proceso.....	40
2.12. Análisis de la capacidad del proceso.....	42
2.12.1. Análisis de la capacidad mediante histogramas de frecuencias.....	42
2.12.2. Análisis de capacidad mediante diagramas de control.....	44
2.12.3. Análisis de capacidad mediante experimentos diseñados.....	44
2.13. Análisis económico.....	45
2.13.1. Modelos de rentabilidad.....	45
2.13.2. Valor actual (VA) .....	46
2.13.3. Equivalente anual (EA) .....	46
2.13.4. Tiempo de pago (TP o r*).....	47
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	48
3.1. Tipo de investigación.....	48
3.2. Fase de reconocimiento.....	48
3.2.1. Observación directa del proceso de elaboración de sacos tejidos de polipropileno.....	49
3.2.2. Entrevista al personal involucrado en el proceso de extrusión- rafia.....	49
3.2.3. Normas de seguridad.....	49
3.2.4. Características de calidad que se inspeccionan.....	49
3.2.5. Ubicación de los puntos de inspección o toma de muestra.....	49
3.3. Fase exploratoria.....	50
3.4. Determinación de la estabilidad del proceso de extrusión-rafia.....	53
3.4.1. Tamaño y frecuencia del muestreo.....	54
3.4.1.1. Tamaño del muestreo.....	54
3.4.1.2. Frecuencia del muestreo.....	55
3.4.2. Selección de los gráficos de control.....	55
3.4.3. Transformación de datos.....	56
3.4.4. Construcción y análisis de los gráficos de control histogramas de frecuencia y pruebas de normalidad.....	56

---



---

3.4.5. Determinación de las posibles causas que influyen en la variabilidad del Denier.....	56
3.4.5.1. Materia prima.....	57
3.4.5.2. Maquinas y equipos.....	57
3.4.5.3. Mano de obra.....	57
3.4.5.4. Métodos.....	57
3.4.5.5. Medio ambiente.....	57
3.4.5.6. Mantenimiento.....	57
3.5. Determinación de la capacidad del proceso de extrusión-rafia.....	58
3.6. Determinación de las variables que influyen en la incapacidad del proceso de extrusión.....	61
3.7. Generación de alternativas de solución para solventar la problemática.....	62
3.8. Selección de la(s) mejor(es) alternativa(s) de solución.....	62
3.8.1. Definición de los criterios de evaluación.....	63
• Impacto ambiental.....	63
• Disponibilidad de personal en planta.....	63
• Disponibilidad de personal especializado.....	63
• Probabilidad de éxito.....	63
• Costo de implementación .....	63
3.8.2. Ponderación de los criterios de evaluación.....	63
3.8.3. Construcción y ejecución de la matriz de selección.....	64
3.9. Determinación de la relación costo-beneficio de la(s) alternativa(s) seleccionada(s).....	64
• Costo de adquisición de equipos y herramientas.....	64
• Costos operacionales.....	65
• Valor actual (VA).....	65
• Equivalente anual (EA).....	67
• Tiempo de retorno de la inversión.....	68
3.10. Desarrollo de programa en excel para el seguimiento de la variable Denier .....	68

---



---

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	70
4.1. Diagnóstico.....	70
4.2. Estabilidad del proceso.....	75
• Extrusora N° 1.....	76
• Extrusora N° 3.....	79
• Extrusora N° 4.....	81
4.3. Análisis de causas de variabilidad del Denier.....	84
4.3.1. Diagrama causa-efecto.....	84
4.3.2. Diagrama de pareto.....	86
4.4. Medidas correctivas para estabilizar el proceso de extrusión- rafia.....	87
4.4.1. Estandarización de las variables.....	88
4.4.2. Información y motivación al personal.....	89
4.4.3. Método de recolección de datos.....	89
4.4.4. Puesta a punto de la extrusoras.....	89
4.5. Análisis de estabilidad de las extrusoras luego de la aplicación de las medidas correctivas.....	89
• Extrusora N° 1.....	89
• Extrusora N° 4.....	90
4.6. Análisis de capacidad del proceso para el cumplimiento de las especificaciones de Denier en las extrusoras.....	93
• Extrusora N° 1.....	93
• Extrusora N° 3.....	95
4.7. Estudio de las variables más influyentes en el incumplimiento de las especificaciones.....	97
4.8. Propuestas de medidas correctivas para llevar el proceso a que sea capaz de cumplir con las especificaciones.....	99
4.8.1. Solución N° 1.....	10
4.8.2. Solución N° 2.....	1
4.9. Selección de la mejor propuesta de solución para llevar al proceso a cumplir con las especificaciones.....	1

---



---

4.10. Aplicación de medida correctiva para mejora de la capacidad (velocidad adecuada del tornillo extrusor).....	10
• Extrusora N° 1.....	2
• Extrusora N° 3.....	
• Extrusora N° 4.....	10
4.11. Relación costo-beneficio de la solución seleccionada.....	4
4.11.1. Gastos de adquisición de activos fijos.....	10
4.11.2. Costos operacionales.....	4
4.11.3. Indicadores económicos.....	10
4.11.3.1. Valor actual .....	7
4.11.3.2. Equivalente anual.....	10
4.11.3.3. Tiempo de retorno de la inversión.....	9
CONCLUSIONES.....	11
RECOMENDACIONES.....	3
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
APÉNDICE A- Tablas de Datos.....	3
APÉNDICE B- Cálculos Típicos.....	11
APÉNDICE C- Tablas de Resultados.....	4
APÉNDICE D- Tablas Bibliográficas.....	11
APÉNDICE E- Formatos de recolección de datos.....	5
ANEXOS.....	11
	6
	11
	7
	11
	7
	11
	9
	12
	1
	12

---



	2
	12
	4
	16
	7
	17
	5
	17
	9
	18
	5
	21
	3



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 2.1. Los cuatro escenarios posibles en el control estadístico de calidad.....	28
Tabla 4.1. Pérdidas monetarias de los meses en estudio.....	70
Tabla 4.2. Pérdidas de material de los meses en estudio.....	70
Tabla 4.3. Aplicación de técnica cómo-cómo a las posibles causas que generan la incapacidad del Denier en cumplir con las especificaciones en el proceso de Extrusión-Rafia.....	99
Tabla 4.4. Matriz de selección de la mejor alternativa de solución para el mejoramiento de la capacidad del proceso de extrusión de sacos tejidos de polipropileno.....	102
Tabla 4.5. Mejoría de la capacidad de la extrusora N° 1, después de aplicación de la medidas correctivas.....	106
Tabla 4.6. Mejoría de la capacidad de la extrusora N° 3, después de aplicación de la medidas correctivas.....	109
Tabla 4.7. Relación de pérdidas monetarias luego de la aplicación de las medidas correctivas tanto para estabilidad como para capacidad en las extrusoras en estudio.....	113
Tabla 4.8. Cantidades de tornillos de ajuste por extrusora.....	115
Tabla 4.9. Costo por mano de obra de la solución propuesta.....	125
Tabla 4.10. Indicadores económicos para la implementación de la Solución..	128
Tabla A.1. Datos de Denier de la extrusora 1 en el mes de septiembre	131
	133
	136
	139
	142
	145
	148



---

2007.	
Tabla A.2. Datos de Denier de la extrusora 3 en el mes de septiembre	151
2007.	
Tabla A.3. Datos de Denier de la extrusora 4 en el mes de septiembre	153
2007.	
Tabla A.4. Datos de Denier de la extrusora 1 en el mes de octubre	155
2007.....	157
Tabla A.5. Datos de Denier de la extrusora 3 en el mes de octubre 2007.....	157
Tabla A.6. Datos de Denier de la extrusora 4 en el mes de octubre	158
2007.....	
Tabla A.7. Datos de Denier de la extrusora 1 en el mes de noviembre	
2007..	159
Tabla A.8. Datos de Denier de la extrusora 3 en el mes de noviembre	
2007..	161
Tabla A.9. Datos de Denier de la extrusora 4 en el mes de noviembre	
2007..	163
Tabla A.10. Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora 1 para el cálculo del Denier.....	165
Tabla A.11. Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora 3 para el cálculo del Denier.....	176 176 176
Tabla A.12. Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora 4 para el cálculo del Denier.....	177 177 177
Tabla A.13. Parámetros de temperatura y velocidad de la extrusora N° 1.....	178
Tabla A.14. Parámetros de temperatura y velocidad de la extrusora N° 3.....	180 180
Tabla A.15. Parámetros de temperatura y velocidad de la extrusora N° 4.....	181

---



Tabla A.16. Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora 1 para el cálculo del Denier después de las medidas correctivas para la mejora de la estabilidad.....

Tabla A.17. Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora 1 para el cálculo del Denier a 64 rpm del tornillo extrusor.....

Tabla A.18. Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 3 para el cálculo del Denier a 62 rpm del tornillo extrusor.....

Tabla A.19. Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 4 a 1550 rpm del motor y luego de la aplicación de las medidas correctivas para la mejora de estabilidad y capacidad.....

Tabla C.1. Pérdidas monetarias en el mes de septiembre 2007.....

Tabla C.2. Pérdidas de material en el mes de septiembre 2007.....

Tabla C.3. Pérdidas monetarias en el mes de octubre 2007.....

Tabla C.4. Pérdidas de material en el mes de octubre 2007.....

Tabla C.5. Pérdidas monetarias en el mes de noviembre 2007.....

Tabla C.6. Pérdidas de material en el mes de noviembre 2007.....

Tabla C.7. Flujos monetarios Netos para la implementación de la solución...

Tabla D.1. Valores de relación de capacidad del proceso y rechazo correspondiente para un proceso distribuido normalmente.....

Tabla D.2. Constantes para gráficas de control.....



Tabla	D.3.	Tablas	de
normalidad.....			



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Proceso de producción de sacos tejidos de polipropileno.....	4
Figura 2.1. Fabricación de los plásticos.....	18
Figura 2.2. Histograma de los datos de diámetro de los anillos de pistón.....	29
Figura 2.3. Distribución normal.....	32
Figura 2.4. Área bajo la curva de distribución normal.....	33
Figura 2.5. Distribución exponencial.....	34
Figura 2.6. Distribuciones gamma para diversos valores de $r$ y $\lambda$ .....	34
Figura 2.7. Distribuciones de Weibull para $\gamma = 0, \delta = 1, \beta = 1/2, 1, 2, 4$ .....	35
Figura 2.8. Zonas de un gráfico de control.....	38
Figura 2.9. Prueba N° 1 de comportamiento no natural en gráficos de control..	39
Figura 2.10. Prueba N° 2 de comportamiento no natural en gráficos de control.....	39
Figura 2.11. Prueba N° 3 de comportamiento no natural en gráficos de control.....	39
Figura 2.12. Prueba N° 4 de comportamiento no natural en gráficos de control.....	40
Figura 2.13. Límites superior e inferior de tolerancia natural en la distribución normal.....	41
Figura 2.14. Algunas causas de capacidad de proceso deficiente. Centrado impropio del proceso.....	43
Figura 2.15. Algunas causas de capacidad de proceso deficiente. Variabilidad excesiva del proceso.....	43
Figura 4.1. Gráficas de tendencias de Denier en las extrusoras en el mes de septiembre 2007.....	72
Figura 4.2. Gráficas de tendencias de Denier en las extrusoras en el mes de octubre 2007.....	73
Figura 4.3. Gráficas de tendencias de Denier en las extrusoras en el mes de noviembre 2007.....	74



---

Figura 4.4. Histograma de frecuencia de los datos de Denier en la extrusora N° 1.....	76
Figura 4.5. Prueba de Kolmogonov-Smirnov del Denier en la extrusora N° 1...	77
Figura 4.6. Diagrama X-S del Denier en la extrusora N° 1.....	78
Figura 4.7. Histograma de frecuencia de los datos de Denier en la extrusora N° 3.....	80
Figura 4.8. Prueba de Kolmogonov-Smirnov del Denier en la extrusora N° 3...	80
Figura 4.9. Diagrama X-S del Denier en la extrusora N° 3.....	81
Figura 4.10. Histogramas de frecuencias del Denier en la extrusora N° 4.....	82
Figura 4.11. Prueba de Kolmogonov-Smirnov del Denier en la extrusora N° 4..	82
Figura 4.12. Diagrama X-S del Denier en la extrusora N° 4.....	83
Figura 4.13. Diagrama causa-efecto con las variables influyentes sobre la variabilidad del Denier.....	85
Figura 4.14. Diagrama causa-efecto con las variables críticas sobre la variabilidad del Denier.....	85
Figura 4.15. Diagrama de pareto para las variables crítica en la variación del Denier.....	87
Figura 4.16. Histograma de frecuencia del Denier de la extrusora N°1 luego de las medidas correctivas.....	91
Figura 4.17. Prueba de Kolmogonov-Smirnov al Denier de la extrusora N° 1 luego de las medidas correctivas.....	91
Figura 4.18. Gráfica de control X-S de Denier en la extrusora N° 1 luego de las medidas correctivas.....	92
Figura 4.19. Prueba de capacidad del Denier en la extrusora N° 1 luego de las medidas correctivas para la mejora de la estabilidad.....	94
Figura 4.20. Prueba de capacidad del Denier en la extrusora N° 3.....	96
Figura 4.21. Diagrama causa-efecto con las variables influyentes en la incapacidad del Denier en cumplir con las especificaciones.....	98
Figura 4.22. Diagrama causa-efecto con las variables críticas que influyen en la incapacidad del Denier en cumplir con las especificaciones.....	98
Figura 4.23. Histograma de frecuencia del Denier, Prueba de Kolgomonov-	

---



---

Smirnov y Diagrama X-S de Denier en la extrusora N° 1 a 64 rpm del tornillo extrusor.....	104
Figura 4.24. Prueba de capacidad del Denier en la extrusora N° 1 a 64 rpm del tornillo extrusor.....	105
Figura 4.25. Histograma de frecuencia del Denier, Prueba de Kolgomonov-Smirnov y Diagrama X-S de Denier en la extrusora N° 3 a 62 rpm del tornillo extrusor.....	107
Figura 4.26. Prueba de capacidad del Denier en la extrusora N° 3 a 62 rpm del tornillo extrusor.....	108
Figura 4.27. Histograma de frecuencia del Denier de la extrusora N° 4 a 1550 rpm del motor y luego de la aplicación de las medidas correctivas para la mejora de estabilidad y capacidad.....	110
Figura 4.28. Prueba de Kolmogonov-Smirnov al Denier de la extrusora N° 4 a 1550 rpm del motor y luego de la aplicación de las medidas correctivas para la mejora de estabilidad y capacidad.....	110
Figura 4.29. Gráfica de control X-S de Denier en la extrusora N° 4 a 1550 rpm del motor y luego de la aplicación de las medidas correctivas para la mejora de estabilidad y capacidad.....	111
Figura 4.30. Prueba de capacidad del Denier en la extrusora N° 4 a 1550 rpm del motor y luego de la aplicación de las medidas correctivas para la mejora de estabilidad y capacidad.....	112



## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, el éxito de las empresas que producen bienes o servicios para satisfacer la demanda radica en su capacidad de ofrecer productos de calidad, requerimiento indispensable para poder competir en mercados nacionales e internacionales. En este contexto, el presente trabajo de grado tiene como finalidad el mejoramiento del proceso de extrusión de sacos tejidos de polipropileno mediante control estadístico de procesos logrando así, que la empresa pueda disminuir las pérdidas de material.

El presente trabajo tiene como objetivos específicos: diagnosticar la situación actual en el proceso de extrusión-rafia; determinar la estabilidad y capacidad del proceso de extrusión-rafia; analizar las variables del proceso de extrusión para determinar la influencia en la problemática planteada; generar alternativas de solución, para obtener opciones que permitan solucionar la problemática; seleccionar la(s) mejor(es) alternativa(s) para la solución; a fin de que la empresa pueda solventar el problema planteado de la manera más eficiente y por último determinar la relación costo-beneficio de la(s) alternativa(s).

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos y alcanzar así el objetivo principal se comenzó con la recopilación de la data existente del Denier en la empresa, ya que ésta es la variable más crítica que se encuentra en el proceso, con los cuales se calcularon las tasas de desperdicios debido a la problemática, luego se determinó el tamaño y frecuencia de muestreo para la construcción de histogramas de frecuencia, pruebas de ajuste y gráficas de control que permitieron el estudio de la estabilidad y la implementación de medidas correctivas en el proceso enfocadas a eliminar la actuación de causas asignables para realizar una segunda recolección de datos, con los que se construyeron histogramas de frecuencias y se calcularon los índices de capacidad a través de los cuales se evaluó la aptitud del proceso, se definieron las posibles variables que generan la incapacidad de no cumplir con las especificaciones, mediante tormentas de ideas y diagramas causa-efecto, permitiendo así proponer soluciones enfocadas a solventar la problemática, las cuales se sometieron a una matriz de



selección, lo que llevó a la selección de la mejor solución calculando la relación costo-beneficio que tendría la ejecución de la misma.

La estructuración del presente trabajo se realizó en 4 capítulos. El primero es el planteamiento del problema, en el cual se describe la situación actual y deseada, las razones que justifican el trabajo y las limitaciones del mismo, el objetivo general y los objetivos específicos. En el segundo capítulo se muestran los antecedentes y las bases teóricas que sustentan la investigación. Posteriormente se presenta en el tercer capítulo la metodología empleada para el desarrollo de cada uno de los objetivos. El cuarto capítulo contiene la discusión y análisis los resultados obtenidos. Por último, se muestran las conclusiones y recomendaciones más resaltantes del estudio.

El desarrollo de esta investigación permitirá a la empresa, identificar las causas actuales que afectan a la capacidad estadística del proceso de extrusión de elaboración de sacos tejidos de polipropileno e implementar las herramientas fundamentales para la mejora de la calidad, que están basadas en el CEP, de esta manera se reduce en forma significativa los desajustes del proceso que impiden cumplir con las especificaciones del Denier y mejorar la habilidad del proceso.



## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En esta sección se dará a conocer el problema en estudio, específicamente su propósito, la situación actual y deseada, así como el objetivo general y los específicos de la investigación. De igual forma se presentan las razones que justifican la investigación, las limitaciones y el alcance de la misma.

#### **1.1.- Descripción del problema**

La empresa MAXCA C.A. pertenece a la industria del plástico, ubicada en La Victoria – estado Aragua, ésta se dedica a la fabricación y comercialización de empaques industriales de polietileno y polipropileno, teniendo una demanda significativa por empresas consumidoras de los sectores, como la petroquímica, alimentos para animales y para consumo humano, construcción, hielo, entre otras.

La empresa elabora múltiples productos en polietileno, bolsas, cintas de prevención, etc.; además elabora sacos tejidos de polipropileno para diversos sectores, alimenticios, minerales, fertilizantes, etc.

El proceso de elaboración de sacos tejidos de polipropileno consta de 7 etapas (ver figura 1.1), comenzando por la etapa de mezclado de la materia prima, donde se mezclan 3 tipos de polipropilenos en proporciones que garantizan las condiciones adecuadas del plástico para la elaboración de los sacos, la cual es confidencial; seguido de la etapa de extrusión-rafia, la cual consta de 4 extrusoras; en esta etapa la mezcla de materia prima es fundida bajo condiciones de temperatura y presión específicas para luego ser forzada a pasar a través de una boquilla que forma perfiles de sección transversal constantes, que se cortaran en cintas de espesor determinado para lograr sacos con los requerimientos solicitados. Seguidamente se encuentra la etapa de embobinado, donde las cintas son embobinadas individualmente en carretes destinadas para tal fin. Estos carretes son trasladados hasta la zona de telares, donde se fabrica la tela, la cual se forma con una cantidad específica de hilos de rafia según sea el uso del saco o si se le realizará el proceso de laminado o no; en esta misma zona de telares se



embobina la tela para pasar a la etapa de imprenta donde se imprime el logotipo y características del producto a envasar, además del nombre de la empresa. Luego los sacos pasan a la etapa donde se le realizarán o no, los fuelles al saco, según sea el uso, y se vuelven a formar las bobinas con los sacos. Luego los rollos de telas ya impresos y con fuelle son pasados a la siguiente etapa de dimensionamiento, donde se cortan y cosen los sacos a las especificaciones requeridas por el cliente, para luego ser empaquetados de forma manual para su venta y despacho.

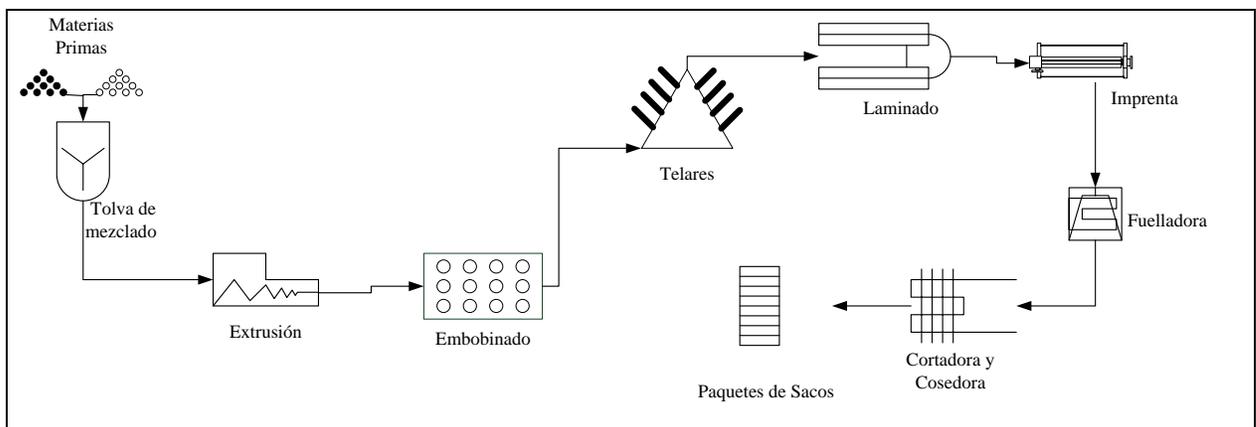


Figura 1.1 Proceso de producción de sacos tejidos de polipropileno.

En toda industria siempre se busca obtener la máxima producción a partir de la materia prima más económica y en el menor tiempo posible, además de disminuir los desperdicios industriales o mudas, para alcanzar los mayores estándares de calidad; para ello los productos de cada proceso deben estar dentro de especificaciones de acuerdo a una norma en particular o ya bien sea de acuerdo con las exigencias de los clientes.

En la empresa MAXCA C.A. se llevan a cabo varios procesos de producción de empaques tanto en polietileno como en polipropileno para envasar diversos productos; es este trabajo de investigación se hace énfasis en el procesos de producción de sacos tejidos de polipropileno ya descrito con anterioridad en esta sección.

El proceso de producción de sacos tejidos de polipropileno conlleva el control de variables de temperaturas y velocidades que inciden directamente en los estándares del



producto; este proceso consta principalmente de cuatro (4) extrusoras que constituye la etapa donde se centra la investigación.

Las extrusoras son las encargadas de producir la rafia, que según COVENIN 2527-88 son las cintas de polipropileno para tejido, es en esta etapa que se debe aplicar el control estadístico de procesos para que dichas cintas estén dentro de especificaciones.

Una de las variables más críticas en la producción de sacos tejidos de polipropileno es el Denier, ya que esta influye directamente en el peso del saco, la cual según COVENIN 2527-88, es una medida que se expresa en g/9000m de rafia. El Denier para la empresa MAXCA C.A. tiene especificaciones para las extrusoras 1,2 y 3 de  $(920\pm 40)$  Denier y para la extrusora 4 de  $(1110\pm 30)$  Denier estas especificaciones son establecidas por la empresa en acuerdo con los clientes.

En estos momentos la empresa MAXCA C.A. no cuenta con un debido control del Denier la cual es una de las variables más influyente en cuanto al peso de los hilos y que contribuye en la calidad de los sacos.

En la etapa de extrusión-rafia se determina con frecuencia que las cintas para la formación de las telas plásticas se encuentran fuera de especificaciones; presentando pérdida de material y dinero ya que este no puede ser devuelto al proceso sin el adecuado tratamiento de recuperación, el cual la empresa no posee, por lo que los sacos tejidos con rafia por debajo de especificación se destinan para sacos de segunda u ofertándolos por debajo del valor de venta por no presentar la resistencia adecuada para el almacenamiento de los productos; por el contrario cuando los sacos son tejidos con rafia por encima de especificación, lo que implica un mayor peso y resistencia, se ofertan a un valor que no es representativo de acuerdo con sus características, lo que genera la venta de sacos por debajo del precio, estas anomalías representan dinero que la empresa deja de percibir, aproximadamente BsF. 50.000 mensuales, y pérdida de material, aproximadamente un 26 % al mes.

Es por todo lo expuesto anteriormente que este trabajo de investigación busca a través del control estadístico de procesos establecer y estudiar los parámetros que generan



fluctuaciones en el Denier en la zona de extrusión-rafia; para su posterior control y así aumentar la productividad de la empresa.

## **1.2.- Formulación del problema**

Actualmente MAXCA C.A., tiene pérdida de material y dinero puesto que los sacos tejidos de polipropileno se encuentran fuera de especificaciones, por presentar problemas en la etapa de extrusión-rafia; puntualmente con el Denier de las cintas.

Esta situación es muy frecuente por ello se plantea la determinación de las causas que afectan al Denier en la etapa de extrusión – rafia mediante control estadístico de procesos; para así obtener una alternativa de solución que disminuya el costo y el tiempo asociado al proceso.

### **1.2.1.- Situación actual**

En la empresa, se realizan los análisis de Denier, resistencia y elongación a las cintas de rafia una vez por turno. Pero en ocasiones estos análisis no se llevan a cabo de la manera descrita, ya sea por falta de personal que los realice o por paradas imprevistas de las extrusoras. En los análisis realizados en los últimos meses se han obtenido que el Denier tiene una variabilidad significativa fuera de los límites de especificación definidos por la empresa y el cliente, teniendo como consecuencia una gran pérdida de materia prima y dinero por no poder ser reciclada al proceso; es por ello que se presenta la necesidad de implementar un método de control estadístico de procesos para determinar las variables que influyen en el Denier y poder realizar acciones que permitan la no variabilidad del mismo fuera de los límites de control y llevar al proceso de extrusión-rafia a que sea capaz de cumplir con las especificaciones.

### **1.2.2.- Situación deseada**

La situación expuesta anteriormente evidencia la necesidad de controlar el Denier de las cintas de rafia, para lo cual se dispondrá de la ejecución de cControl estadístico de procesos que determinará los factores que afectan dicha variable, para luego formular la(s) mejor(es) solución(es) que permitan solventar el problema planteado, permitiendo



así la mejora del proceso; disminuyendo costos y aumentando la productividad de la elaboración de sacos tejidos de polipropileno; además de cumplir con las especificaciones establecidas.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Mejorar el proceso de extrusión de sacos tejidos de polipropileno mediante control estadístico de procesos para disminuir la cantidad de desperdicios generados.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

1.3.2.1. Diagnosticar la situación actual en el proceso de extrusión-rafia para conocer los desperdicios generados, en el proceso de elaboración de sacos tejidos de polipropileno.

1.3.2.2. Determinar la estabilidad y capacidad del proceso de extrusión-rafia para comprobar si el proceso es estable y cumple con las especificaciones exigidas por el cliente.

1.3.2.3. Analizar las variables del proceso de extrusión para determinar la influencia en la problemática planteada.

1.3.2.4. Generar alternativas de solución, para obtener opciones que permitan solucionar la problemática.

1.3.2.5. Seleccionar la(s) mejor(es) alternativa(s) para la solución del problema; a fin de que la empresa pueda solventar el problema planteado de la manera más eficiente.

1.3.2.6. Determinar la relación costo-beneficio de la(s) alternativa(s) con la finalidad de justificar o no económicamente la implementación de las mejoras sugeridas.



#### **1.4. Justificación**

Con la realización de este trabajo especial se persigue dar un aporte a la empresa MAXCA C.A., aprovechando los recursos existentes para así disminuir los desperdicios generados, en el proceso de elaboración de sacos tejidos de polipropileno, ya que esto representa una pérdida de tiempo y dinero, puesto que la rafia defectuosa no puede reutilizarse en el proceso y teniendo que venderse a precios bajos, pero con esta venta no se rescata la inversión realizada originalmente, representando así una gran pérdida de dinero, además que las horas hombre invertidas en la elaboración de sacos defectuosos es tiempo malgastado que se traducen en dinero que dejó de ser ganancia para la empresa, tanto por el pago de los operarios por un tiempo que no fue productivo, como por la pérdida de material.

La aplicación del control estadístico de procesos garantizará la calidad del producto, disminuirá la producción de rafia defectuosa, disminuirá la pérdida de material y aumentará la producción de sacos; permitiendo que la empresa abarque y ataque un mayor mercado, ya que su producción aumentará; además de que los sacos cumplirán con las especificaciones requeridas, haciéndolos más competitivos a nivel nacional y mundial; esto se traduce en mayor ganancia y producción para la empresa utilizando los mismos equipos existentes.

La realización de este trabajo de investigación permitió adquirir las destrezas necesarias para el desenvolvimiento en lo que serán las actividades de una futura vida profesional donde se demostrarán los conocimientos académicos para solventar un problema en la industria.

Con la realización de este trabajo de investigación la Universidad de Carabobo tiene la ocasión de aportar alternativas de solución al sector industrial, obteniendo la oportunidad de estrechar vínculos a nivel académico y práctico.

Con este trabajo se busca disminuir los desperdicios del proceso de elaboración de sacos tejidos de polipropileno, ya que en ocasiones los desperdicios no tienen un fin adecuado. Cuando los sacos elaborado con rafia defectuosa no son vendidos se



desecha al aseo urbano, esto representa un problema ambiental, ya que estos sacos están elaborados por tres tipos de polipropileno, y por consecuencia su degradación es muy lenta permaneciendo años en los rellenos sanitarios.

### **1.5. Limitaciones**

La empresa no proporcionará las cantidades de los componentes que se utilizan en la preparación de la materia prima; por ser esto confidencial. Además que solo se dispondrá de los recursos e instrumentos ya existentes en la empresa MAXCA C.A. Las paradas imprevistas de alguna de las extrusoras por mantenimiento, preventivo o correctivo; podrían representar una limitación a la hora de la recolección de los datos, así como también las paradas de las mismas porque la capacidad de las extrusoras supere la de los telares. Y por último sino se cuenta con la materia prima y el personal necesario para que las 4 extrusoras trabajen, se harán paradas de aquellas que no tengan los insumos para trabajar, limitando la toma de datos y la culminación del estudio.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

En este capítulo se exponen de manera breve los antecedentes del presente trabajo. Como también, se describen los principales fundamentos teóricos que sirven de base para la investigación, dando a conocer nociones generales sobre los plásticos. Luego se muestran algunas definiciones y nociones básicas del CEP, así como también de algunos indicadores económicos.

#### 2.1. ANTECEDENTES

Para fortalecer este trabajo de investigación, fue necesario registrar la información de trabajos relacionados con el tema, de los cuales se obtuvieron aportes teóricos y metodológicos, que permitieron la consecución y realización de los objetivos planteados. A continuación se presentan los antecedentes:

**2.1.1. Cerizzi, Daniele (2008). Consejos para implementar una línea de película stretch.** Dolci Extrusión.

En este trabajo se analizaron las variables del proceso de extrusión en línea de película stretch, así como también, detalles de la producción de las películas.

La semejanza del trabajo de investigación con el antecedente señalado, es que este antecedente profundiza sobre las variables en el proceso de extrusión, así como también los parámetros óptimos para la elaboración de películas, mientras que el presente trabajo se encargó de llevar a control una de las variables del proceso de producción de sacos tejidos de polipropileno mediante Control estadístico de procesos.

El aporte de este antecedente es que sirvió de guía, en los parámetros y variables que influyen en el proceso, permitiendo una mejor comprensión del proceso, y por ende un mejor desarrollo de las soluciones a la problemática planteada.



**2.1.2. GONZÁLEZ Claudio (2005). Validación retrospectiva y control estadístico de procesos en la industria Farmacéutica.** Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas.

En este antecedente se establecieron los requisitos necesarios para la realización de estudios retrospectivos de validación, de modo de poder establecer lineamientos para la implementación del control estadístico de procesos como herramienta de rutina de calidad. Para ello se definieron los parámetros de control estadístico de procesos (CEP) que pueden implementarse en el control de rutina, además, definieron límites de control y utilizaron las cartas de control.

Como las conclusiones y resultados más relevantes se tienen, que la implementación de los controles estadísticos de procesos en forma rutinaria, contribuyó a la visualización en forma inmediata de la tendencia que adopta un determinado proceso, lo que ayuda a prever y corregir problemas en forma oportuna, evitando costos innecesarios para la empresa. Cabe destacar que a pesar de la existencia de pequeñas desviaciones en alguno de los parámetros que se sometieron a estudio, los procesos de los 3 productos analizados evidencian una clara tendencia a la estabilidad y control en el tiempo.

El trabajo en desarrollo y el antecedente citado presentan similitud en cuanto a la aplicación de cartas de control, entre las diferencias, es que en el antecedente se realizó el estudio a productos distintos y el alcance del trabajo en desarrollo además abarca el estudio de la capacidad del proceso.

El aporte más significativo de este antecedente es que sirve como guía para la aplicación y desarrollo de las cartas de control y de las posibles soluciones al problema planteado en este trabajo especial de grado.

**2.1.3. MOSQUERA, S., NARVAEZ, J. y CABRERA, J. (2005). Uso de cartas de control para el análisis de calidad en manufactura de sacos de polipropileno.** Universidad de Cauca. Colombia.



En este antecedente se realizó un diagnóstico de las causas que afectan la calidad en el área de producción de sacos de polipropileno, lo que permitió determinar las desviaciones más comunes que afectan la calidad del producto, para ello se utilizó el método y análisis y representación de datos conocido como el método de la gráfica de control donde se analizó el comportamiento de la variable Tex. Se concluyó que la falta de análisis de datos, manipulación permanente de los equipos, entre otras fueron los que generaron la inestabilidad en la uniformidad de los datos registrados.

El antecedente al igual que el trabajo de investigación estudian las variables que influyen en la no uniformidad de una variable de calidad en el proceso productivo de sacos de polipropileno, pero además que la variable de calidad no es la misma, el trabajo abarca el estudio de la capacidad del proceso algo que no es alcance del antecedente.

El aporte de este antecedente al trabajo de investigación, es que sirvió como guía para el estudio de las variables que hacen inestable a una variable de calidad involucrada en el proceso de elaboración de sacos tejidos de polipropileno

**2.1.4. FERRER, Alberto (2004). Control estadístico de procesos con dinámica: revisión del estado del arte y perspectivas de futuro.** Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia. España.

En este trabajo se presentó una revisión bibliográfica del estado del arte en la aplicación del control estadístico de procesos (*Statistical Process Control, SPC*) en procesos con dinámica, típicos en los modernos entornos altamente automatizados tanto de la industria de piezas, como la de procesos.

De la descripción de la metodología *Engineering Process Control, EPC/ Statistical Process Control, SPC* y de las investigaciones industriales referenciadas en la bibliografía se concluyó que es posible reducir sustancialmente la variabilidad de las características de calidad tanto a corto plazo como a largo plazo, lo que permite tanto la optimización como la mejora continua de la calidad. De este modo se hizo viable el



control de procesos dinámicos, mejorando su capacidad, reduciendo las falsas alarmas y aumentando la escasa potencia que se tiene cuando se usan las técnicas tradicionales de SPC en estos contextos.

Aunque este antecedente es simplemente una revisión bibliográfica; se asemeja mucho con el trabajo de investigación ya que es el mismo enfoque; conseguir las variables que afectan un proceso y controlarlas para mejorar la capacidad del mismo y disminuir el costo y tiempo asociado aplicando control estadístico de procesos.

El aporte de este antecedente al trabajo en desarrollo es que sirve como base teórica para el buen desarrollo de la metodología a utilizar, permitiendo alcanzar los objetivos planteados.

**2.1.5. ORTA, A., ALBARRACIN, M. (2004). Evaluación y mejoramiento de la capacidad estadística del proceso de sulfonación.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

En este antecedente se evaluó y mejoró la capacidad estadística del proceso de obtención del ácido sulfónico lineal en la planta de sulfonación de la Colgate Palmolive C.A., con el fin de ajustar las variables críticas que intervienen en el proceso. Como principales conclusiones y resultados se tuvo que la planta al trabajar a un 80% de su capacidad productiva garantiza un mayor tiempo de operación con un menor número de paradas planificadas; por otro lado el proceso se considera no capaz.

La diferencia con este trabajo es que solo se evalúa la capacidad del proceso; y es semejante al trabajo en desarrollo ya que el método de estudio es el Control estadístico de procesos.

El aporte de este trabajo es que sirve como guía para la evaluación de la capacidad del proceso de sacos tejidos de polipropileno y a proponer la(s) mejor(es) alternativas para la optimización del proceso.

**2.1.6. LUGO, María (2003). Desarrollo de un modelo de control estadístico de procesos para el sistema de dosificación de aditivos de harina de trigo en una**



**empresa molinera.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

En este antecedente se evaluó la propuesta del desarrollo de un modelo de control estadístico debido a la necesidad que tiene la empresa en disminuir los productos fuera de especificación, rechazos, costos en cuanto a materias primas, mano de obra, tiempo de producción, etc. Para ello se realizó un diagnóstico del proceso de dosificación y se determinaron las variables involucradas en el proceso a través del diagrama de Ishikawa, lo que permitió la selección de la mejor alternativa para la mejora de la calidad.

Como conclusiones y resultados más relevantes se tuvo que las mejoras propuestas fueron las adecuadas para el control del proceso, ya que se determinó que dicho proceso estaba fuera de control estadístico.

Este antecedente tiene gran semejanza con el trabajo en desarrollo, ya que este plantea un proceso fuera de control al que se le determinaron las posibles causas de estas variaciones para la posterior propuesta de soluciones para controlar el proceso pero el antecedente aplicó el CEP a un proceso de dosificación de harina de trigo y este trabajo especial de grado se refiere al proceso de extrusión de rafia.

El principal aporte de este antecedente es que ayuda a fijar la metodología para el estudio del control y la capacidad del proceso de extrusión, siendo de gran ayuda para este trabajo ya que el objetivo es el mismo, la estandarización de un proceso para que se encuentre dentro de control.

**2.1.7. MARTÍNEZ, M., PEDONOMOU, M. (1998). Mejoramiento de una línea de producción de harina de trigo mediante el uso de herramientas de Control estadístico de procesos.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

Este antecedente estableció las herramientas estadísticas a utilizar en las diferentes etapas del proceso de obtención de harina de trigo familiar para el consumo humano.



Este redujo gradualmente los desperdicios del proceso y fomentó el mejoramiento continuo hasta la implementación de CEP.

Este antecedente se asemeja con el presente trabajo ya que la técnica que utilizaron es la misma que se aplicará en el trabajo en desarrollo, pero el antecedente solo plantea las herramientas a implementar mientras que este trabajo aplicará las técnicas y corregirá las fallas para obtener un producto de calidad de acuerdo a los estándares.

El principal aporte de este antecedente al trabajo especial de grado radica en la implementación de las herramientas necesarias de las técnicas de CEP aplicado al proceso de sacos tejidos de polipropileno.

**2.1.8. UREÑA C., CASTILLO M. (1998). Muestreo Aplicado al Control en las Empresas.** Universidad de Costa Rica. Escuela de Estadística.

Este antecedente propuso un sistema de control estadístico de calidad para la empresa CATASA. Evaluó el sistema actual de control de calidad, determinó las principales causas de la variabilidad en el proceso de producción y propuso un sistema de control de calidad que la empresa pueda utilizar en el futuro para valorar la calidad de un tipo de tapas en específico.

Por medio del análisis de los datos obtenidos se determinó que la principal fuente de variabilidad del proceso de producción de CATASA son los operarios. Por lo tanto, las medidas correctivas que se propusieron en el proceso fueron dirigidas hacia la reducción de la variabilidad entre los operarios que participan en el proceso de producción.

El trabajo a realizar es más extenso que el antecedente descrito, puesto que ellos solo se limitan a estudiar las posibles variables que afectan que el producto esté fuera de especificación y plantear una solución, mientras que el trabajo que está en desarrollo además de determinar las variables que afectan el Denier de los sacos tejidos de Polipropileno evalúa la capacidad del proceso, y propone soluciones para la estandarización del proceso.



El aporte de este antecedente con el presente trabajo es que permite definir como estudiar las variables en el proceso de extrusión-rafia lo que facilitará la propuestas de mejoras para el control del proceso.

**2.1.9. CAPILLA, C., ROMERO, R. (1989). Tamaño y frecuencia de muestreo en gráficos de control.** Universidad Politécnica de Valencia. España.

En este trabajo se analizó la elección óptima del tamaño y frecuencia de muestreo para gráficos de control, además analizó como dicha elección afectó la potencia del gráfico, la cual es la capacidad para detectar rápidamente las salidas del control del proceso. En base a los resultados obtenidos se puede concluir que a medida que aumenta la capacidad del proceso es aconsejable reducir el tamaño de la muestra e incrementar la frecuencia del muestreo.

La semejanza del trabajo de investigación con el antecedente señalado, es que este trabajo de investigación utilizará una técnica de muestreo para el análisis de la calidad de los sacos tejidos de polipropileno y el antecedente estudia el muestreo óptimo que se debe realizar de acuerdo a la capacidad del proceso. La diferencia entre ambas investigaciones es que el antecedente solo se centra una técnica del control estadístico de procesos pero aplicado a cualquier proceso, mientras que este trabajo de investigación aplica todo el control estadístico de procesos a un proceso específico.

El aporte de este antecedente es que permite definir el tamaño y la frecuencia con que se deben recolectar los datos, para la aplicación de CEP en el proceso de sacos tejidos de polipropileno.

## **2.2. PLÁSTICOS Y POLÍMEROS**

Técnicamente los plásticos son sustancias de origen orgánico formadas por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno principalmente. Se obtienen mediante reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen sintético o natural. Es posible moldearlos mediante procesos de transformación aplicando calor y presión. (Ildefonso, 2007).



Los polímeros son compuestos orgánicos que se derivan de la unión de dos o varias moléculas simples llamadas monómeros, por medio de reacciones de poliadición o de policondensación. Se distinguen los compuestos dímeros, trímeros, tetrámeros, etc., según si están compuestos por dos, tres, cuatro moléculas o más. Se habla de "altos polímeros" cuando estos compuestos están formados por algunos centenares de unidades monómeros o más. (Ildefonso, 2007).

### **2.3. FABRICACIÓN Y OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS**

Existen diferentes tipos de materias primas para producir plásticos. Es en el comienzo del siglo XX que empezaron a desarrollarse productos químicos obtenidos, por síntesis, a partir de los hidrocarburos y que representan hoy en día el 90 % de la producción de los plásticos. Por refinado del petróleo crudo se obtiene diferentes fracciones gaseosas o líquidas. Entre ellas, la NAFTA es la más importante para la síntesis de los plásticos. (Ildefonso, 2007).

Según el tipo de producto a fabricar (según su tamaño, su forma, las cualidades buscadas) y el polímero utilizado (termoplásticos o termoendurecibles) hay una tecnología correspondiente (ver figura 2.1). Es así como existen más de 20 procedimientos de transformación. (Ildefonso, 2007).

#### **2.3.1. Materias primas**

La materia prima más importante para la fabricación de plásticos es el petróleo, ya que de él se derivan los productos que originan diferentes tipos de plásticos. Es importante mencionar que también otras materias primas para la fabricación de plásticos son algunas sustancias naturales como la madera y el algodón de donde se obtiene la celulosa, así como otros plásticos se obtienen del carbón y el gas natural. Todas las materias primas mencionadas tienen en común el hecho de contener carbono (C) e hidrógeno (H). También pueden estar presentes el oxígeno (O), nitrógeno (N), azufre (S) o el cloro (Cl). En general, se considera al etileno, propileno y butadieno como materias primas básicas para la fabricación de una extensa variedad de monómeros, que son la base de todos los plásticos. (Ildefonso, 2007).

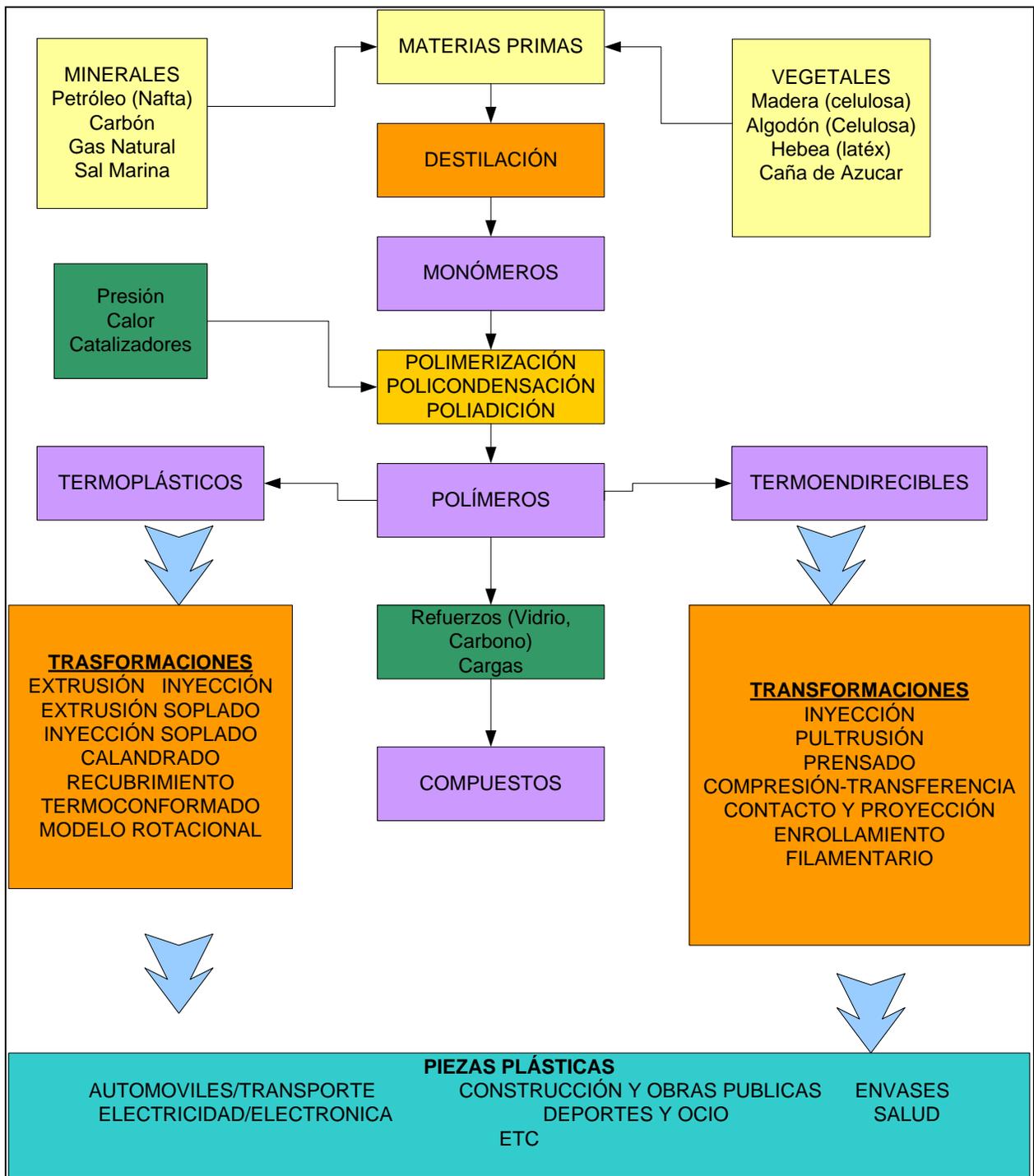


Figura 2.1. Fabricación de los plásticos

Fuente: Ildefonso (2007).



### 2.3.2. Mecanismos de síntesis

Según Ildefonso (2007) existen diferentes mecanismos químicos para la unión de las materias primas mencionadas, el cual es el punto de partida para la síntesis de resinas plásticas.

- **Reacciones de síntesis**

Son reacciones químicas llevadas a cabo con un catalizador, calor o luz, los cuales dos o más moléculas relativamente sencillas (monómeros) se combinan para producir moléculas muy grandes. A esta reacción se le llama Polimerización.

- **Modificación con aditivos**

El hecho de incorporar aditivos antes de la transformación de los plásticos, es una práctica necesaria, ya que tienen el objetivo de mejorar sus propiedades y facilitar su transformación. Un ejemplo de un producto obtenido por este mecanismo es el Policloruro de Vinilo (PVC), el cual es 57% de cloro (obtenido por electrólisis de la sal) y 43% de etileno (hidrocarburo procedente del petróleo).

### 2.4. POLIPROPILENO

El Polipropileno es un termoplástico que pertenece a la familia de las Poliolefinas y que se obtiene a partir de la polimerización del propileno, el cual es un gas incoloro en condiciones normales de temperatura y presión, que licúa a  $-48^{\circ}\text{C}$ . También se conoce al propileno como "propeno". (Ildefonso, 2007).

El Polipropileno puede clasificarse por las materias primas que se utilizan en su elaboración y por su estructura química según Ildefonso (2007):

- Por Materia Primas:
  - × Homopolímero
  - × Copolímero Impacto
  - × Copolímero Random



- Por su Estructura Química:
  - × Isotáctico
  - × Sindiotáctico
  - × Atáctico

#### **2.4.1. Polipropileno Homopolímero:**

Presenta alta resistencia a la temperatura, posee buenas propiedades dieléctricas, su resistencia a la tensión es excelente en combinación con la elongación, su resistencia al impacto es buena a temperatura ambiente, pero a temperaturas debajo de 0°C se vuelve frágil y quebradizo. (Ildefonso, 2007).

El *Polipropileno Homopolímero* tiene las siguientes aplicaciones principalmente de acuerdo a Ildefonso (2007):

- Película
- Rafia
- Productos Médicos (jeringas, instrumentos de laboratorio, etc.)

#### **2.4.2. Polipropileno Copolímero:**

Presenta excelente resistencia a bajas temperaturas, es más flexible que el tipo Homopolímero, su resistencia al impacto es mucho mayor y aumenta si se modifica; sin embargo, la resistencia química es inferior que el Homopolímero, debilidad que se acentúa a temperaturas elevadas. (Ildefonso, 2007).

El Polipropileno Copolímero Impacto se utiliza en los siguientes sectores de acuerdo a Ildefonso (2007):

- Sector de Consumo (Tubos, perfiles, juguetes, recipientes para alimentos, cajas, hieleras, etc.).
- Automotriz (Acumuladores, tableros, etc.).
- Electrodomésticos (Cafeteras, carcasas, etc.).



### **2.4.3. Polipropileno Copolímero Random:**

Las propiedades más sobresalientes del Copolímero Random son: el incremento en transparencia, flexibilidad y resistencia al impacto. Posee un índice de fluidez desde 1 g/10 min para soplado hasta 30g/10 min para inyección. (Ildefonso, 2007).

Sus principales aplicaciones según Ildefonso (2007) son:

- Botellas (Vinagre, agua purificada, cosméticos, salsas, etc.).
- Película.
- Consumo (Popotes, charolas, etc.).

## **2.5. PRINCIPALES PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS**

La materia prima plástica debe sufrir ciertos procesos para obtener el producto deseado, algunos de los procesos de transformación según Urraza (2000) se describen a continuación:

### **2.5.1. Compresión**

Este procedimiento utiliza la materia en estado de prepolímero que se coloca dentro de un molde antes de ser calentada y luego comprimida. La polimerización se efectúa entonces dentro del molde. La compresión permite fabricar objetos de tamaños pequeños y medianos en termoendurecibles. Urraza (2000).

### **2.5.2. Estratificación**

Esta técnica consiste en impregnar con resina termoendurecible capas superpuestas de soportes como madera, papel o textiles. Estas son luego prensadas y calentadas a alta presión con el fin de provocar la polimerización. Al estar reservado a los productos termoendurecibles, este procedimiento no permite fabricar más que productos planos. Urraza (2000).



### 2.5.3. Extrusión

Al ser un procedimiento de transformación en modo continuo, la extrusión consiste en utilizar plástico con forma de polvo o granulados, introducido dentro de un cilindro calentador antes de ser empujado por un tornillo sin fin. Una vez reblandecida y comprimida, la materia pasa a través de una boquilla que va a darle la forma deseada. La extrusión es utilizada en particular en la fabricación de productos de gran longitud como canalizaciones, cables, enrejados y perfiles para puertas y ventanas. Urraza (2000).

La extrusión es un procedimiento que difiere del moldeo en tanto que se trata de un proceso continuo en que se forman productos tales como tubos, perfiles, filamentos y películas forzando material plastificado a través de un orificio de conformado denominado hilera. Se utiliza tanto para termoplásticos como para elastómeros y termoestables.

Las extrusoras se utilizan además para mezclar y granular complejos, para formar preformas para moldeo por soplado y para alimentar otras máquinas, como las calandras. Algunos tipos están diseñados para combinar la polimerización, *compounding* y producción en una sola unidad.

#### 2.5.3.1. Extrusoras de uno y varios tornillos

Las extrusoras de tornillo pueden estar equipadas con uno o más tornillos trabajando coordinadamente. Su construcción y tamaño se designan internacionalmente mediante códigos numéricos. Según Euromap 20, la primera cifra da el número de tornillos, la segunda su diámetro en mm y la tercera la longitud efectiva del tornillo como múltiplo del diámetro. Así, la denominación 2-90-20 indica una extrusora de dos tornillos con 90 mm de diámetro y 1.800 mm de longitud efectiva del tornillo. La letra adicional V indica cilindro desgasificante (*vented*).

Las extrusoras multitornillo requieren más engranajes y rodamientos de empuje en la caja de mecanismos y una sección del cilindro adecuada al tipo de tornillo. De otro



modo, tienen los mismos componentes que una extrusora monotornillo. La potencia se suministra mediante motores conmutadores infinitamente variables o regulados por tiristores que controlan su velocidad. La tracción hidráulica se utiliza con muy poca frecuencia.

Otro sistema utiliza dos extrusoras en cascada: el fundido se alimenta desde la primera extrusora, habitualmente con un filtro para eliminar impurezas, mientras que la segunda extrusora efectúa la homogeneización y la generación de presión.

Los parámetros de funcionamiento más importantes son la velocidad y par del tornillo, el perfil de temperatura a lo largo de la cámara hasta la hilera, y la tasa de suministro del material y su temperatura. Éstos determinan la presión del fundido y la temperatura en la cabeza del tornillo y, conjuntamente con el equipo corriente adelante de la hilera, determinan la calidad del producto, que puede monitorizarse mediante control sin contacto de los contornos, espesores de pared y peso. Las temperaturas se mantienen constantes mediante circuitos de control individuales y las máquinas de alto rendimiento utilizan ordenadores para el control del proceso, con sensores de la presión y viscosidad del fundido.

### **2.5.3.2. Temperatura y velocidad equilibradas**

La eficiencia del funcionamiento depende de una selección juiciosa de temperaturas y velocidades de línea. El punto de partida más simple es empezar con un perfil plano de temperaturas de la cámara establecido alrededor de 50 C por encima de la  $T_F$  para plásticos semicristalinos y de 100 C por encima de la  $T_G$  para los amorfos. Si entonces fluctúa demasiado la presión en la hilera, se intenta incrementar la temperatura de la zona de alimentación. Si esto no da resultado, se intenta reducir la velocidad de la línea y/o del tornillo.

Equilibrar temperaturas y tasas de flujo es delicado. Los cambios deben ser mínimos y el operador ha de esperar a que se restablezca el equilibrio antes de efectuar otros. Si se calienta la zona de *metering* sin cambiar la temperatura de la hilera o la velocidad de la línea, bajará la presión de entrada en la hilera y será necesario reducir la velocidad



de la línea para mantener las dimensiones. Sin embargo, si al mismo tiempo se aumenta la velocidad del tornillo, puede ser necesario aumentar la velocidad de la línea.

Por otra parte, aumentar el flujo de calor externo a la zona de transición y la velocidad del tornillo es relativamente alta, se reduce la generación viscosa de calor y puede causar un fundido incompleto. Si el fundido tiene viscosidad muy baja, como en algunas poliamidas, no hay más solución que aumentar el calentamiento en la zona de transición.

Finalmente, para sistematizar la puesta a punto de la extrusión, es conveniente obtener las curvas de salida respecto a temperatura características del tornillo. Sobre estas curvas a velocidades de rotación constantes que son específicas para resinas en particular pueden sobreponerse datos de la temperatura del extruído, consumo de potencia y calidad del fundido. El uso de estos datos ayudará a optimizar los numerosos ajustes necesarios para el funcionamiento del sistema de extrusión. (Capella, 1997)

#### **2.5.4. Extrusión inflado**

Esta técnica consiste en dilatar por medio de aire comprimido una funda anteriormente formada por extrusión. De ese modo se obtienen películas utilizadas en particular en la fabricación de bolsas para la basura o para congelación y revestimientos para invernaderos. Urraza (2000).

#### **2.5.5. Inyección**

Esta técnica consiste en amasar materia ablandada mediante un tornillo que gira dentro de un cilindro calentado y luego introducir ésta bajo presión en el interior de un molde cerrado. Al ser utilizada en la fabricación de piezas industriales en particular para los sectores del automóvil, de la electrónica, de la aeronáutica y del sector médico, la inyección es una técnica que permite obtener en una sola operación productos acabados y formas complejas cuyo peso puede variar de algunos gramos a varios kilos. Urraza (2000).



### 2.5.6. Modelo rotacional

Este procedimiento consiste en centrifugar un polvo fino termoplástico dentro de un molde cerrado. Así, se obtienen cuerpos huecos en pequeñas series. El moldeo rotacional es utilizado en la fabricación de recipientes, balones, cubas, contenedores, pero también planchas a velas y kayacs. Urraza (2000).

## 2.6. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (CEP)

Según la definición de la RAE, calidad es "la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor". Esta definición es muy próxima a la que da la propia ISO: "Conjunto de características de una entidad que le confiere la aptitud para satisfacer las necesidades, establecidas e implícitas". Podemos destacar dos principios contenidos en ambas definiciones.

La importancia que tiene el que estas características puedan identificarse y definirse, lo que significa en todos los casos que sus valores sean estables y puedan ser cuantificadas y correlacionadas con los resultados obtenidos.

Las características que definen su calidad estarán relacionadas con determinadas magnitudes mensurables que llamaremos, en general, variables de control, y que necesariamente deberán tener valores bien definidos y varianzas limitadas. Controlar la calidad es cuantificar los valores de esas variables de control, de forma que podamos decir si se encuentran o no dentro de determinado intervalo considerado estándar o tolerable. Toda actividad de producción tiene una variabilidad total resultado de la variabilidad en todos los aspectos implicados en el proceso, desde la variabilidad en la propia actividad humana, hasta la de las herramientas y las materias primas.

Aspectos referentes al plan de calidad, tales como la frecuencia y precisión de las medidas y la estrategia de decisión, van a tener una repercusión significativa en el coste de la actividad y deben ser tratados en cada contexto. Sin el trasfondo del análisis y la optimización de costes no es posible entender la calidad, pues si no existieran costes asociados a la aparición de productos defectuosos, no sería necesario preocuparse de la calidad y, si por el contrario, no existieran costes asociados a los procedimientos de



control e inspección, bastaría con inspeccionar todas y cada una de las etapas, subetapas, las herramientas, las materias primas y las actuaciones implicadas en el proceso, así como cada uno de los productos resultantes.

Si bien mantener una producción defectuosa tiene un coste evidente, también lo tiene el detener una actividad que está generando resultados satisfactorios. Un control excesivamente riguroso hará que nuestra actividad se detenga innecesariamente durante un tiempo excesivo. Un control excesivamente laxo implicará que estaremos produciendo un porcentaje importante de productos defectuosos, es decir, no conformes al estándar. Entre ambos extremos se habrá de situar un plan de calidad óptimo, y la tendencia hacia uno u otro extremo vendrá determinada esencialmente por los costos asociados a cada uno de estos dos tipos de errores. El plan de control de calidad, es decir, el plan de mediciones, debe reducir cuanto sea posible el coste acarreado por la aparición de ambos tipos de error.

## **2.7. TIPOS DE CAUSAS DE VARIACION EN UN PROCESOS**

En general se acepta que las causas de variabilidad pueden ser clasificadas en dos grupos según Capilla (1989):

### **2.7.1. Causas no asignables**

Serán aquellas causas inevitables o aleatorias, en general de magnitud pequeña o no crítica, y cuyo resultado neto es un grado de variabilidad compatible con el objetivo de la actividad y pueden por tanto ser asumidas como parte inherente del proceso productivo sin requerir corrección ni investigación, salvo cuando emprendamos un proceso de mejora continua u optimización de la actividad. Las denominamos *causas no asignables* (o causas comunes), y cuando sólo ellas actúan en el proceso de producción, las fluctuaciones totales son de tipo aleatorio, y en general, de acuerdo con el teorema del límite central, siguen una distribución normal.



### 2.7.2. Causas asignables

Son las causas que provocan variaciones sobrevenidas, sistemáticas o aleatorias, cuya magnitud es crítica para el resultado de la actividad. Estas deben ser investigadas, identificadas y eliminadas. No son parte de la variabilidad inherente y no se asocian al nivel de inversión que hemos realizado en nuestra actividad, por lo que su identificación es responsabilidad de los operarios y supervisores del proceso. Las denominamos causas asignables (o causas especiales). Por supuesto, una causa asignable puede también deberse al deterioro irreparable de un equipo y requerir la realización de una inversión muy importante.

Cuando en un proceso no actúan causas asignables su comportamiento será *estadísticamente predecible* y podremos decir que opera de forma óptima. Decimos entonces que el proceso es estable y que se encuentra en *estado de control*. Capilla (1989).

## 2.8. TAMAÑO Y FRECUENCIA DEL MUESTREO EN GRÁFICOS DE CONTROL

El objetivo de cualquier gráfico de control es detectar precozmente la presencia de causas especiales de variabilidad en un proceso. Implantando adecuadamente los gráficos de control pueden, adicionalmente, ayudar a identificar dichas causas especiales y eliminarlas del proceso manteniendo a éste bajo control. Capilla (1989).

Cuando una característica de calidad a controlar es una variable continua y la producción está constituida por gran número de unidades individuales o piezas, el tipo de gráfico más ampliamente utilizado es el  $\bar{X} - R$  la utilización de este gráfico plantea como problemas previos la selección del tamaño de la muestra a utilizar y frecuencia del muestreo. Capilla (1989).

En situaciones en las que el costo total del muestreo es aproximadamente proporcional al número total de unidades muestreadas, se plantea el dilema de elegir entre planes



basados en muestras pequeñas tomadas a intervalos cortos frente a otros consistentes en muestras de mayor tamaño pero más espaciadas en el tiempo. Capilla (1989).

Si bien mantener una producción defectuosa tiene un coste evidente, también lo tiene el detener una actividad que está generando resultados satisfactorios. Un control excesivamente riguroso hará que nuestra actividad se detenga innecesariamente durante un tiempo excesivo. Un control excesivamente laxo implicará que estaremos produciendo un porcentaje de productos defectuosos, es decir, no conformes al estándar. Entre ambos extremos se habrá de situar un plan de calidad óptimo, y la tendencia hacia uno u otro extremo vendrá determinada esencialmente por los costos asociados a cada uno de estos dos tipos de errores (ver tabla 2.1). El plan de control de calidad, es decir, el plan de mediciones, debe reducir cuanto sea posible el coste acarreado por la aparición de ambos tipos de error. (Vilches y Sanchez-Barbie 2007).

TABLA 2.1. Los cuatro escenarios posibles en el control estadístico de calidad

<b>MEDIDA</b> \ <b>REALIDAD</b>	El proceso <b>NO</b> ha variado	El proceso <b>SÍ</b> ha variado
El criterio indica que el proceso <b>NO</b> ha variado	Verdadero negativo. Todo está correcto	Falso negativo <b>Error tipo II</b>
El criterio indica que el proceso <b>SÍ</b> ha variado	Falso positivo <b>Error tipo I</b>	Verdadero positivo. Acción correctiva

Fuente: Vilches y Sanchez-Barbie (2007).

## 2.9. DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS

No hay dos unidades de un producto, fabricadas por determinado proceso de manufactura que sean idénticas. Alguna variación es inevitable. Por ejemplo, el contenido neto de una lata de gaseosa varía ligeramente con respecto al de otra, y el voltaje de salida de una fuente de energía no es exactamente igual de una unidad a otra. La estadística es la ciencia del análisis de datos y de la deducción de conclusiones a partir de aquél, tomando en cuenta las variaciones en los datos. (Montgomery ,1991).



### 2.9.1. Histograma de frecuencias

La figura 2.2 es una gráfica de las frecuencias observadas en función del diámetro interior de anillos forjados para los pistones que se usan en los motores de automóviles. Esta representación se llama *histograma*. La altura de cada rectángulo en la Fig 2.2 corresponde a la frecuencia de los valores de diámetro de los anillos. El histograma es una representación visual de los datos, en la que se pueden observar más fácilmente tres propiedades: forma, acumulación o tendencia central y dispersión o variabilidad. Así, el histograma da una idea del proceso, lo que un simple examen de los datos tabulados no hace. (Montgomery ,1991).

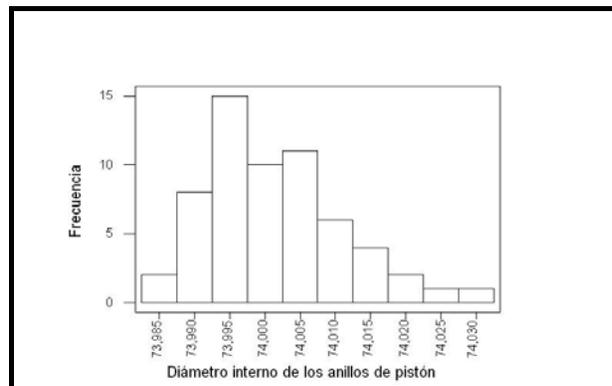


Figura 2.2. Histograma de los datos de diámetro de los anillos de pistón.

Fuente: Montgomery (1991)

Hay muchos métodos para construir histogramas. Cuando los datos son numerosos, es muy útil reunirlos en grupos. Según Montgomery (1991):

- Se recomienda utilizar entre 4 y 20 grupos o celdas; a menudo elegir un número total de celdas aproximadamente igual a la raíz cuadrada del tamaño de la muestra.
- Las celdas deben tener amplitud uniforme.
- Se empieza con un límite inferior de la primera celda sólo un poco menor que el valor más pequeño de los datos.

El agrupamiento de los datos en celdas condensa los datos originales, lo que da como resultado una pérdida de algo de detalle. Así, cuando el número de observaciones es



relativamente pequeño, o cuando las observaciones sólo toman pocos valores, puede construirse el histograma a partir de la distribución de los datos sin agrupar. (Montgomery ,1991).

### **2.9.2. Distribuciones de Probabilidad.**

Se utiliza el histograma para describir los datos *muestrales*. Una muestra es una colección de valores observados o medidos, seleccionados a partir de un conjunto más grande o *población*. (Montgomery ,1991).

Una distribución de probabilidad es un modelo matemático que relaciona el valor de la variable con la probabilidad de ocurrencia de este valor en la población. En otras palabras, es posible visualizar el diámetro de un anillo como una variable aleatoria (o azar), porque toma valores diferentes en la población conforme algún mecanismo fortuito, y entonces la distribución de probabilidad de los diámetros describe la probabilidad de ocurrencia de cualquier valor en la población. Según Montgomery (1991) hay dos tipos de distribuciones de probabilidad: Discretas y Continuas.

- **Distribuciones discretas importantes.**

Cuando el parámetro que se mide solamente puede tomar ciertos valores, como los números enteros 1, 2, ..., la distribución de probabilidad se denomina distribución discreta. Por ejemplo, la distribución del número de disconformidades o defectos de algún producto. Hay varias distribuciones de probabilidad discretas que aparecen frecuentemente en el control estadístico de calidad; algunas de las distribuciones son:

- **Distribución Hipergeométrica**

La distribución hipergeométrica es el modelo probabilístico apropiado para una muestra aleatoria de  $n$  artículos, sin reposición, de un lote de  $N$  de ellos, de los cuales  $D$  son disconformes o defectuosos. En estas aplicaciones,  $x$  normalmente representa el número de artículos disconformes encontrados en la muestra.



- **Distribución binomial o binómico**

La distribución binómica se usa con frecuencia en el control de calidad. Es el modelo probabilístico apropiado para muestrear una población infinitamente grande, donde  $p$  representa la fracción o proporción de artículos defectuosos en la población. En estas aplicaciones,  $x$  suele representar el número de artículos disconformes encontrados en una muestra aleatoria de  $n$ .

- **Distribución de Poisson**

Una aplicación clásica de la distribución de Poisson en el control estadístico de calidad es como un modelo del número de defectos o disconformidades que ocurren en una unidad del producto. En realidad, cualquier fenómeno aleatorio que ocurre “por unidad” (de área, de volumen, de tiempo, etc.) muchas veces se puede aproximar bien por la distribución de Poisson.

- **Distribución de Pascal y Otras Distribuciones Relacionadas**

Dos casos especiales de la distribución de Pascal son de particular interés. El primero es aquel en el cual  $r > 0$  y no necesariamente entero; es a veces útil como modelo estadístico fundamental para varios tipos de “conteo”, como la ocurrencia de disconformidades en una unidad de un producto. El otro caso especial de la distribución de Pascal se presenta para  $r=1$ , lo que produce la distribución geométrica. Se trata de la distribución del número de pruebas de Bernoulli hasta obtener el primer éxito.

- **Distribuciones continuas importantes.**

Cuando la variable que se mide se expresa en una escala continua, su distribución se llama continua. La distribución de probabilidad del diámetro de los anillos de pistón es continua. Algunas de las distribuciones continuas son las distribuciones normales, exponencial, gamma y de Weibull.



• **Distribución Normal**

La distribución normal es quizá la más importante tanto en la teoría como en la aplicación de la Estadística. Si  $x$  es una variable aleatoria normal, entonces su distribución de probabilidad es (Montgomery ,1991):

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad -\infty < x < \infty \quad (2.1)$$

Los parámetros de la distribución normal son la media  $\mu$  ( $-\infty < \mu < \infty$ ) y la varianza  $\sigma^2 > 0$ . Esta distribución se utiliza tan extensamente que a menudo se aplica una notación especial,  $x \approx N(\mu, \sigma^2)$ , para implicar que  $x$  tiene distribución normal, con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ . El aspecto de la distribución normal es el de una curva simétrica (unimodal) con perfil acampanado, como la figura 2.3

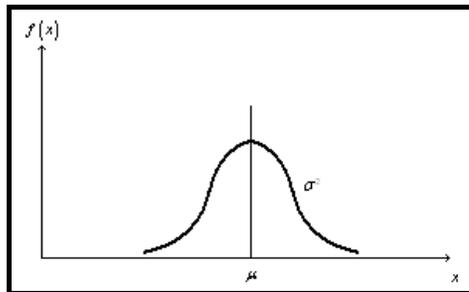


Figura 2.3. Distribución normal

Fuente: Montgomery (1991)

Hay una interpretación sencilla de la desviación estándar  $\sigma$  de una distribución normal, lo que se ilustra en la figura 2.4. Obsérvese que 68,26% de los valores poblacionales se hallan entre los límites definidos por la media más y menos una desviación estándar ( $\mu \pm 1\sigma$ ), 95,46% de los valores están entre los límites definidos por la media mas y menos dos desviaciones estándares ( $\mu \pm 2\sigma$ ) y 99,73% de los valores de la población caen entre los límites definidos por la media más y menos tres desviaciones estándares



$(\mu \pm 3\sigma)$ . Así, la desviación estándar mide la distancia en la escala horizontal, asociada a los límites de contención de 68,26%, 95,46% y 99,73%.

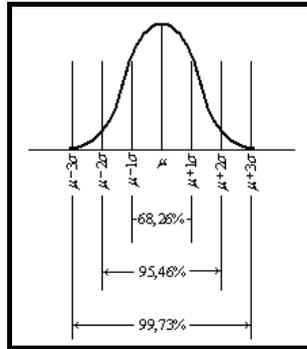


Figura 2.4. Área bajo la curva de distribución normal

Fuente: Montgomery (1991)

La distribución normal acumulativa se define como la probabilidad de que la variable normal  $x$  sea menor que o igual a algún valor  $a$  (Montgomery ,1991):

$$P\{x \leq a\} = F(a) = \int_{-\infty}^a \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx \quad (2.2)$$

No es posible evaluar esta integral en forma cerrada. Sin embargo, utilizando el cambio de variable (Montgomery ,1991):

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (2.3)$$

La evaluación puede hacerse independiente de  $\mu$  y de  $\sigma^2$ . Esto es (Montgomery ,1991):

$$P\{x \leq a\} = P\left\{z \leq \frac{a - \mu}{\sigma}\right\} \equiv \phi\left(\frac{a - \mu}{\sigma}\right) \quad (2.4)$$

donde  $\phi(\bullet)$  es una función de distribución acumulativa de la distribución normal estándar (media=0, desviación estándar =1).

• **Distribución Exponencial**

La distribución exponencial (ver figura 2.5) se utiliza ampliamente en el campo de la ingeniería de confiabilidad como un modelo para el tiempo hasta la falla de un componente o de un sistema. En estas aplicaciones, el parámetro  $\lambda$  se llama *índice de*



falla del sistema, y la media de la distribución  $\frac{1}{\lambda}$  se denomina *tiempo medio hasta la falla*.

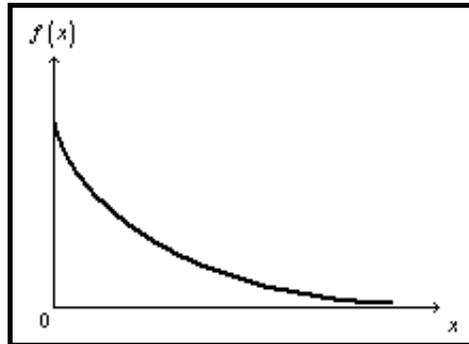


Figura 2.5. Distribución exponencial

Fuente: Montgomery (1991)

- **Distribución Gamma**

En la figura 2.6 se muestran varias distribuciones gamma. Nótese que si  $r=1$ , la distribución gamma se convierte en la distribución exponencial con parámetro  $\lambda$ . La distribución gamma puede tomar muchas formas, dependiendo de los valores escogidos para  $r$  y  $\lambda$ . Esto la hace útil como modelo para una gran variedad de variables aleatorias continuas. Existe un gran número de aplicaciones importantes de este resultado.

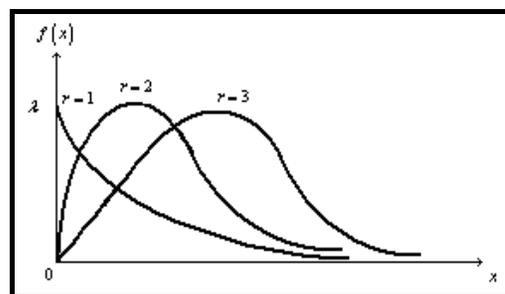


Figura 2.6. Distribuciones gamma para diversos valores de  $r$  y  $\lambda$ .

Fuente: Montgomery (1991)

- **Distribución de Weibull**

La distribución de Weibull es muy flexible, y mediante una selección adecuada de los parámetros  $\gamma, \delta$  y  $\beta$  puede tomar una gran variedad de formas. En la figura 2.7 se muestran varias distribuciones

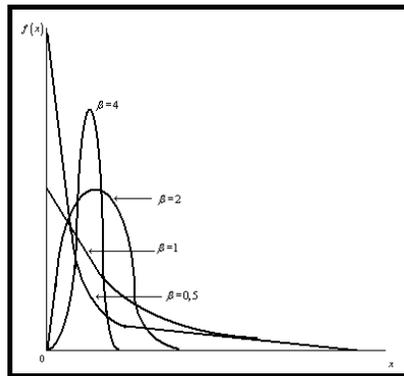


Figura 2.7. Distribuciones de Weibull para  $\gamma = 0, \delta = 1, \beta = \frac{1}{2}, 1, 2, 4$ .

Fuente: Montgomery (1991)

La distribución de Weibull se utiliza ampliamente en ingeniería de confiabilidad como modelo del tiempo hasta la falla en componentes y sistemas electrónicos y mecánicos. Ejemplos en los que se utiliza la distribución de Weibull son dispositivos eléctricos como elementos de memoria; componentes mecánicos, como cojinetes y elementos estructurales de automóviles y aviones. (Montgomery, 1991).

## 2.10. GRÁFICOS DE CONTROL

Es importante aclarar que existen dos tipos de gráficas de control: por variables y por atributos. Las gráficas por atributos se utilizan para controlar el porcentaje de elementos defectuosos, o el número de defectos dentro de sus límites, y detectar a tiempo cualquier incremento significativo de cualquiera de ellos. Estas gráficas son de utilidad para los estudios de capacidad estadística del proceso. Por otra parte, las gráficas de control por variables se aplican exclusivamente cuando la característica de calidad puede ser expresada mediante una variable cuantitativa continua. Un diagrama de control por variables es esencialmente una prueba de la hipótesis para verificar que el proceso está bajo control estadístico. (Orta y Albarracín, 2004).

### 2.10.1. Gráficos de control por variables

Si la característica de calidad puede medirse y expresarse numéricamente, usualmente se le llama variable. En tales casos, es conveniente describir la característica de calidad con una medida de tendencia central y una medida de variabilidad.



Entre los gráficos de control por variable se tiene según Orta y Albarracin (2004):

- Gráfico  $\bar{X} - R$ .
- Gráfico  $\bar{X} - S$ .
- Gráfico de media.
- Gráfico individual.

En general los gráficos de control son utilizados para medir las características más importantes, en donde se mide una de tales características. (Orta y Albarracin, 2004).

Generalmente para poder determinar que tipo de gráfico por variable se debe utilizar, es necesario analizar por separado los gráficos de exactitud y precisión. (Orta y Albarracin, 2004).

Los gráficos de control por variables están compuestos de dos gráficos, uno donde se representa los promedios o las medianas, control de exactitud, y otro donde se representan los intervalos o las desviaciones normales, control de precisión. (Orta y Albarracin, 2004).

### **2.10.2. Gráficos de control por atributos**

Se utilizan cuando muchas características de calidad no son medidas sobre una escala cuantitativa. En estos casos, podemos clasificar cada unidad de producto como buena (conforme) o defectuosa (no conforme) dependiendo de si posee o no ciertos atributos, o podemos contar el número de defectos (no conformidades) que se observan en unidad de producto. Según Ochoa (2004):

Existen tres tipos de gráficos por atributos:

- Gráfico para la fracción defectiva.

La fracción defectiva es la relación que existe entre el número de “Piezas defectuosas” y el total examinado.

- Gráfico para la cantidad de defectos por unidad.



Será la cantidad de Defectos que se encontraron en el lote dividida por la cantidad de piezas evaluadas.

- Gráfico para la cantidad de defectos por lotes.

Serán las cantidades de defectos encontrados en un lote fijo de producto

### 2.10.3. Patrones de comportamiento no natural en Gráficos de control

Los patrones no naturales tienden o bien a fluctuar muy ampliamente con respecto a la línea central o no fluctuar con suficiente amplitud este comportamiento siempre tiene asociado la ausencia de al menos una de las características del comportamiento natural. Entre los patrones de comportamiento no natural se tiene según Graterol (2002):

1. Ausencia de puntos cerca de la línea central, lo cual produce un comportamiento no natural llamado **MEZCLA**.
2. Ausencia de puntos cerca de los límites de control el patrón de comportamiento no natural correspondiente a esta característica se llama **ESTRATIFICACIÓN**.
3. Presencia de puntos fuera de los límites de control. El correspondiente patrón no natural se llama **INESTABILIDAD**.

### 2.10.4. Pruebas de inestabilidad

Son las 4 pruebas más importantes para patrones de comportamiento no natural, según Graterol (2002). Para el estudio de estas pruebas se toman en consideración las siguientes zonas (ver figura 2.8):

ZONA "C": De la línea central a la línea central + (1) sigma

ZONA "B": De la línea central + (1) sigma a la línea central + (2) sigma

ZONA "C": De la línea central + (2) sigma al límite superior o inferior de control.

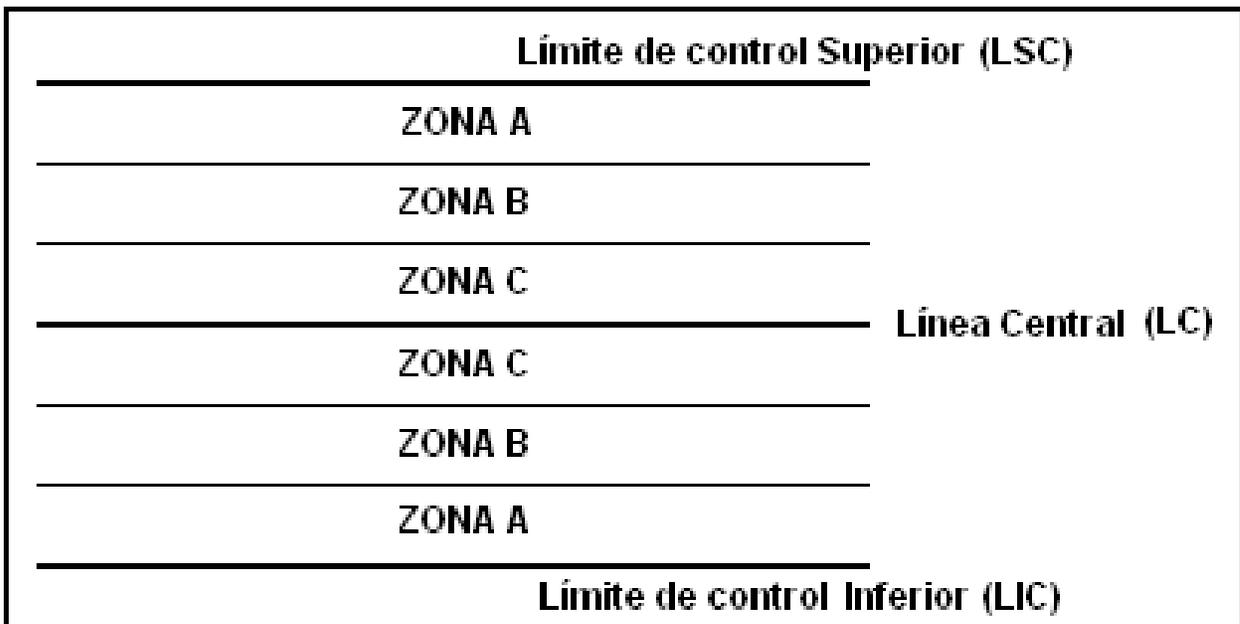


Figura 2.8. Zonas de un gráfico de control

Fuente: Graterol (2002)

**Prueba N° 1:**

Un (1) punto cae sobre o más allá de los límites (3) sigma, (ver figura 2.9).

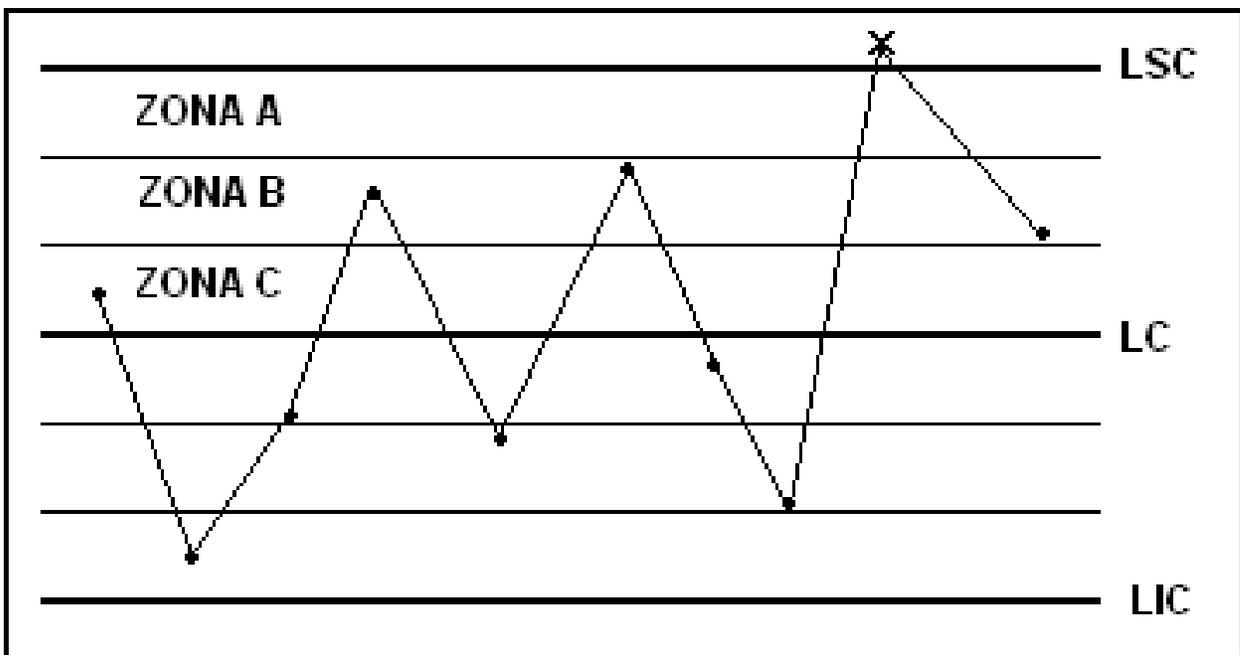


Figura 2.9. Prueba N° 1 de comportamiento no natural en gráficos de control.

Fuente: Graterol (2002)



**Prueba N° 2:**

Dos (2) de tres (3) puntos sucesivos caen en la Zona "A" o más allá, (ver figura 2.10).

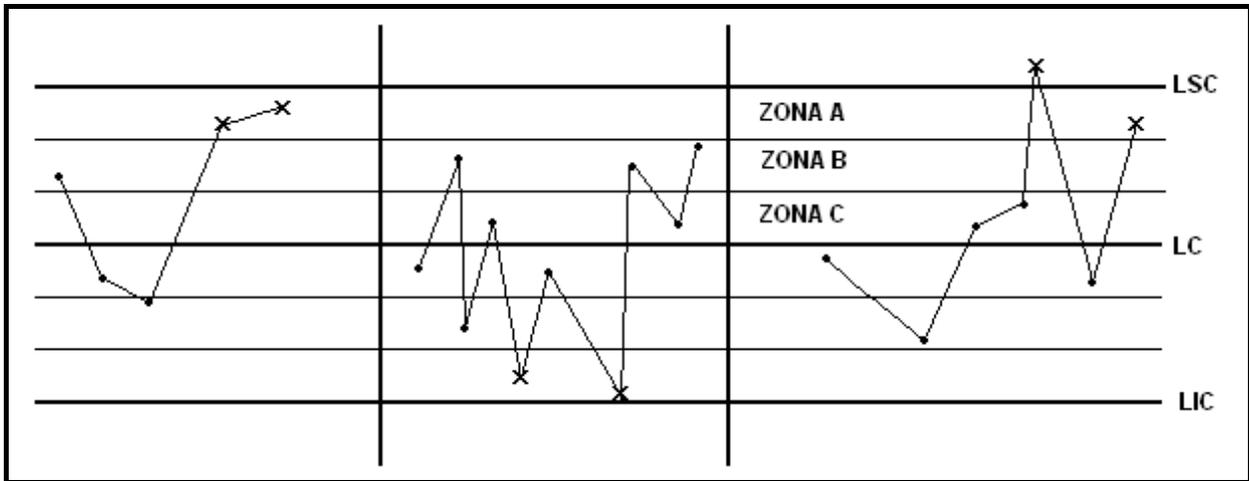


Figura 2.10. Prueba N° 2 de comportamiento no natural en gráficos de control.

Fuente: Graterol (2002)

**2.10.4.1. Prueba N° 3:**

Cuatro (4) de cinco (5) puntos sucesivos caen en la Zona "B" o más allá, (ver figura 2.11).

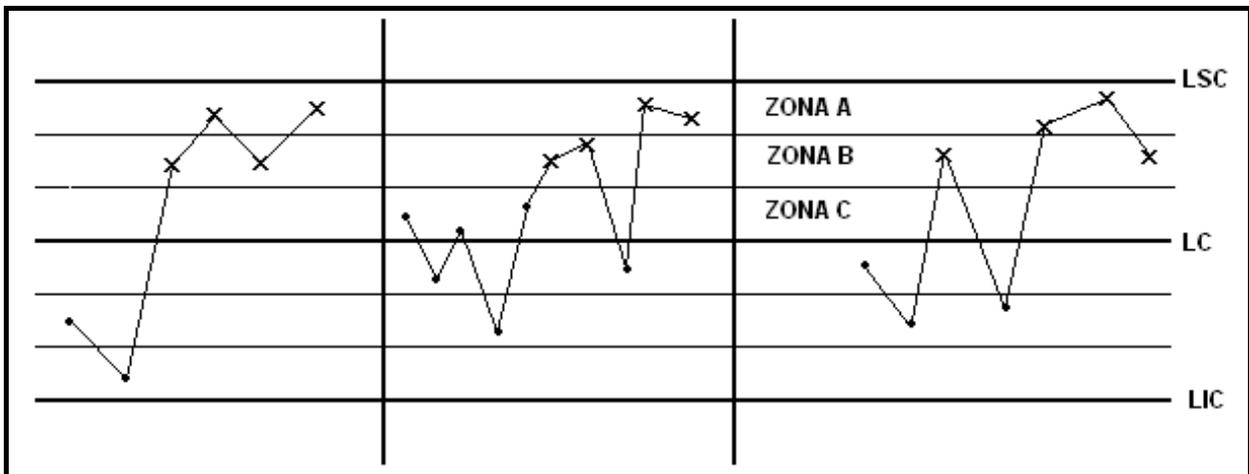


Figura 2.11. Prueba N° 3 de comportamiento no natural en gráficos de control.

Fuente: Graterol (2002)

**2.10.4.2. Prueba N° 4:**

Ocho (8) puntos sucesivos caen en la Zona "C" o más allá. (ver figura 2.12).

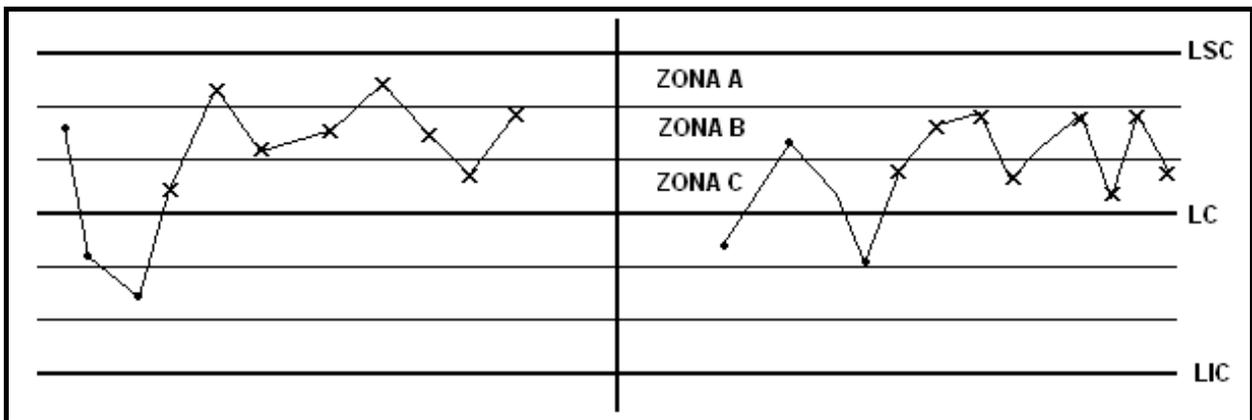


Figura 2.12. Prueba N° 4 de comportamiento no natural en gráficos de control.

Fuente: Graterol (2002)

Las mismas pruebas para la inestabilidad son aplicadas a ambas mitades del gráfico de control sin embargo, se aplican en forma separada a las dos mitades y no en combinación, por ejemplo, dos puntos no cuentan para la prueba N° 2 si uno está en la Zona “A” de la mitad superior y el otro en la Zona “A” de la mitad inferior del gráfico. (Graterol, 2002)

## 2.11. CAPACIDAD O APTITUD DE UN PROCESO

La *capacidad o aptitud de un proceso* se refiere a su uniformidad. Obviamente, la variabilidad del proceso es una medida de la uniformidad del rendimiento. Según Montgomery (1991) se pueden considerar tal variabilidad de dos maneras:

- La variabilidad natural o inherente en un instante especificado; es decir, la variabilidad “instantánea”.
- La variabilidad en el transcurso del tiempo.

Se acostumbra considerar un ancho de seis sigma en la distribución de la característica de calidad de un proceso como una medida de la capacidad de un proceso. En la figura 2.13 se muestra un proceso para el cual la característica de la calidad tiene una distribución normal, con media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma$ . Los límites superior e inferior de “tolerancia natural” del proceso se encuentran en  $\mu + 3\sigma$  y  $\mu - 3\sigma$ , respectivamente, es decir, (Montgomery, 1991):



$$LSTN = \mu + 3\sigma \quad (2.5)$$

$$LITN = \mu - 3\sigma \quad (2.6)$$

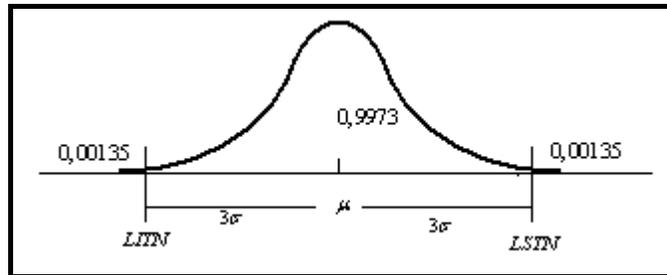


Figura 2.13. Límites superior e inferior de tolerancia natural en la distribución normal.

Fuente: Montgomery (1991)

Para una distribución normal, los límites de tolerancia normal incluyen 99,73% de la variación, o expresado de otra manera, solo el 0,27% de la salida del proceso caerá fuera de los límites de tolerancia natural. Se deben recordar los dos puntos siguientes según Montgomery (1991):

- El 0,27% fuera de las tolerancias naturales parece poco, pero corresponde a 2700 artículos defectuosos por millón.
- Si la distribución de salida del proceso no es normal, entonces el porcentaje de la salida que cae fuera de  $\mu \pm 3\sigma$  puede diferir considerablemente de 0,27%.

Se define el *análisis de la capacidad de un proceso* como un estudio de ingeniería orientado a estimar la aptitud del proceso. La estimación de tal característica puede ser como una distribución de probabilidad con forma, centro (media) y dispersión (desviación estándar) específico. (Montgomery ,1991).

Esta aptitud del proceso se puede cuantificar, en cuanto a la Capacidad Potencial ( $C_p$ ) y la Capacidad Real del proceso ( $C_{pk}$ ). La determinación de “ $C_p$ ” se hace a partir de la estimación de la desviación estándar “ $\sigma$ ” de la gráfica bajo control, de los límites superior e inferior de especificación “ $L_s$ ”, “ $L_i$ ”, obteniéndose (Montgomery ,1991):

$$C_p = \frac{L_s - L_i}{6\sigma} \quad (2.7)$$



La estimación de “Cpk” se determina entre el valor mínimo que resulte de la división de la diferencia entre los límites y la media entre tres veces la desviación estándar, es decir, (Montgomery ,1991):

$$Cpk = \text{mínimo entre} \left\{ \frac{L_s - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - L_i}{3\sigma} \right\} \quad (2.8)$$

El análisis de la capacidad de proceso es parte decisiva de un programa general de mejoramiento de la calidad. Entre los usos más importantes de los datos de un análisis de aptitud de proceso pueden mencionarse los siguientes de acuerdo a Montgomery (1991):

- Predecir cuan bien cumple el proceso las tolerancias.
- Ayudar a los diseñadores o realizadores del producto a seleccionar o modificar un proceso.
- Ayudar a establecer un intervalo entre muestreo y controles de procesos.
- Especificar los requisitos para el funcionamiento de nuevos equipos.
- Plantear la sucesión de los procesos de producción cuando existe un efecto interactivo de los procesos sobre las tolerancias.
- Reducir la variabilidad en el un proceso de manufactura.

## 2.12. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

De acuerdo a Montgomery (1991) hay tres métodos fundamentales que se utilizan en el análisis de la capacidad: histogramas o diagramas de probabilidades, diagramas de control, y experimentos diseñados.

### 2.12.1. Análisis de la capacidad mediante histogramas de frecuencia

La distribución de frecuencia puede servir en la estimación de la aptitud o capacidad de proceso. Se tendría que disponer de por lo menos 50 a 100 o más observaciones para que el histograma sea moderadamente estable, a fin de obtener una estimación razonablemente confiable de la capacidad de proceso. Si el ingeniero de calidad tiene



acceso al proceso y puede controlar la obtención de los datos, se deben seguir los siguientes pasos antes de dicha obtención:

- Elegir las máquinas que se van a utilizar.
- Seleccionar las condiciones operacionales del proceso.
- Seleccionar un operario representativo.
- Vigilar cuidadosamente el proceso de recopilación de los datos, y registrar el orden en el tiempo de la producción de cada artículo.

Una ventaja del método de la distribución de frecuencias para evaluar la capacidad del proceso es que proporciona una impresión visual inmediata del funcionamiento del proceso. También puede revelar inmediatamente el motivo de un rendimiento deficiente del proceso. Por ejemplo la figura 2.14 representa un proceso con capacidad adecuada, pero cuyo objetivo está mal ubicado, mientras que la figura 2.15 ilustra un proceso con capacidad deficiente, debido a la variabilidad excesiva. Montgomery (1991).

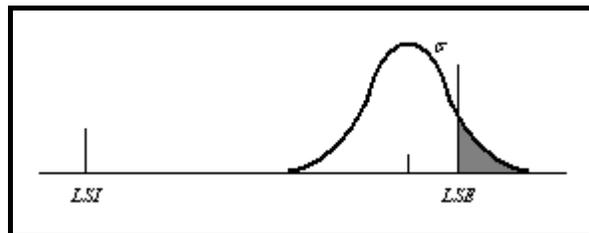


Figura 2.14. Algunas causas de capacidad de proceso deficiente. Centrado impropio del proceso

Fuente: Montgomery (1991)

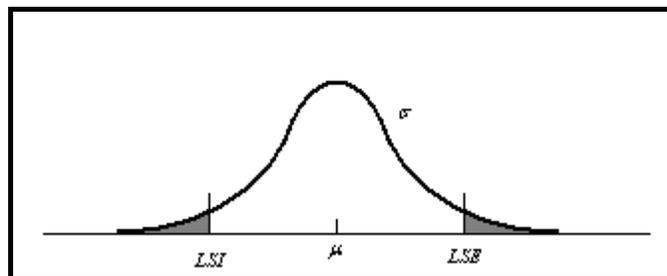


Figura 2.15. Algunas causas de capacidad de proceso deficiente. Variabilidad excesiva del proceso

Fuente: Montgomery (1991)



### 2.12.2. Análisis de la capacidad mediante diagramas de control

Los histogramas y gráficas de probabilidad resumen el funcionamiento del proceso. No exhiben necesariamente su capacidad potencial, porque su objetivo no es un control estadístico, ni muestran patrones sistemáticos en el rendimiento del proceso, cuya eliminación reduciría la variabilidad de la característica de calidad. Los diagramas de control son muy eficientes a este respecto, y deben considerarse la técnica principal en el análisis de capacidad de un proceso. Montgomery (1991).

Se pueden utilizar los diagramas de control por atributos y de variables en el análisis de capacidad de un proceso. Deben emplearse las gráficas de  $\bar{x}$  y R cuando sea posible, por su mayor potencialidad y porque proporcionan mejor información que los diagramas de atributos.

Las gráficas de  $\bar{x}$  y R permiten estudiar los procesos sin tomar en cuenta las especificaciones. Además permiten analizar a la vez la variabilidad instantánea (capacidad de proceso a corto plazo) y la variabilidad en el tiempo (capacidad de proceso a largo plazo).

Puede usarse el diagrama de control como un dispositivo de vigilancia, o bien como un registro para mostrar el efecto de cambios en el proceso sobre el funcionamiento de éste.

A veces el análisis de la capacidad de proceso indica que éste se encuentra fuera de control. Es peligroso estimar la capacidad en estos casos. El proceso debe ser estable para que se obtenga una estimación confiable de la capacidad de proceso. Cuando aquél se encuentra fuera de control en las primeras etapas del análisis de la capacidad, el primer objetivo es encontrar y eliminar las causas atribuibles para poner el proceso bajo control.

### 2.12.3. Análisis de la capacidad mediante experimentos diseñados

El diseño de experimentos es un método sistemático para cambiar las variables controlables de entrada en el proceso, y analizar los efectos de dichas variables en la



salida. Los experimentos diseñados también sirvan para descubrir que conjunto de variables del proceso influyen en la salida, y a que niveles hay que manejar estas variables para optimizar el rendimiento del proceso. De este modo, el diseño de experimentos es útil en problemas de fabricación y desarrollo más generales que aquellos que solo implican la capacidad del proceso. Montgomery (1991).

Uno de los usos principales de los experimentos diseñados es aislar y estimar las fuentes de variabilidad en un proceso.

## **2.13. ANÁLISIS ECONÓMICO**

Es necesario determinar la rentabilidad de un proyecto de inversión, de allí surge la necesidad de tener conocimiento sobre la definición, aplicación e interpretación de los principales modelos de rentabilidad que maneja la Ingeniería Económica. (Giugni y Colaboradores, 2003)

### **2.13.1. Modelos de Rentabilidad**

La rentabilidad de un proyecto es una medida que permite conocer de una manera anticipada el resultado global de la operación de un proyecto desde su punto de vista económico. Por esta razón, es necesario conocer la totalidad de los flujos monetarios asociados, la duración del proyecto y, por ende, el efecto de la tasa de interés o tasa mínima de rendimiento. En resumen, según Giugni y Colaboradores (2003) la rentabilidad de un proyecto es una función de:

- Los costos e ingresos
- La vida o periodo de estudio
- La tasa mínima de rendimiento

La Ingeniería Económica utiliza, para determinar la rentabilidad de los proyectos de inversión, los siguientes modelos según Giugni y Colaboradores (2003):

- El valor actual
- El equivalente anual



los cuales se emplean en el caso de proyectos cuyo objetivo es la maximización de beneficio para el inversionista.

Además de estos modelos se puede utilizar el **tiempo de pago** para determinar cuán rápido se recupera la inversión inicial involucrada en un proyecto. (Giugni y Colaboradores, 2003)

### 2.13.2. Valor Actual (VA)

El valor actual expresa la rentabilidad de un proyecto de inversión en forma de una cantidad de dinero en el presente ( $t=0$ ), que es equivalente a los flujos monetarios netos del proyecto a una determinada tasa mínima de rendimiento.

En otras palabras el valor actual representa el beneficio o pérdida equivalente en el punto cero de la escala de tiempo. El significado de un resultado de valor actual implica que un **proyecto de inversión es rentable** si (Giugni y Colaboradores, 2003):

$$VA(i) \geq 0 \quad (2.9)$$

### 2.13.3. Equivalente Anual (EA)

El equivalente anual es un modelo de características muy similares al valor actual por cuanto expresa la rentabilidad de un proyecto en forma de una serie anual uniforme (Bs/año) que es equivalente a los fijos monetarios netos del proyecto a una determinada tasa mínima de rendimiento.

En consecuencia, el equivalente anual representa el beneficio o la pérdida equivalente en forma de una serie anual uniforme. De acuerdo a esta interpretación un **proyecto de inversión es rentable** si (Giugni y Colaboradores, 2003):

$$EA(i) \geq 0 \quad (2.10)$$



#### **2.13.4. Tiempo de pago (TP o \*r)**

El tiempo de pago es un modelo de evaluación que mide el tiempo, en años, requeridos para que los flujos monetarios netos recuperen la inversión inicial a una tasa mínima de rendimiento igual a cero. (Giugni y Colaboradores, 2003).



## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta el tipo de investigación según nivel de profundidad y la estrategia a desarrollar; de igual manera se describe de forma detallada los pasos que se llevaron a cabo para cumplir con el objetivo general y llevar a término el presente trabajo especial.

A continuación se describirán cada etapa de la investigación, desde el adiestramiento en el proceso de extrusión-rafia, hasta el cálculo del costo para poner en marcha las propuestas planteadas.

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo constituye una investigación según el nivel de profundidad de tipo proyecto factible, (Manual de Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 2006): consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades presentes en la Empresa mencionada, permitiendo el aumento de la productividad en cuanto a la elaboración de sacos tejidos de polipropileno.

En cuanto a la estrategia o diseño de la investigación es un trabajo de campo (Manual de Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 2006): contempla el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes. Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de una investigación a partir de datos originales o primarios.

#### 3.2. FASE DE RECONOCIMIENTO

Se refiere a los pasos necesarios para obtener una visión detallada del proceso de extrusión-rafia, permitiendo así, el conocimiento del mismo.



### **3.2.1. Observación directa del proceso de elaboración de sacos tejidos de polipropileno**

Se refiere a obtener el conocimiento de todas las etapas que involucra el proceso de elaboración de sacos tejidos de polipropileno, mediante la observación directa del mismo, desde la recepción de la materia prima, el mezclado, acondicionamiento y extrusión de la misma, el tejido de la rafia, impresión y cocido hasta el empaque y despacho de los sacos.

### **3.2.2. Entrevistas al personal involucrado en el proceso Extrusión-Rafia**

Consistió en relacionarse con el personal involucrado en el proceso productivo descrito, como son los operadores, supervisores en planta, analistas de calidad, supervisores administrativos y gerenciales, y conocer las actividades que cada uno de los mismos desempeñan en el proceso de extrusión-rafia.

### **3.2.3. Normas de seguridad**

Por otra parte fue necesario recibir el adiestramiento para conocer cada una de las normas de seguridad industrial y la aptitud que se debe mantener durante la producción de los sacos para evitar cualquier tipo de accidentes que se puedan presentar, y en caso de presentarse dirigirse al sitio adecuado además de portar los elementos de protección personal como botas de seguridad, tapones para oídos y mascarilla.

### **3.2.4. Característica de calidad que se inspeccionan**

Son aquellas características físicas, químicas o funcionales, que se deben chequear para que los sacos tejidos de polipropileno cumplan con las especificaciones. La característica de calidad que se inspeccionará es el Denier.

### **3.2.5. Ubicación de los puntos de inspección o toma de muestras**

Consiste en identificar en que parte del proceso productivo se podría realizar la toma de muestras para la inspección de la variable de calidad.



El trabajo en desarrollo se limita al estudio de la optimización de 3 extrusoras de la zona de extrusión-rafia, las cuales producen la rafia necesaria para el tejido de los sacos, para ello se deben recolectar muestras de hilos de rafia para la inspección del Denier, pero la toma de los mismos no es posible a la salida de las extrusoras, es por ellos que se realizó en la zona de embobinado, donde si es posible su recolección.

### 3.3. FASE EXPLORATORIA

Con el diagnóstico de la situación actual en el proceso de extrusión-rafia se busca conocer la tasa de desperdicios generados en el proceso de elaboración de sacos tejidos de polipropileno. El mismo es posible mediante la recolección de datos durante 3 meses de estudios los cuales fueron septiembre, octubre y noviembre de 2007.

Para ello se procesaron los datos de Denier, correspondientes a los tres turnos que labora la empresa.

Se determinaron cuales eran las zonas con Denier por debajo y por encima de especificación, sabiendo que los límites son 950 y 1050 Denier, con un promedio de 1000 Denier, estas eran las especificaciones para los meses en estudio del pronóstico.

Se desarrolló una ecuación para determinar la cantidad de material de rafia que se produce en cada turno y en cada zona, para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$Mr_i = Den_i * \frac{Nh_y}{Nz_y} * VR_y * fc_1 * fc_2 \quad (3.1)$$

Donde:

$Mr_i$  : Cantidad de material de rafia de la zona "i"  $\left(\frac{kg}{turno}\right)$ .

$Den_i$  : Denier de la zona "i"  $\left(\frac{g}{9000m}\right)$ .

$Nh_y$  : Número de hilos de la extrusora "y" (*adim*).

$Nz_y$  : Número de zonas de la extrusora "y" (*adim*).

$VR_y$  : Velocidad real de la extrusora "y"  $\left(\frac{m}{min}\right)$ .



$fc_1$ : Factor de conversión 1  $\left( \frac{480 \text{ min}}{1 \text{ turno}} \right)$ .

$fc_2$ : Factor de conversión 2  $\left( \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right)$ .

Para la rafia con Denier por encima de especificación se determinó la cantidad de material que se está desperdiciando, es decir, aquella cantidad de material que sobrepasa el Denier máximo permitido que sería de 1050 g/9000m, para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$Mr_{Ai} = (Den_i - Den_M) * \frac{Nh_i}{Nz_i} * VR_i * fc_1 * fc_2 \quad (3.2)$$

Donde:

$Mr_{Ai}$ : Cantidad de material de rafia con Denier por encima de especificación en la zona "i"  $\left( \frac{\text{kg}}{\text{turno}} \right)$ .

$Den_M$ : Denier máximo permitido  $\left( \frac{1050 \text{ g}}{9000 \text{ m}} \right)$ .

Con la ayuda de la determinación de las zonas fuera de especificación se determinó la cantidad de material de rafia con Denier por debajo de especificación. La cual se obtuvo realizando la sumatoria de la cantidad de material obtenida por la ecuación (3.1), pero solo de aquellas zonas que presentan Denier por debajo de especificación; esta cantidad de material se estaría perdiendo en su totalidad ya que se utilizaron en el tejido de sacos de segunda; para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$Mr_{TB} = \sum_{i=1}^n Mr_i \quad (3.3)$$

Donde:

$Mr_{TB}$ : Cantidad de material de rafia con Denier por debajo de especificación para tejido de sacos de segunda  $\left( \frac{\text{kg}}{\text{turno}} \right)$ .



Para determinar la cantidad total de material que se desperdició por presentar Denier por encima de especificación se utilizó la siguiente ecuación:

$$Mr_{TA} = \sum_{i=1}^n Mr_{Ai} \quad (3.4)$$

Donde:

$Mr_{TA}$ : Cantidad total de material de rafia con Denier por encima de especificación  $\left(\frac{kg}{turno}\right)$ .

También se determinó la cantidad total de material de rafia producida en cada día, en cada turno, para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$Mr_T = \sum_{i=1}^n Mr_i \quad (3.5)$$

Donde:

$Mr_T$ : Cantidad total de material de rafia de rafia  $\left(\frac{kg}{turno}\right)$ .

Para determinar las pérdidas monetarias para la rafia con Denier por debajo de especificación, sabiendo que la rafia para el tejido de los sacos de segunda se devalúa un 35%, según la empresa, se utilizó la siguiente formula:

$$PM_B = Mr_{TB} * Cr * Pc \quad (3.6)$$

Donde:

$PM_B$ : Pérdidas monetarias por hilos de rafia con Denier por debajo de especificación  $\left(\frac{BsF}{turno}\right)$ .

$Mr_{TB}$ : Cantidad de material de rafia por debajo de especificación  $\left(\frac{kg}{turno}\right)$ .

$Cr$ : Costo de elaboración de 1 kilogramo de rafia  $(3,9 BsF)$ .

$Pc$ : Fracción que deja de percibirse por cada kilogramo de rafia con Denier por debajo de especificación  $(0,35 \text{ adim})$ .



Para la determinación de las pérdidas monetarias por hilos de rafia por encima de especificación se utilizó la siguiente formula:

$$PM_A = Mr_{TA} * Cr \quad (3.7)$$

Donde:

$PM_A$  : Pérdidas monetarias por hilos de rafia por debajo de especificación ( $BsF/turno$ ).

Para la determinación del porcentaje de material que se pierde por los hilos de rafia presentar Denier fuera de especificación, se dividió la sumatoria de la cantidad total de material producida por debajo y por encima de especificación generada en un mes determinado (ecuación 3.3 y 3.4) entre el total de la cantidad de material producida en ese mismo mes (ecuación 3.5), para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$Pm = \frac{Mr_{TB} + Mr_{TA}}{Mr_T} * 100 \quad (3.8)$$

Donde:

$Pm$  : Pérdidas de material (%).

Las pérdidas tanto de material como monetarias se realizaron para cada turno, y también se reportaron las pérdidas totales.

### 3.4. DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN-RAFIA

La variabilidad en el peso de los sacos, genera que no se cumpla con las especificaciones, fue que se produjo la necesidad de realizar el estudio estadístico a la variable que influye directamente en el peso de los mismo, el Denier; primero se determinó la estabilidad del proceso, para luego poder calcular si el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones del mismo. Para llevar a cabo lo antes descrito es necesario desarrollar una serie de pasos que se describen a continuación.



### 3.4.1. Tamaño y Frecuencia del muestro

Cuando hay que escoger el tamaño de la muestra, debe pensarse en el tamaño del cambio que se trata de detectar. Si el cambio del proceso es relativamente grande, se utilizan tamaños muestrales más reducidos que los que se tendrían que utilizar para cambios relativamente pequeños. (Montgomery, 1991)

También es necesario determinar la frecuencia del muestreo. El problema general es distinguir el esfuerzo del muestreo, es decir, se toman muestras pequeñas a intervalos cortos, o bien muestras grandes a intervalos largos. La práctica común tiende a favorecer la toma de muestras pequeñas más frecuentes, sobre todo en procesos de manufacturas con gran volumen de producción o en los que puede presentarse una gran cantidad de causas atribuibles de diferentes tipos. Para determinar la frecuencia del muestreo, deben tomarse en cuenta varios factores, los cuales incluyen el costo del muestreo, la pérdida provocada por un proceso fuera de control que sigue trabajando, la tasa de producción y las probabilidades de ocurrencia de diversos tipos de cambios en el proceso. (Montgomery, 1991)

#### 3.4.1.1. Tamaño del muestreo

Las extrusoras están divididas en 12 zonas para la extrusora N° 1, y en 10 zonas para la extrusora N° 3 y N° 4, la empresa lleva registros del Denier en estas zonas, es requisito de la empresa que se lleve a cabo el estudio con un tamaño de muestreo de 12 o de 10, según corresponda el caso de acuerdo a las extrusoras. Por ello se tomará una bobina aleatoria de cada zona, lo que representa solo un 8% aproximadamente en la carga de bobinas correspondiente al estudio.

Además que al tener una tamaño muestral relativamente grande se reduce la probabilidad de error tipo II (ver tabla 2.1), aumentando la capacidad del gráfico para detectar estado fuera de control. (Vilches y Sanchez-Barbie 2007).



### 3.4.1.2. Frecuencia del muestreo

Por requisito de la empresa, se desea hacer el levantamiento de los datos para la elaboración de los gráficos de control para otras variables de calidad que la empresa lleva a cabo, las cuales son Resistencia y Elongación de la rafia.

Puesto que la realización de los ensayos a los hilos de rafia para la obtención de los datos de Denier, Resistencia y Elongación, requiere de 45 minutos aproximadamente y las cargas de hilos en las extrusoras N° 1 es cada 30 minutos, y en la extrusora N° 3 y N° 4 es cada 60 minutos, se fija la frecuencia del muestreo en 1 hora.

Con este tamaño y frecuencia del muestreo se estará reteniendo solo un 4,5% de la producción de rafia por aproximadamente 1 hora, ya que las bobinas son devueltas al proceso de elaboración de sacos tejidos de polipropileno, así que el coste por el proceso de muestreo es mínimo debido a que solo se destruirán 9 metros de rafia de cada bobina en la frecuencia antes descrita.

### 3.4.2. Selección de los gráficos de control

Para la selección de la herramienta de control estadístico adecuada a la variable de calidad, se tomó en cuenta el hecho que este, como la mayoría de los procesos y sus resultados tienen características que son medibles. El Denier cumple con estas características, y tomando en cuenta el tamaño de la muestra, el gráfico de control adecuado para el estudio es el  $\bar{X} - S$ .

Cuando el tamaño muestral es moderadamente grande, digamos  $n > 10$  o 12, el método de la amplitud para estimar  $\sigma$  pierde eficiencia estadística. En estos casos es mejor reemplazar las gráficas de  $\bar{X} - R$  por las de  $\bar{X} - S$ , donde se estima directamente la desviación estándar en vez de hacerlo en forma indirecta mediante el uso de R. Por lo tanto, con fines de control, hay que calcular la media muestral  $\bar{X}$  y la desviación estándar muestral  $S$  para cada subgrupo. (Montgomery, 1991).



### 3.4.3. Transformación de los datos

El Denier es una característica de calidad, la cual es el peso que tienen 9000m metros de rafia, y para determinarla, a las muestras tomadas en el tamaño y la frecuencia antes descrita, se le aplicó la siguiente fórmula, sabiendo que se tomaron 9 metros de cada hilo, con el medidor de densidad, y el peso es determinado por una balanza digital de apreciación de 0,01g (Cauchotecnia, 2001):

$$Den_i = \frac{Pf_i}{Lf_i} * 9000 \quad (3.9)$$

Donde:

$Pf_i$ : Peso del filamento de la zona "i" (g).

$Lf_i$ : Longitud del filamento de la zona "i" (m).

### 3.4.4. Construcción y análisis de los histogramas de frecuencia, pruebas de normalidad y gráficos de control

Con la ayuda del Software Minitab 13 y los datos transformados, se realizaron las gráficas de los histogramas de frecuencias para comprobar si los datos tenían un comportamiento normal, posteriormente para saber si el proceso del cual provienen los datos presentaba el mismo comportamiento normal, se les realizó la prueba de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, se estudiaron e interpretaron los resultados arrojados por el programa, y por último se elaboraron los gráficos de control, interpretándose los comportamientos presentes en los mismos, con ayuda de la bibliografía y de las entrevistas al personal involucrado en el proceso de Extrusión-Rafia, y así establecer todas las posibles causas que son las responsables del problema en estudio, para identificarlas y eliminarlas lo que permite llevar el proceso a estabilidad estadística.

### 3.4.5. Determinación de las posibles causas que influyen en la variabilidad del Denier

Para facilitar el estudio de las posibles causas que hacen inestable al proceso se realizó una tormenta de ideas con el personal involucrado en el proceso, lo que permitió



obtener una serie de posibles causas que hacen inestable al proceso en cuanto a la variable en estudio. Las cuales se clasificaron de la siguiente manera en el diagrama causa-efecto:

#### **3.4.5.1. Materia Prima:**

Incluye desde el tipo de polipropileno a utilizar así como la “fórmula”, que se utiliza en el mezclado inicial de la materia y la cual es confidencial.

#### **3.4.5.2. Maquinaria y Equipos:**

Involucra todos los equipos, maquinarias y herramientas necesarias para la realización del hilo de rafia.

#### **3.4.5.3. Mano de obra:**

Abarca desde el operario de hasta la alta gerencia, pasando por los supervisores, analistas, y demás personal que esté involucrado con el proceso.

#### **3.4.5.4. Métodos:**

Se refiere a todo lo relacionado con los métodos que se llevan a cabo en las extrusoras para la producción de la rafia, además de los métodos de medición de la variable de calidad y el seguimiento del comportamiento del proceso.

#### **3.4.5.5. Medio Ambiente:**

Engloba todo lo referente a condiciones ambientales, a las condiciones físicas a que está sometido el proceso.

#### **3.4.5.6. Mantenimiento:**

Comprende todo lo relacionado con las técnicas y el personal de mantenimiento de los equipos involucrados en el proceso.



Debido a que todas estas causas son globales al proceso se realizó un segundo diagrama causa-efecto donde se establecieron las causas que son críticas en cuanto a la variabilidad de Denier.

Con la ayuda del personal por medio de entrevistas de tipo no estructuradas se definieron todas las posibles causas del problema de acuerdo con la categorización anterior, se tomaron en cuenta las más importantes e influyentes, y se construyó el nuevo diagrama de causa-efecto más puntual.

Con la ayuda de las características definidas en el diagrama anterior se construyó el diagrama de Pareto que permite estudiar y jerarquizar en forma general los procesos causales en el fenómeno estudiado a fin de detectar los problemas que tienen mayor relevancia, también se puede identificar visualmente en una sola revisión los problemas minoritarios pero vitales para el proceso, por lo cual es importante prestarle atención para poder solventarlos implicando una acción correctiva simple, sin malgastar esfuerzo.

Todo esto permitió definir cuáles eran las medidas correctivas que se emplearon para llevar a estabilidad al proceso. Estas medidas correctivas fueron concisas, no representando un gran gasto de dinero, ni tiempo excesivo para la aplicación de las mismas.

### **3.5. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN-RAFIA.**

Luego de llevadas a cabo las medidas correctivas propuestas se procedió a una segunda toma de datos, con el mismo tamaño y frecuencia de muestreo, por las mismas razones antes mencionadas. Con estos datos se procedió de la misma manera que con los anteriores. Y se les hicieron inclusive los mismos análisis, para la determinación de la estabilidad.

Luego de confirmada la estabilidad del proceso, con la ayuda del software Minitab 13 se graficaron los datos para determinar la capacidad la cual se hizo a través del histograma de frecuencia y de los índices de capacidad ( $C_p$  y  $C_{pk}$ ), las ecuaciones se



muestran en el Capítulo II, de Marco Teórico. Para luego analizar e interpretar los valores reportados por el software.

Además se determinó el porcentaje de productos defectuosos según las tablas de normalidad para tener una visión general del proceso; a continuación se presenta la metodología a seguir:

- De la gráfica de control se conocen los valores de la gran media  $\bar{\bar{X}}$  y de la desviación típica muestral promedio  $\bar{S}$ .
- Se calcula la desviación típica poblacional mediante la siguiente ecuación (Arvelo, 1998):

$$\sigma = \frac{\bar{S}}{c_4} \quad (3.10)$$

Donde:

$\sigma$ : Desviación típica poblacional (Denier).

$\bar{S}$ : Desviación típica muestral (Denier).

$c_4$ : Parámetro que depende del número de medidas del subgrupo, ver Tabla D.2.

Luego con la ayuda de las tablas normales (ver Tabla D.3) se calcula el porcentaje de piezas defectuosas, sabiendo que son aquellas mayores al límite superior de especificación o menores al límite inferior de especificación (Arvelo, 1998):

$$P(X \leq x) = P\left(Z \leq \frac{x - \mu}{\sigma}\right) = \phi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right) \quad (3.11)$$

Donde:

$Z$ : Abscisa tipificada (Denier)

$\mu$ : Media poblacional (Denier)

$x$ : Valor de la abscisa (Denier)

$\phi(z)$ : Área que en la normal tipificada hay desde “z” a la izquierda (adim).

Luego con el valor de  $\phi(z)$  obtenido de la ecuación anterior se lee el valor correspondientes en la tabla de normalidad (ver Tabla D.3).



El valor obtenido de la tabla de normalidad es la fracción representativa de dichos productos defectuosos, para saber el porcentaje se utilizó la siguiente ecuación (Arvelo, 1998):

$$Pd = \phi(z) * 100 \quad (3.12)$$

Donde:

$Pd$  : Porcentaje de productos defectuosos (%).

Cabe destacar que las tablas de normalidad reportan el porcentaje de hilos fuera de especificación, pero esto no quiere decir que se este perdiendo todo ese porcentaje material, ya que para el caso de hilos por encima de especificación solo se desperdicia el material correspondiente al sobrepeso de los hilos, y para el caso de los hilos por debajo de especificación si se pierde la totalidad de este material ya que no se utilizaron para lo que estaban destinados, tejido de sacos de primera calidad.

Para determinar el porcentaje real que se está perdiendo en la empresa en cuanto a material y dinero, se procedió de la misma manera que en el objetivo N° 1, destacando que para obtener la tasa de desperdicios mensual, se realizó un promedio, ya que cada muestra es representativa de 1 hora de producción y se tomaron 25 muestras, para hilos por encima de especificación se utilizó la siguiente ecuación:

$$PM_{RDA} = \frac{\sum_{i=1}^{25} Mr_{Ai}}{25} * 24 \left( \frac{h}{dia} \right) * 20 \left( \frac{dia}{mes} \right) \quad (3.13)$$

Donde:

$PM_{RDA}$  : Promedio mensual de cantidad de material defectuoso por rafia con Denier por encima de especificación  $\left( \frac{kg}{mes} \right)$ .

Para hilos con Denier por debajo de especificación se utilizó la siguiente ecuación:

$$PM_{RDB} = \frac{\sum_{i=1}^{25} Mr_{Bi}}{25} * 24 \left( \frac{h}{dia} \right) * 20 \left( \frac{dia}{mes} \right) \quad (3.14)$$



Donde:

$PM_{RDB}$  : Promedio mensual de cantidad de material defectuoso por rafia con Denier por debajo de especificación  $\left(\frac{kg}{mes}\right)$ .

Para la cantidad total de material producida se utilizó la siguiente ecuación:

$$PM_{RT} = \frac{\sum_{i=1}^{25} Mr_i}{25} * 24 \left(\frac{h}{dia}\right) * 20 \left(\frac{dia}{mes}\right) \quad (3.15)$$

Donde:

$PM_{RT}$  : Promedio mensual de cantidad de material de rafia producida  $\left(\frac{kg}{mes}\right)$ .

Con la cantidad total de material de rafia promedio así como también con la cantidad de material de rafia con Denier por encima y por debajo de especificación, se obtiene el porcentaje real de desperdicio, por medio de la siguiente ecuación:

$$PM_{RD} = \frac{PM_{RDB} + PM_{RDA}}{PM_{RT}} * 100 \quad (3.16)$$

Donde:

$PM_{RD}$  : Porcentaje real de rafia desperdiciada (%).

Las pérdidas monetarias de cada zona defectuosa se realizan de la misma manera que en el Objetivo N° 1, de igual manera utilizando la cantidad total de material de rafia desperdiciada, con Denier por debajo y por encima de especificación. Para obtener el promedio mensual de las pérdidas monetarias se utilizan las ecuaciones anteriores de las pérdidas de material pero aplicado a las pérdidas monetarias.

### **3.6. DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA INCAPACIDAD DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES.**



Con la determinación de la incapacidad del proceso para cumplir con las especificaciones, se consultó la bibliografía para obtener una guía de las posibles acciones a seguir para solventar la incapacidad del proceso de cumplir con las especificaciones. Además se realizaron entrevistas y tormentas de ideas con el personal involucrado con el proceso, se hicieron observaciones directas, para poder hacer uso de los diagramas causa-efecto, los cuales permitieron definir las variables críticas que intervienen en la problemática expuesta. El método aplicado y los factores estudiados fueron los mismos que se utilizaron en la determinación de las causas que influyen en la variabilidad del Denier, pero en este caso el enfoque fue hacia las causas que hacen que el proceso de extrusión-rafia no pueda cumplir con las especificaciones del Denier.

### **3.7. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN, PARA OBTENER OPCIONES QUE PERMITAN SOLUCIONAR EL INCUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DEL DENIER.**

Con la ayuda de los operadores de la zona de Extrusión-Rafia, del personal del Laboratorio de Calidad y Desarrollo y del Ing. de Planta se utilizó la tormenta de ideas para originar una lista de posibles soluciones, para luego aplicarle la técnica del cómo-cómo que busca identificar los pasos necesarios para implementar las soluciones propuestas. Para cada alternativa de solución se planteó la pregunta ¿cómo alcanzarla?, y a cada método o técnica propuesta se le realizó la misma pregunta; lo mismo se hizo con todas las alternativas de solución permitiendo tener una idea de cuales son los aspectos necesarios para llevar a cabo cada propuesta.

### **3.8. SELECCIÓN DE LA(S) MEJOR(ES) ALTERNATIVA(S) DE SOLUCIÓN PARA QUE EL PROCESO DE EXTRUSIÓN SEA CAPAZ DE CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES.**

La selección se hizo de acuerdo a aquellas propuestas que permitieron solucionar el problema de manera más eficiente. Para ello se utilizó una matriz de selección que



permitió la jerarquización de las propuestas; los pasos para la construcción de la matriz se muestran a continuación:

### **3.8.1. Definición de los criterios de evaluación**

Apoyándose en lo obtenido en el diagrama cómo-cómo y evaluando los siguientes aspectos según corresponda:

- **Impacto ambiental**

Se tomó en consideración si la propuesta de solución a la problemática implica algún daño o deterioro al medio ambiente, tanto cercano a la empresa como lejos de la misma.

- **Disponibilidad de personal de planta**

Se evaluó si existía personal que laborara en la empresa que estuviera a disposición de implementar la solución.

- **Disponibilidad de personal especializado**

Se evaluó si existía personal calificado existente en la planta que estuviese en la capacidad de implementar la propuesta de solución.

- **Probabilidad de éxito**

Se consideró la medida en que la propuesta de solución es capaz de solventar el problema planteado.

- **Tiempo de ejecución**

Se estimó el tiempo que requiere la implementación de la propuesta de solución.

- **Costo de implementación**

Se consideraron todos los aspectos económicos necesarios para la puesta en marcha de la propuesta de solución.

### **3.8.2. Ponderación de los criterios de evaluación.**

Los aspectos más factibles tuvieron mayor ponderación. Siendo la ponderación de 0 a 10. En cuanto a la definición de la escala de cada criterio se realizó de acuerdo a una escala realista y fácil de usar. Siendo la ponderación de 1 a 100. Pero teniendo en cuenta que la suma de la ponderación de todos los criterio no debe ser mayor a 100.



En cuanto a la valoración de cada alternativa con cada criterio (usando la escala definida anteriormente); cada alternativa tiene ciertas debilidades y virtudes con respecto a los criterios de evaluación, estas se valoraron con una mayor puntuación para las virtudes y una menor puntuación para las debilidades.

### **3.8.3. Construcción y ejecución de la matriz de selección.**

Multiplicar la valoración que se le asigno a cada aspecto por la ponderación del criterio, a cada alternativa de solución, y obtener la puntuación total de todos los criterios. Posteriormente con las puntuaciones totales se jerarquizó de mayor a menor así se obtuvo la mejor alternativa de solución de acuerdo a los criterios evaluados.

## **3.9. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DE LA(S) ALTERNATIVA(S) SELECCIONADA(S)**

La implementación de la(s) mejor(es) solución(es) para llevar el proceso de extrusión-rafía a ser capaz de cumplir con las especificaciones conlleva a una inversión por parte de la empresa, pero esta inversión permitirá la solución a la problemática planteada, la cual generaba una gran pérdida de dinero y material.

Luego de seleccionada la alternativa de solución se determinó el costo que conlleva la aplicación de la misma.

El costo de implementación de una propuesta de solución involucra desde los costos de adquisición de nuevos equipos y herramientas hasta el costo de pago de personal.

- **Costo de adquisición de equipos y herramientas**

Se refiere al valor que presentan los activos fijos tangibles que se deben adquirir para la implementación de la solución, lo que representa el capital fijo, según Giugni y Colaboradores, 2003:

$$CF = \sum (\text{gastos de adquisición de activos fijos}) \quad (3.17)$$



- **Costos operacionales**

Los costos operacionales incluyen todos los desembolsos que se requieren para el proyecto una vez puesto en marcha continúe operando normalmente. Para efectos prácticos se supone que ocurren al final de cada año aunque realmente su frecuencia puede ser mensual, trimestral, semestral, etc, según Giugni y Colaboradores (2003):

$$Cop = \sum (\text{gastos de operación}) \quad (3.18)$$

Entre los gastos de operación se encuentran los gastos por concepto de personal y para determinar el desembolso de dinero anual por parte de la empresa correspondiente al mano de obra se utilizó la siguiente ecuación:

$$CMO_T = \sum_{i=1}^n SDM_i * (1 + BenefM_i) * N_i * fc_4 \quad (3.19)$$

Donde:

$CMO_i$ : Costo de mano de obra total (BsF/año).

$SDM_i$ : Salario a devengar mensual por el personal "i" (BsF/mes).

$BenefM_i$ : Fracción de beneficios mensuales del salario del personal "i" (adim).

$N_i$ : Números de trabajadores "i" (adim).

$fc_3$ : Factor de conversión 3  $\left( \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \right)$ .

Para tener una visión precisa de la rentabilidad de la propuesta de solución se estudiaron los indicadores económicos (VA) y EA), para una proyección de 10años de funcionamiento de los activos fijos y personal.

- **Valor actual (VA)**

Para determinar el Valor actual es necesario conocer el flujo monetario neto de cada año, para el año "0", se calcula con las sumatoria de los Capital fijo y el Capital de trabajo (Inversión Inicial), pero como se evalúa es la solución propuesta que abarca la adquisición de accesorios, herramientas y personal, solo se contempló el capital fijo,



(compra de tornillos y torquímetro), como se puede visualizar en la siguiente ecuación, (Giugni y Colaboradores, 2003):

$$Ft_0 = CF = C_{\text{tornillos}} + C_{\text{torquímetro}} \quad (3.20)$$

Donde:

$Ft_0$ : Flujo monetario neto para el año "0" (BsF)

$CF$ : Capital fijo (BsF)

$C_{\text{torquímetro}}$ : Costo del torquímetro (BsF)

El flujo monetario neto del año 1 al 9, se determinó como el sustraendo entre el ahorro anual obtenido por la aplicación de las medidas correctivas en las extrusoras (ver tabla 4.7) y los costos operacionales (ver tabla 4.9), que no son más que la mano de obra, reportados anualmente, como se puede visualizar en la siguiente ecuación, (Giugni y Colaboradores, 2003):

$$Ft_i = IB_i - Cop_{Ti} \quad (3.21)$$

Donde:

$Ft_i$ : Flujo monetario en el año "i" (BsF).

$IB_i$ : Ahorro anual neto en el año "i" (BsF).

$Cop_{Ti}$ : Costo de mano de obra total en el año "i" (BsF).

Cabe destacar que los ingresos brutos representaron el beneficio económico que se obtuvo en las extrusoras luego de la implementación de las medidas correctivas para estabilidad y capacidad, utilizándose la siguiente ecuación:

$$IB_i = Benef_{Ext_i} = PM_{1i} - PM_{2i} \quad (3.22)$$

Donde:

$Benef_{Ext_i}$ : Beneficio económico después de las medidas coercitivas en la extrusora "i" (BsF/año).

$PM_{1i}$ : Perdidas monetarias antes de las acciones correctivas en la extrusora "i" (BsF/año).



$PM_{2i}$ : Pérdidas monetarias después de las acciones correctivas en la extrusora “i” (BsF/año).

Para el flujo monetario neto del año 10, se deben sumar el valor residual de los accesorios y herramientas al cabo de los 10 años de proyección, se asume el valor residual al final del proyecto como el 10% del valor del activo, se realiza mediante la siguiente ecuación, (Giugni y Colaboradores, 2003):

$$FMN_i = IB_i - Cop_{Ti} + VR_i \quad (3.23)$$

Donde:

$VR_i$ : Valor residual de las herramientas y accesorios (BsF).

El valor residual de cada equipo o herramienta está tabulado, para el caso de esta trabajo de grado se utilizó los valores reportados en Prais Aváluos (2003).

El flujo monetario neto correspondiente al año cero solo incluye el costo de la inversión inicial, del año 1 al 9, se reportan los ingresos brutos menos los costos operacionales, asumiendo que estos no varían a los largo de la proyección y para el año 10, se reporta el mismo flujo monetario neto de los años 1 al 9, pero adicionalmente contemplan el costo de la venta del activo al final de la proyección.

El valor actual viene dado por la siguiente ecuación, (Giugni y Colaboradores, 2003):

$$VA = -Ft_0 + \sum_{i=1}^{10} \frac{Ft_i}{(1+I)^i} \quad (3.24)$$

Donde:

$I$ : Tasa de rendimiento anual del Banco Central de Venezuela (13%).

- **Equivalente Anual (EA)**

El equivalente anual representa en el caso de este trabajo el beneficio como un flujo anual, bajo la misma tasa interna de retorno reportada por en banco central (13%), el cual se determinó por medio de la siguiente ecuación, (Giugni y Colaboradores, 2003):



$$EA = VA * \left( \frac{R}{P_{i,n}} \right) \quad (3.25)$$

Donde:

$EA$  : Equivalente Aunal (BsF).

$\frac{R}{P_{i,n}}$  : Factor de recuperación de capital, donde  $n=10$ , (adim) (Tabla D.4)

#### • Tiempo de retorno de la inversión

El tiempo de pago de la inversión no es más que el tiempo que se requiere para que los flujos monetarios netos recuperen la inversión inicial a una tasa mínima de rendimiento igual a cero, el cual se determinó por la siguiente ecuación (Giugni y Colaboradores, 2003):

$$-II + \sum_{t=1}^{r^*} Ft = 0 \quad (3.26)$$

Donde:

$II$  : Inversión Inicial (BsF).

$r^*$  : Año en que se paga la inversión inicial (años)

### **3.10. DESARROLLO DE PROGRAMA EN EXCEL PARA EL SEGUIMIENTO DE LA VARIABLE DENIER EN EL LABORATORIO DE CALIDAD DE DESARROLLO MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS.**

La empresa desea llevar a cabo los análisis de estabilidad y capacidad a la zona de Extrusión-Rafia en cuanto a Denier, Resistencia y Elongación de la rafia. Tomando en cuenta que la empresa solo cuenta con el paquete de Microsoft Office y que no podrá adquirir un software estadístico.

Es por todo esto que se crea la necesidad de diseñar un programa en Microsoft Excel que permita la determinación de la estabilidad y capacidad de cualquiera de las tres variables mencionadas.



Se crearon 7 fichas (Datos, Observaciones, Gráf. Media, Gráf Desv Est, Capacidad, Histograma, páram y calc) las cuales se deberán completar y leer, según sea el caso, como se indica en el instructivo adjunto.

Se crearon 2 hojas de cálculo, una para el análisis de la variable de calidad con 10 zonas proveniente de la extrusora correspondiente y otra para el análisis de 12 zonas proveniente de la extrusora correspondiente.

**Nota:** Adjunto al programa se entregó un instructivo del uso del mismo, además de la teoría necesaria para la comprensión de los resultados que permitirá solventar alguna inestabilidad o incapacidad estadística



## CAPÍTULO IV DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta sección se presentan la discusión y análisis de los resultados obtenidos una vez realizadas las actividades que permitieron la consecución de los objetivos específicos planteados.

### 4.1. DIAGNÓSTICO

Para tener un indicio de cualquier problema en un proceso, es necesario evaluar la situación actual en que se encuentra el mismo, en el presente trabajo, se evaluó la situación actual del proceso de Extrusión-Rafia en cuanto a las pérdidas de dinero y material que genera la problemática planteada. A continuación se presentan en forma tabulada las tasas de desperdicios mensuales que se generaron en dicho proceso (ver datos Apéndice A.1 a A.12).

TABLA 4.1

Pérdidas monetarias en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2007

	Pérdidas Monetarias (PM±0,001) %			
	Extrusora 1	Extrusora 3	Extrusora 4	TOTAL
Septiembre 2007	27755,305	23142,728	12823,159	63721,192
Octubre 2007	23214,633	22717,076	7030,073	52961,782
Noviembre 2007	30960,833	32154,766	25854,808	88970,407

TABLA 4.2

Pérdidas de material en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2007

	Pérdidas de Material (PM±0,001) BsF			
	Extrusora 1	Extrusora 3	Extrusora 4	TOTAL
Septiembre 2007	18,084	11,835	18,995	15,155
Octubre 2007	13,933	12,839	13,301	13,360
Noviembre 2007	18,694	20,063	27,021	20,955



Como se pudo observar en el último mes en estudio, noviembre, fue el mes en que más se perdió tanto dinero como material, debido que fue el único mes en el período en estudio en que la extrusora N° 4 trabajó casi de manera continua, demostrando que esta, es la que representa más pérdidas para la empresa, pero no sin dejar a un lado las otras dos extrusoras, las cuales también por encontrarse fuera de control generan grandes pérdidas.

El hecho de que la rafia presente un Denier por debajo de especificación, significa que los hilos son destinados para tejer sacos de segunda, lo que implica un devalúo con respecto al saco de primera de un 35% aproximadamente, y si el Denier está por encima de especificación significa que se estarán obsequiando los gramos que tenga demás el saco, dejándose de ganar dinero por la falta de control de esta variable y representando las pérdidas mostradas.

Estas pérdidas de dinero generan un impacto importante en el desenvolvimiento económico de la empresa, ya que perder 68.000 BsF., en promedio, al mes representa una importante pérdida de dinero, (ver tablas C.1, C.12, C.3, C.4, C.5 y C.6), sin contar el 16,820% de la materia prima que se pierde y que representa otro desembolso de dinero, por el hecho de haber perdido este material y no haberle dado el uso para el cual estaba destinado, tejer sacos de primera calidad.

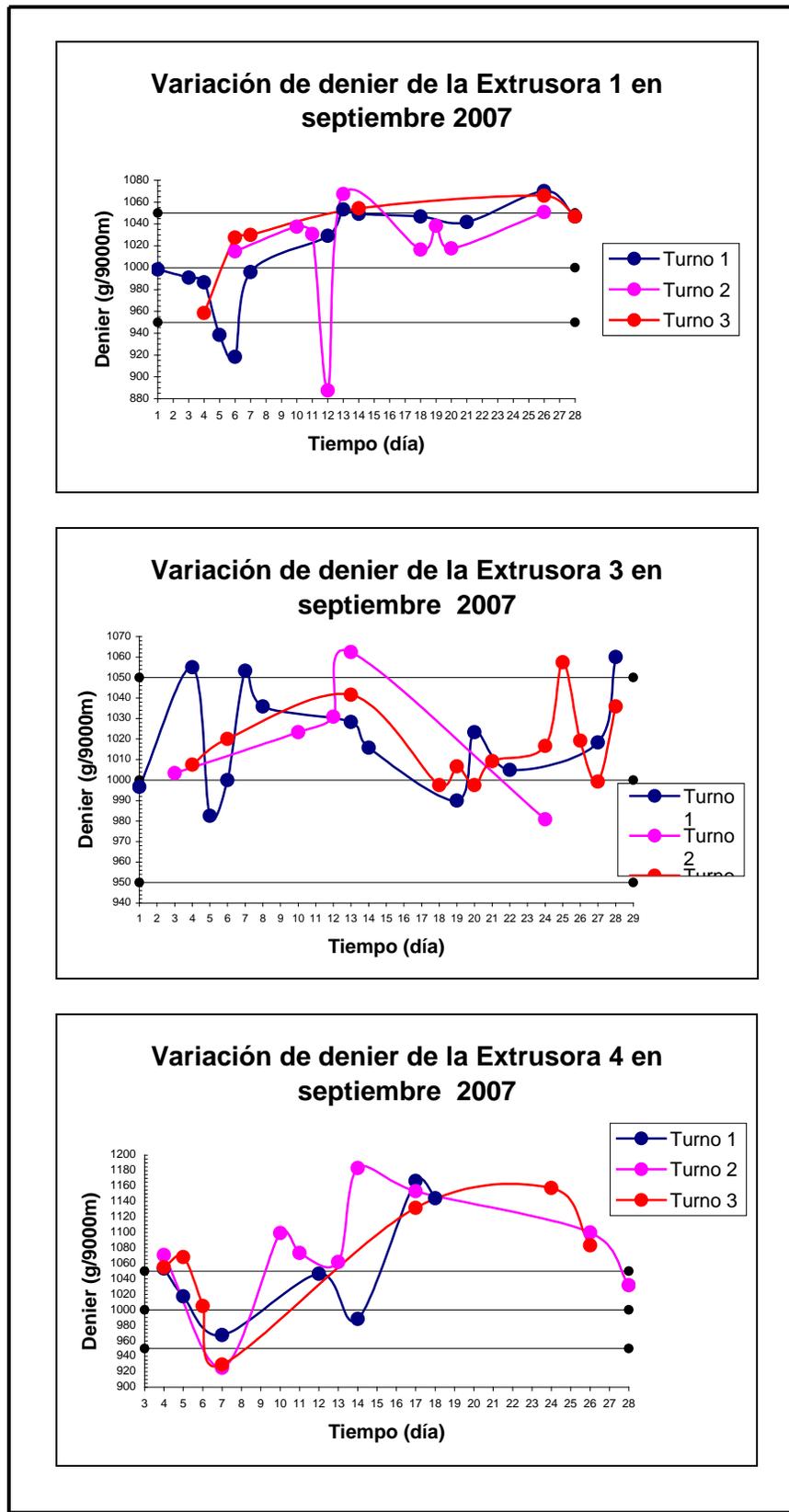


Figura 4.1. Gráficas de tendencias de Denier en las extrusoras en septiembre 2007

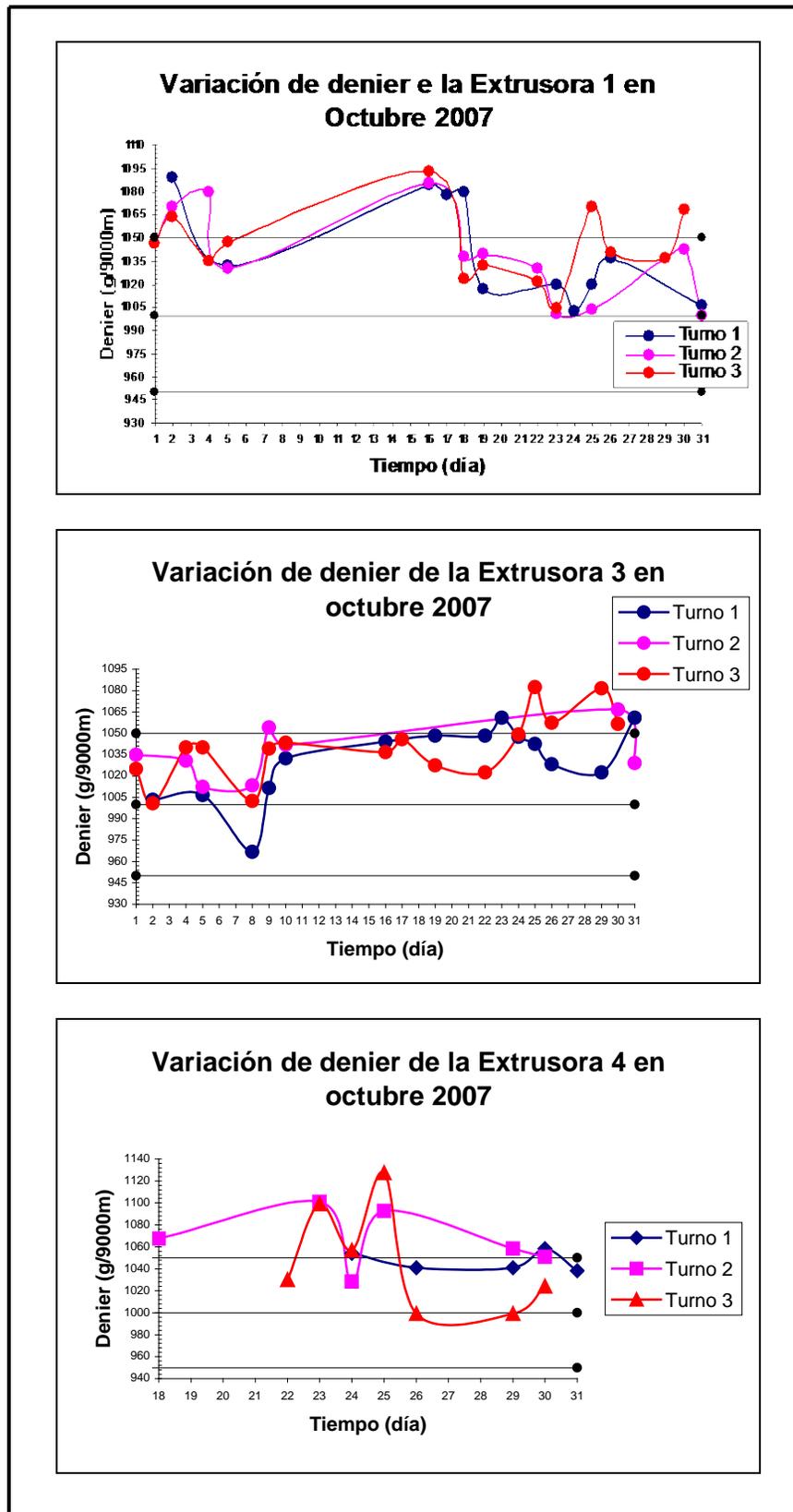


Figura 4.2. Gráficas de tendencias de Denier en las extrusoras en octubre 2007

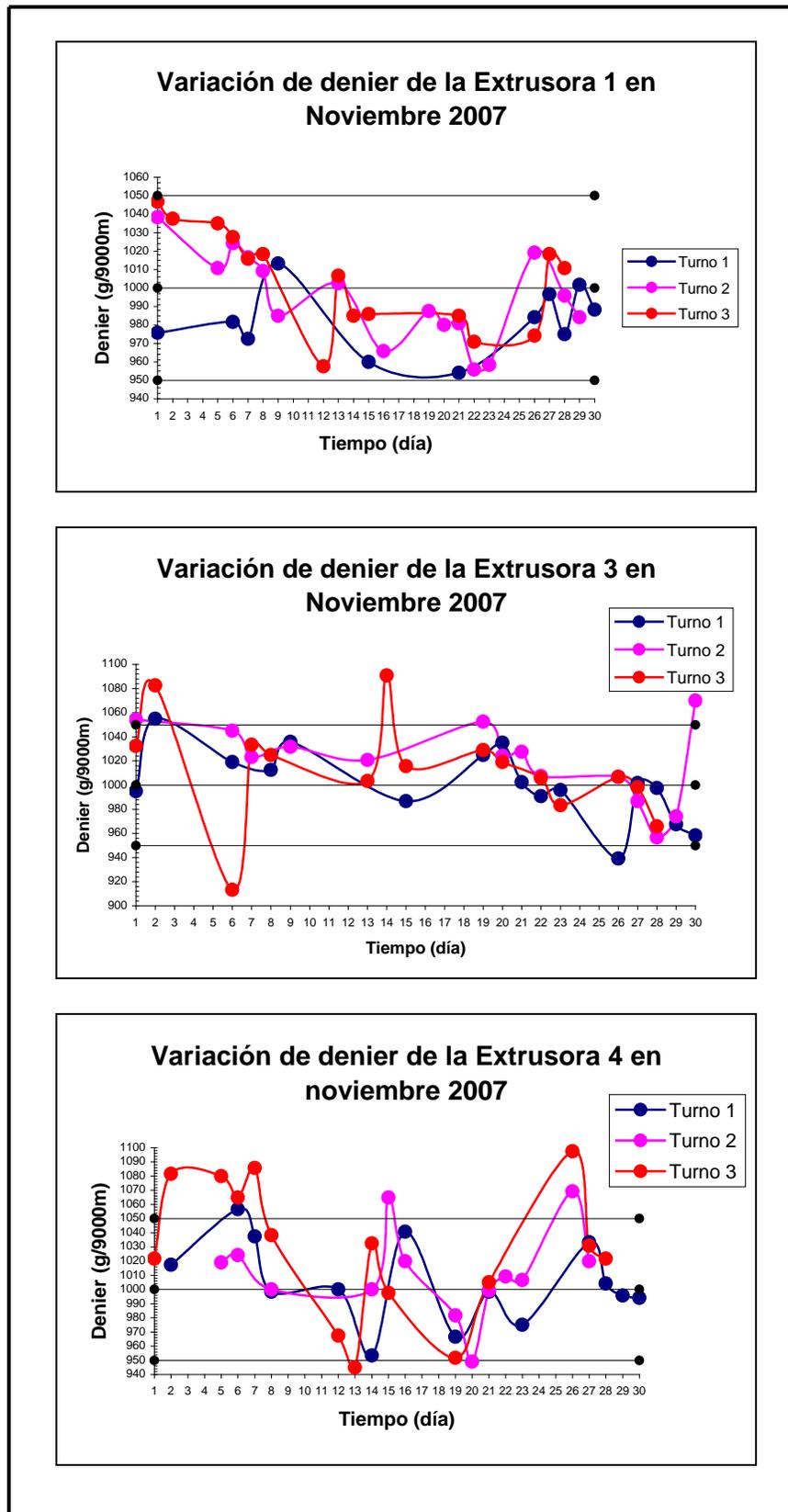


Figura 4.3. Gráficas de tendencias de Denier en las extrusoras en noviembre 2007



Las gráficas de tendencia en los meses en estudio, muestran la gran variabilidad del Denier, teniendo como consecuencia que el peso de la rafia varía de manera incontrolada, tanto por encima como por debajo del valor promedio que debería tener, así como también fuera de los límites de especificación.

Se puede observar en las figuras 4.1, 4.2 y 4.3, la variabilidad del Denier dentro de un mismo turno, así como también de turno a turno, en cuanto a las gráficas correspondientes de la extrusora N° 1, en los meses en estudio, se observa para los tres turnos de trabajo, que en los meses de septiembre y octubre 2007 la tendencia en la producción de hilos de rafia es por encima de la media, e inclusive mayores al límite superior de especificación, pero en el mes de noviembre se observa que la tendencia es entre el límite inferior de especificación y la media, evidencia de alguna medida de control en esta extrusora.

Para la extrusora N° 3 la tendencia es la misma en los tres turnos de trabajo en los tres meses de estudio, a la producción de hilos de rafia con Denier por encima de la media y por encima del límite superior de especificación, con la excepción que para finales del mes de octubre y principios de noviembre la tendencia fue la producción hacia el valor medio de especificación, en los tres turnos de trabajo, a diferencia de la extrusora N° 4, que durante el estudio presentó un descontrol todo el mes, no logrando observarse ninguna tendencia, debido a la gran falta de control en dicha extrusora

Este comportamiento no es conveniente para una variable tan crítica como es el peso de los hilos de rafia para tejido de sacos de polipropileno, ya que por estar fuera de control como se evidencia en las figuras 4.1, 4.2 y 4.3, se pierde materia prima dejando de ganar dinero, lo que sustenta las pérdidas reportadas, y lo que justifica la aplicación del control estadístico en el proceso de Extrusión-Rafia.

## **4.2. ESTABILIDAD DEL PROCESO**

Para evaluar la capacidad de un proceso, se supone como axioma que el proceso debe estar bajo condiciones *estables*, es decir sólo deben actuar causas comunes o aleatorias, es por ello que el proceso debe ajustarse a una distribución normal. La pruebas de normalidad aplicadas a los datos tomados de un proceso productivo, dan un



indicio de la estabilidad del mismo, la distribución normal es el modelo probabilístico adecuado para una variable aleatoria (variable de calidad). (Montgomery, 1991).

Para el análisis de la estabilidad se realizó un muestreo, con el tamaño y frecuencia descrito en la metodología, que permitió la construcción de los gráficos pertinentes para el estudio.

• **Extrusora N° 1**

Cuando se tiene un conjunto de datos provenientes de un proceso industrial, es importante reconocer si su comportamiento es o no normal, a fin de poder identificar causas comunes y asignables, el histograma de frecuencia permite verificar si los datos presentan dicho comportamiento.

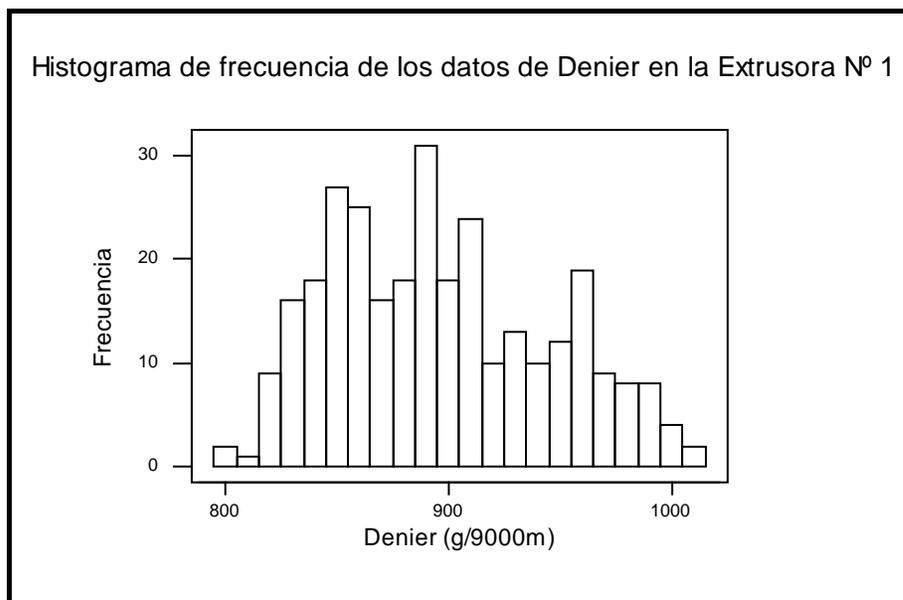


Figura 4.4. Histograma de frecuencia de los datos de Denier en la extrusora N° 1

Se utilizó el Software Minitab 13 para la construcción del histograma de frecuencia en el cual se pudo observar que los datos no presentan una distribución normal (ver figura 4.4), ya que para que los mismos presenten dicho comportamiento, la clase modal se debe ubicar en la zona central de la gráfica y a medida que se aleja de ella, en cualquiera de las dos direcciones la frecuencia debe disminuir, y este no es el caso.

Para verificar la no normalidad de los datos se realizó la prueba de ajuste de



Kolmogonov-Smirnov. Las “Pruebas de ajuste”, se realizan ya que el comportamiento de las muestras es aleatorio y no necesariamente son representativas de la población de donde provienen, es por ello, que las muestras podrían presentar desviaciones con relación al modelo teórico de normalidad. La prueba de Kolmogonov-Smirnov es una prueba de ajuste, que comprobará si la muestra proviene de una población con una distribución normal. (Graterol, 2002).

Con la ayuda del Minitab 13, se realizó la prueba de ajuste y como era de esperarse la población de donde provienen los datos no son normales, ya que el parámetro P-Value es 0,012; y para que la población presente una distribución normal el P-Value debe ser mayor a 0,05 (ver figura 4.5).

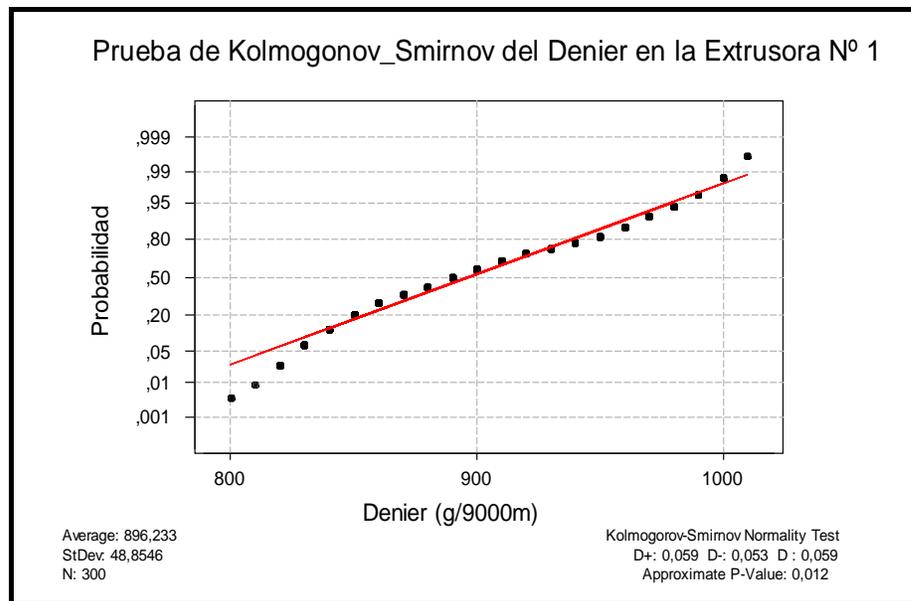


Figura 4.5. Prueba de Kolmogonov-Smirnov del Denier en la extrusora N° 1

Se aplicó dicha prueba de ajuste porque cuando se trata de estimar los índices de Capacidad, “Cp” y “Cpk”, lo cual se hizo más adelante, se parte del supuesto de que la distribución es normal, y para ello no solo los datos deben presentar la distribución descrita sino también la población en sí. La prueba de Kolmogonov-Smirnov es desde el punto estadístico una de las pruebas más potentes, lo que significa según Graterol (2004): la habilidad de estos procedimientos de prueba para usar la evidencia de la muestra a fin de detectar si o no la verdadera situación difiere de la situación supuesta



(normalidad), o lo que es equivalente a decir que estas pruebas proveen una mayor probabilidad de rechazar un modelo incorrecto.

El hecho de que los datos no presentaron una distribución normal, es un indicio de la actuación de causas atribuibles en el proceso, es por ello que se procedió a graficar el diagrama X-S de los datos de Denier en la extrusora N° 1 para observar dichas causas a fin de solventarlas (ver figura 4.6), ya que ellas permiten identificar la aparición de causas especiales en el proceso.

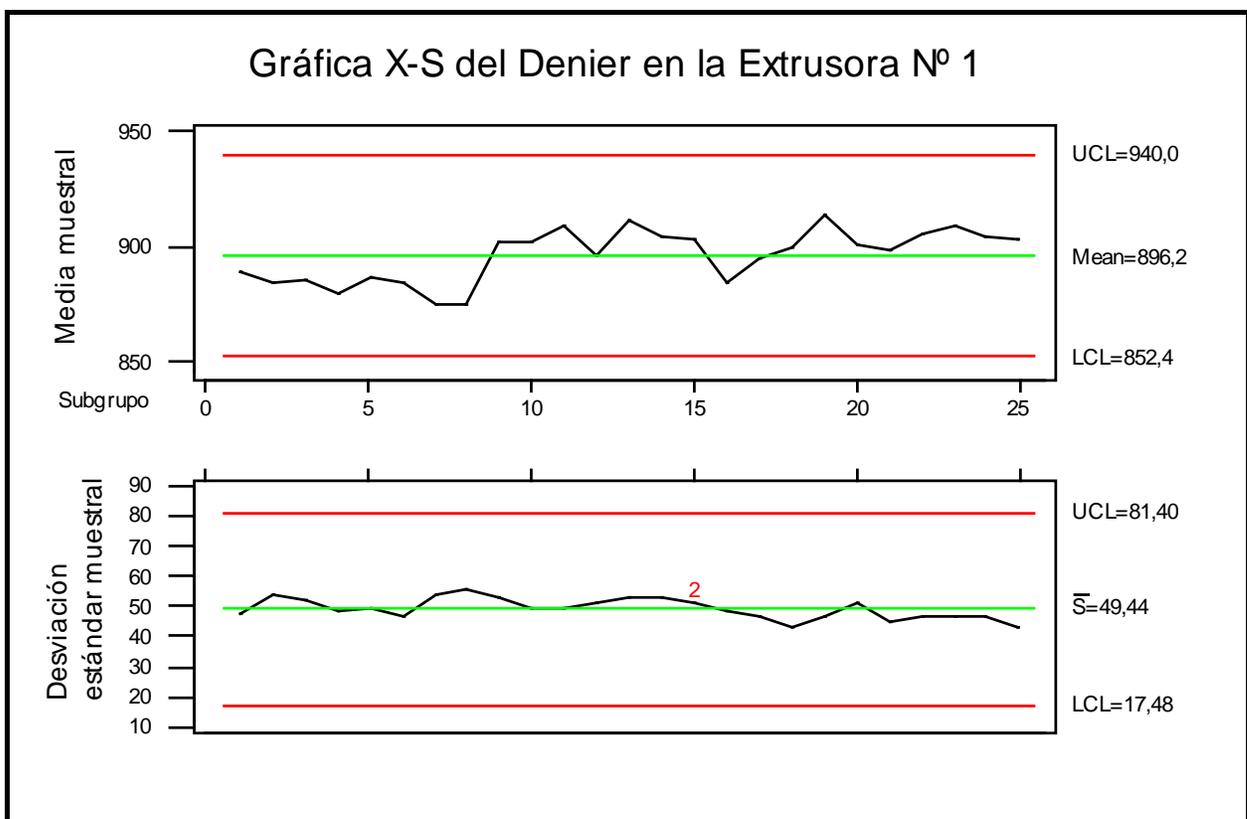


Figura 4.6. Diagrama X-S del Denier en la extrusora N° 1

La utilización de un diagrama de control de variables depende del tamaño del subgrupo, para el caso del presente trabajo por ser el tamaño del subgrupo de 12 el diagrama que se utilizó fue el  $\bar{X} - S$ , ya que cuando el número es mayor 10, la estimación de la desviación estándar a partir del rango del subgrupo pierde eficacia, es por ello que la mejor manera de calcularla es a través de la desviación típica muestral, además de que permite disminuir el error tipo II (ver tabla 2.1). (Vilches y Sanchez-Barbie 2007).



En la gráfica de control X-S para el Denier de la extrusora 1 (ver figura 4.6), se puede verificar la inestabilidad del proceso, se indicaron los patrones de inestabilidad y las posibles causas de estos según la bibliografía. En primer lugar se observó un ciclo recurrente del subgrupo 8 al 16, la posible influencia de la temperatura y humedad ambiental, además de una rotación regular del operario de la máquina, por otra parte se observó una tendencia creciente en toda la gráfica, que indica que las posibles causas son el deterioro de la máquina, operario cansado o el desgaste de las herramientas. La gráfica presentó además 8 puntos continuos por debajo de la línea central del subgrupo 1 al 8, lo que es indicio de cambio en las proporciones del material, nuevos trabajadores o máquinas y cambio en el método o equipo de inspección.

Además en la figura 4.6 se pudo observar las pruebas de inestabilidad que realiza el Minitab 13 automáticamente, que corresponden con las explicadas anteriormente.

Las causas expuestas son lo que sugiere la bibliografía, y son una guía para proponer los posibles motivos que producen la variabilidad del Denier.

### • **Extrusora Nº 3**

Se realizó de igual manera los mismos análisis que en la extrusora Nº 1, para la determinación de la distribución de los datos se graficó el histograma de frecuencia.

En la figura 4.7 se pudo observar una distribución normal, ya que la clase modal se ubica aproximadamente en el centro de la gráfica y la frecuencia disminuye a medida que se aleja de esta, también se observó que los datos presentan una forma acampanada, pero esto no quiere decir que la población de donde vinieron presentó la misma distribución para verificar esto, se realizó la prueba de Kolmogonov-Smirnov (ver figura 4.8).

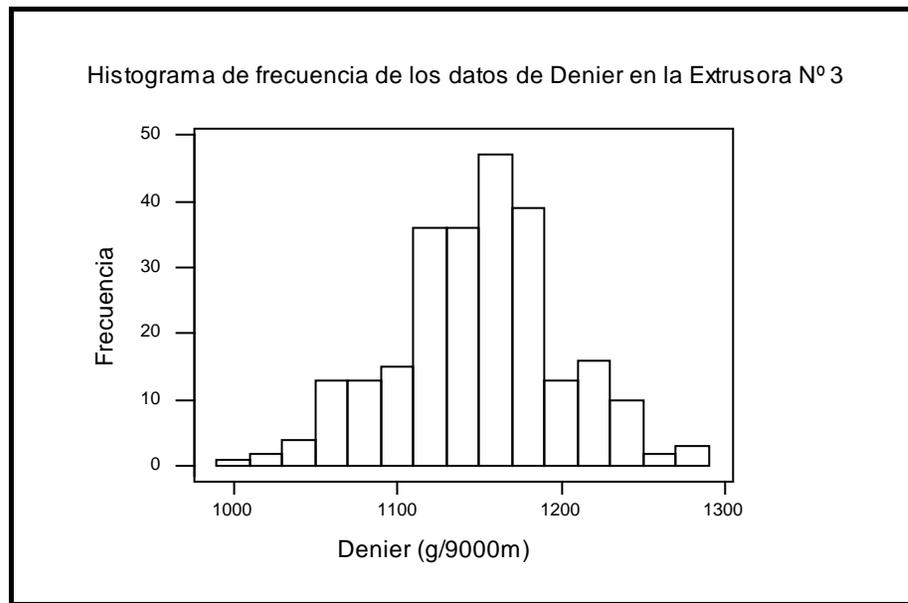


Figura 4.7. Histograma de frecuencia de los datos de Denier en la extrusora N° 3

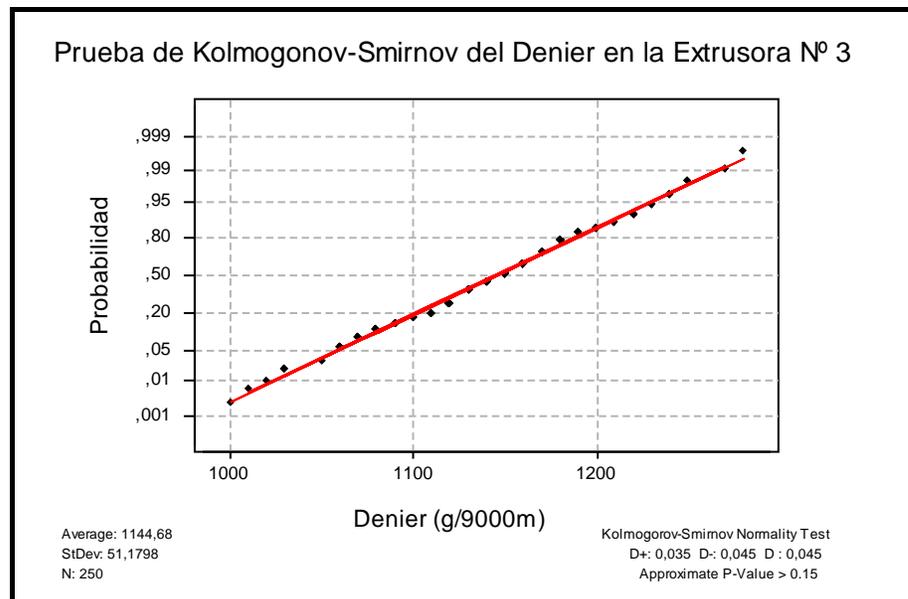


Figura 4.8. Prueba de Kolmogonov-Smirnov del Denier en la extrusora N° 3

La población de donde provienen los datos presenta un comportamiento normal, ya el P-Value > 0,05, en este caso particular es mayor a 0,15, lo que indica que no están actuando causas especiales en el proceso. Para la verificación de esto se realizó la gráfica X-S, para observar su comportamiento (ver figura 4.9)

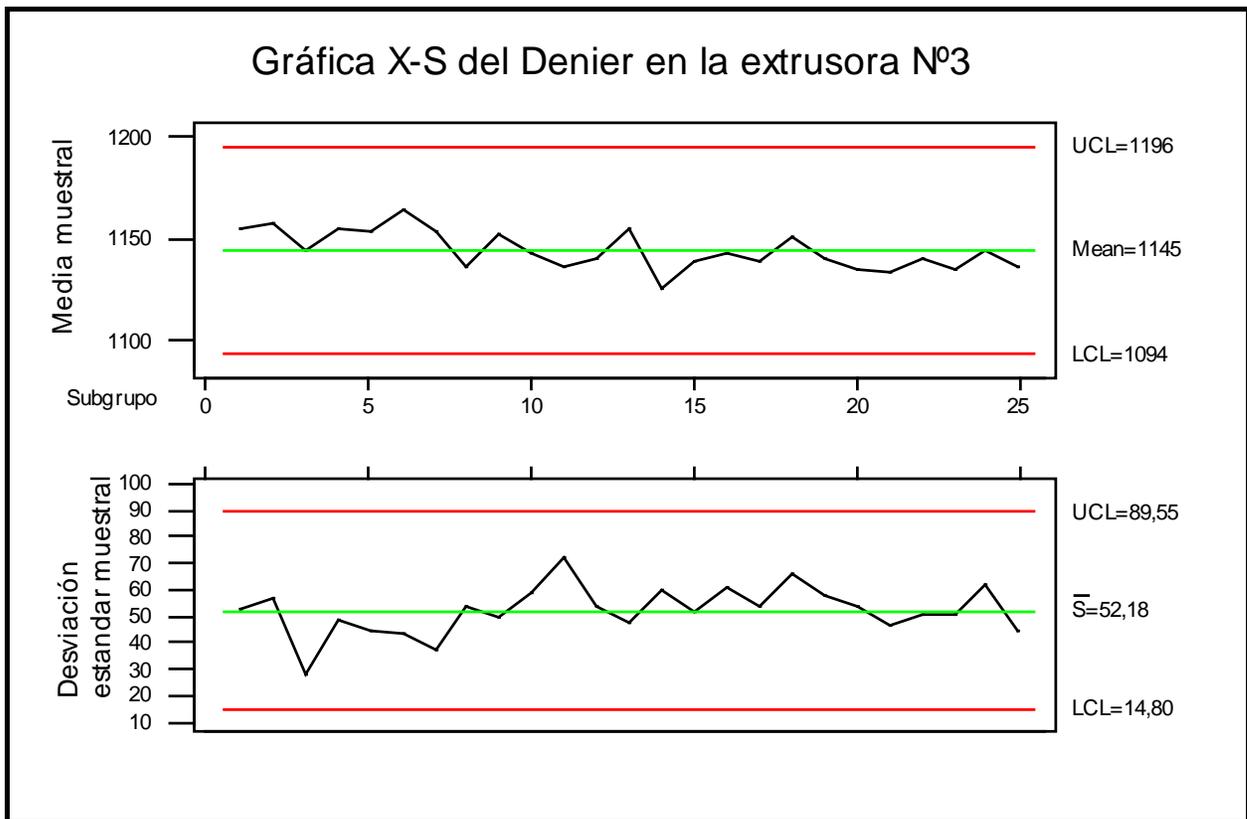


Figura 4.9. Diagrama X-S del Denier en la extrusora N° 3

Es evidente el comportamiento normal de la gráfica ya que presentó alternabilidad, no hubo patrones de comportamiento anormal, lo que verifica un proceso bajo estabilidad estadística. Lo que permitió el análisis de capacidad del mismo.

- **Extrusora N° 4**

Para la extrusora N° 4 se le aplicaron los mismos estudios para el estudio de la estabilidad del proceso de Extrusión-Rafia en cuanto al Denier.

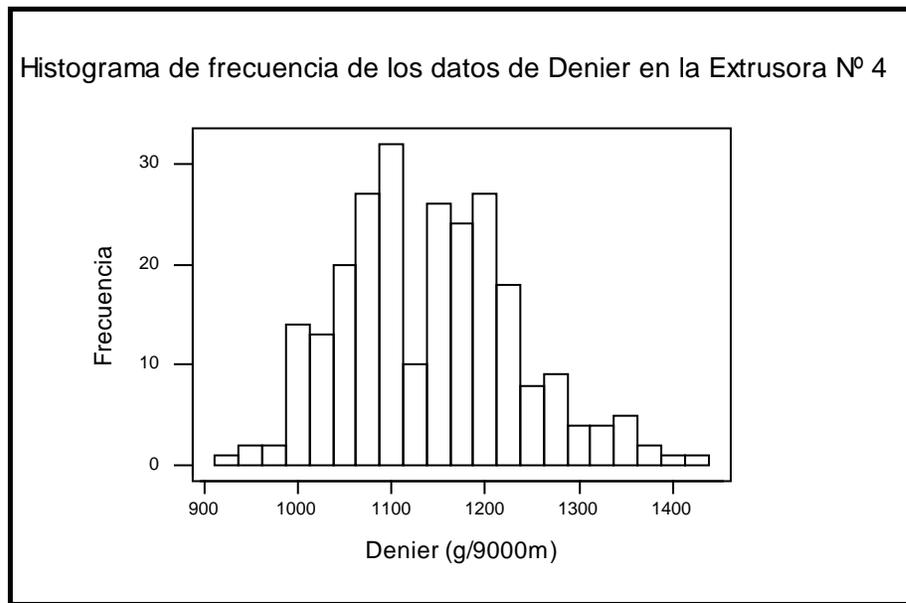


Figura 4.10. Histogramas de frecuencias del Denier en la extrusora N° 4

Utilizando el Mintab 13, se graficaron los histogramas de frecuencias correspondientes a los datos de extrusora N° 4, para observar el comportamiento de los mismos, partiendo de la hipótesis de un distribución normal. Se pudo verificar que este no es caso, ya que no presentó dicha distribución, porque no se observó una forma acampanada bien definida, pero para corroborar esto, se realizó la prueba de ajuste de Kolmogonov-Smirnov con a ayuda del Minitab 13 (ver figura 4.11).

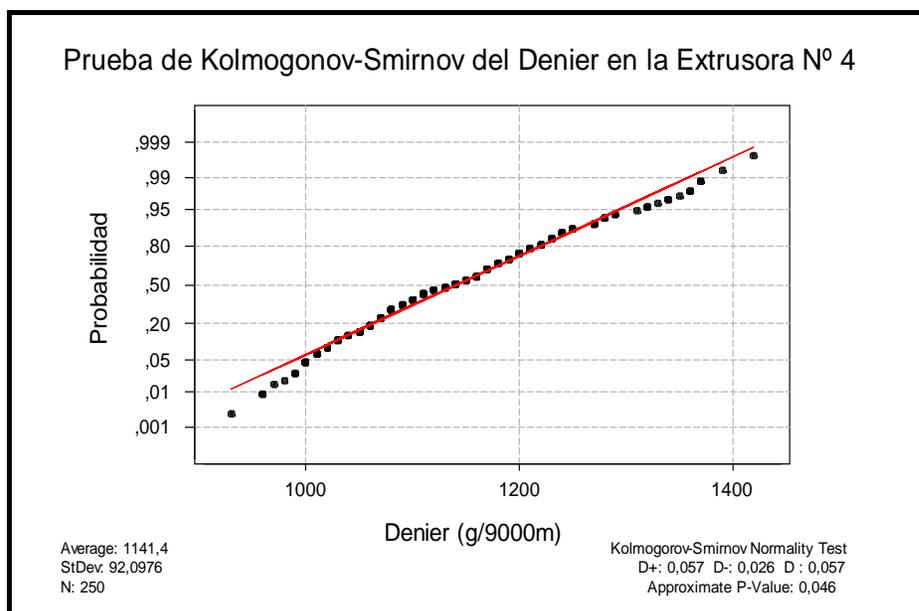


Figura 4.11. Prueba de Kolmogonov-Smirnov del Denier en la extrusora N° 4



Como era de esperarse, los datos tampoco provenían de una población con una distribución normal, ya que el indicador P-value debe ser mayor a 0,05 para que los datos se ajusten a la distribución normal; como el valor reportado por el P-value es 0,046, se verifica que los datos no presentan dicha distribución. Lo que es un indicio de que el proceso es inestable, lo que significa que están actuando causas atribuibles en el proceso, por ello se realizó la gráfica X-S.

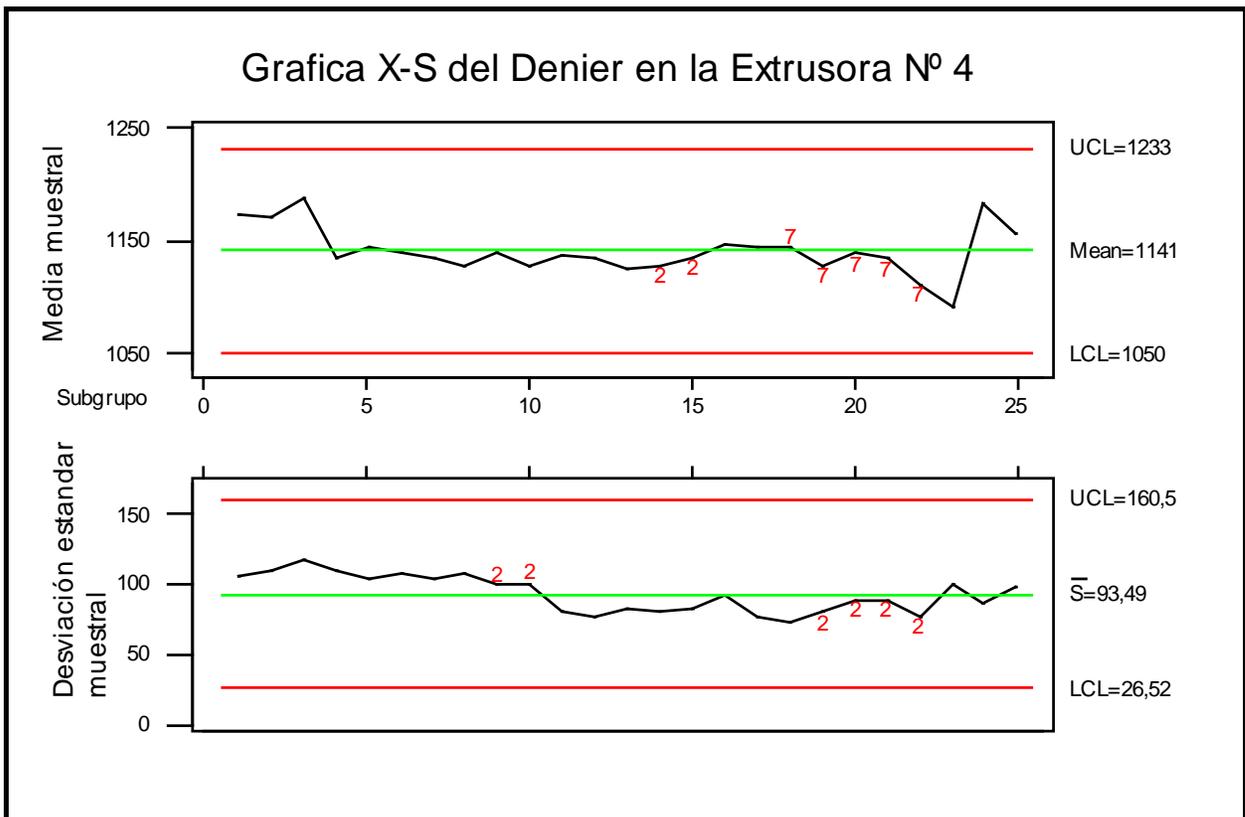


Figura 4.12. Diagrama X-S del Denier en la extrusora N° 4

Se pudo evidenciar la inestabilidad de proceso de Extrusión-Rafia en la extrusora N° 4 (ver figura 4.12), por medio de la gráfica  $\bar{X} - S$ , las evidencias de inestabilidad son un punto sobre o más allá de la Zona "A" (ver figura 2.10), siendo las posibles causas mezcla de materiales obviamente de calidad diferente, diferentes trabajadores utilizando el mismo gráfico y datos de proceso con diferentes condiciones de trabajo, trazados en el mismo gráfico, además se observa que hay 11 puntos continuos por debajo de la línea central desde el subgrupo 5 al 15, lo que es indicio de cambio en las proporciones del material, nuevos trabajadores o máquinas y cambio en el método o equipo de



inspección.

Se evidencia las pruebas automáticas arrojadas por el software, que ya fueron explicadas, estas causas mencionadas al igual que el la extrusora N° 1 son las sugeridas por la bibliografía, que sirvieron como guía para la aplicación de las medidas correctivas para llevar a estabilidad el proceso de extrusión rafia en cuanto al Denier.

### **4.3. ANÁLISIS DE CAUSAS DE VARIABILIDAD DEL DENIER**

La falta de estabilidad del Denier en el proceso requirió del estudio de las posibles causas que puedan estar generando la problemática, para ello se hizo uso de las herramientas que se describen a continuación.

#### **4.3.1. Diagrama causa-efecto**

Con la ayuda de las anotaciones hechas al momento de la recolección de datos, lluvia de ideas y entrevistas al personal involucrado con el proceso, además de la observación directa por parte del autor del trabajo, se pudieron establecer las posibles causas influyentes en la variabilidad del Denier, esto fue posible por medio de la utilización de una técnica gráfica la cual es el diagrama causa-efecto. Permitiendo organizar la información obtenida sobre las fuentes probables que ocasionan la problemática planteada visualizando las relaciones entre los renglones determinados y el problema.

En la figura 4.13 se pueden visualizar todas las posibles fuentes que ocasionan que el Denier varíe, las cuales se generaron con la orientación del personal de planta, tomando en cuenta la categorización definida en la metodología. Lo cual se logró con la realización de entrevistas de tipo no estructuradas al personal involucrado con el proceso (ver Formato E.2).

Es de notar en la figura 4.13, que la mayor cantidad de debilidades del proceso van enfocadas hacia las extrusoras (máquinas) y el mantenimiento de las mismas, no sin dejar a un lado los métodos en cuanto al proceso, el cual presentó debilidades que eran generadas por los operarios.

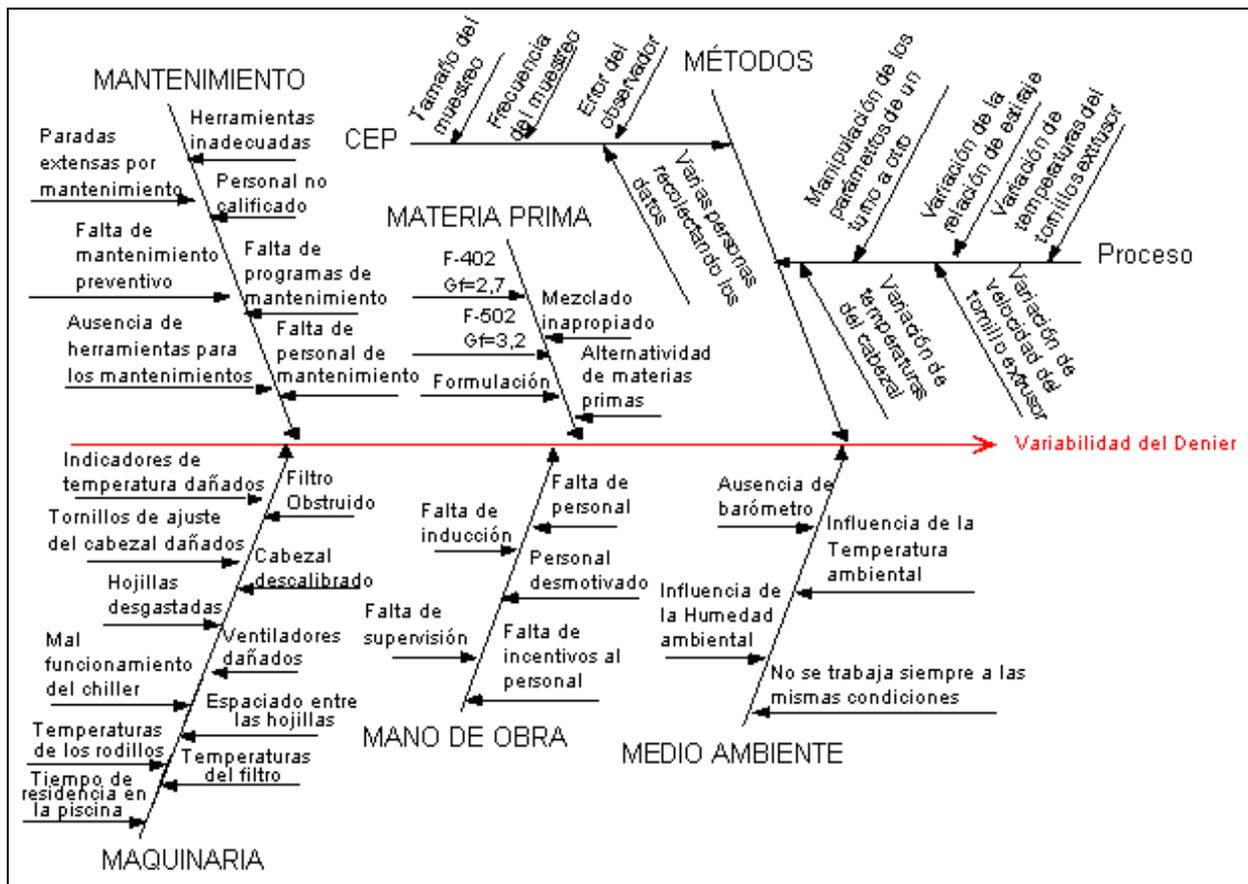


Figura 4.13. Diagrama causa-efecto con las variables influyentes sobre la variabilidad del Denier.

Todas las causas de la figura 4.13, son de manera general, es decir, fueron todas las propuestas generadas y que representa una visión universal del problema, es por ello que se generó un segundo diagrama causa-efecto, en el cual se destacaron aquellas variables que son las más influyentes o críticas en la variabilidad del Denier, tomando en cuenta la posibilidad de controlar y medir dichas variables (ver figura 4.14).

Con la ayuda del personal, se destacaron las variables críticas que afectan la variabilidad del Denier, partiendo de la figura 4.13, y con la aplicación del Formato E.3, sabiendo que el proceso depende casi exclusivamente del buen funcionamiento de las extrusoras, la definición de las variables críticas que influyen en el proceso, se hicieron enfocadas a estas, aunque la mala manipulación de los parámetros por partes de los operarios es algo influyente.

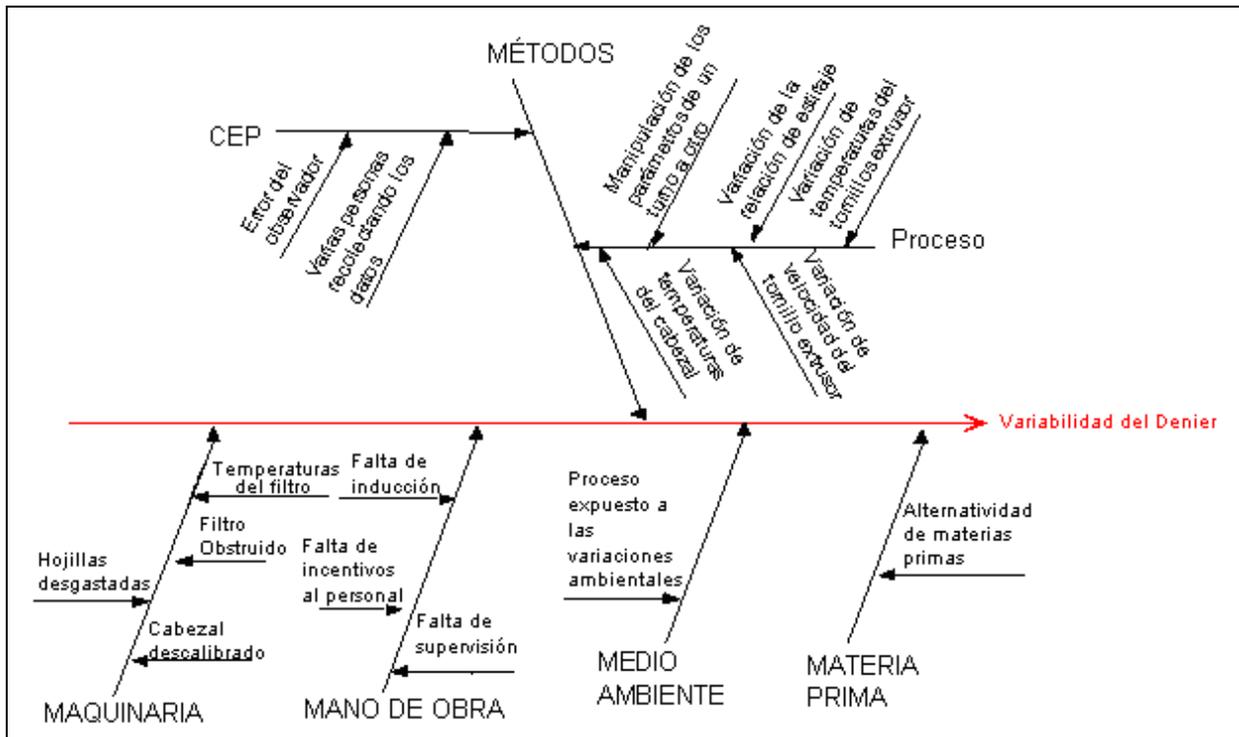


Figura 4.14. Diagrama causa-efecto con las variables críticas sobre la variabilidad del Denier.

En la figura 4.14 se observó en cuanto al método de CEP, la influencia de la recolección de los datos por parte de diferentes analistas, además de la manipulación de los parámetros de proceso por parte de los operarios; entre otras las causas críticas de la variabilidad del Denier se encontró el hecho del desgaste de parte de las extrusoras y la falta de mantenimiento, sumado a la falta de conocimiento por parte del personal involucrado con el proceso.

### 4.3.2. Diagrama de Pareto

El desarrollo del diagrama de Pareto (ver figura 4.15) facilitó la determinación de la influencia de las variables críticas en el proceso (ver Formato E.4), lo que permitió la toma de decisiones en las medidas correctivas que se implementaron para llevar a estabilidad el proceso de Extrusión-Rafia.

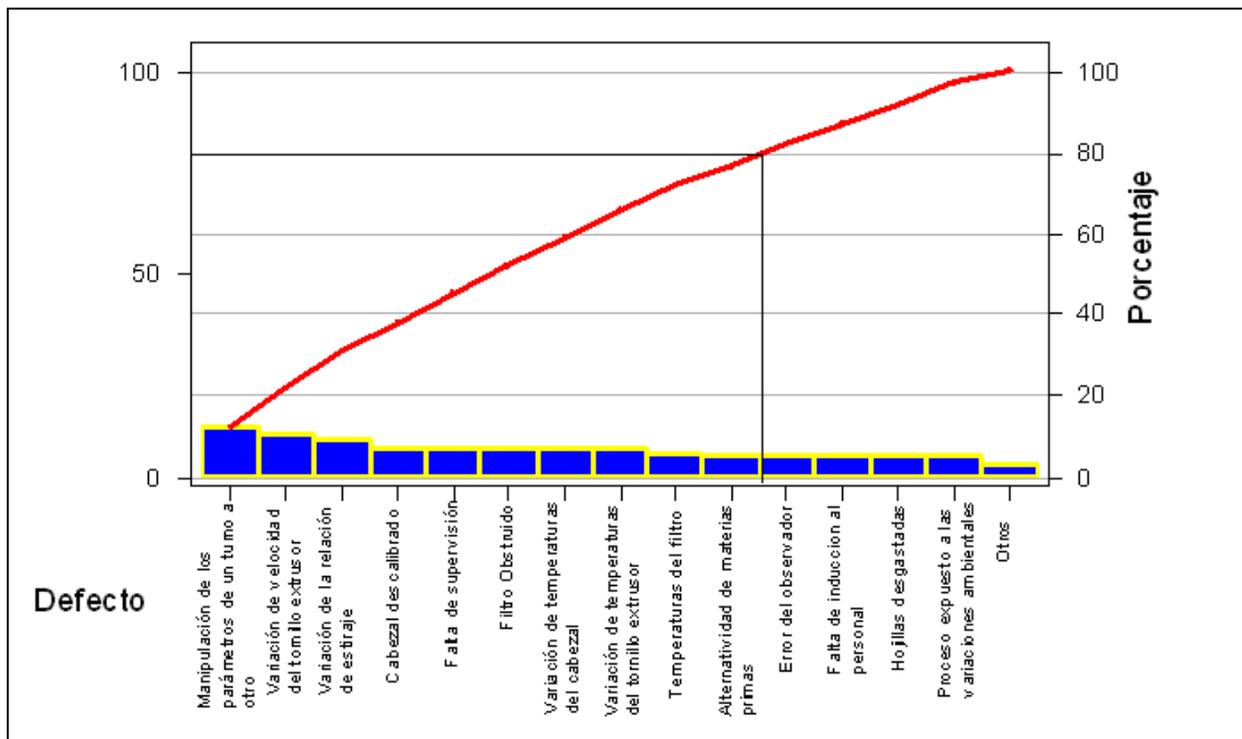


Figura 4.15. Diagrama de Pareto para las variables crítica en la variación del Denier.

El diagrama de pareto permitió visualizar de manera sencilla, las principales fuentes de variabilidad del Denier, ya que se jerarquizan las de mayor influencia, permitiendo atacar estas debilidades para solventar la problemática, es por ello que las propuestas de las soluciones se enfocaron en reparar las fallas que se encuentran señaladas en la figura 4.15 (80%), ya que estas son las de mayor influencia en la variabilidad del Denier, además que solo una parte de estas permitió que el proceso fuese estable.

Se pudo observar que la mayor influencia en la variación del Denier en las diferentes extrusoras fue la manipulación de las variables del proceso por parte del personal de extrusión-rafia. Lo que conlleva a un proceso con variabilidad en sus condiciones de operación a lo largo del tiempo. Además que la falta mantenimiento en las extrusoras son otros de los factores más influyentes.

#### 4.4. MEDIDAS CORRECTIVAS PARA ESTABILIZAR EL PROCESO DE EXTRUSIÓN-RAFIA

Se observó que la variación de ciertos puntos de los gráficos de control correspondieron



al cambio de turno de los operarios ya que los supervisores no mantienen las mismas condiciones de temperatura y velocidades que el turno anterior.

Aunque lo más influyente en la estabilidad del proceso es el buena manipulación de las variables de operación y mantenerlas constantes; las observaciones diarias in-situ reflejaron que la falta de mantenimiento de las máquinas y la falta de calibración en el arranque y puesta punto de las mismas son una causa influyente en la problemática.

Se observó en los gráficos de control que las variaciones de un subgrupo a otro son de cierta manera responsabilidad de los operadores de las máquinas, ya que ellos varían los parámetros de un turno a otro, en inclusive en el mismo turno, ya sea por falta de conocimiento, o por su propia conveniencia, puesto que por falta de personal los operarios que están, no pueden atender la extrusora y disminuyen la velocidad de la máquina.

Las velocidades y temperaturas a los que se trabajaban las extrusoras no eran los adecuados según los recomendados por el manual, para el tipo de máquina y tipo de material.

Es por todo lo anteriormente descrito que las medidas correctivas aplicadas fueron las siguientes:

#### **4.4.1. Estandarización de las variables en las extrusoras**

Antes de la establecer los valores a los cuales deben trabajar las extrusoras, se comprobó con un pirómetro si las temperaturas y velocidades que indica el panel de control eran en realidad las mismas que se encontraban en el proceso. Luego de confirmado esto, según el estudio de los manuales y de la experiencia del supervisor de planta, se parametrizaron tanto las temperaturas del tornillo extrusor, del filtro, del cabezal y de la batea, como la relación de estiraje del hilo, las velocidades del tornillo extrusor y de los rodillo de estiramiento, estabilización y salida de cada extrusora (ver tablas A.13, A.14 y A.15)



#### **4.4.2. Información y motivación al personal de Extrusión.-Rafia**

Se les informó tanto a los operarios como a los supervisores de cada extrusora los parámetros a los cuales deben trabajar. Para garantizar estas condiciones de temperatura y velocidad se les motiva al personal con un bono de producción, el cual se ganarán si producen lo que debe generarse o más, con las velocidades estandarizadas.

#### **4.4.3. Método de recolección de datos**

Para la primera toma de datos a parte del autor del trabajo recolectar las bobinas y procesar los datos de las mismas, se contó con la ayuda del analista de turno del Laboratorio de Calidad y Desarrollo lo que implica diferentes errores asociados al observador, es por ello que para la recolección de datos después de las medidas correctivas, la recolección de las bobinas así como su procesamiento serán hechas únicamente por el autor del presente trabajo.

#### **4.4.4. Puesta a punto de las extrusoras**

Antes de la toma de datos se realizaron algunos ajustes a los equipos involucrados en el proceso.

- **Extrusora N° 1**

La limpieza del filtro lo realiza un mecanismo rotativo, el cual realiza la remoción de incrustación de objetos externos al proceso de manera automática, se verificó que el mecanismo estuviera funcionando adecuadamente.

Por otra parte se realizó la calibración de los puntos del cabezal que estaban descalibrados, ya que estos tenían diferentes aberturas y el grosor de la película no era constante, pero solo en algunos puntos, de aquellos que se detectaron que no producían el hilo con Denier dentro de especificación.

Y por último se hizo el cambio de las cuchillas, ya que al estar desgastadas no cortan bien la tela de polipropileno y por consiguiente el hilo resulta de un espesor distinto al que debería salir para obtener el grosor deseado después del cocido y del estiramiento del mismo.



- **Extrusora N° 4**

Esta extrusora no presenta un filtro de tipo rotatorio, por lo que no se pudo realizar un mantenimiento fácil y en corto tiempo, ya que requiere de la parada de la máquina para desarmar el cabezal y el filtro para poder limpiarlo. La misma presentaba muchos tornillos de ajuste del cabezal dañados, de no cambiarlos no se podría hacer la calibración del cabezal que es lo más influyentes en la variabilidad del Denier.

Es por ello que se procedió a la parada de la extrusora N° 4 por mantenimiento correctivo y preventivo, para realizarle el cambio de los tornillos de ajuste del cabezal que se encontraban dañados, el pulimento del cabezal, el ajuste del cabezal, la limpieza del filtro, y cambio de hojillas.

#### **4.5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LAS EXTRUSORAS LUEGO DE LA APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS CORRECTIVAS PARA LLEVAR A ESTABILIDAD AL PROCESO**

Luego de la aplicación de las medidas correctivas a las extrusoras se realizó un nuevo muestreo del tamaño y en la frecuencia antes descritas, el cual permitió la construcción de los gráficos para el estudio de la estabilidad y capacidad.

- **Extrusora N° 1**

La primera extrusora en aplicarle las medidas correctivas y recolectar los datos necesarios para el estudio de estabilidad y capacidad fue la extrusora N° 1, a continuación se presentan los resultados obtenidos del Minitab 13 (ver datos Tabla A.16).

Se puede observar en la figura 4.16, que los datos de Denier en la extrusora N° 1, tienen un comportamiento normal, puesto que se visualiza una tendencia acampanada, es decir, los datos centrales presenta mayor frecuencia y a medida que se aleja de estos, hacia la izquierda o derecha, disminuye la frecuencia de aparición casi de manera proporcional, es por esto que los datos presentan una distribución normal.

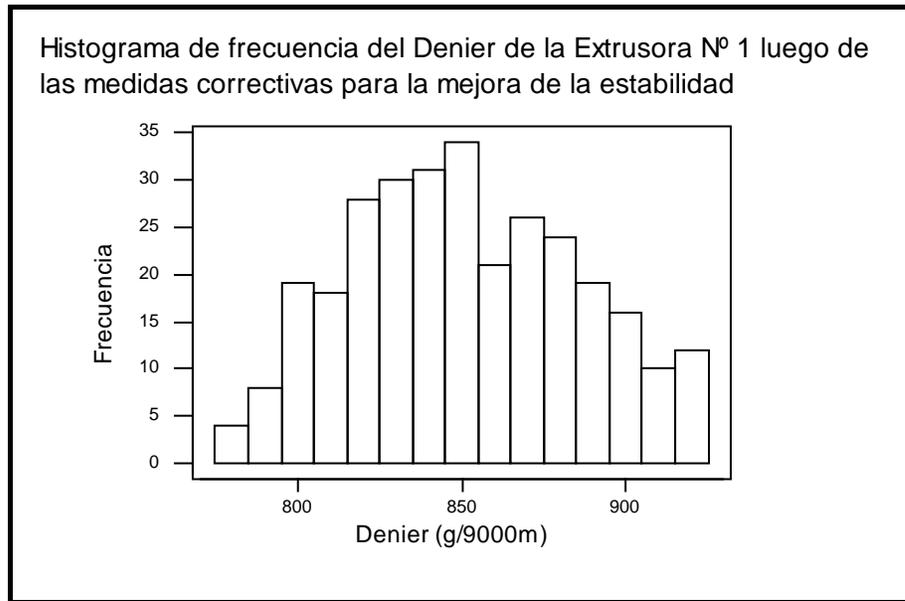


Figura 4.16. Histograma de frecuencia del Denier de la extrusora Nº1 luego de las medidas correctivas.

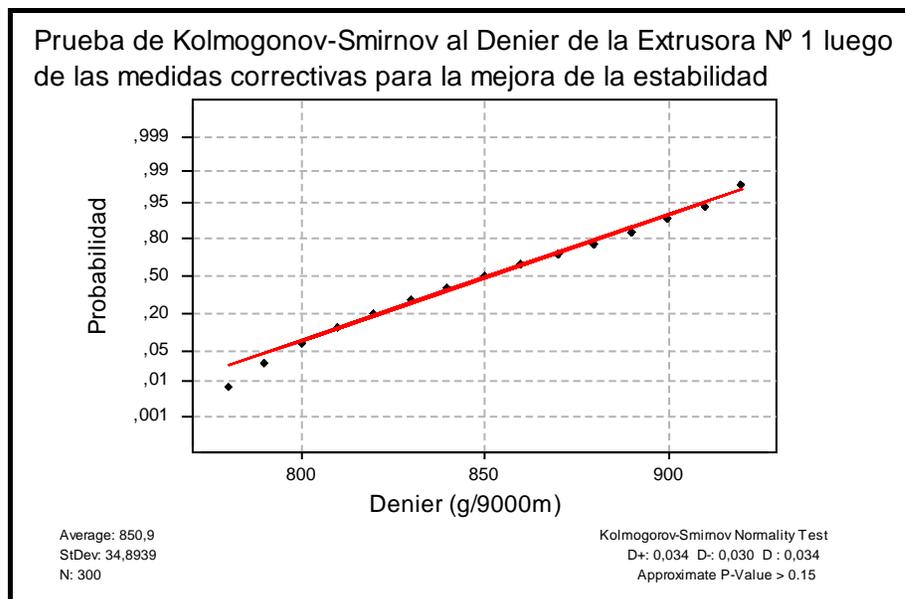


Figura 4.17. Prueba de Kolmogonov-Smirnov al Denier de la extrusora Nº 1 luego de las medidas correctivas

Luego de la implementación de las medidas correctivas realizadas se comprobó que el proceso es estable, pero aún se podría dudar ya que los datos de las muestras pudieron presentar un comportamiento normal, más no así la población de donde provienen, es decir, todo el proceso.



Sabiendo que los datos recolectados después de las medidas correctivas presentaron una distribución normal, se verificó que la población de donde provenía la muestra, también tenía un comportamiento normal, esto se pudo verificar, ya que los datos se ajustan a la recta roja en la prueba ajuste de Kolmogonov-Smirnov (ver figura 4.17), además que el indicador P-value muestra un valor mayor a 0,15, y para que se cumpla la normalidad el indicador debe ser mayor a 0,05, en este caso se cumple ratificando la distribución normal de la población.

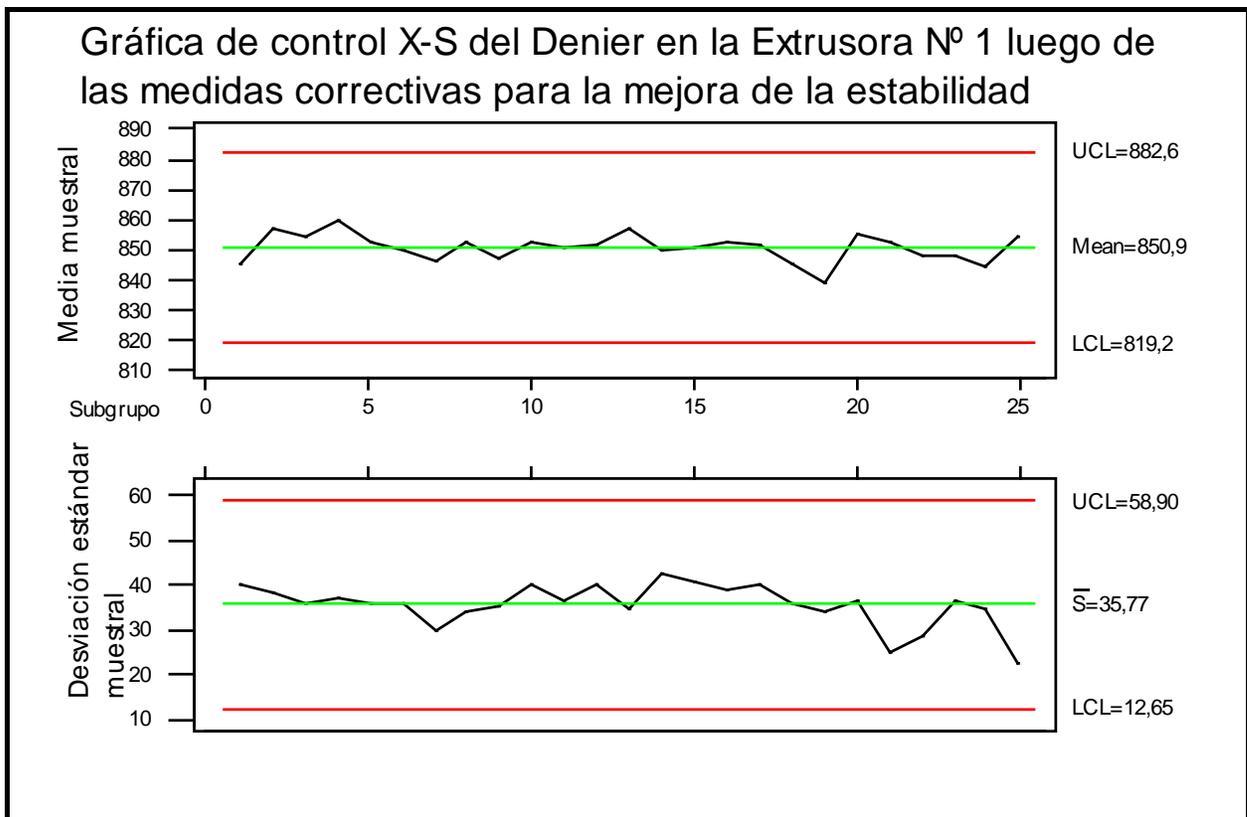


Figura 4.18. Gráfica de control X-S de Denier en la extrusora N° 1 luego de las medidas correctivas

La comprobación del comportamiento normal del proceso, señala que solo están actuando causas comunes en el mismo, para visualizar la tendencia de los datos del proceso se graficó el diagrama X-S del Denier (ver figura 4.18), donde se verifica que no existe ningún patrón de comportamiento de inestabilidad, con lo que se demostró que el proceso es estable estadísticamente permitiendo de esta manera el cálculo de la capacidad del proceso.



- **Extrusora N° 4**

A la extrusora N° 4 se le aplicaron las medidas correctivas para la mejora de la estabilidad simultáneamente con las medidas correctivas para la mejora de la capacidad, es por ello que los análisis correspondientes se presentaron en el punto 4.9.

#### **4.6. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL PROCESO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DE DENIER EN LAS EXTRUSORAS**

Cuando se controla un proceso estadísticamente, se dice que este se encuentra bajo control estadístico, es porque en el no actúan causas asignables de variación, sino que solo intervienen causas comunes de variación, las cuales producen la variabilidad natural del proceso. Sin embargo, dicha variabilidad no significa que el proceso cumpla con las especificaciones exigidas por el cliente. Es por ello que se realizó el análisis de capacidad para determinar si el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones y, si en realidad está produciendo dentro de estas.

La capacidad se determinó comparando la amplitud de la variación del proceso con la amplitud de los límites de especificación. He de allí la importancia de que el proceso presente una distribución normal, de no ser así se estarían dando estimaciones incorrectas de la capacidad del proceso. Además de examinar gráficamente la capacidad del proceso por medio del histograma de frecuencia, se verificó por medio de los índices de capacidad la aptitud del proceso de extrusión-rafia.

El índice  $C_p$  representa la capacidad potencial, lo que significa que se compara la amplitud de la variación natural del proceso con la amplitud de las especificaciones, y el índice  $C_{pk}$  representa la capacidad real del proceso, que indica el centrado del proceso con respecto al valor medio de las especificaciones. (Montgomery, 1991)

- **Extrusora N° 1**

En la figura 4.19, se evidencia que los límites de especificación superior e inferior son tales que se está produciendo un porcentaje importante de productos fuera de especificación.



Cuando el  $C_p > 1$  el proceso se considera capaz, sabiendo que un proceso es más capaz en la medida que produzca menos productos no conformes, Montgomery (1991), recomienda valores de  $C_p > 1,33$  y para garantizar un proceso potencialmente capaz recomienda valores de  $C_p > 1,67$ . (ver tabla D.1).

Al observar el valor de  $C_p$  (ver figura 4.19) se evidencia la no capacidad del proceso ya que es menor que la unidad ( $C_p = 0,37$ ); lo que significa que la variación natural del proceso es mayor que la amplitud de las especificaciones y no se podrá garantizar que la totalidad de las piezas producidas satisfacen estas. El Índice  $C_p$  representa la capacidad potencial o máxima del proceso.

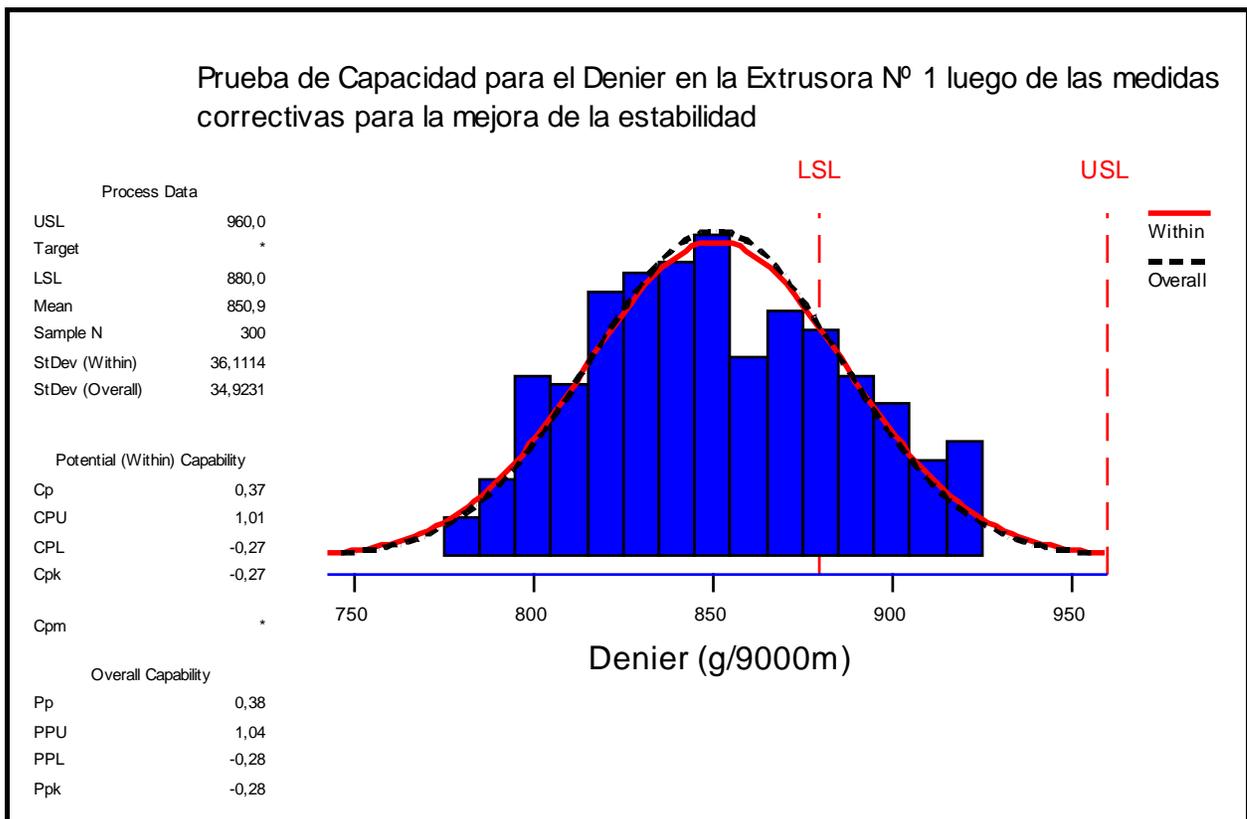


Figura 4.19. Prueba de capacidad del Denier en la extrusora Nº 1 luego de las medidas correctivas para la mejora de la estabilidad

Un proceso puede ser capaz ( $C_p > 1$ ) y aun así no producir dentro de las especificaciones por no tener un centrado adecuado, de allí que sea necesario un nuevo índice que involucre el centrado del proceso.

Aunque ya se demostró que el proceso no es capaz, se estudió el centrado del proceso



a través del “Cpk”, para tener una idea de que tan alejado se encuentra la media muestral del punto medio de las especificaciones. Se observa en la figura 4.19, que la media muestral no esta centrada con respecto a los límites de especificación, el índice “Cpk” refleja las condiciones reales del proceso, para que el proceso sea capaz en el caso de no estar centrado, la distancia de la media del proceso a su límite más cercano de especificación debe ser mayor a  $3\sigma$ , indicando Cpk mayor a la unidad, pero este tampoco es el caso (Cpk = -0,27), de manera que se esta produciendo un cierto número de piezas fuera de especificación.

Un Cpk negativo, indica que la media del proceso se corrió tanto, que se encuentra fuera de los límites de especificación, lo que genera más del 50% de productos no-conformes. En este caso la media muestral esta corrida hacia la izquierda, es decir, por debajo del límite inferior, produciéndose según las tablas de normalidad 78,67% de productos no conformes, en este caso dicho porcentaje corresponde a la producción de hilos con Denier por debajo de especificación, lo que representa que se está perdiendo dicho porcentaje de material en su totalidad, ya que la rafia no tendrá el fin para el cual estaba destinada, tejer sacos de primera calidad.

- **Extrusora Nº 3**

En la figura 4.20 se visualizó la capacidad del proceso de extrusión-rafia en cuanto a la variable Denier.

Se observa un valor de  $C_p=0,19$  lo que indica que el proceso es incapaz, ya que la variabilidad natural del proceso es más mayor que la amplitud de los límites de especificación; además que el valor de Cpk fue -0,03 lo que significa que la media muestral del proceso esta corrida con respecto al valor medio de las especificaciones, en este caso la media muestral esta corrida hacia la derecha que indica que aproximadamente un 50% de productos se están produciendo por encima de especificación. En este caso se esta produciendo según las tablas de normalidad un 57,57% de productos no conformes, pero en este caso el porcentaje real de pérdida de material es de 11,15%, correspondientes a un 9,19% de pérdida de material por hilos de rafia con Denier por debajo de especificación, que se pierden en su totalidad por



destinarse a tejido de sacos de segunda y por el cual se estaría dejando de percibir un 35% de beneficio económico; por otro lado un 1,96% de pérdida de material correspondiente a hilos con Denier por encima de especificación, lo que significa que este porcentaje se estaría obsequiando por sobrepeso en los sacos y por el cual no se estaría percibiendo ningún beneficio económico.

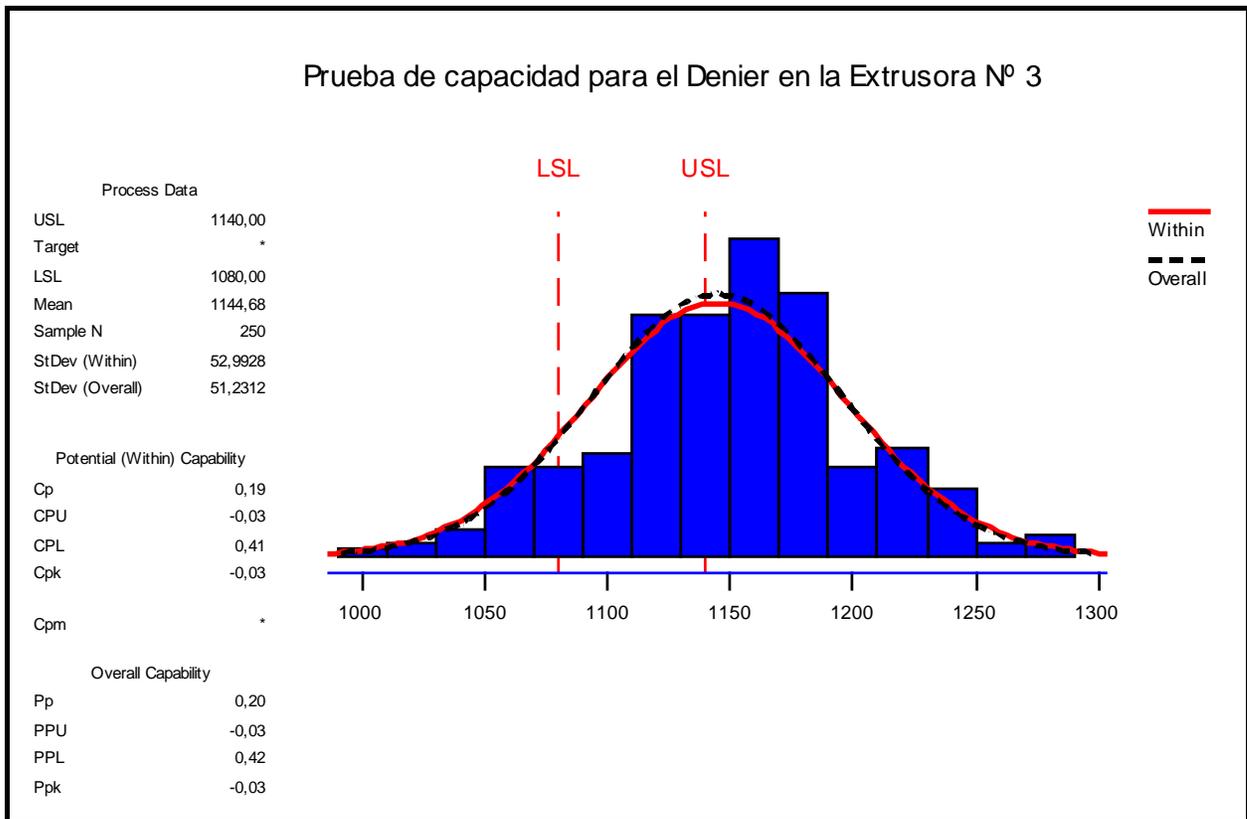


Figura 4.20. Prueba de capacidad del Denier en la extrusora N° 3.

El 46,42% de diferencia que existe entre el porcentaje de productos no conformes reportado por las tablas de normalidad y el porcentaje real de pérdidas de material corresponde, a que las tablas de normalidad reportan a los productos con Denier por encima de especificación como un producto no conforme y entendiéndose que dicho porcentaje se pierde en su totalidad, cuando en realidad sólo se está perdiendo el sobrepeso que presentan dichos hilos, ya que no se está percibiendo ningún beneficio económico por parte del exceso de peso, que presentarán los sacos.



## 4.7. ESTUDIO DE LAS VARIABLES MÁS INFLUYENTES EN EL INCUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES

Cuando se habla de la incapacidad de un proceso en cumplir con las especificaciones analizando los indicadores  $C_p$  y  $C_{pk}$ , se deben tomar en cuenta dos aspectos. En primer lugar un proceso puede no cumplir con las especificaciones ya que este pudiera tener una variación natural muy amplia, haciendo que parte de los productos se estén fabricando fuera de especificación, aunque la media muestral coincida con el valor medio de las especificaciones. Siendo este el segundo aspecto a considerar, para que un proceso sea capaz a parte de tener una variación dentro de los límites de especificación, la media muestral debe coincidir con el valor medio de las especificaciones, es decir un proceso centrado.

Debido a la incapacidad del proceso en cumplir con las especificaciones de Denier, tanto por la amplitud de la variabilidad de los datos como por el centrado del proceso, fue necesario el estudio de las causas que ocasionan esta incapacidad, es por ello que se utilizó un diagrama causa-efecto, evaluando los criterios descritos en la metodología y con la ayuda del personal; para ello se utilizó el Formato E.8, que permitió obtener todas las posibles variables que causan la problemática, observándose en la figura 4.21. que la mayor influencia es debido a el mal funcionamiento de partes de cada extrusora por ejemplo el cabezal de extrusión, el filtro, etc. sumado a la falta de mantenimiento.

Debido a que en la figura 4.21, se muestran todas las posibles causas de manera global fue necesario la realización de un segundo diagrama de causa-efecto donde se pudieron establecer las variables críticas que son las más influyentes en la no capacidad del proceso (ver Formato E.9) las cuales se muestran en la figura 4.22.

Las variables determinantes en la incapacidad del proceso en cumplir con las especificaciones, son la falta de mantenimiento preventivo y el desgaste de partes importantes en el desempeño de las extrusoras como son las hojillas y los tornillos de ajuste del cabezal de extrusión.

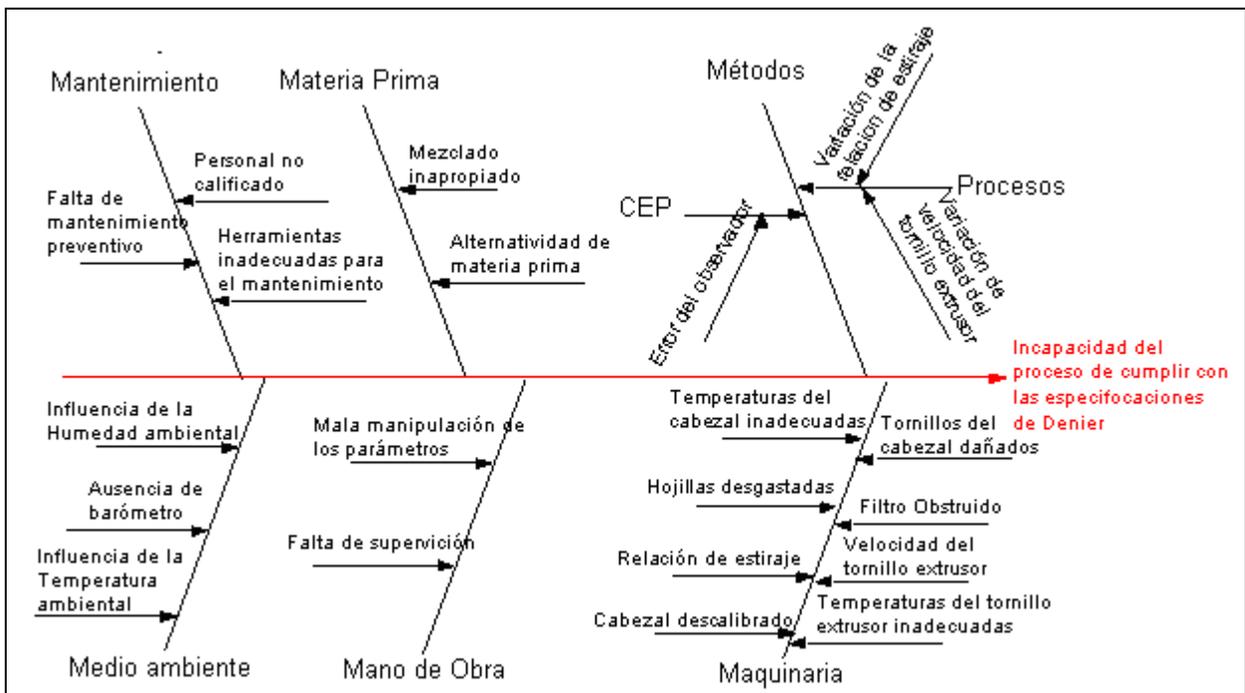


Figura 4.21. Diagrama causa-efecto con las variables influyentes en la incapacidad del Denier en cumplir con las especificaciones.

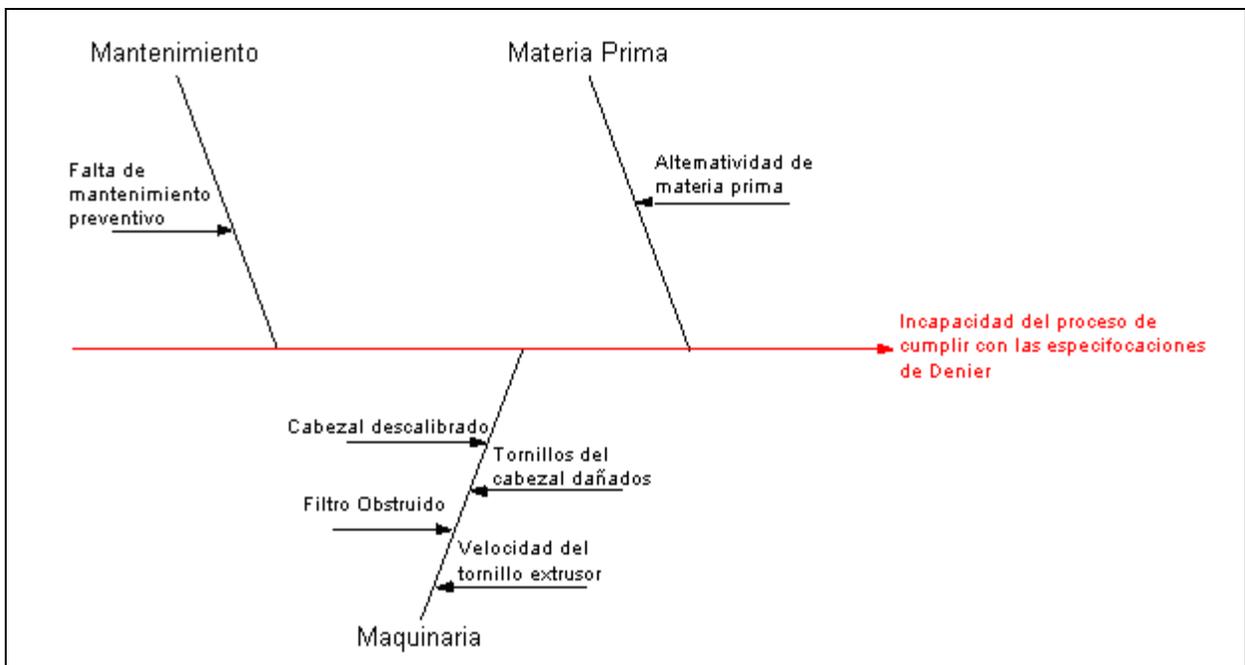


Figura 4.22. Diagrama causa-efecto con las variables críticas que influyen en la incapacidad del Denier en cumplir con las especificaciones.



Todas las variables expuestas son influyentes en incapacidad del proceso de cumplir con las especificaciones, es por ello que en base a estas se hicieron las propuestas de mejoras a la problemática.

#### 4.8. PROPUESTAS DE MEDIDAS CORRECTIVAS PARA LLEVAR EL PROCESO A QUE SEA CAPAZ DE CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES

Cuando un proceso es capaz, el porcentaje de piezas conformes es máximo, aproximadamente un 100%, pero cuando no es capaz, el cual es el caso en estudio, el proceso no alcanza el 100% y lamentable el proceso no puede ser mejorado, a menos que se logre una ampliación en las especificaciones, o una reducción de " $\sigma$ ", con las consecuentes inversiones de capital que esta reducción acarrea.

Para proponer las posibles soluciones de acuerdo a las variables críticas que influyen en la incapacidad del Denier en cumplir con las especificaciones, se realizó la técnica del cómo-cómo, la misma se realizó con el persona involucrado en el proceso, la cual permite obtener las soluciones y como lograrlas paso a paso (ver tabla 4.3)

TABLA 4.3

Aplicación de técnica cómo-cómo a las posibles causas que generan la incapacidad del Denier en cumplir con las especificaciones en el proceso de Extrusión-Rafia

Causa	Posible solución	¿Cómo?	¿Cómo?
Falta de mantenimiento preventivo	Hacer el mantenimiento preventivo	Realizando un programa de mantenimiento a ejecutar	Asignando a una persona calificada que recolecte la información necesaria para la realización del plan
Alternabilidad de materia prima	Fijar el uso de una única materia prima	Cotizando con varios proveedores para seleccionar el que tenga mayor disponibilidad de los recursos	Haciendo un programa de desarrollo de nuevos proveedores Solicitando cotizaciones vía Internet



TABLA 4.3 (continuación)

Aplicación de técnica cómo-cómo a las posibles causas que generan la incapacidad del Denier en cumplir con las especificaciones en el proceso de Extrusión-Rafia.

<b>Causa</b>	<b>Posible solución</b>	<b>¿Cómo?</b>	<b>¿Cómo?</b>
Cabezal descalibrado	Calibración adecuada del cabezal	Haciendo una parada en la extrusora	
		Desarmando el cabezal	Con un personal calificado que siga el procedimiento.
		Cambiando los tornillos dañados	Cotizando y adquiriendo los tornillos adecuados y necesarios
			Utilizando y adquiriendo las herramientas adecuadas
		Contratación de personal calificado para la calibración	
Filtro obstruido	Limpieza del filtro	Haciendo una parada en la extrusora	
		Utilizando las herramientas adecuadas	Adquiriendo las herramientas
		Contratación de personal calificado para la limpieza	



TABLA 4.3 (continuación)

Aplicación de técnica cómo-cómo a las posibles causas que generan la incapacidad del Denier en cumplir con las especificaciones en el proceso de Extrusión-Rafia.

Causa	Posible solución	¿Cómo?	¿Cómo?
Velocidad del tornillo extrusor	Buscar la velocidad adecuada del tornillo extrusor	Trabajando a las velocidad que recomienda el fabricante	Investigando en los manuales
		Determinar por ensayo y error la velocidad adecuada para una determinada materia prima.	Fijar una velocidad, tomar los datos, construir el histograma de frecuencia y determinar si el proceso es capaz por medio de los indicadores Cp y Cpk

Se agruparon las posibles soluciones en una solución global, ya que por si solas estas no serian efectivas, su agrupación fue de acuerdo a aquellas que conllevan a procedimientos similares, es por ello que se propusieron dos soluciones:

#### 4.8.1. SOLUCIÓN Nº 1:

La cual contempla las siguientes actividades:

- Programación de mantenimiento preventivo.
- Utilización de una sola materia prima.

#### 4.8.2. SOLUCIÓN Nº 2

La cual contempla las siguientes actividades:

- Calibración del cabezal
- Limpieza del filtro
- Velocidad adecuada del tornillo extrusor



#### 4.9. SELECCIÓN DE LA MEJOR PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA LLEVAR AL PROCESO A CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES

De acuerdo a las posibles soluciones que se plantearon en la técnica del cómo-cómo, se realizó la matriz de selección para evaluar los diferentes criterios señalados en la metodología (ver tabla 4.4).

TABLA 4.4

Matriz de selección de la mejor alternativa de solución para el mejoramiento de la capacidad del proceso de extrusión de sacos tejidos de polipropileno

Aspectos de evaluación	Ponderación	MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO			
		Solución N° 1		Solución N° 2	
		Valoración	Resultado	Valoración	Resultado
Impacto ambiental	5	10	50	10	50
Disponibilidad de personal de planta	10	3	30	10	100
Disponibilidad de personal especializado	15	10	150	8	120
Probabilidad de éxito	20	1	20	10	200
Tiempo de ejecución	25	9	225	7	175
Costo de implementación	25	9	225	7	175
<b>TOTAL</b>	100	42	700	52	820

Ninguna de las soluciones planteadas representa un impacto ambiental negativo, es por ello que tienen la ponderación máxima de 10.

En cuanto a la disponibilidad de personal de planta la Solución N°1 tiene una ponderación de 3, ya que tendría que hacerlo una persona extra en calidad de pasante para la obtención de las cotizaciones de la materia prima adecuada, puesto que el personal de planta se resiste al cambio y no se les obliga a hacer actividades extras; y con respecto al programa de mantenimiento no hay nadie capacitado en planta para la elaboración de dicho plan. La Solución N°2 tiene una ponderación de 10, ya que esas actividades competen al personal de mantenimiento puesto que ellos realizan este tipo de actividades en su momento pero no de manera recurrentemente, además solo se



designaría alguien de calidad que se encargue de la búsqueda de velocidad adecuada por ensayo y error pero solo por un corto periodo de tiempo.

Con respecto a la disponibilidad de personal especializado la Solución N° 1 no requiere por ello su ponderación fue de 10. La solución N° 2 obtuvo una ponderación de 8 ya que requiere de un supervisor especialista en el mantenimiento de las extrusoras, el cual la empresa no posee.

Para la solución N° 1 la ponderación con respecto a la probabilidad de éxito fue de 1, ya que así se lleve a cabo esta solución no se garantiza que se solvente el problema del todo, por lo contrario la Solución N° 2 se obtuvo una ponderación de 10 ya que estas son las medidas necesarias para llevar a estabilidad y capacidad el proceso.

La Solución N° 1 obtuvo una ponderación de 9 con respecto al tiempo de ejecución ya que el tiempo en obtener las cotizaciones de materia prima y de realizar el programa de mantenimiento es relativamente rápido, mientras que la solución N° 2 obtuvo una ponderación de 7 ya que implica una parada de máquinas pero con un supervisor experimentado se ejecuta en poco tiempo, además se requiere de un tiempo para obtener por ensayo y error la velocidad adecuada.

Y por último la evaluación del costo de implementación la Solución N° 1 obtuvo una puntuación de 9, ya que no se requiere de ninguna inversión ni contratación de personal especializado, a lo sumo una persona en calidad de pasante, pero la Solución N° 2 conlleva la contratación de un supervisor con experiencia, así como de 2 operarios, además de la compra de los tornillos de las extrusoras y algunos repuestos que se requieran, es por ello que su ponderación fue de 7.

Es de observar que la mejor alternativa de solución es la SOLUCIÓN N° 2 que contempla la búsqueda de la velocidad del tornillo extrusor adecuada, la calibración del cabezal y la limpieza del tornillo extrusor. Se enfatiza que para la disminución de la variabilidad natural del proceso, la solución es la calibración correcta del cabezal, lo que permitirá el aumento del  $C_p$  a su vez del  $C_{pk}$ , mejorando la estabilidad y capacidad del proceso de extrusión; es por ello que la solución N° 2 es la más adecuada para la solución de la problemática planteada en el presente trabajo.



Teniendo en cuenta que el alcance de la tesis abarca hasta la propuesta de las soluciones para llevar a que el proceso sea capaz, no se ejecutó esta solución puesto que conlleva un desembolso de dinero por parte de la empresa, sin embargo entre los puntos de la solución se planteó la búsqueda de la velocidad apropiada del tornillo extrusor.

#### 4.10. APLICACIÓN DE MEDIDA CORRECTIVA PARA MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE PROCESO MEDIANTE LA BÚSQUEDA ADECUADA DE LA VELOCIDAD DEL TORNILLO EXTRUSOR.

- **Extrusora N° 1**

Se implementó la búsqueda de la velocidad del tornillo extrusor en la extrusora N°1, en esta ocasión se modificó la velocidad del tornillo extrusor, a 64 rpm, arrojando los resultados de la figura 4.23.

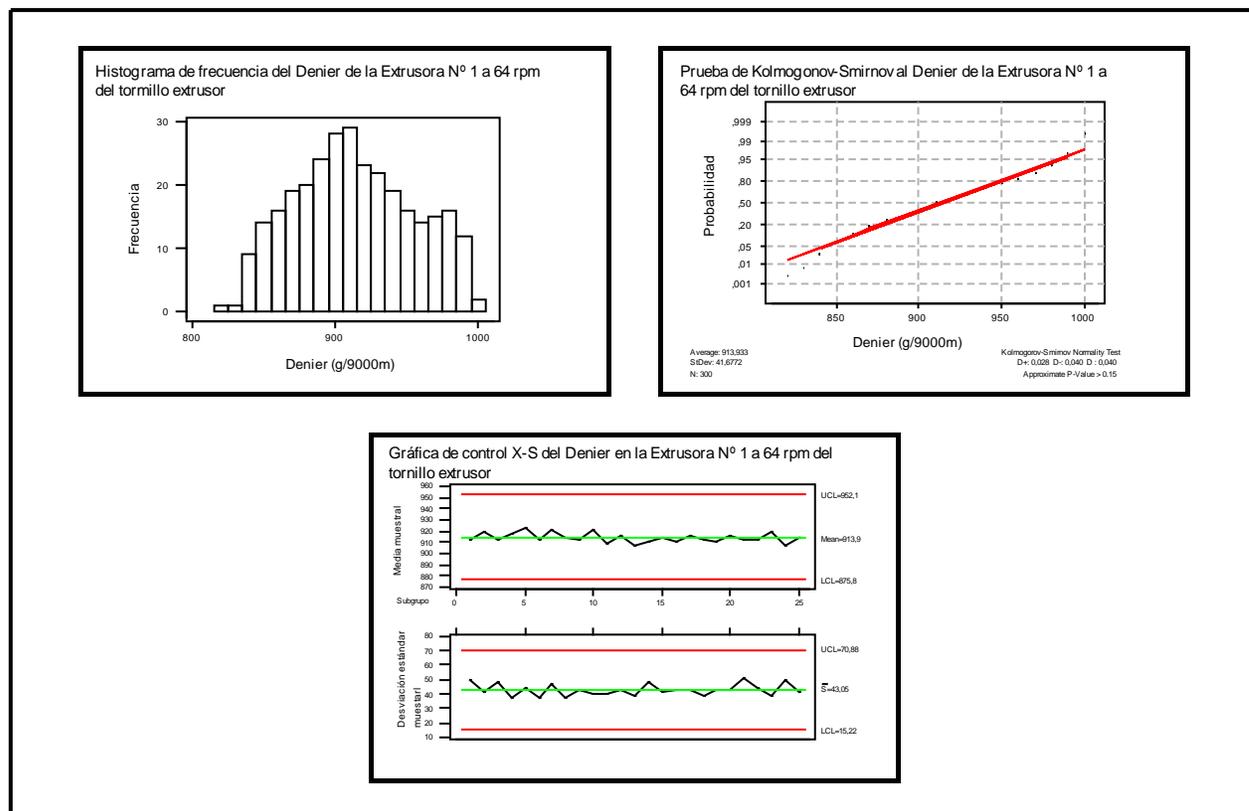


Figura 4.23. Histograma de frecuencia del Denier, Prueba de Kolgomonov-Smirnov y Diagrama X-S de Denier en la extrusora N° 1 a 64 rpm del tornillo extrusor.



Estas pruebas se realizan para garantizar que el proceso sigue bajo control estadístico, y que continua siendo estable a pesar de la modificación de la velocidad del tornillo extrusor, en el histograma de frecuencia se verifica la forma acampanada de los datos, lo cual es indicio de una distribución normal, para la verificación de esto y para confirmar que la población también presenta dicha distribución se aplicó la prueba de Kolmogonov-Smirnov la cual lo ratificó, puesto que los datos se adaptan a la recta roja y el P-value es mayor a 0,15. Además de que no se observó ningún comportamiento anormal en la gráfica X-S, ya que presentó aleatoriedad a lo largo de la misma.

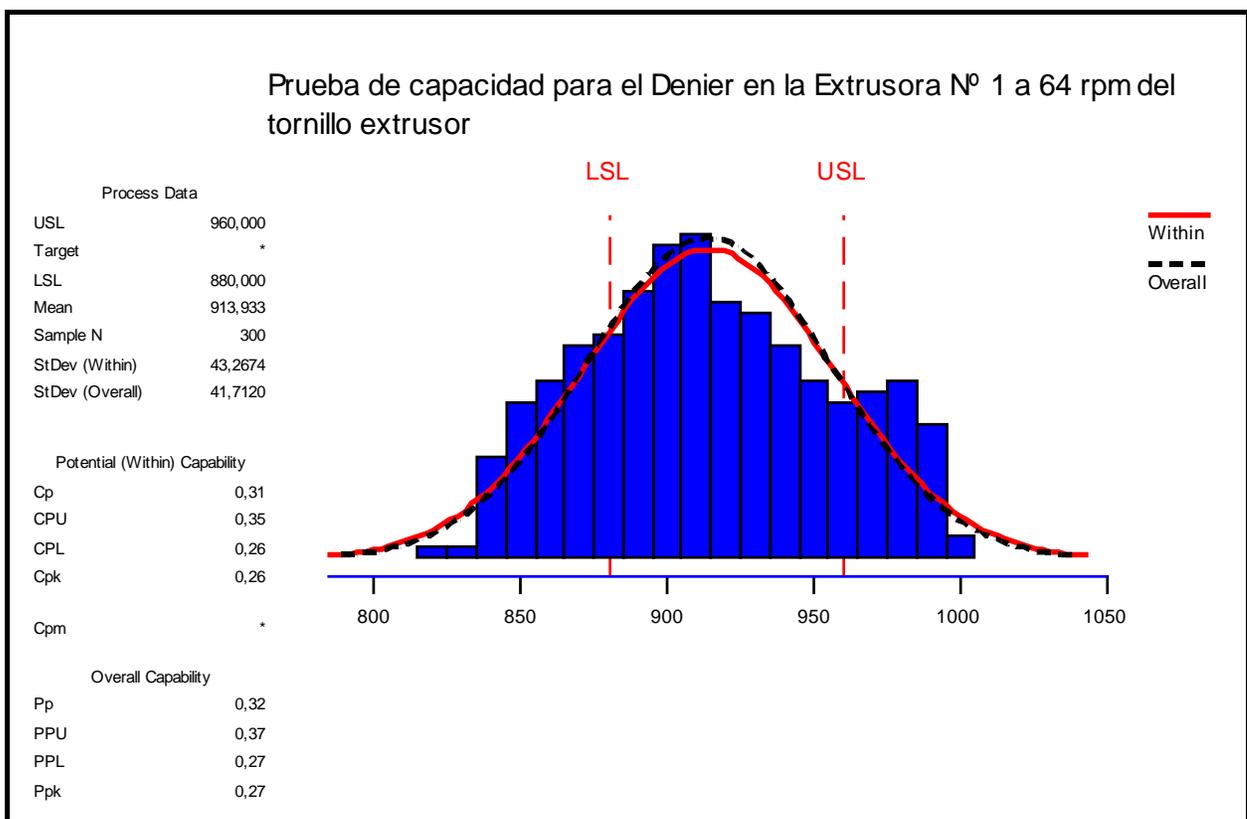


Figura 4.24. Prueba de capacidad del Denier en la extrusora N° 1 a 64 rpm del tornillo extrusor

Se pudo observar en la figura 4.24, que se corrigió el centrado del proceso ya que la capacidad real del proceso paso de  $Cpk = -0,27$  a  $Cpk = 0,26$ , observándose una mejora en el proceso. Aunque la capacidad potencial del proceso se mantuvo prácticamente igual, de  $Cp = 0,37$  a  $Cp = 0,31$ , es decir la variabilidad del proceso sigue siendo muy amplia con respecto a los límites de especificación. Así que para poder llevar a que el



Cpk sea mayor o igual 1, se debe corregir el Cp, ya que el Cpk nunca será mayor que Cp, a lo sumo serán iguales.

Se cálculo el porcentaje de productos defectuosos luego de la corrección de la velocidad del tornillo extrusor a través de las tablas de normalidad obteniéndose una disminución de desperdicios de 78,67% hasta un 36,98%, cabe destacar que del 36,98% reportado por las tablas de normalidad como producto no conforme en realidad se están perdiendo un 19,14% de material, 18,75% correspondiente a las pérdidas de material por hilos con Denier por debajo de especificación y un 0,39% correspondientes a pérdidas de material por hilos con Denier por encima de especificación. Las pérdidas monetarias son de 25867,23 BsF mensuales, reduciéndose en 1443,027 BsF mensuales con respecto al promedio obtenido en los meses de estudio de la situación actual (ver tabla 4.7).

A continuación se presenta una tabla resumen de la mejoría de la capacidad de la extrusora N° 1, luego de la medida correctiva, velocidad adecuada del tornillo extrusor.

Tabla 4.5

Mejoría de la capacidad de la extrusora N° 1, después de aplicación de las medidas correctivas (velocidad adecuada del tornillo extrusor)

	Antes de las medidas correctivas de capacidad	Después de las medidas correctivas de capacidad (velocidad adecuada del tornillo extrusor)
Velocidad del tornillo extrusor $V_{\text{TORNILLO}}(\text{rpm} \pm 2)$	58	64
Capacidad Potencial (Cp)	0,37	0,31
Capacidad Real (Cpk)	-0,27	0,26
Porcentaje de productos defectuosos $(Pd \pm 0,1) \%$	78,7	37,0



• Extrusora N° 3

De igual manera se implementó la búsqueda de la velocidad del tornillo extrusor en la extrusora N° 3, en este caso a 62 rpm, arrojando los siguientes resultados.

En la figura 4.25 se puede observar en el histograma de frecuencias la forma acampanada de los datos, confirmando el comportamiento normal de los mismos, además para confirmar la normalidad de la población se realizó la Prueba de Kolmogorov-Smirnov, donde se puede observar que la población al igual que los datos presentan una distribución normal, arrojando un valor de P-value mayor a 0,15 y observándose el ajuste de los datos a la recta roja y por último se verifica a través del diagrama X-S, que no están actuando causas especiales, ya que se puede observar la aleatoriedad de los datos a lo largo del gráfico sin salirse de los límites de control.

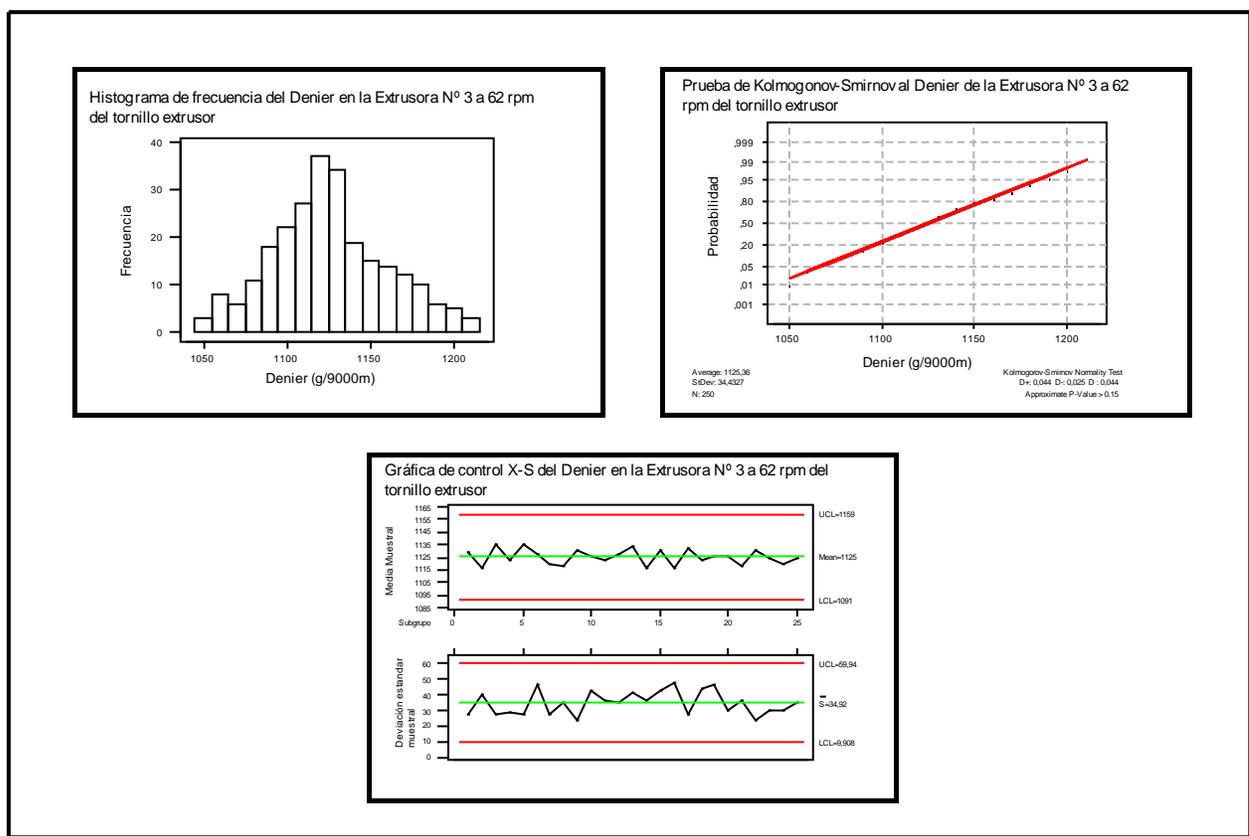


Figura 4.25. Histograma de frecuencia del Denier, Prueba de Kolgomonov-Smirnov y Diagrama X-S de Denier en la extrusora N° 3 a 62 rpm del tornillo extrusor



El valor de la capacidad potencial no presenta gran variabilidad de 0,19 a 0,28, y dicha variabilidad es a favor de la estabilidad del proceso, ya que se reduce un poco la variación natural del proceso con respecto a los límites de especificación. En cuanto a la capacidad real la mejoría fue notable ya que se disminuyó de -0,03 a 0,14, reduciéndose el porcentaje de productos defectuosos según las tablas de normalidad de 57,57 % a 43,21 %, y reduciendo el porcentaje real de desperdicios de 11,15 % a 7,13%, lo que representa una disminución de pérdidas monetarias con respecto al promedio de la situación actual de 26004,86 BsF al mes a 9704,68 BsF al mes, representando que se están dejando de perder 16300,18 BsF mensuales (ver tabla 4.7).

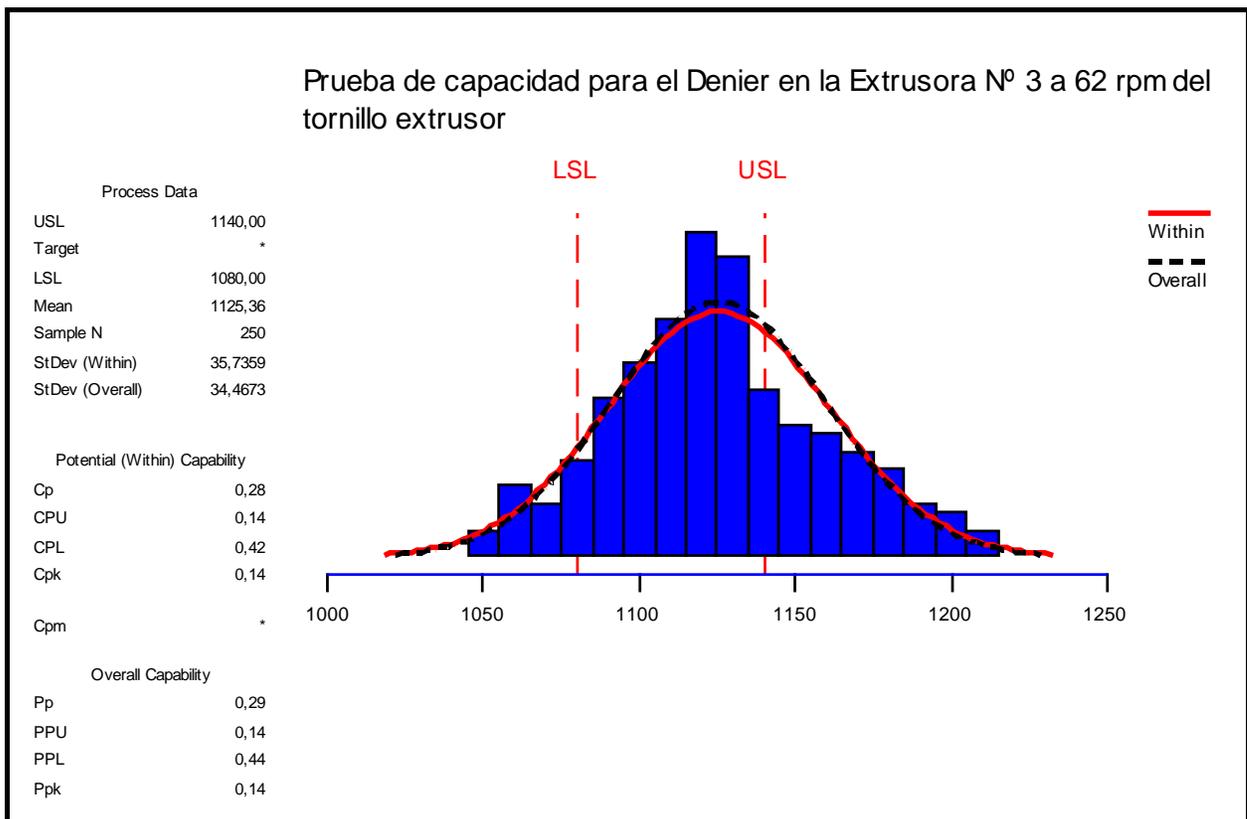


Figura 4.26. Prueba de capacidad del Denier en la extrusora N° 3 a 62 rpm del tornillo extrusor

A continuación se presenta una tabla resumen de la mejoría de la capacidad de la extrusora N° 3, luego de la medida correctiva, velocidad adecuada del tornillo extrusor



Tabla 4.6

Mejoría de la aptitud del proceso en la extrusora N° 3, después de aplicación de las medidas correctivas para capacidad

	Antes de las medidas correctivas	Después de las medidas correctivas (velocidad adecuada del tornillo extrusor)
Velocidad del tornillo extrusor $V_{\text{TORNILLO}}(\text{rpm} \pm 2)$	65	62
Capacidad Potencial (Cp)	0,19	0,28
Capacidad Real (Cpk)	-0,03	0,14
Porcentaje de productos defectuosos (Pd ± 0,1) %	57,6	43,2

• **Extrusora N° 4**

A la extrusora N° 4 se le aplicaron las medidas correctivas para la mejora de la estabilidad (ver tabla A.15) y la capacidad de manera simultanea, ya que estaban disponibles los recursos para el mantenimiento y ejecutar la propuesta de solución, a continuación se muestran los análisis realizados:

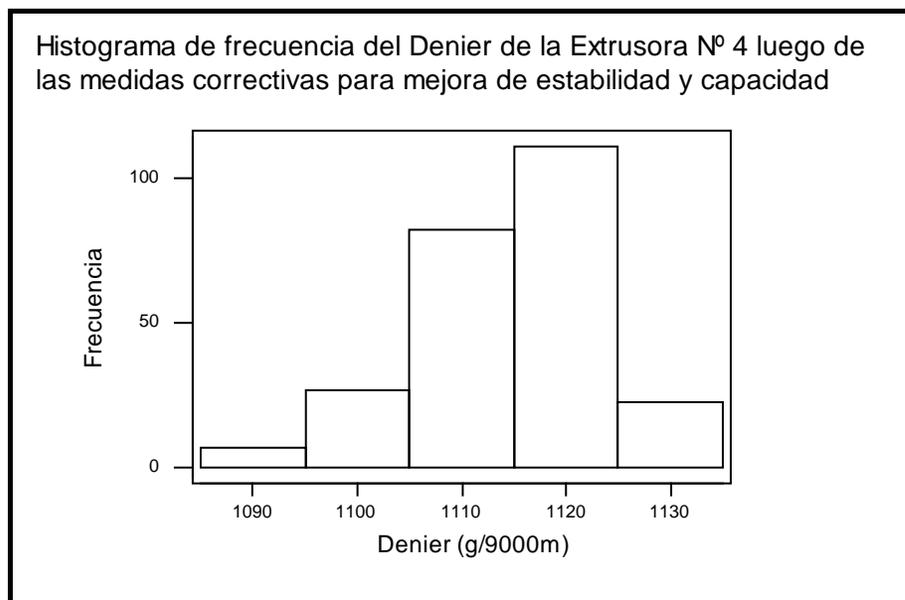


Figura 4.27. Histograma de frecuencia del Denier de la extrusora N° 4 a 1550 rpm del motor y luego de la aplicación de las medidas correctivas para la mejora de estabilidad y capacidad.



En primer lugar se le realizó el histograma de frecuencia a los datos (ver figura 4.27), para observar su distribución, en el cual se pudo verificar que los datos presentaron un comportamiento normal, ya que tuvieron una forma acampanada, pero para verificar esto, se realizó la prueba de Kolmogonov-Smirnov, el cual permitió ratificar la distribución normal de los datos ya que la población de donde provienen también presentan dicho comportamiento, observándose el ajuste de los datos a la línea roja además de que el P-value es mayor a 0,15 (ver figura 4.28).

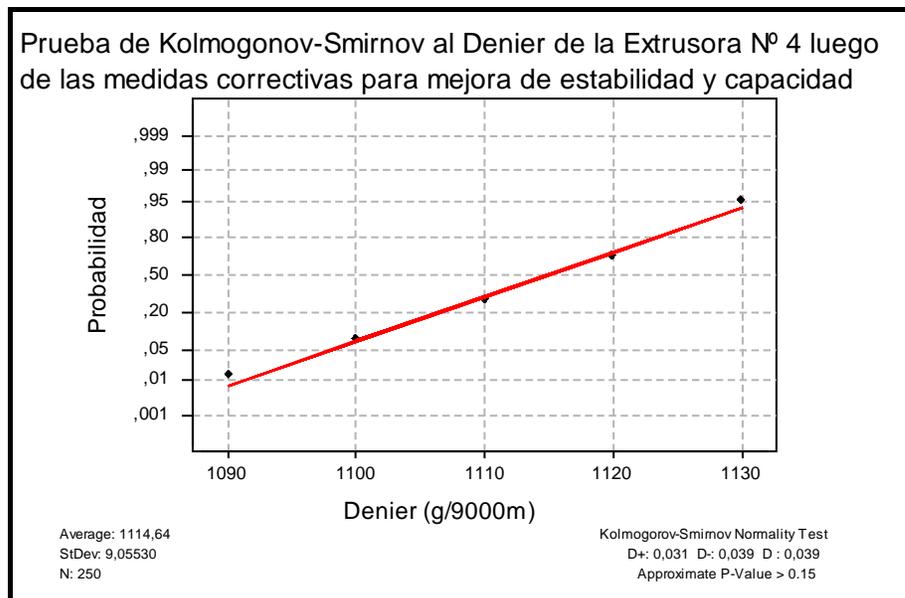


Figura 4.28. Prueba de Kolmogonov-Smirnov al Denier de la extrusora Nº 4 a 1550 rpm del motor y luego de la aplicación de las medidas correctivas para la mejora de estabilidad y capacidad

Por otro lado se construyó el diagrama X-S (ver figura 4.29), para observar si estaban actuando causas especiales en el proceso, el cual no fue el caso, puesto que el diagrama presenta alternatividad y no hay puntos fuera de control, por lo tanto el proceso está bajo control estadístico.

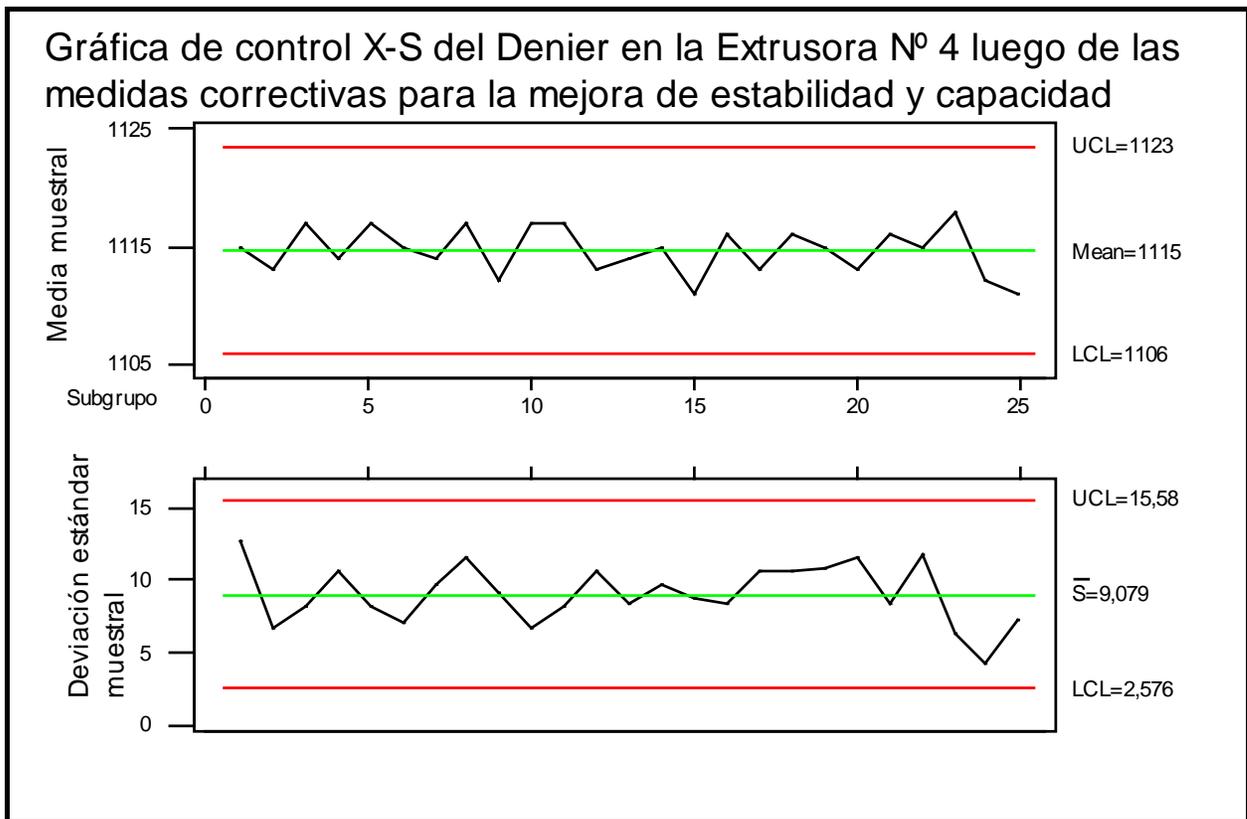


Figura 4.29. Gráfica de control X-S en la extrusora N° 4 a 1550 rpm del motor y luego de la aplicación de las medidas correctivas para la mejora de estabilidad y capacidad

En la figura 4.30, se pueden observar la capacidad del proceso en cumplir con las especificaciones, mediante el indicador de capacidad potencial y real del proceso, los cuales, fueron 1,07 y 0,91 respectivamente, sabiendo que para que un proceso sea capaz los indicadores de capacidad  $C_p$  y  $C_{pk}$ , deben ser de al menos la unidad.

Según el indicador  $C_p=1,07$ , el proceso es capaz potencialmente, ya que la amplitud natural del proceso es menor que la amplitud de los límites de especificación, lo que quiere decir, que todos los productos serán conformes, no habiendo pérdida de dinero ni material por rafia fuera de especificación.

Según el indicador  $C_{pk}=0,91$  el proceso no es capaz realmente, ya que al igual que el caso de  $C_p$ , para que el  $C_{pk}$  represente que el proceso es capaz este debe ser como mínimo mayor a la unidad, un valor menor a la unidad representa que el valor medio de las especificaciones y el valor medio de los datos no están centrados. En el caso del presente especial de grado, el centrado de los datos se puede corregir con la variación



de la velocidad del tornillo extrusor, como ya se demostró antes. Con la certeza de que la disminución de la velocidad del tornillo extrusor mejorará el centrado del proceso, ya que disminuye el material a ser extruído y a su vez el peso de los hilos proporcionalmente.

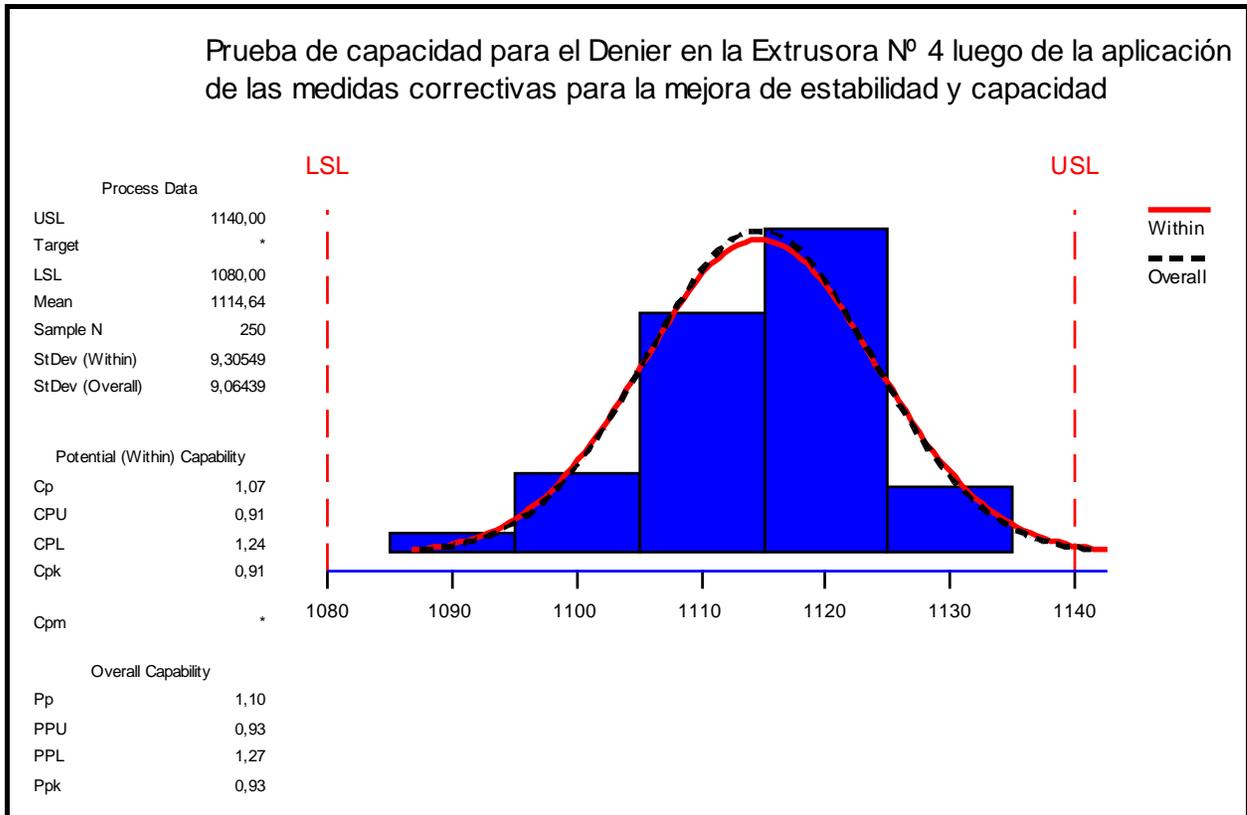


Figura 4.30. Prueba de capacidad del Denier en la extrusora N° 4 a 1550 rpm del motor y luego de la aplicación de las medidas correctivas para la mejora de estabilidad y capacidad

Con el proceso en las condiciones presentadas no se están produciendo ningún hilo de rafia fuera de especificación, lo que significa que se dejó de perder el 100% del dinero presentado en la situación actual, siendo este de 15236,013 BsF mensuales (ver tabla 4.7).

Los beneficios económicos obtenidos por la aplicación de las medidas correctivas se obtuvieron sustituyendo en la ecuación 3.22, a continuación se presenta un cuadro resumen de la disminución de las tasas de desperdicios luego de la aplicación de las medidas correctivas.



Tabla 4.7

Relación de pérdidas monetarias luego de la aplicación de las medidas correctivas tanto para estabilidad como para capacidad en las extrusoras en estudio

<b>Extrusora Nº</b>	<b>Situación actual (BsF)</b>	<b>Luego de medidas correctivas (BsF)</b>	<b>Beneficio (BsF)</b>	<b>Beneficio (%)</b>
1	27310,26	25867,23	1443,03	5,28
3	26004,86	9704,66	16300,20	62,68
4	15236,01	0,00	15236,01	100
<b>Total (BsF)</b>	68551,13	35571,89	32979,24	48,11

#### 4.12. RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DE LA SOLUCIÓN SELECCIONADA

En esta sección se presenta una evaluación económica de la solución adoptada, cabe destacar que los ingresos brutos fueron los beneficios económicos que se obtuvieron en las extrusoras luego de la implementación de las medidas correctivas para estabilidad y capacidad según sea el caso, que se reportó en la tabla 4.7.

##### 4.12.1. Gastos de adquisición de Activos Fijos

- **Costo de tornillos de ajuste del cabezal de las extrusoras**

Las extrusoras tienen un tiempo de operaron de 15 años en promedio, y a lo largo del tiempo la adquisición de los tornillos de ajustes adecuados se ha hecho por ensayo y error, lo que genera que los tornillos se dañen de manera casi constante, y por no tener suficientes tornillos en stock, no se puede hacer el reemplazo de los mismo y realizar el ajuste del cabezal para la buena fabricación de la rafia.

Es por ello que se cotizaron los tornillos adecuados de acuerdo a las condiciones de operación a que esta sometido.

A continuación se presenta el número de tornillos de cada extrusora.



Tabla 4.8  
Cantidades de tornillos de ajuste por extrusora

	Extrusora N° 1	Extrusora N° 3	Extrusora N° 4	Total
Número de tornillos de ajuste	37	44	27	108

Las especificaciones de los tornillos son:

- Largo: 4"
- Diámetro: ½".
- Temperatura de operación: 0-270° C.
- Material en contacto: polipropileno

Sabiendo el costo de cada tornillo y el número mínimo que se debe adquirir para el reemplazo de los tornillos de cada extrusora (tabla 4.8), además de 10 tornillos extras para cada extrusora correspondientes al stock, sustituyendo en la ecuación 3.17 se obtiene un costo por adquisición de tornillos de 6803,4 BsF.

#### • Costo de torquímetro

Uno de los factores que influyen en deterioro de los tornillos el uso de herramientas inadecuadas para el ajuste de los tornillos del cabezal, en la empresa se hace uso de herramientas improvisadas de uso manual e inexacto, esto genera que los tornillos se rompan por no aplicarle el torque adecuado, que recomienda el manual. Dentro de la solución planteada se contempla la adquisición de un torquímetro, que no es más que una herramienta de uso manual, el cual indica el torque aplicada los tronillos, permitiendo una calibración a lo largo del cabezal uniforme, y no por ensayo y error que es como se realiza actualmente. El costo de dicho torquímetro se muestra en los Anexos 1, sabiendo que este es para tornillos de ½". El costo de dicha herramienta es de  $C_{torquímetro} = 1836,10 \text{ BsF}$ .

#### 4.12.2. Costo Operacionales

En vista de la falta de personal para la realización de las mantenimientos de las



extrusoras, además que el personal que está disponible no está capacitado, se vuelve necesario la contratación de un supervisor de mantenimiento, el cual no existe dentro de la organización de la empresa para que se aboque a los mantenimientos preventivos y correctivos en las extrusoras. Así como también un equipo de 2 operarios que lo apoyen en ese trabajo, ya que el personal existente en planta tiene otras responsabilidades no pudiéndose encargar de dichos mantenimientos.

Para determinar el desembolso de dinero anual por parte de la empresa correspondiente al personal necesario para la implementación de la solución propuesta, se utilizó la ecuación 3.19. A continuación se presentan los salarios que devengarán cada tipo de personal (tabla 4.9), así como también, el costo que representa dicho personal para la empresa, ya que esta debe pagar beneficios (seguro social, prestaciones, etc), que se estiman en un 45% del salario a devengar, según Giugni y colaboradores (2003). De igual manera se reportaron los costos que generarán anualmente.

Tabla 4.9  
Costo por mano de obra de la solución propuesta

Cantidad	Personal	Salario(BsF/mes)	45% beneficio	Salario(BsF/año)
2	Operador	800,00	1160,00	27840,00
1	Sup Mantenimiento	2000,00	2900,00	34800,00
			Total	62640,00

#### 4.12.3. Indicadores Económicos

Es evidente que el ahorro obtenido en la implementación de las medidas correctivas para la mejora de estabilidad y capacidad, es superior al costo de la adquisición de los accesorios, herramientas y personal necesarios para la implementación de la solución de mejora.

Para obtener una mejor visualización de lo que es la proyección económica de la inversión a realizar para la estabilidad y capacidad estadística del proceso de extrusión



rafia de sacos tejidos de polipropileno, se estimaron 3 indicadores económicos que se explican a continuación.

#### 4.12.3.1. Valor actual

El valor actual representa, para el caso del presente trabajo las ganancias o beneficios que se obtendrán en el presente, en 10 años de proyección, en este caso se cálculo para 13% de tasa de rendimiento anual, que es el que reporta en Banco Central de Venezuela actualmente.

Para determinar el valor actual es necesario conocer el flujo monetario neto de cada año, para el año "0", se calcula con las sumatoria de los Capital fijo y el Capital de trabajo (Inversión Inicial), pero como se está evaluando la solución propuesta que abarca la adquisición de accesorios, herramientas y personal, solo se contempló el capital fijo, que vienen dado por la compra de los accesorios y herramientas (tornillos y torquímetro), utilizando la ecuación 3.20, se obtiene el flujo monetario neto para el año "0" el cual se reportó en la Tabla C.7:

El flujo monetario neto del año 1 al 9, se determinó como el sustraendo entre el ahorro anual obtenido por la aplicación de las medidas correctivas en las extrusoras y los costos operacionales, que no son más que la mano de obra, reportados anualmente sustituyendo en la ecuación 3.21 se obtuvieron los flujos monetarios netos desde el año 1 al 9, reportados en la Tabla C.7

Para el flujo monetario neto del año 10, se deben sumar el valor residual de los accesorios y herramientas al cabo de los 10 años de proyección, se asume el valor residual al final del proyecto como el 10% del valor del activo, se realiza mediante la ecuación 3.23, el valor se reportó en la Tabla C.7.

El flujo monetario neto correspondiente al año cero solo incluye el costo de la inversión inicial, del año 1 al 9, se reportan los ingresos brutos menos los costos operacionales, asumiendo que estos no varían a los largo de la proyección y para el año 10, se reporta el mismo flujo monetario neto de los años 1 al 9, pero adicionalmente contemplan el costo de la venta del activo al final de la proyección.



El valor actual viene dado por la sustitución de los flujos monetarios netos en la ecuación 3.23, obteniéndose el valor actual reportado en la Tabla 4.10.

Ese valor actual representan las ganancias (1799281,12 BsF) en el presente, por los 10 años de proyección de la inversión, lo que demuestra que en cuanto a este indicador económico la inversión es rentable y se justifica, puesta que el valor actual es mayor que 1.

#### 4.12.3.2. Equivalente anual

El equivalente anual representa en el caso de este trabajo el beneficio como un flujo anual, bajo la misma tasa interna de retorno reportada por en Banco Central de Venezuela (13%), el cual se determinó por de la ecuación 3.25, el valor está reportado en la tabla 4.10:

La inversión necesaria para la puesta en marcha de la solución planteada, estará generando 331589,52 BsF/año, lo que demuestra según este indicador económico que la inversión es rentable y justificando la aplicación de la solución.

A continuación se presenta un cuadro resumen con los valores de los indicadores económicos.

Tabla 4.10  
Indicadores económicos para la implementación de la Solución

Valor Actual (VA) BsF	Equivalente Anual (EA) BsF/año
1799281,12	331589,52

#### 4.12.3.3. Tiempo de recuperación de la inversión.

El tiempo de pago de la inversión no es más que el tiempo que se requiere para que los flujos monetarios netos recuperen la inversión inicial a una tasa mínima de rendimiento igual a cero, el cual se determinó por ecuación 3.26, obteniendo que el tiempo de recuperación de la inversión es de 0,026 años, que equivalen a 8, 09 días, sabiendo



que se trabajan 26 días al mes, por 12 meses del año.

Para apoyar la rentabilidad de la propuesta, por parte del VA y EA, se demostró que la inversión que se debe realizar para la solución planteada, se estaría recuperando a los 9 días de trabajo. Confirmando la rentabilidad de la misma



## CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones más importantes que se obtuvieron una vez estudiado, analizado y solventado todas las variables influyentes en el proceso de extrusión de sacos tejidos de polipropileno.

- Por la falta de control del Denier las extrusoras en estudio generan pérdidas monetarias que oscilan alrededor de 68.000 BsF mensuales.
- Las gráficas de tendencias de los meses en estudio demuestran la variabilidad y falta de control del Denier de turno a turno e inclusive dentro del mismo turno.
- En la primera recolección de datos muestrales de la extrusora N° 1 N° 4 presentaron una distribución no normal, mientras que los datos de la extrusora N° 3 presentaron una distribución normal.
- La principal causa de variabilidad del Denier en las extrusoras fue la manipulación inadecuada de los parámetros del proceso por parte del personal de extrusión.
- La medida correctiva más influyente que llevó el proceso a estabilidad estadística fue la estandarización de los parámetros.
- Las extrusoras en estudio después de las estandarizaciones de los parámetros presentaron una distribución normal pero no eran capaces de cumplir con las especificaciones.
- Cada una de las extrusoras en estudio presentaron más del 50% de productos defectuosos.
- La incapacidad del proceso en cumplir con las especificaciones se debe en gran parte a la mala calibración del cabezal de extrusión y la falta de mantenimiento preventivo en las extrusoras.
- Se generaron dos alternativas de solución, una enfocada al mantenimiento preventivo y la otra enfocada al mantenimiento correctivo de las extrusoras.
- La alternativa de solución adecuada fue la que contempla la calibración del cabezal, limpieza del filtro y búsqueda de la velocidad adecuada del tornillo extrusor.
- La búsqueda de la velocidad adecuada del tornillo extrusor, permitió mejorar la capacidad potencial del proceso.



- La implementación de la solución planteada es rentable lo que justifica económicamente la puesta en marcha de la misma, recuperando la inversión en 9 días.



## RECOMENDACIONES

A continuación se muestran las recomendaciones y propuestas que han sido sugeridas para mejorar las condiciones del proceso y llevarlo a un estado de control estadístico.

- Se recomienda el uso del programa de Excel dejado en el laboratorio de calidad y desarrollo, además de seguir estrictamente la guía del uso de este programa, para hacer seguimiento al comportamiento del Denier.
- Incluir a las extrusoras en un programa de mantenimiento preventivo.
- Calcular la capacidad estadística del proceso cada vez que ocurra, una parada planificada en la planta, cambios en las características de las materias primas o una variación de las condiciones de operación.
- Es fundamental la educación y capacitación de los operarios y supervisores de la zona de extrusión sobre el CEP, para hacer de su conocimiento la importancia de la aplicación de este método y lo que mejoraría la calidad del producto.
- Hacer un estudio de las variables que influyen en la variabilidad del Denier que no se tomaron en cuenta por la inversión que esto implica.
- La adquisición de un barómetro para tener mejor control de la influencia de la temperatura ambiental en el problema en estudio.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARVELO, Ángel (1998). **La Capacidad de los procesos industriales**. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas-Venezuela.
- CAPELLA, Fermín (1997). **Maquinarias de extrusión**. [Artículo en línea]. Disponible: <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/Articulo.asp?A=5001>.
- CAPILLA, C., ROMERO, R. (1989). **Tamaño y frecuencia de muestreo en gráficos de control**. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- CERIZZI, Daniele (2008). **Consejos para implementar una línea de película stretch**. [Artículo en línea]. Disponible: <http://www.nxtbook.com/ml/tp/TPJunJul2008/index.php#/14>.
- FERRER, Alberto (2004). **Control estadístico de procesos con dinámica: revisión del estado del arte y perspectivas de futuro**. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- GIUGNI DE ALVARADO, L., ETTEDGUI DE BETANCOURT, C., GONZALEZ DE SALAMA, I. y GUERRA, T. (2003). **Evaluación de Proyectos de Inversión**. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Industrial. Valencia-Venezuela.
- GONZÁLEZ, Claudio (2005). **Validación retrospectiva y control estadístico de procesos en la industria Farmacéutica**. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Chile
- GRATEROL, Rafael (2002). **Análisis de capacidad de procesos**. Universidad de Carabobo. Área de Estudios de Post-Grado. Valencia-Venezuela.
- ILDEFONSO, Juan (2007). **Los plásticos**. [Artículo en línea]. Disponible: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iesalfonso\\_romero\\_barcojo/departamentos/tecnologia/trabajos\\_alumnos\\_tecnologia/juanildealexandra/losplasticos.html](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iesalfonso_romero_barcojo/departamentos/tecnologia/trabajos_alumnos_tecnologia/juanildealexandra/losplasticos.html). [Consulta 2007, Diciembre 1].
- LUGO, María (2003). **Desarrollo de un modelo de Control estadístico de procesos para el sistema de dosificación de aditivos de harina de trigo en una**



- empresa molinera.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Valencia-Venezuela.
- MARTÍNEZ, M., PEDONOMO, M. (1998). **Mejoramiento de una línea de producción de harina de trigo mediante el uso de herramientas de Control estadístico de procesos.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Valencia-Venezuela.
  - MONTGOMERY, Douglas. (1991). **Control Estadístico de la Calidad.** Cuarta Edición. Grupo Editorial Iberoamericana. México D.F.
  - MOSQUERA, S., NARVAEZ, J. y CABRERA, J. (2005). **Uso de cartas de control para el análisis de calidad en manufactura de sacos de polipropileno.** Universidad de Cauca. Colombia.
  - Norma Venezolana COVENIN 2527. (1988). **Sacos tejidos de polipropileno.** Gaceta oficial de la Republica de Venezuela, 2831. Octubre, 1988.
  - OCHOA, Jesús (1994). **Control estadístico de procesos (CEP).** Fundamental. Valencia-Venezuela.
  - ORTA, A., ALBARRACIN, M. (2004). **Evaluación y mejoramiento de la capacidad estadística del proceso de sulfonación.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Valencia-Venezuela.
  - PRAISA AVÁLUOS S.A. (2003). **Vidas útiles para la industria** [Revista en línea]. Disponible: [http://www.praisa.com.mx/Vidas\\_Utiles\\_01.html](http://www.praisa.com.mx/Vidas_Utiles_01.html) [Consulta: 2008, Julio 28].
  - Series Cauchotecnia (2001). **Tejidos Industriales.**
  - Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Vicerrectorado de Investigación y Postgrado. (2006). **Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales.** 4<sup>ta</sup> Edición. Caracas: FEDUPEL.
  - UREÑA C., CASTILLO M. (1998). **Muestreo Aplicado al Control en las Empresas.** Universidad de Costa Rica. Escuela de Estadística. Costa Rica.
  - URRAZA, Angel (2000). **Enciclopedia del plástico.** [Revista en línea]. Disponible: <http://www.aniq.org.mx/cipres/clasificacion.asp>. [Consulta: 2007, Diciembre 5].
  - VILCHES M., SANCHEZ-BARBIE A. (2007). **El control estadístico de procesos en el ámbito de la Radiofísica.** Revista de Física Médica. 8(1): 51-61.
-

# **APÉNDICE A**

**TABLAS DE DATOS**



Tabla A.1  
Datos de Denier de la extrusora N° 1 en el mes de septiembre 2007

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	1	990	1060	1080	1000	1000	930	900	1100	920	960	1020	1020
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
3	1	940	1080	1080	1020	1000	1000	870	930	940	1030	1000	1000
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
4	1	970	1070	1020	1010	1010	1000	900	900	970	1040	970	980
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	880	1040	1030	1000	960	930	850	900	970	1010	930	1000
5	1	1000	1040	1000	960	1000	890	770	810	820	1090	880	1000
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
6	1	830	960	970	940	940	940	780	830	910	1010	920	990
	2	1000	1060	1060	1050	1000	1000	940	900	1000	1080	1000	1090
	3	1000	1050	1070	1050	1060	1010	950	930	1010	1100	1010	1090
7	1	960	1050	1050	1000	1040	1000	920	900	920	1030	1020	1060
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1020	1050	1090	1070	1010	1050	930	900	1010	1090	1040	1100
10	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1000	1080	1100	1100	1050	1050	910	890	1000	1140	1000	1130
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
11	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1030	1080	1060	1080	1060	1080	940	860	1000	1080	1040	1060
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
12	1	1050	1080	1080	1030	980	1030	900	950	1020	1130	1020	1080
	2	970	940	990	910	810	900	780	780	860	920	910	880
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
13	1	1050	1100	1110	1060	1080	1060	990	900	1010	1120	1060	1100
	2	1080	1130	1120	1080	1060	1080	1010	920	1000	1120	1090	1120
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
14	1	1030	1110	1080	1080	1020	1090	990	910	990	1110	1080	1100



Tabla A.1 (continuación)

Datos de Denier de la extrusora N° 1 en el mes de septiembre 2007

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
14	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1070	1110	1110	1090	1050	1060	1000	920	990	1130	1050	1070
17	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
18	1	1030	1090	1090	1080	1080	1080	960	880	1000	1110	1080	1080
	2	1060	970	1110	970	1080	1080	980	880	970	960	1070	1070
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
19	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	970	1040	1070	1060	1070	1080	990	1010	950	1070	1090	1060
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
20	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1030	1050	1100	1070	1040	1100	940	900	1010	1090	1090	1110
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
21	1	1010	1080	1100	1070	1040	1090	960	880	990	1110	1040	1130
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
24	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
25	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
26	1	1030	DND	1010	1080	1050	1090	DND	DND	1090	1140	1050	1090
	2	1030	1080	1010	1090	1010	1040	950	900	1000	1040	1050	1010
	3	1070	1060	1080	1070	1110	1120	1040	870	1010	1120	1130	1110
27	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1020	1070	1080	1070	1060	1090	970	910	1000	1130	1080	1130
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
28	1	1030	1070	1100	1060	1070	1070	980	920	1020	1120	1060	1060



Tabla A.1 (continuación)

Datos de Denier de la extrusora N° 1 en el mes de septiembre 2007

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
28	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1000	1060	1080	1080	1040	1120	940	900	1010	1130	1070	1130

DND: Datos no disponibles



Tabla A.2

Datos de Denier de la extrusora N° 3 en el mes de septiembre 2007

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	1	1080	1030	960	900	920	1010	1000	1000	910	1000	1080	1070
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
3	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1010	1090	990	970	1010	1060	1040	1000	1000	920	1020	930
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
4	1	1020	1140	980	920	1030	1070	1030	1040	1300	960	1200	970
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1050	1030	1030	990	1030	1030	970	940	990	990	1010	1030
5	1	960	990	960	1020	1000	920	1100	870	940	940	1100	990
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
6	1	990	950	970	960	1060	1000	960	1010	930	960	1190	1020
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1000	1070	1040	1000	1030	900	1040	1020	1000	1040	1050	1050
7	1	1040	1090	1040	1100	1040	970	1030	1050	1040	1090	1120	1030
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
8	1	1100	920	990	1000	1030	1030	840	980	1100	1030	1000	1030
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
10	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1140	1030	1000	1000	1010	870	1060	1000	1020	1040	1030	1080
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
11	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
12	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1100	1070	980	1040	1010	970	1060	1010	930	1030	1070	1100
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
13	1	1060	1060	980	1010	1030	970	1030	1000	1010	1030	1140	1110



Tabla A.2 (continuación)

Datos de Denier de la extrusora N° 3 en el mes de septiembre 2007

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
13	2	1160	1140	1050	1080	950	930	1080	980	1080	970	1160	1170
	3	1080	1060	1050	1000	1040	1040	1040	1040	1020	1060	1070	1000
14	1	1080	1060	1000	1010	880	970	1010	980	1080	970	1140	1160
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
17	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
18	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1000	1060	1000	950	1070	950	980	930	1020	850	1060	1100
19	1	1080	1030	990	990	1020	920	1030	970	920	1040	1080	1120
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1030	1000	950	930	980	920	1080	1000	970	1030	1100	1090
20	1	1040	1000	970	950	970	850	1030	970	920	1010	1060	1110
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1010	1020	980	950	970	910	1060	1010	980	950	1030	1100
21	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1090	1040	930	950	1040	900	990	950	1070	950	1040	1160
22	1	1000	1000	1030	980	1000	990	1030	1080	1000	1020	1070	1080
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
24	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1000	990	950	1030	820	870	980	910	1070	840	1140	1170
	3	1090	1030	980	960	1010	1070	940	950	950	1000	1090	1130
25	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1020	1030	990	1010	940	1160	1040	1200	1080	970	1100	1150
26	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND



Tabla A.2 (continuación)

Datos de Denier de la extrusora N° 3 en el mes de septiembre 2007

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
26	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1070	1050	1010	930	970	960	1050	1010	1030	1030	1020	1100
27	1	980	1110	980	890	1030	970	1000	1000	990	1100	1000	1010
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1020	1040	900	920	1040	910	1070	990	1000	980	1040	1080
28	1	1080	1030	1030	1000	1030	920	1020	1020	980	970	1050	1090
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1110	1060	1020	950	1030	890	1060	1000	1040	1050	1040	1180
29	1	1040	1060	1040	1020	1080	1020	1030	1040	1050	1040	1210	1090
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND

DND: Datos no disponibles



Tabla A.3  
Datos de Denier de la extrusora N° 4 en el mes de septiembre 2007

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
3	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
4	1	1030	920	900	1160	1110	1190	1010	1000	1050	1080	1130	1060
	2	1000	1000	950	1210	1120	1210	1000	1040	1080	1070	1080	1090
	3	1000	1020	990	1190	1160	1210	960	1030	1070	1010	1010	1010
5	1	960	960	840	1130	1130	1100	910	1010	960	1040	1050	1120
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1050	1020	1000	1180	1180	1200	940	1060	1030	1100	1000	1060
6	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	900	930	980	1070	1160	1130	820	950	1000	1060	1100	960
7	1	830	750	930	1100	1130	1150	780	870	940	1010	1070	1050
	2	1000	800	770	1000	1000	1000	830	860	880	960	1000	1000
	3	1040	860	1020	960	870	960	760	950	960	900	940	930
10	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1250	1120	900	1110	1170	1140	930	1060	1100	1130	1160	1120
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
11	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1170	1000	910	1060	1180	1210	880	1000	1060	1120	1140	1150
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
12	1	1090	970	910	1030	1150	1190	960	960	1030	1100	1080	1090
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
13	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1160	1070	840	1080	1050	1130	1080	970	1030	1110	1080	1140
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
14	1	1110	960	860	960	1000	1070	1050	900	1000	1000	950	1000
	2	1180	1090	1100	1310	1130	1210	1170	1140	1190	1250	1180	1250
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
17	1	1220	1420	1170	1140	1200	1200	1050	1110	1150	1080	1110	1150



Tabla A.3 (continuación)

Datos de Denier de la extrusora N° 4 en el mes de septiembre 2007

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
17	2	1200	1340	1130	1100	1230	1230	970	990	1170	1200	1140	1140
	3	1100	1290	1160	1000	1140	1180	1100	1000	1140	1220	1130	1120
18	1	1180	1350	1110	1080	1150	1160	1120	1000	1190	1120	1110	1160
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
19	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
20	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
21	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
24	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1100	1290	1130	1170	1170	1230	1030	1110	1160	1230	1140	1130
25	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
26	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1140	1180	1060	1150	1140	1110	980	970	1100	1130	1120	1120
	3	1140	1290	1010	1090	1110	1040	950	1000	1130	1080	1080	1080
27	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
28	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1090	1190	1020	1120	1000	980	940	1000	980	1060	1050	950
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND



Tabla A.4  
 Datos de Denier de la extrusora N° 1 en el mes de octubre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1160	1140	1120	1050	990	1040	1070	930	1020	1100	1000	1020
	3	950	1060	1100	1060	1060	1090	960	950	1040	1140	1020	1120
2	1	1080	1100	1130	1130	1090	1150	930	940	1060	1170	1100	1190
	2	1060	1110	1110	1140	1040	1140	920	935	1040	1140	1060	1140
	3	1090	1070	1110	1070	1060	1160	940	950	1020	1140	1070	1080
3	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
4	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1040	1110	1110	1100	1100	1170	930	880	1070	1160	1120	1170
	3	950	1020	1020	1000	990	1050	1080	930	1000	1120	1120	1140
5	1	940	1010	1010	990	1000	1060	1080	930	1000	1100	1120	1140
	2	990	1040	1060	1030	1030	1070	1000	940	1000	1100	1100	1000
	3	980	1030	1050	1070	1010	1110	970	960	1030	1100	1080	1170
8	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
9	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
10	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
11	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
12	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
15	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	



Tabla A.4 (continuación)  
 Datos de Denier de la extrusora N° 1 en el mes de octubre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
15	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
16	1	970	1070	1100	1110	1100	1180	990	960	1030	1130	1150	1220
	2	1080	1140	920	1130	1110	1180	950	1130	1040	1090	1000	1250
	3	1130	1120	1120	1110	1100	1190	960	970	1090	1060	1000	1260
17	1	1150	1080	1100	1120	1090	1200	920	970	1050	1070	990	1190
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
18	1	1140	1160	1110	1080	1100	1160	930	990	1030	1030	1020	1210
	2	1110	1080	1070	1060	1030	1120	890	940	1000	970	990	1190
	3	1110	1060	1060	1030	1020	1120	910	930	1020	950	970	1100
19	1	1060	1050	1040	1040	1010	1120	880	930	1000	950	980	1140
	2	1100	1080	1110	1080	1040	1120	940	940	1020	930	940	1170
	3	1090	1060	1090	1080	1040	1120	910	950	990	950	950	1150
22	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1090	1040	1080	1090	1040	1140	900	920	1020	960	910	1170
	3	1080	1060	1070	1070	1040	1140	880	920	1020	970	850	1160
23	1	1080	1060	1060	1060	1030	1120	900	920	1000	980	930	1100
	2	1000	1030	1040	1050	1070	1080	860	880	950	960	930	1160
	3	1040	1060	1040	1010	1090	1030	940	930	940	930	950	1090
24	1	1050	1050	1070	1060	1000	1130	910	930	970	970	940	950
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
25	1	1080	1060	1050	1060	990	1150	900	930	1000	950	940	1120
	2	920	950	950	1040	1090	1090	990	940	1010	1020	1010	1030
	3	980	940	1050	1130	1110	1220	1070	980	1070	1020	1050	1220
26	1	950	920	1010	1110	1060	1170	1030	960	1050	1000	1020	1160
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	960	910	1000	1120	1070	1170	980	1000	1050	1020	1040	1170
29	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND



Tabla A.4 (continuación)  
Datos de Denier de la extrusora N° 1 en el mes de octubre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
29	2	1060	950	1000	1180	1110	1090	1030	970	1030	1060	1000	960
	3	1000	880	950	1090	1100	1150	1040	920	1060	1000	1000	1250
30	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1090	950	1030	1090	1080	1080	920	1000	1000	1100	1000	1170
	3	1100	960	1000	1100	1070	1100	1050	1020	1080	1130	1050	1160
31	1	1040	910	950	1030	1000	1030	1040	950	1000	1040	1000	1090
	2	950	940	950	1020	1000	1040	1020	960	1030	1000	1000	1080
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND

DND: Datos no disponibles



Tabla A.5  
Datos de Denier de la extrusora N° 3 en el mes de octubre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1040	1030	960	990	960	1020	1040	970	1060	1020	1180	1150
	3	1080	1020	940	970	940	1040	1010	950	970	1140	1110	1130
2	1	1060	1020	940	950	870	1110	920	980	1070	860	1150	1110
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1070	1050	970	930	1070	910	1010	1000	1090	1030	900	980
3	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
4	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1110	1080	1000	970	1020	940	1040	960	1050	1040	1080	1080
	3	1040	1060	930	960	1010	990	1040	1000	1040	1080	1120	1210
5	1	1080	1090	1020	930	860	910	1080	1010	1010	930	990	1170
	2	1020	1080	1000	1000	1040	930	1050	1020	1000	950	1000	1060
	3	1030	1070	1000	1040	1020	970	1030	1030	1060	1030	1100	1100
8	1	1030	1000	990	940	810	910	980	920	920	980	1070	1050
	2	1050	1070	990	1030	940	930	1030	970	980	1020	1070	1080
	3	1090	1070	990	990	820	870	1040	1010	1000	1010	1050	1090
9	1	1070	1080	1000	1000	950	960	1040	990	1010	990	950	1100
	2	1080	1040	1000	990	1120	1010	1040	1000	1010	1030	1170	1160
	3	1120	1050	990	1040	970	1090	1090	1020	1060	930	1060	1050
10	1	1060	1290	860	1020	1040	950	1020	1010	1020	940	1070	1110
	2	DND	1210	980	DND	DND	1020	DND	DND	DND	930	DND	1070
	3	1120	1290	1010	990	970	1000	1050	970	1060	1010	920	1130
11	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
12	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
15	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	



Tabla A.5 (continuación)  
Datos de Denier de la extrusora N° 3 en el mes de octubre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
15	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
16	1	1090	1210	1080	950	1010	1040	1000	1010	1040	990	1160	950
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1020	990	1080	970	1010	1040	1060	1060	1020	1160	1140	890
17	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1150	1210	1010	960	1080	1010	1070	1020	1040	1000	1090	910
18	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
19	1	1120	1190	1000	970	1040	990	1080	1000	1040	970	1080	1100
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1200	960	1000	930	1060	980	1080	970	1030	990	1060	1070
22	1	1180	1260	980	930	1090	1070	1060	900	1040	900	1050	1120
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1120	1180	980	940	1080	950	1030	910	950	1000	1050	1080
23	1	1150	1220	1060	930	1020	1080	1110	950	1000	1030	1120	1060
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
24	1	1130	1180	1070	1000	1090	1000	1090	1030	1050	960	1140	830
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1120	1260	1080	1030	1130	1020	1060	1010	1040	930	1130	780
25	1	1130	1220	1040	1030	1100	1010	1040	990	1050	930	1110	860
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1190	1010	1070	1110	1030	1110	1130	1060	1050	1080	1070	1080
26	1	1140	1140	950	1050	1080	950	1040	970	970	940	1050	1060
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1170	1190	1000	1000	1020	950	1140	1020	1060	1010	1050	1080
29	1	1040	1260	1060	910	980	1000	1010	1000	930	1010	1000	1070



Tabla A.5 (continuación)  
Datos de Denier de la extrusora N° 3 en el mes de octubre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
29	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1050	1180	1090	1000	1130	1030	1040	1010	1070	1080	1150	1150
30	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1060	1240	1070	1000	1100	1200	1050	1010	1040	1060	1100	870
	3	1060	1200	1100	1030	1100	1070	1040	1000	1070	1060	1040	910
31	1	1200	1270	980	1000	1080	1010	1050	1060	940	1000	1080	1060
	2	1160	1220	1000	1000	1000	1150	1060	990	950	960	1060	800
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND

DND: Datos no disponibles



Tabla A.6  
Datos de Denier de la extrusora N° 4 en el mes de octubre 2007

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
2	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
3	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
4	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
5	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
8	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
9	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
10	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
11	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
12	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND



Tabla A.6 (continuación)  
 Datos de Denier de la extrusora N° 4 en el mes de octubre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
15	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
16	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
17	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
18	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1030	1250	1070	1080	1080	1010	980	990	1060	1100	1060	1100
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
19	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
22	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1070	1060	1030	1000	1030	1080	1000	900	1150	1050	990	1000
23	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1100	1040	1110	1230	1150	1060	1020	1070	1150	1130	1050	1100
	3	1100	1130	1170	1150	1110	1000	1040	1070	1170	1080	1050	1120
24	1	1070	1080	1070	1130	1030	1020	1020	970	1130	1040	1020	1070
	2	1130	1160	1000	1070	1020	950	1000	1000	1070	1010	920	1010
	3	1140	1230	1000	1080	1080	1030	980	1000	1120	1040	970	1010
25	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1150	1370	1310	1070	1000	1060	1000	940	1090	1050	1070	1000
	3	1170	1360	1300	1050	1040	1210	960	1000	1140	1070	1120	1110
26	1	1080	1150	1210	910	980	1300	860	940	1050	980	1020	1010
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1060	1360	1060	910	1050	880	890	960	1050	950	950	870



Tabla A.6 (continuación)  
Datos de Denier de la extrusora N° 4 en el mes de octubre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
29	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1180	1060	1150	1160	1000	1200	930	900	1130	1040	1000	950
	3	1230	1100	1180	1200	1000	1040	930	930	1100	1030	970	900
30	1	1100	1010	1120	1170	970	1250	710	930	1100	980	970	880
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1200	1060	1100	1160	1000	1000	830	1000	1100	1000	970	870
31	1	1220	1030	1170	1210	1010	960	820	990	1100	1000	1050	900
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND

DND: Datos no disponibles



Tabla A.7  
 Datos de Denier de la extrusora N° 1 en el mes de noviembre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	1	960	900	910	1030	960	1040	1030	930	990	1020	950	990
	2	1050	950	1000	1070	1050	1070	1080	980	1050	1040	1010	1110
	3	1000	950	1000	1090	1050	1100	1080	960	1070	1050	1070	1140
2	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1000	950	940	1090	1050	1090	1100	1000	1060	1080	1000	1090
5	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	970	900	970	1070	1020	1080	1070	840	1050	1050	1000	1110
	3	1050	950	1020	1090	1060	1060	1060	970	1000	1090	1000	1070
6	1	960	870	960	1060	960	1060	1050	920	1030	1040	930	940
	2	1020	930	1010	1080	1010	1080	1020	1000	1060	1060	970	1050
	3	1000	950	1010	1080	1080	1090	1080	1000	1060	1040	970	970
7	1	940	870	970	1050	940	1060	1050	930	1000	1010	920	930
	2	1000	930	970	1070	1000	1060	1080	950	1060	1040	960	1080
	3	1010	950	970	1070	980	1040	1080	950	1060	1040	960	1080
8	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	950	920	960	1080	990	1040	1080	960	1030	1030	970	1100
	3	1000	950	1000	1100	1010	1030	1050	950	1010	1020	1000	1100
9	1	1000	950	970	1070	1010	1030	1080	960	1020	1030	950	1090
	2	950	910	1000	1090	990	1010	1040	930	870	980	950	1100
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
12	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	950	840	910	1000	900	1000	1050	930	1000	1000	880	1030
13	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1010	950	970	1000	910	960	1100	970	1020	1050	1010	1080
	3	1020	910	960	1060	990	1020	1100	970	1030	1050	930	1040
14	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1010	900	950	1020	940	1030	1040	950	1000	1020	910	1050
15	1	950	890	940	990	910	970	1020	920	980	1000	910	1040



Tabla A.7 (continuación)  
 Datos de Denier de la extrusora N° 1 en el mes de noviembre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
15	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	990	1000	960	1030	960	1000	920	970	1000	1020	970	1010
16	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	970	950	910	1000	1000	950	950	1000	890	1020	950	1000
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
19	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1000	880	980	1060	970	1040	960	950	1000	1040	920	1050
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
20	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	940	880	960	1040	950	1050	970	950	1000	1030	930	1060
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
21	1	930	880	940	990	990	980	920	940	970	990	930	990
	2	1000	920	960	1030	980	1000	970	1000	1000	1030	930	950
	3	950	940	960	1000	1000	1000	980	970	1000	1040	950	1030
22	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	930	880	910	1030	950	1000	880	970	960	1040	890	1030
	3	980	900	950	1000	1000	970	950	950	1000	950	1000	1000
23	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1000	880	1000	1020	1000	980	880	890	960	1020	930	940
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
26	1	920	900	940	1000	990	1040	1020	910	1010	970	1040	1070
	2	1000	940	980	1070	1020	1050	1040	950	1030	1050	970	1130
	3	940	910	920	1000	990	990	1020	920	1010	1010	930	1050
27	1	970	880	940	1050	1020	1040	1000	950	1020	1060	960	1070
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1000	920	1000	1060	1020	1050	1000	1000	1040	1030	1000	1100
28	1	960	830	890	1040	980	1000	1030	920	1020	1000	940	1090
	2	1010	890	930	1080	1000	1020	940	920	1010	1080	1000	1070
	3	1010	900	970	1050	1020	1040	1050	950	1000	1050	1000	1090
29	1	970	900	950	1020	1010	1030	1050	950	1030	1040	980	1090



Tabla A.7 (continuación)  
Datos de Denier de la extrusora N° 1 en el mes de noviembre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
29	2	950	920	920	1000	1010	1020	1070	950	1000	1000	930	1040
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
30	1	940	880	950	1040	950	1040	1020	910	1020	1010	1030	1070
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND

DND: Datos no disponibles



Tabla A.8  
 Datos de Denier de la extrusora N° 3 en el mes de noviembre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	1	1110	1190	980	950	950	830	990	930	970	960	1040	1040
	2	1160	1250	1070	1000	980	1050	1060	1020	1040	950	1090	980
	3	1150	1250	1060	940	1000	1040	1010	990	1050	1000	1080	820
2	1	1140	1240	1050	1010	1100	930	1030	1010	1030	1040	1080	1000
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1090	1250	1060	1000	1240	1130	1060	1020	1060	950	1030	1100
5	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
6	1	1040	1130	1030	950	1070	1010	1010	980	1060	990	1060	900
	2	1070	1160	1120	1000	960	1000	1060	1050	1030	1040	1050	1000
	3	930	1070	930	880	920	990	900	870	950	860	940	720
7	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1060	1160	1060	950	1040	1030	1010	1020	1010	1010	1050	880
	3	1140	1230	990	1000	1000	1120	1050	970	850	1000	1040	1010
8	1	1130	1000	1010	1120	1010	990	1060	1000	870	1000	1050	910
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1090	1260	950	1010	1050	1070	1030	1000	870	1020	1050	900
9	1	1100	1200	990	1000	1040	1070	1020	980	960	970	1040	1060
	2	1070	1210	970	1010	1080	1000	1040	970	1000	950	1030	1050
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
12	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
13	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1000	1180	950	1000	1020	1080	900	980	920	1000	1110	1110
	3	950	1120	920	970	1040	1050	940	870	900	1010	1140	1130
14	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1070	1210	1050	1130	1180	1260	950	880	1020	1010	1210	1120
15	1	930	1150	950	900	1090	960	880	980	930	950	1040	1080



Tabla A.8 (continuación)  
 Datos de Denier de la extrusora N° 3 en el mes de noviembre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
15	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1030	1070	830	950	1070	1200	980	910	1020	930	1070	1130
16	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
19	1	970	1220	950	1040	1140	1070	1000	830	770	1010	1130	1170
	2	1040	1210	930	1030	1130	1100	1000	1000	910	1010	1130	1140
	3	1040	1170	950	1000	1030	1090	1000	950	900	1000	1100	1120
20	1	1080	1110	900	960	1110	1150	940	920	950	1060	1090	1150
	2	1070	1090	950	1000	1000	1050	930	910	1000	1000	1130	1160
	3	1070	1080	950	1000	1000	1010	940	910	1010	1030	1100	1130
21	1	1060	1080	950	970	1010	1030	950	920	970	1040	1030	1020
	2	1040	1080	930	1100	1050	1060	940	920	920	1050	1080	1160
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
22	1	960	1130	960	880	1070	900	910	930	930	950	1060	1210
	2	950	1080	1000	930	1080	1040	900	910	1000	1000	1160	1040
	3	950	1130	1000	950	1000	1000	1000	1000	1020	1020	1000	1000
23	1	1000	990	1000	920	1080	950	1030	1130	1040	1010	850	950
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1000	1070	850	950	1000	980	950	900	890	1000	1090	1120
26	1	930	1140	890	890	1000	990	850	800	940	840	1010	990
	2	1000	1150	920	920	1020	1000	1000	950	960	1000	1060	1100
	3	970	1090	1000	930	1050	1070	970	940	970	960	1050	1080
27	1	960	1160	980	920	1050	1050	950	910	950	970	1040	1080
	2	960	1100	970	950	990	1060	950	860	900	970	1040	1090
	3	1050	1120	970	920	980	980	950	940	960	1000	1030	1080
28	1	990	1160	980	880	1050	1100	880	880	920	950	1100	1080
	2	950	1060	950	850	1000	1060	900	890	950	960	1000	910
	3	1000	1050	970	870	1020	1090	920	880	970	960	1000	860
29	1	950	1050	960	820	1010	1090	910	860	990	970	1070	930



Tabla A.8 (continuación)  
Datos de Denier de la extrusora N° 3 en el mes de noviembre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
29	2	950	1080	1000	920	1000	1000	930	900	1000	1000	960	950
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
30	1	950	1110	960	860	990	1050	890	860	870	910	980	1070
	2	1020	1100	1080	1130	1150	1100	1040	1000	1050	1070	1100	1000
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND

DND: Datos no disponibles



Tabla A.9  
 Datos de Denier de la extrusora N° 4 en el mes de noviembre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1120	1070	1100	1100	1040	900	920	880	1130	1000	940	1060
2	1	1100	1360	1150	1120	970	850	910	910	1060	960	960	860
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1210	1330	1140	1000	1100	1070	980	950	1060	1070	1000	1070
5	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	1100	1240	1080	1120	950	1060	940	810	1010	960	1040	920
	3	1200	1380	1200	1150	980	1070	940	860	1080	1080	1070	950
6	1	1150	1360	1250	1130	940	970	930	800	1080	1050	1080	940
	2	1020	930	1010	1080	1010	1080	1020	1000	1060	1060	970	1050
	3	1190	1150	1280	1230	1100	1000	760	900	1090	1110	1020	950
7	1	1120	1140	1320	1170	1000	1020	730	850	1060	1100	1020	920
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1110	1270	1340	1150	1010	1100	950	910	1080	1100	1000	1010
8	1	1110	1300	1310	1070	890	820	910	880	940	940	910	900
	2	1010	1280	1270	1050	1000	850	880	870	950	920	970	950
	3	1200	1340	1320	1060	920	880	1000	940	960	990	900	950
9	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
12	1	1030	1270	1300	1050	950	860	770	850	1000	1000	970	950
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1020	1150	1100	1070	1000	880	690	850	970	980	940	960
13	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	1030	1100	1030	960	940	860	880	870	970	880	900	920
14	1	1100	1200	1240	910	780	790	920	870	940	990	870	830
	2	1290	1250	1310	1020	800	850	880	890	970	980	910	850
	3	700	1060	1390	1340	950	900	1000	970	1060	1030	1000	990
15	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND



Tabla A.9 (continuación)  
 Datos de Denier de la extrusora N° 4 en el mes de noviembre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
15	2	830	1360	1450	1100	1000	910	1000	1070	1060	1000	1000	1000
	3	770	1130	1350	1060	910	870	1020	1000	1040	1000	950	870
16	1	890	1150	1150	1260	1030	890	1040	1000	1070	1050	990	970
	2	1020	1080	910	970	1120	1090	950	1100	950	830	1080	1140
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
19	1	730	920	1050	970	1050	940	970	960	1010	1050	1010	940
	2	840	960	1090	1060	1020	940	1020	950	1020	920	1000	960
	3	830	700	1000	1070	1000	900	1000	940	1000	1030	950	1000
20	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	800	730	1010	1060	980	910	950	950	1030	1060	970	940
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
21	1	830	1070	1320	1060	1000	880	980	930	1030	1010	960	910
	2	830	1040	1240	1040	1000	930	960	930	1070	1050	960	940
	3	860	1000	1190	1080	1000	950	950	960	1020	1050	1000	1000
22	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	850	1020	1260	1090	1010	940	910	1000	1000	1010	1000	1020
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
23	1	840	870	1070	1100	1070	960	900	930	940	950	970	1100
	2	810	1060	1150	1100	1060	910	890	950	1030	1060	1060	1000
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
26	1	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	2	860	1100	1450	1040	1050	1000	970	1000	1050	1080	1100	1130
	3	880	1190	1390	1150	1070	1060	1000	1030	1080	1160	1100	1060
27	1	830	1140	1400	1090	1020	970	870	940	990	1070	1050	1030
	2	800	1050	1200	1050	1070	1000	970	1000	1030	1070	1000	1000
	3	810	1130	1280	1100	1030	960	950	1010	1040	1040	1000	1020
28	1	780	1100	1240	1060	1030	1000	910	900	1000	1030	1000	1000
	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	830	1050	1240	1050	980	1050	950	1000	1030	1080	1000	1000
29	1	800	860	1310	1090	1130	940	920	990	1000	1020	970	920



Tabla A.9 (continuación)  
Datos de Denier de la extrusora N° 4 en el mes de noviembre

Día	Turno	Zonas											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
29	2	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND
30	1	790	1050	1100	1120	1110	980	890	880	1030	1050	980	950
	2	1150	950	1140	1000	1070	920	920	850	1000	990	950	900
	3	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND	DND

DND: Datos no disponibles



Tabla A.10  
Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 1  
para el cálculo del Denier

N°	Peso del filamento ( $P_f \pm 0,01$ ) g											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	0,88	0,86	0,89	0,96	0,86	0,96	0,82	0,83	0,89	0,91	0,86	0,95
2	0,88	0,83	0,88	0,96	0,85	0,97	0,81	0,83	0,90	0,91	0,85	0,95
3	0,88	0,84	0,89	0,96	0,85	0,96	0,83	0,83	0,90	0,90	0,83	0,96
4	0,90	0,84	0,89	0,85	0,85	0,97	0,82	0,85	0,89	0,90	0,83	0,96
5	0,88	0,84	0,89	0,96	0,85	0,94	0,84	0,83	0,90	0,90	0,84	0,97
6	0,89	0,85	0,88	0,95	0,86	0,96	0,83	0,84	0,90	0,89	0,82	0,94
7	0,88	0,83	0,88	0,94	0,84	0,96	0,80	0,82	0,89	0,89	0,82	0,95
8	0,89	0,82	0,89	0,95	0,83	0,96	0,80	0,82	0,90	0,89	0,82	0,93
9	0,89	0,85	0,91	0,97	0,85	0,99	0,84	0,86	0,91	0,91	0,87	0,98
10	0,87	0,85	0,88	0,96	0,87	0,98	0,86	0,87	0,93	0,90	0,87	0,99
11	0,90	0,85	0,91	0,97	0,87	0,98	0,85	0,87	0,93	0,92	0,87	0,99
12	0,87	0,84	0,90	0,96	0,85	0,97	0,84	0,86	0,91	0,91	0,86	0,98
13	0,97	0,85	0,91	0,96	0,87	0,98	0,85	0,86	0,92	0,92	0,86	0,99
14	0,88	0,84	0,91	0,96	0,85	0,98	0,86	0,88	0,93	0,91	0,86	1,00
15	0,89	0,84	0,91	0,97	0,87	0,98	0,84	0,87	0,90	0,91	0,87	0,99
16	0,90	0,82	0,84	0,93	0,88	0,94	0,83	0,87	0,91	0,89	0,83	0,97
17	0,89	0,83	0,86	0,93	0,91	0,94	0,84	0,87	0,92	0,91	0,85	0,99
18	0,91	0,85	0,88	0,95	0,90	0,94	0,84	0,88	0,93	0,89	0,85	0,98
19	0,91	0,86	0,88	0,95	0,90	0,96	0,86	0,91	0,93	0,94	0,86	1,01
20	0,89	0,83	0,86	0,95	0,91	0,94	0,83	0,89	0,93	0,92	0,86	1,00
21	0,91	0,85	0,86	0,93	0,91	0,95	0,84	0,88	0,92	0,90	0,85	0,99
22	0,91	0,85	0,87	0,95	0,89	0,96	0,85	0,89	0,93	0,91	0,86	1,00
23	0,89	0,86	0,89	0,95	0,89	0,96	0,86	0,89	0,93	0,92	0,86	1,01



Tabla A.10 (continuación)  
Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 1  
para el cálculo del Denier

N°	Peso del filamento ( $P_f \pm 0,01$ ) g											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
24	0,88	0,84	0,89	0,94	0,89	0,96	0,85	0,90	0,92	0,92	0,86	1,00
25	0,89	0,85	0,89	0,93	0,89	0,95	0,85	0,88	0,94	0,92	0,86	0,99



Tabla A.11.  
Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 3  
para el cálculo del Denier

N°	Peso del filamento ( $P_f \pm 0,01$ ) g									
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
1	1,12	1,24	1,14	1,17	1,25	1,13	1,17	1,12	1,09	1,13
2	1,13	1,22	1,14	1,18	1,28	1,12	1,17	1,13	1,09	1,12
3	1,15	1,18	1,15	1,18	1,13	1,13	1,17	1,12	1,09	1,15
4	1,16	1,16	1,14	1,19	1,27	1,12	1,17	1,12	1,11	1,11
5	1,13	1,23	1,16	1,18	1,22	1,12	1,13	1,13	1,09	1,15
6	1,16	1,24	1,17	1,19	1,21	1,13	1,17	1,12	1,09	1,17
7	1,16	1,18	1,17	1,18	1,20	1,11	1,17	1,11	1,09	1,17
8	1,15	1,23	1,13	1,17	1,15	1,15	1,15	1,14	1,07	1,03
9	1,16	1,24	1,13	1,18	1,20	1,16	1,16	1,12	1,06	1,12
10	1,17	1,22	1,13	1,17	1,20	1,16	1,16	1,13	1,06	1,03
11	1,16	1,24	1,12	1,16	1,20	1,15	1,16	1,00	1,14	1,03
12	1,18	1,20	1,15	1,16	1,16	1,16	1,18	1,02	1,12	1,08
13	1,18	1,22	1,14	1,17	1,21	1,16	1,18	1,08	1,09	1,12
14	1,15	1,22	1,14	1,10	1,18	1,14	1,15	1,06	1,11	1,01
15	1,17	1,22	1,13	1,09	1,18	1,12	1,17	1,06	1,08	1,17
16	1,16	1,22	1,15	1,07	1,22	1,18	1,18	1,06	1,07	1,12
17	1,14	1,22	1,13	1,07	1,21	1,16	1,18	1,12	1,09	1,07
18	1,17	1,23	1,16	1,07	1,23	1,19	1,18	1,15	1,10	1,03
19	1,16	1,24	1,15	1,10	1,19	1,17	1,15	1,13	1,06	1,05
20	1,16	1,22	1,13	1,08	1,18	1,17	1,15	1,14	1,06	1,06
21	1,12	1,21	1,12	1,12	1,19	1,16	1,16	1,12	1,08	1,06
22	1,13	1,19	1,12	1,15	1,25	1,12	1,15	1,13	1,11	1,06
23	1,12	1,20	1,13	1,11	1,24	1,13	1,14	1,12	1,10	1,06



Tabla A.11 (continuación)  
Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 3  
para el cálculo del Denier

N°	Peso del filamento $(P_f \pm 0,01) g$									
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
24	1,15	1,22	1,12	1,16	1,27	1,14	1,13	1,12	1,08	1,06
25	1,13	1,22	1,12	1,10	1,20	1,15	1,12	1,15	1,10	1,08



Tabla A.12  
Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 4  
para el cálculo del Denier

N°	Peso del filamento ( $P_f \pm 0,01$ )g									
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
1	1,02	1,22	1,39	1,24	1,12	1,10	1,07	1,22	1,23	1,14
2	1,00	1,24	1,37	1,25	1,13	1,10	1,04	1,23	1,21	1,15
3	1,01	1,25	1,42	1,25	1,14	1,10	1,07	1,23	1,25	1,16
4	0,97	1,23	1,36	1,16	1,08	1,06	1,05	1,16	1,19	1,08
5	1,00	1,22	1,35	1,21	1,11	1,08	1,03	1,16	1,20	1,10
6	0,99	1,22	1,36	1,19	1,11	1,07	1,02	1,16	1,18	1,10
7	0,99	1,21	1,34	1,19	1,09	1,06	1,03	1,19	1,16	1,09
8	0,96	1,17	1,33	1,17	1,22	1,05	1,00	1,13	1,17	1,09
9	1,01	1,19	1,34	1,23	1,10	1,06	1,03	1,17	1,17	1,11
10	1,00	1,18	1,31	1,23	1,08	1,02	1,03	1,19	1,14	1,10
11	1,03	1,14	1,29	1,24	1,11	1,07	1,07	1,15	1,17	1,10
12	1,04	1,15	1,29	1,19	1,11	1,06	1,05	1,17	1,17	1,11
13	1,02	1,07	1,27	1,21	1,07	1,06	1,07	1,19	1,19	1,11
14	1,01	1,16	1,28	1,20	1,09	1,06	1,05	1,17	1,17	1,10
15	1,02	1,16	1,27	1,23	1,08	1,07	1,05	1,20	1,18	1,10
16	1,01	1,17	1,32	1,23	1,11	1,09	1,05	1,19	1,20	1,11
17	1,03	1,15	1,28	1,20	1,14	1,09	1,05	1,20	1,20	1,11
18	1,03	1,16	1,28	1,22	1,14	1,08	1,08	1,17	1,17	1,11
19	1,00	1,13	1,27	1,17	1,08	1,07	1,06	1,19	1,20	1,12
20	0,99	1,13	1,29	1,23	1,12	1,07	1,06	1,16	1,22	1,13
21	0,98	1,17	1,27	1,24	1,08	1,06	1,08	1,17	1,19	1,10
22	0,96	1,14	1,23	1,17	1,10	1,09	1,03	1,14	1,17	1,09
23	1,00	1,14	1,07	1,19	1,08	0,93	1,01	1,27	1,16	1,07



Tabla A.12 (continuación)  
Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 4  
para el cálculo del Denier

N°	Peso del filamento $(P_f \pm 0,01)g$									
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
24	1,08	1,20	1,32	1,32	1,17	1,10	1,08	1,20	1,22	1,15
25	1,06	1,15	1,37	1,27	1,12	1,08	1,05	1,17	1,17	1,13



Tabla A.13

Parámetros de temperatura y velocidad de la extrusora N° 1

TORNILLO						FILTRO		CUELLO	CABEZAL					BATEA	$V_{\text{TORNILLO}}$ (rpm $\pm$ 2)	$V_1$ (m/min $\pm$ 2)	$V_2$ (m/min $\pm$ 2)	$V_3$ (m/min $\pm$ 2)	$P_{\text{FILTRO}}$ (bar $\pm$ 2)	$Re$ (adim $\pm$ 0,05)
T1(°C $\pm$ 5)	T2(°C $\pm$ 5)	T3(°C $\pm$ 5)	T4(°C $\pm$ 5)	T5(°C $\pm$ 5)	T6(°C $\pm$ 5)	T1(°C $\pm$ 5)	T2(°C $\pm$ 5)	T1(°C $\pm$ 5)	T1(°C $\pm$ 5)	T2(°C $\pm$ 5)	T3(°C $\pm$ 5)	T4(°C $\pm$ 5)	T5(°C $\pm$ 5)	T1(°C $\pm$ 5)						
240	245	245	250	255	260	260	265	265	265	265	265	265	265	30	58	45,7	243,3	240,8	151	5,3

Tabla A.14

Parámetros de temperatura y velocidad de la extrusora N° 3

TORNILLO					FILTRO		CABEZAL					BATEA	$V_{\text{TORNILLO}}$ (rpm $\pm$ 50)	$V_1$ (m/min $\pm$ 2)	$V_2$ (m/min $\pm$ 2)	$V_3$ (m/min $\pm$ 2)	$P_{\text{FILTRO}}$ (bar $\pm$ 2)	$Re$ (adim $\pm$ 0,05)
T1(°C $\pm$ 5)	T2(°C $\pm$ 5)	T3(°C $\pm$ 5)	T4(°C $\pm$ 5)	T5(°C $\pm$ 5)	T1(°C $\pm$ 5)	T2(°C $\pm$ 5)	T1(°C $\pm$ 5)	T2(°C $\pm$ 5)	T3(°C $\pm$ 5)	T4(°C $\pm$ 5)	T5(°C $\pm$ 5)	T1(°C $\pm$ 5)						
236	240	255	250	255	265	265	260	263	261	262	267	28	65,6	44,8	253	235	105,0	5,65



Tabla A.15

Parámetros de temperatura y velocidad de la extrusora N° 4

TORNILLO				FILTRO	CABEZAL					BATEA	$V_{\text{MOTOR}}$ (rpm $\pm$ 50)	$V_1$ (m/min $\pm$ 2)	$V_2$ (m/min $\pm$ 2)	$V_3$ (m/min $\pm$ 2)	$P_{\text{FILTRO}}$ (bar $\pm$ 2)	Re(adim $\pm$ 0,05)
T1(°C $\pm$ 5)	T2(°C $\pm$ 5)	T3(°C $\pm$ 5)	T4(°C $\pm$ 5)	T1(°C $\pm$ 5)	T1(°C $\pm$ 5)	T2(°C $\pm$ 5)	T3(°C $\pm$ 5)	T4(°C $\pm$ 5)	T5(°C $\pm$ 5)	T1(°C $\pm$ 5)						
235	245	255	265	265	265	260	260	260	265	30	1550	27,6	155	155	110	5,65



Tabla A.16

Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 1 para el cálculo del Denier después de las medidas correctivas para la mejora de la estabilidad

N°	Peso del filamento ( $P_f \pm 0,01$ ) g											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	0,81	0,80	0,87	0,91	0,82	0,92	0,83	0,82	0,87	0,85	0,80	0,85
2	0,81	0,81	0,85	0,90	0,82	0,92	0,85	0,83	0,88	0,87	0,84	0,91
3	0,80	0,83	0,86	0,92	0,81	0,90	0,83	0,84	0,87	0,85	0,85	0,89
4	0,82	0,83	0,88	0,92	0,83	0,92	0,85	0,82	0,87	0,85	0,83	0,90
5	0,82	0,82	0,87	0,91	0,82	0,90	0,82	0,82	0,87	0,87	0,82	0,89
6	0,78	0,83	0,86	0,91	0,83	0,89	0,85	0,83	0,88	0,88	0,82	0,84
7	0,81	0,81	0,86	0,90	0,82	0,90	0,83	0,83	0,86	0,85	0,84	0,85
8	0,81	0,81	0,86	0,92	0,82	0,90	0,83	0,84	0,88	0,85	0,85	0,86
9	0,81	0,83	0,86	0,91	0,80	0,90	0,82	0,82	0,88	0,84	0,84	0,86
10	0,80	0,80	0,87	0,91	0,82	0,92	0,85	0,81	0,88	0,85	0,85	0,87
11	0,81	0,82	0,86	0,90	0,80	0,91	0,84	0,83	0,89	0,84	0,83	0,88
12	0,78	0,82	0,87	0,90	0,80	0,91	0,84	0,83	0,88	0,86	0,84	0,89
13	0,81	0,81	0,87	0,91	0,84	0,92	0,85	0,83	0,88	0,85	0,85	0,87
14	0,80	0,80	0,88	0,92	0,80	0,90	0,84	0,82	0,89	0,85	0,82	0,88
15	0,80	0,80	0,88	0,90	0,81	0,90	0,83	0,81	0,89	0,87	0,83	0,89
16	0,81	0,83	0,89	0,90	0,80	0,92	0,83	0,82	0,88	0,84	0,83	0,88
17	0,79	0,82	0,87	0,91	0,80	0,92	0,84	0,83	0,88	0,85	0,84	0,87
18	0,78	0,82	0,88	0,90	0,79	0,87	0,85	0,83	0,87	0,86	0,84	0,86
19	0,79	0,79	0,88	0,88	0,79	0,88	0,83	0,84	0,86	0,84	0,84	0,85
20	0,79	0,81	0,89	0,92	0,83	0,89	0,84	0,84	0,88	0,86	0,85	0,87
21	0,81	0,82	0,89	0,89	0,84	0,88	0,85	0,84	0,86	0,85	0,84	0,86
22	0,79	0,83	0,89	0,88	0,82	0,87	0,85	0,83	0,87	0,84	0,84	0,87
23	0,80	0,78	0,89	0,89	0,80	0,88	0,85	0,84	0,87	0,86	0,85	0,87



Tabla A.16 (continuación)

Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 1 para el cálculo del Denier después de las medidas correctivas para la mejora de la estabilidad

N°	Peso del filamento $(P_f \pm 0,01) g$											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
24	0,79	0,80	0,89	0,89	0,80	0,87	0,85	0,82	0,87	0,85	0,84	0,86
25	0,82	0,83	0,90	0,89	0,84	0,86	0,84	0,85	0,86	0,85	0,85	0,86



Tabla A.17

Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 1 para el cálculo del Denier a 64 rpm del tornillo extrusor

N°	Peso del filamento ( $P_f \pm 0,01$ ) g											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	0,91	0,90	0,85	0,99	0,88	0,99	0,85	0,91	0,91	0,98	0,89	0,89
2	0,90	0,90	0,86	0,98	0,90	0,99	0,87	0,91	0,96	0,95	0,90	0,91
3	0,90	0,90	0,86	0,99	0,88	0,99	0,86	0,91	0,93	0,96	0,85	0,91
4	0,92	0,89	0,84	0,94	0,89	0,97	0,89	0,93	0,96	0,96	0,91	0,91
5	0,93	0,88	0,89	0,98	0,88	0,99	0,85	0,93	0,95	0,97	0,91	0,91
6	0,92	0,91	0,84	0,97	0,89	0,93	0,85	0,93	0,94	0,94	0,91	0,92
7	0,92	0,90	0,84	0,99	0,90	0,98	0,85	0,94	0,95	0,97	0,92	0,90
8	0,90	0,88	0,84	0,97	0,91	0,96	0,88	0,92	0,94	0,94	0,93	0,89
9	0,90	0,87	0,86	0,98	0,92	0,96	0,86	0,94	0,96	0,94	0,87	0,89
10	0,92	0,88	0,86	0,97	0,93	0,96	0,87	0,93	0,98	0,95	0,89	0,91
11	0,89	0,87	0,85	0,98	0,92	0,94	0,88	0,93	0,95	0,93	0,86	0,90
12	0,91	0,87	0,86	0,97	0,93	0,95	0,87	0,94	0,98	0,95	0,87	0,89
13	0,91	0,85	0,85	0,96	0,93	0,90	0,87	0,91	0,94	0,96	0,87	0,93
14	0,90	0,86	0,85	0,99	0,93	0,91	0,86	0,90	0,96	0,98	0,86	0,92
15	0,90	0,89	0,84	0,98	0,94	0,92	0,88	0,91	0,94	0,98	0,87	0,92
16	0,88	0,86	0,85	0,97	0,94	0,92	0,86	0,91	0,95	0,97	0,89	0,93
17	0,90	0,88	0,85	0,99	0,93	0,93	0,89	0,90	0,95	0,98	0,87	0,92
18	0,92	0,97	0,88	0,95	0,91	0,88	0,84	0,90	0,94	0,96	0,87	0,92
19	0,92	0,94	0,88	0,96	0,91	0,86	0,87	0,89	0,95	0,84	0,98	0,92
20	0,89	0,87	0,87	0,99	0,90	0,94	0,88	0,91	0,97	0,97	0,87	0,92
21	0,90	0,89	0,84	0,99	0,88	0,89	0,90	0,92	0,98	1,00	0,87	0,88
22	0,88	0,90	0,85	0,97	0,89	0,93	0,89	0,90	0,95	1,00	0,86	0,93
23	0,91	0,85	0,86	0,95	0,93	0,94	0,88	0,92	0,95	0,98	0,95	0,92



Tabla A.17 (continuación)

Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 1 para el cálculo del Denier a 64 rpm del tornillo extrusor

N°	Peso del filamento $(P_f \pm 0,01) g$											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
24	0,87	0,89	0,83	0,96	0,94	0,91	0,84	0,90	0,99	0,97	0,88	0,91
25	0,90	0,91	0,82	0,95	0,91	0,92	0,89	0,93	0,97	0,98	0,89	0,90



Tabla A.18

Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 3 para el cálculo del Denier a 62 rpm del tornillo extrusor

N°	Peso del filamento ( $P_f \pm 0,01$ ) g											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	1,12	1,09	1,14	1,17	1,13	1,13	1,17	1,12	1,09	1,13	1,12	1,09
2	1,14	1,11	1,13	1,07	1,21	1,12	1,10	1,12	1,09	1,07	1,14	1,11
3	1,15	1,18	1,12	1,11	1,13	1,13	1,17	1,12	1,09	1,15	1,15	1,18
4	1,12	1,16	1,14	1,09	1,08	1,13	1,17	1,12	1,11	1,11	1,12	1,16
5	1,13	1,09	1,16	1,18	1,14	1,14	1,14	1,13	1,09	1,15	1,13	1,09
6	1,08	1,09	1,14	1,17	1,06	1,12	1,11	1,20	1,19	1,12	1,08	1,09
7	1,16	1,11	1,17	1,11	1,14	1,11	1,10	1,11	1,09	1,10	1,16	1,11
8	1,12	1,11	1,13	1,17	1,12	1,15	1,12	1,14	1,07	1,05	1,12	1,11
9	1,12	1,11	1,13	1,18	1,14	1,16	1,10	1,13	1,11	1,12	1,12	1,11
10	1,17	1,09	1,13	1,12	1,20	1,16	1,12	1,13	1,06	1,08	1,17	1,09
11	1,16	1,11	1,12	1,16	1,14	1,15	1,11	1,08	1,14	1,05	1,16	1,11
12	1,18	1,11	1,15	1,16	1,16	1,13	1,10	1,08	1,13	1,08	1,18	1,11
13	1,12	1,10	1,17	1,19	1,21	1,13	1,11	1,12	1,09	1,10	1,12	1,10
14	1,15	1,09	1,14	1,10	1,18	1,14	1,12	1,06	1,11	1,08	1,15	1,09
15	1,11	1,09	1,13	1,09	1,18	1,12	1,10	1,21	1,18	1,10	1,11	1,09
16	1,11	1,09	1,15	1,07	1,20	1,18	1,10	1,06	1,07	1,13	1,11	1,09
17	1,13	1,10	1,14	1,18	1,14	1,12	1,17	1,13	1,09	1,12	1,13	1,10
18	1,17	1,10	1,16	1,07	1,13	1,19	1,10	1,15	1,10	1,06	1,17	1,10
19	1,16	1,10	1,15	1,10	1,19	1,17	1,15	1,13	1,06	1,05	1,16	1,10
20	1,16	1,09	1,13	1,08	1,18	1,13	1,13	1,14	1,11	1,11	1,16	1,09
21	1,12	1,11	1,12	1,12	1,19	1,10	1,16	1,12	1,08	1,06	1,12	1,11
22	1,13	1,19	1,12	1,12	1,13	1,12	1,15	1,13	1,11	1,11	1,13	1,19
23	1,12	1,09	1,13	1,11	1,20	1,13	1,14	1,12	1,10	1,11	1,12	1,09



Tabla A.18 (continuación)

Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 3 para el cálculo del Denier a 62 rpm del tornillo extrusor

N°	Peso del filamento $(P_f \pm 0,01) g$											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
24	1,15	1,11	1,12	1,16	1,13	1,14	1,13	1,12	1,08	1,06	1,15	1,11
25	1,13	1,10	1,12	1,10	1,20	1,15	1,12	1,15	1,10	1,08	1,13	1,10



Tabla A.19

Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 4 a 1550 rpm del motor y luego de la aplicación de las medidas correctivas para la mejora de estabilidad y capacidad

N°	Peso del filamento ( $P_f \pm 0,01$ )g											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	1,12	1,11	1,13	1,12	1,11	1,12	1,10	1,12	1,09	1,13	1,12	1,11
2	1,11	1,12	1,12	1,12	1,11	1,12	1,11	1,11	1,10	1,11	1,11	1,12
3	1,12	1,11	1,12	1,12	1,10	1,12	1,12	1,13	1,11	1,12	1,12	1,11
4	1,10	1,13	1,12	1,11	1,12	1,12	1,10	1,10	1,12	1,12	1,10	1,13
5	1,12	1,12	1,13	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,10	1,12	1,12	1,12
6	1,12	1,12	1,12	1,11	1,11	1,12	1,12	1,10	1,12	1,11	1,12	1,12
7	1,12	1,10	1,13	1,11	1,12	1,11	1,10	1,11	1,12	1,12	1,12	1,10
8	1,13	1,12	1,12	1,11	1,12	1,11	1,12	1,13	1,12	1,09	1,13	1,12
9	1,11	1,11	1,12	1,11	1,12	1,11	1,11	1,10	1,13	1,10	1,11	1,11
10	1,11	1,13	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,11	1,12	1,12	1,11	1,13
11	1,12	1,13	1,10	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,11	1,12	1,13
12	1,11	1,12	1,09	1,11	1,11	1,12	1,11	1,12	1,13	1,11	1,11	1,12
13	1,11	1,13	1,12	1,11	1,10	1,12	1,12	1,11	1,11	1,11	1,11	1,13
14	1,11	1,12	1,12	1,10	1,12	1,12	1,11	1,12	1,13	1,10	1,11	1,12
15	1,09	1,12	1,11	1,11	1,11	1,11	1,12	1,12	1,11	1,11	1,09	1,12
16	1,12	1,13	1,11	1,11	1,12	1,11	1,12	1,12	1,10	1,12	1,12	1,13
17	1,12	1,10	1,13	1,11	1,12	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,12	1,10
18	1,13	1,12	1,12	1,11	1,12	1,09	1,12	1,12	1,12	1,11	1,13	1,12
19	1,10	1,13	1,11	1,12	1,11	1,10	1,12	1,12	1,11	1,13	1,10	1,13
20	1,11	1,12	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,09	1,13	1,10	1,11	1,12
21	1,10	1,12	1,11	1,11	1,12	1,13	1,12	1,12	1,12	1,11	1,10	1,12
22	1,12	1,12	1,09	1,12	1,12	1,10	1,12	1,12	1,13	1,11	1,12	1,12
23	1,11	1,11	1,12	1,11	1,12	1,12	1,12	1,13	1,12	1,12	1,11	1,11



Tabla A.19 (continuación)

Datos del peso del filamento en las zonas de la extrusora N° 4 a 1550 rpm del motor y luego de la aplicación de las medidas correctivas para la mejora de estabilidad y capacidad

N°	Peso del filamento $(P_f \pm 0,01)g$											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
24	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,12	1,11	1,12	1,11	1,11	1,11	1,11
25	1,12	1,11	1,12	1,11	1,10	1,11	1,11	1,10	1,12	1,11	1,12	1,11

# APÉNDICE B

**CÁLCULOS TÍPICOS**



- **DETERMINACIÓN DE LA TASAS DE DESPERDICIOS**

- **Cálculo de la cantidad de material de rafia para una zona bajo especificación:**

Utilizando los datos del primer turno, del día 4, del mes de septiembre 2007 de la extrusora 1, además sabiendo que 1 turno consta de 8 horas.

Sustituyendo en la ecuación 3.1 los valores de la zona A2 se tiene:

$$Mr_{A2} = \frac{920(g)}{9000(m)} * \frac{136(adim)}{12(adim)} * 245 \left( \frac{m}{min} \right) * \frac{480(min)}{1(turno)} * \frac{1(kg)}{1000(g)}$$
$$Mr_{A2} = 136,242 \left( \frac{kg}{turno} \right)$$

- **Cálculo de la cantidad de material de rafia para una zona por encima de especificación:**

Sustituyendo en la ecuación 3.2 los valores de la zona A4 se tiene:

$$Mr_{A4} = \frac{(1160-1000)g}{9000m} * \frac{136(adim)}{12(adim)} * 245 \left( \frac{m}{min} \right) * \frac{480(min)}{1(turno)} * \frac{1(kg)}{1000(g)}$$
$$Mr_{A4} = 23,69422222 \left( \frac{kg}{turno} \right)$$

- **Cálculo de la cantidad total de material de rafia por debajo de especificación para el primer turno:**

Sustituyendo en la ecuación 3.3 los valores de las zonas bajo especificación (A2 y A3) se tiene:

$$Mr_{TB} = (136,242+133,280) \frac{kg}{turno}$$
$$Mr_{TB} = 269,522 \left( \frac{kg}{turno} \right)$$

- **Cálculo de las pérdidas monetarias por rafia por debajo de especificación para el primer turno:**



Sustituyendo en la ecuación 3.6 anterior se tiene:

$$PM_B = 269,522 \left( \frac{kg}{turno} \right) * \frac{3,9(BsF)}{1(kg)} * 0,35(adim)$$

$$PM_B = 367,897 \left( \frac{BsF}{turno} \right)$$

• **Cálculo de las pérdidas monetarias por rafia por encima de especificación para el primer turno:**

Sustituyendo en la ecuación 3.7 los valores correspondientes a las zonas por encima de especificación (A4, A5, A6, B4, B5 y B6) se tiene:

$$PM_A = 108,105 \left( \frac{kg}{turno} \right) * \frac{3,9(BsF)}{1(kg)}$$

$$PM_A = 421,609 \left( \frac{BsF}{turno} \right)$$

• **Cálculo de las pérdidas de material por rafia fuera de especificación para el primer turno:**

Sustituyendo en la ecuación 3.8 los valores correspondientes a los datos del primer turno, del mes de septiembre 2007 de la extrusora 1 en la siguiente ecuación:

$$Pm = \frac{5161,638 \left( \frac{kg}{turno} \right) + 469,442 \left( \frac{kg}{turno} \right)}{32175,273 \left( \frac{kg}{turno} \right)} * 100$$

$$Pm = 17,501(\%)$$

• **CÁLCULO DEL DENIER A PARTIR DE LOS DATOS RECOLECTADOS EN EL LABORATORIO**

Sustituyendo en la ecuación 3.9 los datos de la zona A2 se tiene:

$$Den_{A2} = \frac{0,92(g)}{9(m)} * 9000$$



$$Den_{A2} = 920 \left( \frac{g}{9000m} \right)$$

- **DETERMINAR EL PORCENTAJE DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS A TRAVÉS DE LAS TABLAS DE NORMALIDAD EN EL PROCESO.**

Utilizando los valores de la primera recolección de datos de la extrusora N° 1.

- **Cálculo de la Desviación Típica poblacional:**

De la figura 4.18 se conoce el promedio de la media de todos los subgrupos  $\bar{\bar{X}}$  y de la desviación típica muestral promedio  $\bar{S}$ .

Se calcula la desviación típica poblacional mediante la ecuación 3.10:

$$\hat{\sigma} = \frac{35,77 \left( \frac{g}{9000m} \right)}{0,9776(adim)}$$

$$\hat{\sigma} = 36,590 \left( \frac{g}{9000m} \right)$$

- **Cálculo de la Abscisa Tipificada “Z”:**

Sustituyendo los valores de los límites superior e inferior de especificación así como también la desviación típica poblacional, en la ecuación 3.11, se tiene:

$$z = \frac{880 \left( \frac{g}{9000m} \right) - 850,9 \left( \frac{g}{9000m} \right)}{36,590 \left( \frac{g}{9000m} \right)}$$

$$z = 0,7953078(adim)$$

Leyendo el valor correspondiente de z en las tablas de normalidad (ver Tabla D.3), se obtiene:

$$\phi(z) = 0,78665(adim)$$



- **Cálculo del porcentaje de productos defectuosos a partir del valor reportado por las tablas de normalidad:**

Sustituyendo el valor reportado por la tabla de normalidad en la ecuación 3.12, se tiene:

$$Pd = 0,78665(adim)*100$$

$$Pd = 78,665(\%)$$

- **DETERMINAR EL PORCENTAJE REAL DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS**

Utilizando los valores de los datos de la extrusora N° 1 luego de la aplicación de las medidas correctivas para el mejoramiento de la estabilidad del proceso

- **Cálculo de cantidad promedio de material de rafia con Denier por encima de especificación:**

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.13, y sabiendo que cada muestra es representativa de 1 hora de producción, se tiene:

$$MM_{RDA} = \frac{1,451+0,907+1,088+0,181+0,907+0,181+1,088+0,181+0,363+0,544+0,363}{25} +$$

$$+ \frac{0,544+0,907+0,725+0,181+0,907+0,181+0,363+3,989+1,995+0,907+0,363+0,725}{25} +$$

$$+ \frac{0,544}{25} * 24 \frac{h}{dia} * 20 \frac{dia}{mes}$$

$$MM_{RDA} = 391,68 \left( \frac{kg}{mes} \right)$$

- **Calculo de porcentaje real de productos defectuosos:**

Sustituyendo los valores correspondientes a la cantidad de material mensual de rafia producida por debajo y por encima de especificación, así como también la total, en la ecuación 3.16, se tiene:

$$PM_{RD} = \frac{17895,42 + 391,68 \left( \frac{kg}{mes} \right)}{95458,51} * 100$$

$$PM_{RD} = 19,14(\%)$$



- **DETERMINACIÓN DE COSTO**

- **Costo de los tornillos necesarios para la implementación de la mejora**

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.17 se tiene:

$$CF = C_{\text{tornillos}} = \sum_{i=1}^{108} C_{Ti}$$

$$C_{\text{tornillos}} = 6803,4BsF$$

- **Costo de contratación de personal**

Sustituyendo los valores para el caso de los operadores, en la ecuación 3.19, se tiene:

$$CMO_{\text{Operador}} = 800 \left( \frac{BsF}{mes} \right) * (1 + 0,45) * 2 * \frac{12meses}{1año}$$

$$CMO_{\text{Operador}} = 27840,00 \left( \frac{BsF}{año} \right)$$

Total de costo de mano de obra del personal necesario para la implementación de la solución:

Sustituyendo los valores correspondientes de todo el personal involucrado en la ecuación 3.18, se tiene:

$$Copt = (27840,00 + 34800,00) BsF$$

$$Copt = 62640,00 BsF$$

- **Determinación del Valor Actual (VA)**

**Cálculo del flujo monetario neto del año “0”:**

Sustituyendo los valores del año “0” en la ecuación 3.20, se tiene:

$$Ft_0 = (6803,40 + 1836,10) BsF$$

$$Ft_0 = 8639,500BsF$$

**Cálculo de los Ingresos Brutos (beneficios económicos luego de las medias correctivas)**



Sustituyendo los valores correspondientes de la tabla 4.9 en la ecuación 3.22, se tiene:

$$Benef_{Ext_1} = 26004,86(BsF) - 9704,66(BsF)$$

$$Benef_{Ext_1} = 16300,20(BsF)$$

**Cálculo de los flujos monetarios netos del año “1” al “9”:**

Sustituyendo los valores correspondientes al año “1” en la ecuación 3.21, se tiene:

$$Ft_1 = (395750,84 - 62640,00) BsF$$

$$Ft_1 = 333110,84 BsF$$

**Cálculo del flujo monetario neto del año “10”:**

Sustituyendo los valores del año “10” en la ecuación 3.23, se tiene:

$$Ft_{10} = 395750,84 \frac{BsF}{año} - 62640,00 \frac{BsF}{año} + 1290,20 \frac{BsF}{año}$$

$$Ft_{10} = 334401,04 \frac{BsF}{año}$$

Sustituyendo los valores correspondientes a los flujos monetarios netos de los 10 años de proyección en la ecuación 3.24, se tiene:

$$VA = -8639,500 + \frac{333110,844}{(1+0,13)^1} + \frac{333110,844}{(1+0,13)^2} + \frac{333110,844}{(1+0,13)^3} + \frac{333110,844}{(1+0,13)^4} + \frac{333110,844}{(1+0,13)^5} + \frac{333110,844}{(1+0,13)^6} + \frac{333110,844}{(1+0,13)^7} + \frac{333110,844}{(1+0,13)^8} + \frac{333110,844}{(1+0,13)^9} + \frac{334401,044}{(1+0,13)^{10}}$$

$$VA = 1799281,122(BsF)$$

• **Determinación del Equivalente Anual (EA)**

Sustituyendo los valores del Valor Actual y del Factor de recuperación de capital en la ecuación 3.25, se tiene:

$$EA = 1799281,122(BsF) * 0,18429(adim)$$

$$EA = 1331589,518(BsF)$$

• **Cálculo del tiempo de recuperación de la inversión.**



Sustituyendo los valores correspondientes en la ecuación 3.268, se tiene:

$$-8639,500(BsF) + \sum_{t=1}^{r^*} 333110,844(BsF) = 0$$

$$r^* = 0,025935811 \text{ años}$$

# **APÉNDICE C**

**TABLAS DE RESULTADOS**



TABLA C.1  
Pérdidas monetarias en el mes de septiembre 2007

Turno	Pérdidas Monetarias (PM±0,001) BsF			
	Extrusora 1	Extrusora 3	Extrusora 4	Total
1	8876,459	7626,793	4338,725	20841,976
2	9607,344	8356,956	4290,057	22254,357
3	9271,501	7158,980	4194,378	20624,858
Total	27755,305	23142,728	12823,159	63721,192

TABLA C.2  
Pérdidas de material en el mes de septiembre 2007

Turno	Pérdidas de Material (Pm±0,001) %			
	Extrusora 1	Extrusora 3	Extrusora 4	Total
1	17,501	11,590	21,646	15,067
2	19,098	12,702	16,036	15,634
3	17,651	11,213	19,816	14,756
Total	18,084	11,835	18,995	15,155

TABLA C.3  
Pérdidas monetarias en el mes de octubre 2007

Turno	Pérdidas Monetarias (PM±0,001) BsF			
	Extrusora 1	Extrusora 3	Extrusora 4	Total
1	7959,748	8797,335	2378,969	19136,053
2	8210,403	7277,377	2329,542	17817,322
3	7044,481	6642,364	2321,562	16008,407
Total	23214,633	22717,076	7030,073	52961,782



TABLA C.4  
Pérdidas de material en el mes de octubre 2007

Turno	Pérdidas de Material (Pm±0,001) %			
	Extrusora 1	Extrusora 3	Extrusora 4	Total
1	14,483	15,901	14,551	15,137
2	15,225	12,737	13,048	13,849
3	12,093	10,065	12,447	11,191
Total	13,933	12,839	13,301	13,360

TABLA C.5  
Pérdidas monetarias en el mes de noviembre 2007

Turno	Pérdidas Monetarias (PM±0,001) BsF			
	Extrusora 1	Extrusora 3	Extrusora 4	Total
1	12522,656	11560,752	9967,083	34050,491
2	9993,146	9733,250	8198,169	27924,564
3	8445,032	10860,765	7689,556	26995,352
Total	30960,833	32154,766	25854,808	88970,407

TABLA C.6  
Pérdidas de material en el mes de noviembre 2007

Turno	Pérdidas de Material (Pm±0,001) %			
	Extrusora 1	Extrusora 3	Extrusora 4	Total
1	23,144	21,305	32,082	24,334
2	17,983	17,915	26,060	19,675
3	14,989	20,926	22,967	18,813
Total	18,694	20,063	27,021	20,955



Tabla C.7  
Flujos Monetarios Netos para la implementación de la Solución

Año	Flujo de Caja (BsF)
0	8130,15
1	333110,84
2	333110,84
3	333110,84
4	333110,84
5	333110,84
6	333110,84
7	333110,84
8	333110,84
9	333110,84
10	335079,80

# **APÉNDICE D**

**TABLAS BIBLIOGRÁFICA**



Tabla D.1

Valores de relación de capacidad de proceso (RCP) y rechazo correspondiente para un proceso distribuido normalmente (en ppm de defectos).

**Tabla 8-3.** Valores de relación de capacidad de proceso (RCP) y rechazo de proceso correspondiente para un proceso distribuido normalmente (en ppm de defectuosos)

PCR	Rechazo del proceso (en ppm de defectuosos)	
	Especificaciones unilaterales	Especificaciones bilaterales
0.50	66,800	133,600
0.75	12,200	24,400
1.00	1,350	2,700
1.10	483	966
1.20	159	318
1.30	48	96
1.40	13	26
1.50	3.40	6.80
1.60	0.80	1.60
1.70	0.17	0.34
1.80	0.03	0.06
2.00	0.0009	0.0018

Fuente: Montgomery, D. (1991)

Tabla D.2

Constantes para las Gráficas de Control.

**6-Constantes para las Gráficas de Control**

Número de observaciones n	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>6</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	c <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
2	1.880	2.659		0.000	3.267	0.7979	1.128	0.853	0.954	0.000	3.267
3	1.023	1.954	1.187	0.000	2.568	0.8962	1.693	0.888	1.588	0.000	2.574
4	0.729	1.628		0.000	2.266	0.9213	2.059	0.880	1.978	0.000	2.282
5	0.577	1.427	0.691	0.000	2.089	0.9400	2.326	0.864	2.257	0.000	2.114
6	0.483	1.287		0.000	1.970	0.9515	2.534	0.848	2.472	0.000	2.004
7	0.419	1.182	0.509	0.118	1.882	0.9594	2.704	0.833	2.645	0.076	1.924
8	0.373	1.099		0.185	1.815	0.9650	2.847	0.820	2.791	0.136	1.864
9	0.337	1.032	0.412	0.239	1.761	0.9693	2.970	0.808	2.915	0.184	1.816
10	0.308	0.975		0.284	1.716	0.9727	3.078	0.797	3.024	0.223	1.777
11	0.285	0.927	0.350	0.321	1.679	0.9754	3.173	0.787	3.121	0.256	1.744
12	0.266	0.886		0.354	1.646	0.9776	3.258	0.778	3.207	0.283	1.717
13	0.249	0.850		0.382	1.618	0.9794	3.336	0.770	3.285	0.307	1.693
14	0.235	0.817		0.406	1.594	0.9810	3.407	0.762	3.356	0.328	1.672
15	0.223	0.789		0.428	1.572	0.9823	3.472	0.755	3.422	0.347	1.653
16	0.212	0.763		0.448	1.552	0.9835	3.532	0.749	3.482	0.363	1.637
17	0.203	0.739		0.466	1.534	0.9845	3.588	0.743	3.538	0.378	1.622
18	0.194	0.718		0.482	1.518	0.9854	3.640	0.738	3.591	0.391	1.608
19	0.187	0.698		0.497	1.503	0.9862	3.689	0.733	3.640	0.403	1.597
20	0.180	0.680		0.510	1.490	0.9869	3.735	0.729	3.686	0.415	1.585
21	0.173	0.663		0.523	1.477	0.9876	3.778	0.724	3.730	0.425	1.575
22	0.167	0.647		0.534	1.466	0.9882	3.819	0.720	3.771	0.434	1.566
23	0.162	0.633		0.545	1.455	0.9887	3.858	0.716	3.811	0.443	1.557
24	0.157	0.619		0.555	1.445	0.9892	3.895	0.712	3.847	0.451	1.548
25	0.153	0.606		0.565	1.435	0.9896	3.931	0.709	3.883	0.459	1.541

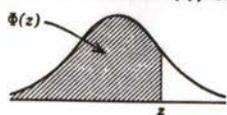
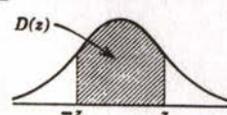
Fuente: Arvelo, A. (1998).



Tabla D.3  
Tablas de normalidad

### 3 Normal Distribution

Table 3a. Distribution Function (3), Sec. 8.2

$D(z) = \Phi(z) - \Phi(-z)$        $\Phi(0) = 0.5$   
 $\Phi(-z) = 1 - \Phi(z)$

More extended tables: National Bureau of Standards (1953), Hald (1962). Index for further tables: Greenwood and Hartley (1961) (cf. Appendix 3).

$z$	$\Phi(-z)$	$\Phi(z)$	$D(z)$	$z$	$\Phi(-z)$	$\Phi(z)$	$D(z)$	$z$	$\Phi(-z)$	$\Phi(z)$	$D(z)$
0.01	0.4960	0.5040	0.0080	0.51	0.3050	0.6950	0.3899	1.01	0.1562	0.8438	0.6875
0.02	0.4920	0.5080	0.160	0.52	0.3015	0.6985	0.3969	1.02	0.1539	0.8461	0.6923
0.03	0.4880	0.5120	0.239	0.53	0.2981	0.7019	0.4039	1.03	0.1515	0.8485	0.6970
0.04	0.4840	0.5160	0.319	0.54	0.2946	0.7054	0.4108	1.04	0.1492	0.8508	0.7017
0.05	0.4801	0.5195	0.399	0.55	0.2912	0.7088	0.4177	1.05	0.1469	0.8531	0.7063
0.06	0.4761	0.5239	0.478	0.56	0.2877	0.7123	0.4245	1.06	0.1446	0.8554	0.7109
0.07	0.4721	0.5279	0.558	0.57	0.2843	0.7157	0.4313	1.07	0.1423	0.8577	0.7154
0.08	0.4681	0.5319	0.638	0.58	0.2810	0.7190	0.4381	1.08	0.1401	0.8599	0.7199
0.09	0.4641	0.5359	0.717	0.59	0.2776	0.7224	0.4448	1.09	0.1379	0.8621	0.7243
0.10	0.4602	0.5398	0.797	0.60	0.2743	0.7257	0.4515	1.10	0.1357	0.8643	0.7287
0.11	0.4562	0.5438	0.876	0.61	0.2709	0.7291	0.4581	1.11	0.1335	0.8665	0.7330
0.12	0.4522	0.5478	0.955	0.62	0.2676	0.7324	0.4647	1.12	0.1314	0.8686	0.7373
0.13	0.4483	0.5517	1.034	0.63	0.2643	0.7357	0.4713	1.13	0.1292	0.8708	0.7415
0.14	0.4443	0.5557	1.113	0.64	0.2611	0.7389	0.4778	1.14	0.1271	0.8729	0.7457
0.15	0.4404	0.5596	1.192	0.65	0.2578	0.7422	0.4843	1.15	0.1251	0.8749	0.7499
0.16	0.4364	0.5636	1.271	0.66	0.2546	0.7454	0.4907	1.16	0.1230	0.8770	0.7540
0.17	0.4325	0.5675	1.350	0.67	0.2514	0.7486	0.4971	1.17	0.1210	0.8790	0.7580
0.18	0.4286	0.5714	1.428	0.68	0.2483	0.7517	0.5035	1.18	0.1190	0.8810	0.7620
0.19	0.4247	0.5753	1.507	0.69	0.2451	0.7549	0.5098	1.19	0.1170	0.8830	0.7660
0.20	0.4207	0.5793	1.585	0.70	0.2420	0.7580	0.5161	1.20	0.1151	0.8849	0.7699
0.21	0.4168	0.5832	1.663	0.71	0.2389	0.7611	0.5223	1.21	0.1131	0.8869	0.7737
0.22	0.4129	0.5871	1.741	0.72	0.2358	0.7642	0.5285	1.22	0.1112	0.8888	0.7775
0.23	0.4090	0.5910	1.819	0.73	0.2327	0.7673	0.5346	1.23	0.1093	0.8907	0.7813
0.24	0.4052	0.5948	1.897	0.74	0.2296	0.7704	0.5407	1.24	0.1075	0.8925	0.7850
0.25	0.4013	0.5987	1.974	0.75	0.2266	0.7734	0.5467	1.25	0.1056	0.8944	0.7887
0.26	0.3974	0.6026	2.051	0.76	0.2236	0.7764	0.5527	1.26	0.1038	0.8962	0.7923
0.27	0.3936	0.6064	2.128	0.77	0.2206	0.7794	0.5587	1.27	0.1020	0.8980	0.7959
0.28	0.3897	0.6103	2.205	0.78	0.2177	0.7823	0.5646	1.28	0.1003	0.8997	0.7995
0.29	0.3859	0.6141	2.282	0.79	0.2148	0.7852	0.5705	1.29	0.9985	0.9015	0.8029
0.30	0.3821	0.6179	2.358	0.80	0.2119	0.7881	0.5763	1.30	0.9968	0.9032	0.8064
0.31	0.3783	0.6217	2.434	0.81	0.2090	0.7910	0.5821	1.31	0.9951	0.9049	0.8098
0.32	0.3745	0.6255	2.510	0.82	0.2061	0.7939	0.5878	1.32	0.9934	0.9066	0.8132
0.33	0.3707	0.6293	2.586	0.83	0.2033	0.7967	0.5935	1.33	0.9918	0.9082	0.8165
0.34	0.3669	0.6331	2.661	0.84	0.2005	0.7995	0.5991	1.34	0.9901	0.9099	0.8198
0.35	0.3632	0.6368	2.737	0.85	0.1977	0.8023	0.6047	1.35	0.9885	0.9115	0.8230
0.36	0.3594	0.6406	2.812	0.86	0.1949	0.8051	0.6102	1.36	0.9869	0.9131	0.8262
0.37	0.3557	0.6443	2.886	0.87	0.1922	0.8078	0.6157	1.37	0.9853	0.9147	0.8293
0.38	0.3520	0.6480	2.961	0.88	0.1894	0.8106	0.6211	1.38	0.9838	0.9162	0.8324
0.39	0.3483	0.6517	3.035	0.89	0.1867	0.8133	0.6265	1.39	0.9823	0.9177	0.8355
0.40	0.3446	0.6554	3.108	0.90	0.1841	0.8159	0.6319	1.40	0.9808	0.9192	0.8385
0.41	0.3409	0.6591	3.182	0.91	0.1814	0.8186	0.6372	1.41	0.9793	0.9207	0.8415
0.42	0.3372	0.6628	3.255	0.92	0.1788	0.8212	0.6424	1.42	0.9778	0.9222	0.8444
0.43	0.3336	0.6664	3.328	0.93	0.1762	0.8238	0.6476	1.43	0.9764	0.9236	0.8473
0.44	0.3300	0.6700	3.401	0.94	0.1736	0.8264	0.6528	1.44	0.9749	0.9251	0.8501
0.45	0.3264	0.6736	3.473	0.95	0.1711	0.8289	0.6579	1.45	0.9735	0.9265	0.8529
0.46	0.3228	0.6772	3.545	0.96	0.1685	0.8315	0.6629	1.46	0.9721	0.9279	0.8557
0.47	0.3192	0.6808	3.616	0.97	0.1660	0.8340	0.6680	1.47	0.9708	0.9292	0.8584
0.48	0.3156	0.6844	3.688	0.98	0.1635	0.8365	0.6729	1.48	0.9694	0.9306	0.8611
0.49	0.3121	0.6879	3.759	0.99	0.1611	0.8389	0.6778	1.49	0.9681	0.9319	0.8638
0.50	0.3085	0.6915	3.829	1.00	0.1587	0.8413	0.6827	1.50	0.9668	0.9332	0.8664

Fuente: Arvelo, A. (1998).



Tabla D.3 (continuación)

Tablas de normalidad

**Table 3a. Distribution Function (3), Sec. 8.2 (Continued)**

$z$	$\Phi(-z)$	$\Phi(z)$	$D(z)$	$z$	$\Phi(-z)$	$\Phi(z)$	$D(z)$	$z$	$\Phi(-z)$	$\Phi(z)$	$D(z)$
	0.	0.	0.		0.	0.	0.		0.	0.	0.
1.51	0655	9345	8690	2.01	0222	9778	9556	2.51	0060	9940	9879
1.52	0643	9357	8715	2.02	0217	9783	9566	2.52	0059	9941	9883
1.53	0630	9370	8740	2.03	0212	9788	9576	2.53	0057	9943	9886
1.54	0618	9382	8764	2.04	0207	9793	9586	2.54	0055	9945	9889
1.55	0606	9394	8789	2.05	0202	9798	9596	2.55	0054	9946	9892
1.56	0594	9406	8812	2.06	0197	9803	9606	2.56	0052	9948	9895
1.57	0582	9418	8836	2.07	0192	9808	9615	2.57	0051	9949	9898
1.58	0571	9429	8859	2.08	0188	9812	9625	2.58	0049	9951	9901
1.59	0559	9441	8882	2.09	0183	9817	9634	2.59	0048	9952	9904
1.60	0548	9452	8904	2.10	0179	9821	9643	2.60	0047	9953	9907
1.61	0537	9463	8926	2.11	0174	9826	9651	2.61	0045	9955	9909
1.62	0526	9474	8948	2.12	0170	9830	9660	2.62	0044	9956	9912
1.63	0516	9484	8969	2.13	0166	9834	9668	2.63	0043	9957	9915
1.64	0505	9495	8990	2.14	0162	9838	9676	2.64	0041	9959	9917
1.65	0495	9505	9011	2.15	0158	9842	9684	2.65	0040	9960	9920
1.66	0485	9515	9031	2.16	0154	9846	9692	2.66	0039	9961	9922
1.67	0475	9525	9051	2.17	0150	9850	9700	2.67	0038	9962	9924
1.68	0465	9535	9070	2.18	0146	9854	9707	2.68	0037	9963	9926
1.69	0455	9545	9090	2.19	0143	9857	9715	2.69	0036	9964	9929
1.70	0446	9554	9109	2.20	0139	9861	9722	2.70	0035	9965	9931
1.71	0436	9564	9127	2.21	0136	9864	9729	2.71	0034	9966	9933
1.72	0427	9573	9146	2.22	0132	9868	9736	2.72	0033	9967	9935
1.73	0418	9582	9164	2.23	0129	9871	9743	2.73	0032	9968	9937
1.74	0409	9591	9181	2.24	0125	9875	9749	2.74	0031	9969	9939
1.75	0401	9599	9199	2.25	0122	9878	9756	2.75	0030	9970	9940
1.76	0392	9608	9216	2.26	0119	9881	9762	2.76	0029	9971	9942
1.77	0384	9616	9233	2.27	0116	9884	9768	2.77	0028	9972	9944
1.78	0375	9625	9249	2.28	0113	9887	9774	2.78	0027	9973	9946
1.79	0367	9633	9265	2.29	0110	9890	9780	2.79	0026	9974	9947
1.80	0359	9641	9281	2.30	0107	9893	9786	2.80	0026	9974	9949
1.81	0351	9649	9297	2.31	0104	9896	9791	2.81	0025	9975	9950
1.82	0344	9656	9312	2.32	0102	9898	9797	2.82	0024	9976	9952
1.83	0336	9664	9328	2.33	0099	9901	9802	2.83	0023	9977	9953
1.84	0329	9671	9342	2.34	0096	9904	9807	2.84	0023	9977	9955
1.85	0322	9678	9357	2.35	0094	9906	9812	2.85	0022	9978	9956
1.86	0314	9686	9371	2.36	0091	9909	9817	2.86	0021	9979	9958
1.87	0307	9693	9385	2.37	0089	9911	9822	2.87	0021	9979	9959
1.88	0301	9699	9399	2.38	0087	9913	9827	2.88	0020	9980	9960
1.89	0294	9706	9412	2.39	0084	9916	9832	2.89	0019	9981	9961
1.90	0287	9713	9426	2.40	0082	9918	9836	2.90	0019	9981	9963
1.91	0281	9719	9439	2.41	0080	9920	9840	2.91	0018	9982	9964
1.92	0274	9726	9451	2.42	0078	9922	9845	2.92	0018	9982	9965
1.93	0268	9732	9464	2.43	0075	9925	9849	2.93	0017	9983	9966
1.94	0262	9738	9476	2.44	0073	9927	9853	2.94	0016	9984	9967
1.95	0256	9744	9488	2.45	0071	9929	9857	2.95	0016	9984	9968
1.96	0250	9750	9500	2.46	0069	9931	9861	2.96	0015	9985	9969
1.97	0244	9756	9512	2.47	0068	9932	9865	2.97	0015	9985	9970
1.98	0239	9761	9523	2.48	0066	9934	9869	2.98	0014	9986	9971
1.99	0233	9767	9534	2.49	0064	9936	9872	2.99	0014	9986	9972
2.00	0228	9772	9545	2.50	0062	9938	9876	3.00	0013	9987	9973

Fuente: Arvelo, A. (1998).



Tabla D.3 (continuación)

Tablas de normalidad

444 Appendix 4

**Table 3b. Normal Distribution. Values of  $z$  for Given Values of  $(\Phi)$ , Sec. 8.2, and  $D(z)$**

$D(z) = \Phi(z) - \Phi(-z)$   
 Example.  $\Phi(z) = 61\%$   
 for  $z = 0.279$ ,  
 $D(z) = 61\%$  for  $z = 0.860$

More extended tables: Comrie (1949), Fisher and Yates (1957), Hald (1962), Kelley (1948) (cf. Appendix 3).

%	$z(\Phi)$	$z(D)$	%	$z(\Phi)$	$z(D)$	%	$z(\Phi)$	$z(D)$
1	-2.326	0.013	41	-0.228	0.539	81	0.878	1.311
2	-2.054	0.025	42	-0.202	0.553	82	0.915	1.341
3	-1.881	0.038	43	-0.176	0.568	83	0.954	1.372
4	-1.751	0.050	44	-0.151	0.583	84	0.994	1.405
5	-1.645	0.063	45	-0.126	0.598	85	1.036	1.440
6	-1.555	0.075	46	-0.100	0.613	86	1.080	1.476
7	-1.476	0.088	47	-0.075	0.628	87	1.126	1.514
8	-1.405	0.100	48	-0.050	0.643	88	1.175	1.555
9	-1.341	0.113	49	-0.025	0.659	89	1.227	1.598
10	-1.282	0.126	50	0.000	0.674	90	1.282	1.645
11	-1.227	0.138	51	0.025	0.690	91	1.341	1.695
12	-1.175	0.151	52	0.050	0.706	92	1.405	1.751
13	-1.126	0.164	53	0.075	0.722	93	1.476	1.812
14	-1.080	0.176	54	0.100	0.739	94	1.555	1.881
15	-1.036	0.189	55	0.126	0.755	95	1.645	1.960
16	-0.994	0.202	56	0.151	0.772	96	1.751	2.054
17	-0.954	0.215	57	0.176	0.789	97	1.881	2.170
18	-0.915	0.228	58	0.202	0.806	97.5	1.960	2.241
19	-0.878	0.240	59	0.228	0.824	98	2.054	2.326
20	-0.842	0.253	60	0.253	0.842	99	2.326	2.576
21	-0.806	0.266	61	0.279	0.860	99.1	2.366	2.612
22	-0.772	0.279	62	0.305	0.878	99.2	2.409	2.652
23	-0.739	0.292	63	0.332	0.896	99.3	2.457	2.697
24	-0.706	0.305	64	0.358	0.915	99.4	2.512	2.748
25	-0.674	0.319	65	0.385	0.935	99.5	2.576	2.807
26	-0.643	0.332	66	0.412	0.954	99.6	2.652	2.878
27	-0.613	0.345	67	0.440	0.974	99.7	2.748	2.968
28	-0.583	0.358	68	0.468	0.994	99.8	2.878	3.090
29	-0.553	0.372	69	0.496	1.015	99.9	3.090	3.291
30	-0.524	0.385	70	0.524	1.036			
31	-0.496	0.399	71	0.553	1.058	99.91	3.121	3.320
32	-0.468	0.412	72	0.583	1.080	99.92	3.156	3.353
33	-0.440	0.426	73	0.613	1.103	99.93	3.195	3.390
34	-0.412	0.440	74	0.643	1.126	99.94	3.239	3.432
35	-0.385	0.454	75	0.674	1.150	99.95	3.291	3.481
36	-0.358	0.468	76	0.706	1.175	99.96	3.353	3.540
37	-0.332	0.482	77	0.739	1.200	99.97	3.432	3.615
38	-0.305	0.496	78	0.772	1.227	99.98	3.540	3.719
39	-0.279	0.510	79	0.806	1.254	99.99	3.719	3.891
40	-0.253	0.524	80	0.842	1.282			

Fuente: Arvelo, A. (1998).



Tabla D.4  
Tablas financieras

TABLAS FINANCIERAS

$i = 13\%$

Factores de Interés al 13% correspondientes a períodos compuestos discretos

n	PAGO SIMPLE		SERIE UNIFORME				Factor de serie aritmética	n
	Factor de capitalización	Factor de actualización	Factor de recuperación de capit	Factor de actualización	Factor del fondo de amortización	Factor de capitalización		
	(S/P) <sub>n</sub>	(P/S) <sub>n</sub>	(R/P) <sub>n</sub>	(P/R) <sub>n</sub>	(R/S) <sub>n</sub>	(S/R) <sub>n</sub>		
1	1.1300	.88496	1.1300	.8850	1.0000	1.0000	.0000	1
2	1.2769	.78315	.59949	1.6680	.46949	2.1299	.4694	2
3	1.4428	.69305	.42352	2.3611	.29353	3.4068	.9187	3
4	1.6304	.61332	.33620	2.9744	.20620	4.8497	1.3478	4
5	1.8424	.54276	.28432	3.5172	.15432	6.4602	1.7570	5
6	2.0819	.48032	.25015	3.9975	.12015	8.3226	2.1467	6
7	2.3525	.42506	.22611	4.4225	.09611	10.404	2.5170	7
8	2.6584	.37616	.20839	4.7987	.07839	12.757	2.8684	8
9	3.0040	.33289	.19487	5.1316	.06487	15.415	3.2013	9
10	3.3945	.29459	.18429	5.4262	.05429	18.419	3.5161	10
11	3.8358	.26070	.17584	5.6869	.04584	21.813	3.8133	11
12	4.3344	.23071	.16899	5.9176	.03899	25.649	4.0935	12
13	4.8979	.20417	.16335	6.1217	.03335	29.984	4.3572	13
14	5.5346	.18068	.15867	6.3024	.02867	34.882	4.6048	14
15	6.2541	.15989	.15474	6.4623	.02474	40.416	4.8374	15
16	7.0672	.14150	.15143	6.6038	.02143	46.670	5.0551	16
17	7.9859	.12522	.14861	6.7290	.01861	53.737	5.2588	17
18	9.0240	.11081	.14620	6.8399	.01620	61.723	5.4490	18
19	10.197	.09807	.14413	6.9379	.01413	70.747	5.6264	19
20	11.522	.08678	.14235	7.0247	.01235	80.944	5.7916	20
21	13.020	.07680	.14081	7.1015	.01081	92.467	5.9453	21
22	14.713	.06796	.13948	7.1695	.00948	105.48	6.0880	22
23	16.626	.06015	.13832	7.2296	.00832	120.20	6.2204	23
24	18.787	.05323	.13731	7.2828	.00731	136.82	6.3430	24
25	21.229	.04710	.13643	7.3299	.00643	155.61	6.4565	25
26	23.989	.04168	.13565	7.3716	.00565	176.84	6.5613	26
27	27.108	.03689	.13498	7.4085	.00498	200.83	6.6581	27
28	30.632	.03265	.13439	7.4412	.00439	227.94	6.7474	28
29	34.614	.02889	.13387	7.4700	.00387	259.57	6.8295	29
30	39.114	.02557	.13341	7.4956	.00341	293.18	6.9052	30
31	44.199	.02262	.13301	7.5182	.00301	332.30	6.9747	31
32	49.945	.02002	.13266	7.5383	.00266	376.50	7.0385	32
33	56.438	.01772	.13234	7.5560	.00234	426.44	7.0970	33
34	63.775	.01568	.13207	7.5717	.00207	482.88	7.1506	34
35	72.065	.01388	.13183	7.5855	.00183	546.65	7.1998	35
40	132.77	.00753	.13099	7.6343	.00099	1013.6	7.3887	40
45	244.62	.00409	.13053	7.6608	.00053	1874.0	7.5076	45
50	450.71	.00222	.13029	7.6752	.00029	3459.3	7.5811	50

Fuente: Giugni y colaboradores (2003)

# **APÉNDICE E**

## **FORMATOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**



Formato E.1

**Formato de recolección de Datos de peso de la rafia**

**Extrusora Nº:**

**Fecha:**

Hora	Peso del filamento ( $P_f \pm 0,01$ ) g											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6

Longitud del filamento ( $L_f \pm 0,05$ ) cm :

**Especificaciones de Denier (g/9000m)**

	Límite Superior	Promedio	Límite Inferior	Relación de estiraje
<b>Extrusora Nº 1</b>	880	920	960	5,30
<b>Extrusora Nº 3</b>	1080	1110	1140	5,65
<b>Extrusora Nº 4</b>	1080	1110	1140	5,65









Formato E.3

**ESTUDIO DE LAS VARIABLES CRÍTICAS QUE INFLUYEN EN LA VARIABILIDAD DEL DENIER**

<b>Variables</b>	<b>Posibles causas</b>	<b>Ponderación</b>
<b>Materia Prima:</b> Incluye desde el tipo de polipropileno a utilizar así como la “fórmula”, que se utiliza en el mezclado inicial de la materia y el cual es secreto industrial.	F-402. Grado de fluidez de 2.7	
	F-502. Grado de fluidez de 3.2	
	Mezclado inapropiado	
	Alternatividad de Materias Primas	
	Formulación	
<b>Maquinaria y Equipos:</b> Involucra todos los equipos, maquinarias y herramientas necesarias para la realización del hilo de rafia.	Indicadores de Temperaturas dañados	
	Filtro obstruido	
	Tornillos de ajuste del cabezal dañados	
	Cabezal descalibrado	
	Hojillas desgastadas	
	Ventiladores dañados	
	Mal funcionamiento del Chiller	
	Espaciado entre las cuchillas	
	Temperaturas de los rodillos	
	Temperatura del filtro	
Tiempo de residencia en la piscina		



Formato E.3 (continuación)

**ESTUDIO DE LAS VARIABLES CRÍTICAS QUE INFLUYEN EN LA VARIABILIDAD DEL DENIER**

<b>Variables</b>	<b>Posibles causas</b>		<b>Ponderación</b>
<b>Mantenimiento:</b> Comprende todo lo relacionado con las técnicas y el personal de mantenimiento de los equipos involucrados en el proceso.	Paradas extensas por mantenimiento		
	Herramientas inadecuadas		
	Personal no calificado		
	Falta de mantenimiento preventivo		
	Falta de programas de mantenimiento		
	Falta de personal de mantenimiento		
	Ausencia de herramientas para los mantenimientos		
<b>Métodos:</b> Se refiere a todo lo relacionado con los métodos que se llevan a cabo en las extrusoras para la producción de la rafia, además de los métodos de medición de la variable de calidad y el seguimiento del comportamiento del proceso.	Proceso	Manipulación de los parámetros de un turno a otro	
		Variación de la relación de estiraje	
		Variación de temperaturas del tornillo extrusor	
		Variación de temperaturas del cabezal	
		Variación de las velocidades del tornillo extrusor	
	CEP	Tamaño del muestreo	
		Frecuencia del muestreo	
		Error del observador	
Varias personas recolectando los datos			
<b>Medio Ambiente:</b> Engloba todo lo referente a condiciones ambientales, a las condiciones físicas a que está sometido el proceso.	Ausencia de barómetro		
	Influencia de la temperatura ambiental		
	Influencia de la humedad ambiental		
	No se trabaja siempre a las mismas condiciones		



Formato E.3 (continuación)

**ESTUDIO DE LAS VARIABLES CRÍTICAS QUE INFLUYEN EN LA VARIABILIDAD DEL DENIER**

<b>Variables</b>	<b>Posibles causas</b>	<b>Ponderación</b>
<b>Mano de obra:</b> Abarca desde el operario de hasta la alta gerencia, pasando por los supervisores, analistas, y demás personal que esté involucrado con el proceso.	Falta de personal	
	Falta de inducción	
	Personal desmotivado	
	Falta de supervisión	
	Falta de incentivos al personal	

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_



Formato E.4

**JERARQUIZACIÓN DE LAS VARIABLES CRÍTICAS QUE INFLUYEN EN LA VARIABILIDAD DEL DENIER**

<b>Variables</b>	<b>Posibles causas</b>		<b>Ponderación</b>
<b>Métodos:</b> Se refiere a todo lo relacionado con los métodos que se llevan a cabo en las extrusoras para la producción de la rafia, además de los métodos de medición de la variable de calidad y el seguimiento del comportamiento del proceso.	Proceso	Manipulación de los parámetros de un turno a otro	
		Variación de la relación de estiraje	
		Variación de temperaturas del tornillo extrusor	
		Variación de temperaturas del cabezal	
		Variación de las velocidades del tornillo extrusor	
	CEP	Error del observador	
		Varias personas recolectando los datos	
<b>Medio Ambiente:</b> Engloba todo lo referente a condiciones ambientales, a las condiciones físicas a que está sometido el proceso.	Proceso expuesto a la variaciones ambientales		
<b>Mano de obra:</b> Abarca desde el operario de hasta la alta gerencia, pasando por los supervisores, analistas, y demás personal que esté involucrado con el proceso.	Falta de inducción		
	Falta de supervisión		
	Falta de incentivos al personal		



Formato E.4 (continuación)

**JERARQUIZACIÓN DE LAS VARIABLES CRÍTICAS QUE INFLUYEN EN LA VARIABILIDAD DEL DENIER**

<b>Variables</b>	<b>Posibles causas</b>	<b>Ponderación</b>
<b>Maquinaria y Equipos:</b> Involucra todos los equipos, maquinarias y herramientas necesarias para la realización del hilo de rafia.	Filtro obstruido	
	Cabezal descalibrado	
	Hojillas desgastadas	
	Temperaturas del filtro	

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_



**Formato E.5**

**Formato de recolección de Datos de peso de la rafia para la extrusora N° 1**

**Fecha:**

N°	Hora	Peso del filamento ( $Pf \pm 0,01$ ) g											
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6

Longitud del filamento ( $Lf \pm 0,05$ ) cm :

**Especificaciones de Denier (g/9000m)**

Límite Superior	Promedio	Límite Inferior
880	920	960







**Formato E.6**

**Formato de recolección de Datos de peso de la rafia para la extrusora N° 3**

**Fecha:**

N°	Hora	Peso del filamento ( $Pf \pm 0,01$ ) g									
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5

Longitud del filamento ( $Lf \pm 0,05$ ) cm :

**Especificaciones de Denier (g/9000m)**

Límite Superior	Promedio	Límite Inferior
1080	1110	1140







**Formato E.7**

**Formato de recolección de Datos de peso de la rafia para la extrusora N° 4**

**Fecha:**

N°	Hora	Peso del filamento (Pf ± 0,01) g									
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5

Longitud del filamento ( $L_f \pm 0,05$ ) cm :

**Especificaciones de Denier (g/9000m)**

Límite Superior	Promedio	Límite Inferior
1080	1110	1140







Formato E.8

**ESTUDIO DE LAS VARIABLES MÁS INFLUYENTES EN EL INCUMPLIMIENTO DE LAS  
ESPECIFICACIONES**

<b>Variables</b>	<b>Posibles causas</b>
<p><b>Materia Prima:</b> Incluye desde el tipo de polipropileno a utilizar así como la “fórmula”, que se utiliza en el mezclado inicial de la materia y el cual es secreto industrial.</p>	
<p><b>Maquinaria y Equipos:</b> Involucra todos los equipos, maquinarias y herramientas necesarias para la realización del hilo de rafia.</p>	
<p><b>Mano de obra:</b> Abarca desde el operario de hasta la alta gerencia, pasando por los supervisores, analistas, y demás personal que esté involucrado con el proceso.</p>	



Formato E.8 (continuación)

**ESTUDIO DE LAS VARIABLES MÁS INFLUYENTES EN EL INCUMPLIMIENTO DE LAS  
ESPECIFICACIONES**

<b>Variables</b>	<b>Posibles causas</b>
<b>Métodos:</b> Se refiere a todo lo relacionado con los métodos que se llevan a cabo en las extrusoras para la producción de la rafia, además de los métodos de medición de la variable de calidad y el seguimiento del comportamiento del proceso.	
<b>Medio Ambiente:</b> Engloba todo lo referente a condiciones ambientales, a las condiciones físicas a que está sometido el proceso.	
<b>Mantenimiento:</b> Comprende todo lo relacionado con las técnicas y el personal de mantenimiento de los equipos involucrados en el proceso.	

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_



Formato E.9

**ESTUDIO DE LAS VARIABLES CRÍTICAS EN EL INCUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES**

<b>Variables</b>	<b>Posibles causas</b>	<b>Ponderación</b>
<b>Materia Prima:</b> Incluye desde el tipo de polipropileno a utilizar así como la “fórmula”, que se utiliza en el mezclado inicial de la materia y el cual es secreto industrial.	Mezclado Inapropiado	
	Alternatividad de materia prima	
<b>Maquinaria y Equipos:</b> Involucra todos los equipos, maquinarias y herramientas necesarias para la realización del hilo de rafia.	Filtro obstruido	
	Cabezal descalibrado	
	Hojillas desgastadas	
	Tornillos de ajuste del cabezal dañados	
	Temperaturas del cabezal inadecuadas	
	Relación de estiraje	
	Velocidad del tornillo extrusor	
	Temperaturas del tornillo extrusor descalibradas	
<b>Mano de obra:</b> Abarca desde el operario de hasta la alta gerencia, pasando por los supervisores, analistas, y demás personal que esté involucrado con el proceso.	Mala manipulación de los parámetros	
	Falta de supervisión	



Formato E.9 (continuación)

**ESTUDIO DE LAS VARIABLES CRÍTICAS EN EL INCUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES**

<b>Variables</b>	<b>Posibles causas</b>		<b>Ponderación</b>
<b>Métodos:</b> Se refiere a todo lo relacionado con los métodos que se llevan a cabo en las extrusoras para la producción de la rafia, además de los métodos de medición de la variable de calidad y el seguimiento del comportamiento del proceso.	CEP	Error del observador	
	Proceso	Variación de la relación de estiraje	
		Variación de la velocidad del tornillo extrusor	
<b>Mantenimiento:</b> Comprende todo lo relacionado con las técnicas y el personal de mantenimiento de los equipos involucrados en el proceso.	Falta de mantenimiento preventivo		
	Personal no calificado		
	Herramientas inadecuadas para el mantenimiento		
<b>Medio Ambiente:</b> Engloba todo lo referente a condiciones ambientales, a las condiciones físicas a que está sometido el proceso.	Influencia de la humedad ambiental		
	Ausencia de barómetro		
	Influencia de la temperatura ambiental		

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_



Formato E.10

**APLICACIÓN DE TÉCNICA CÓMO-CÓMO A LAS POSIBLES CAUSAS QUE GENERAN LA INCAPACIDAD DEL DENIER EN CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN-RAFIA.**

Causa	Posible solución	¿Cómo?	¿Cómo?	
Falta de mantenimiento preventivo				



Formato E.10 (continuación)

**APLICACIÓN DE TÉCNICA CÓMO-CÓMO A LAS POSIBLES CAUSAS QUE GENERAN LA INCAPACIDAD DEL DENIER EN CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN-RAFIA.**

Causa	Posible solución	¿Cómo?	¿Cómo?
Alternabilidad de materia prima			



Formato E.10 (continuación)

**APLICACIÓN DE TÉCNICA CÓMO-CÓMO A LAS POSIBLES CAUSAS QUE GENERAN LA INCAPACIDAD DEL DENIER EN CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN-RAFIA.**

Causa	Posible solución	¿Cómo?	¿Cómo?	
Cabezal descalibrado				



Formato E.10 (continuación)

**APLICACIÓN DE TÉCNICA CÓMO-CÓMO A LAS POSIBLES CAUSAS QUE GENERAN LA INCAPACIDAD DEL DENIER EN CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN-RAFIA.**

Causa	Posible solución	¿Cómo?	¿Cómo?
Filtro obstruido			



Formato E.10 (continuación)

**APLICACIÓN DE TÉCNICA CÓMO-CÓMO A LAS POSIBLES CAUSAS QUE GENERAN LA INCAPACIDAD DEL DENIER EN CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN-RAFIA.**

Causa	Posible solución	¿Cómo?	¿Cómo?	
Velocidad del tornillo extrusor				

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_



# **ANEXOS**



## Anexo 1

**Torquímetro micrométrico** 

 **1/2"**



**ESTUCHE PLÁSTICO**

Código	Clave	Largo	Distrib	Mayoreo	Público
13546	TORQ-1/2X	625 mm	\$ 520.00	\$ 736.00	\$ 854.00

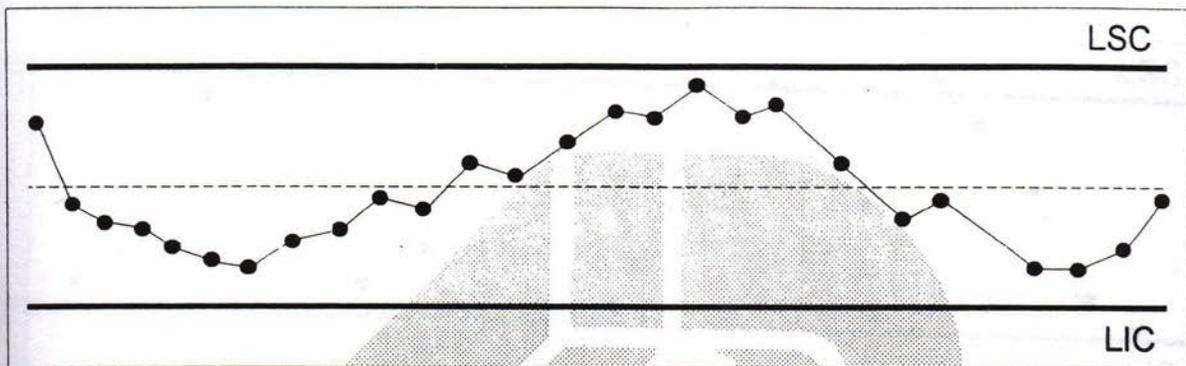
**CAJA 1 ▶ MASTER 10**

Costo de torquímetro Truper de 1/2".



PATRONES DE INESTABILIDAD

**PATRON DE GRAFICO DE CONTROL  
CICLOS RECURRENTE**



**CAUSAS**

**Gráfico  $\bar{X}$**

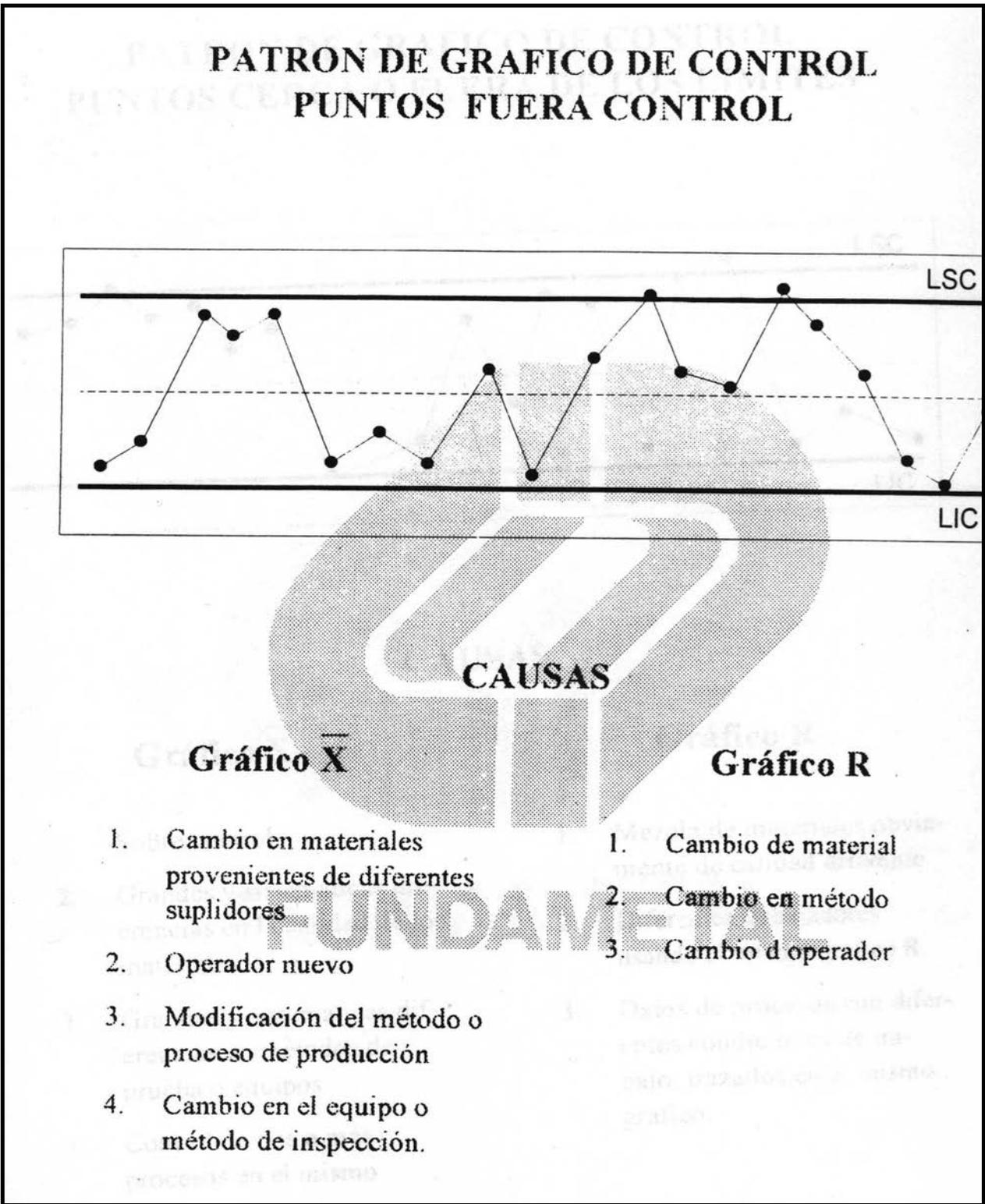
1. AMBIENTE
  - a) Temperatura.
  - b) Humedad.
2. Operador cansado.
3. Rotación regular de la máquina o el operador.

**Gráfico R**

1. Mantenimiento programado.
2. Operador cansado.
3. Desgaste de herramientas.

Anexo 2. Patrones de inestabilidad (ciclos recurrentes)

Fuente: Ochoa (1994)

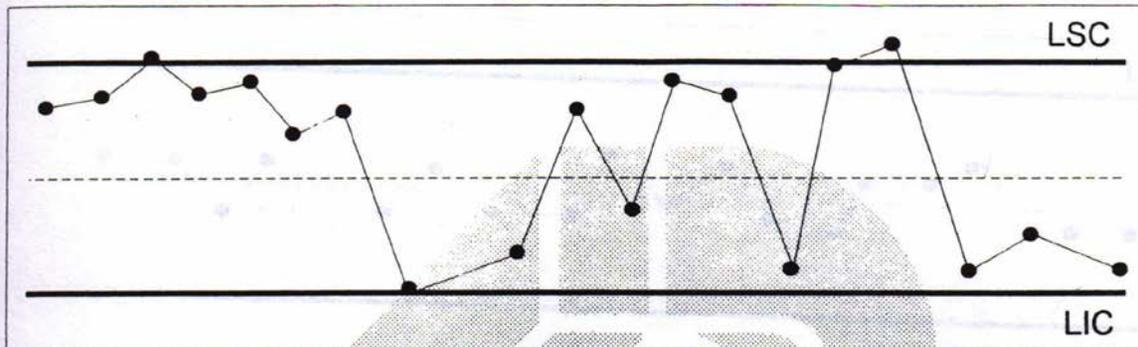


Anexo 3. Patrones de inestabilidad (puntos fuera de control)

Fuente: Ochoa (1994)



## PATRON DE GRAFICO DE CONTROL PUNTOS CERCA O FUERA DE LOS LIMITES



### CAUSAS

#### Gráfico $\bar{X}$

1. Sobre control.
2. Grandes y sistemáticas diferencias en la calidad de los materiales.
3. Grandes y sistemáticas diferencias en métodos de prueba o equipos.
4. Control de dos o más procesos en el mismo gráfico.

#### Gráfico R

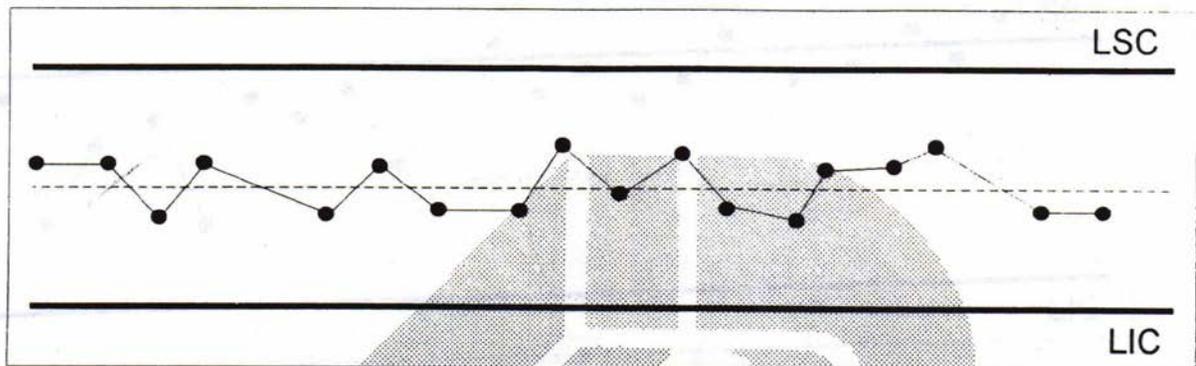
1. Mezcla de materiales obviamente de calidad diferente.
2. Diferentes trabajadores usando el mismo gráfico R.
3. Datos de procesos con diferentes condiciones de trabajo, trazados en el mismo gráfico.

Anexo 4. Patrones de inestabilidad (puntos fuera o cerca de los límites)

Fuente: Ochoa (1994)



## PATRON DE GRAFICO DE CONTROL FALTA DE VARIABILIDAD



CAUSAS

### Gráfico $\bar{X}$

1. Límites de control mal calculados.
2. Mejora del proceso desde que se calcularon los límites.
3. Operario elaborando el gráfico sin hacer los chequeos.

### Gráfico R

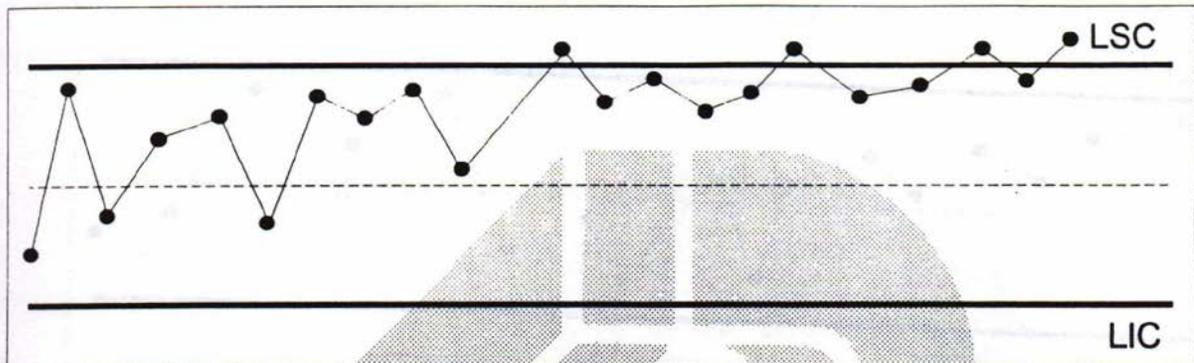
1. Colección en cada muestra de un número de medidas de muchos lotes diferentes.
2. Mejora del proceso desde que se calcularon los límites.

Anexo 5. Patrones de inestabilidad (falta de variabilidad)

Fuente: Ochoa (1994)



## PATRON DE GRAFICO DE CONTROL TENDENCIAS



### CAUSAS

#### Gráfico $\bar{X}$

1. Deterioración de la máquina.
2. Operario cansado.
3. Desgaste de herramientas.

#### Gráfico R

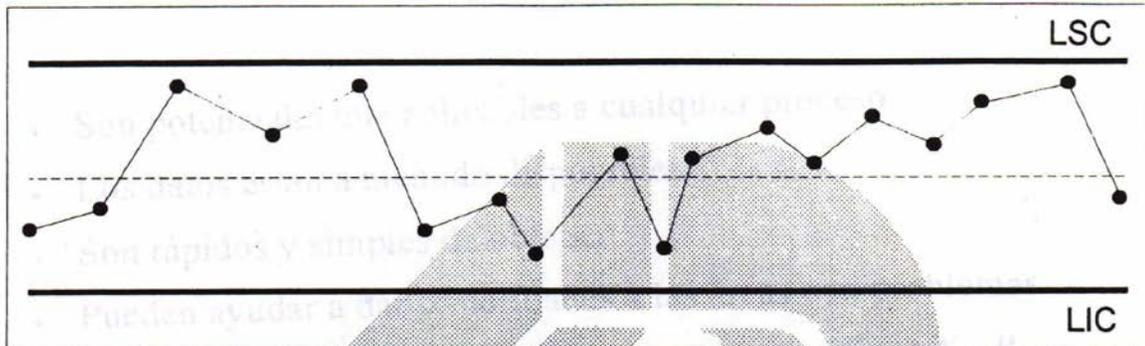
1. Operario cansado.
2. Cambio en la calidad de la materia prima.

Anexo 6. Patrones de inestabilidad (tendencias)

Fuente: Ochoa (1994)



## PATRON DE GRAFICO DE CONTROL 7 PUNTOS ARRIBA O ABAJO DE LALINEA CENTRAL



### CAUSAS

#### Gráfico $\bar{X}$

1. Cambio en las proporciones de materiales o sub-ensamblajes suministradas por diferentes suplidores.
2. Nuevos trabajadores o máquinas.
3. Modificación de producción o procesos.
4. Cambio en método o equipo de inspección.

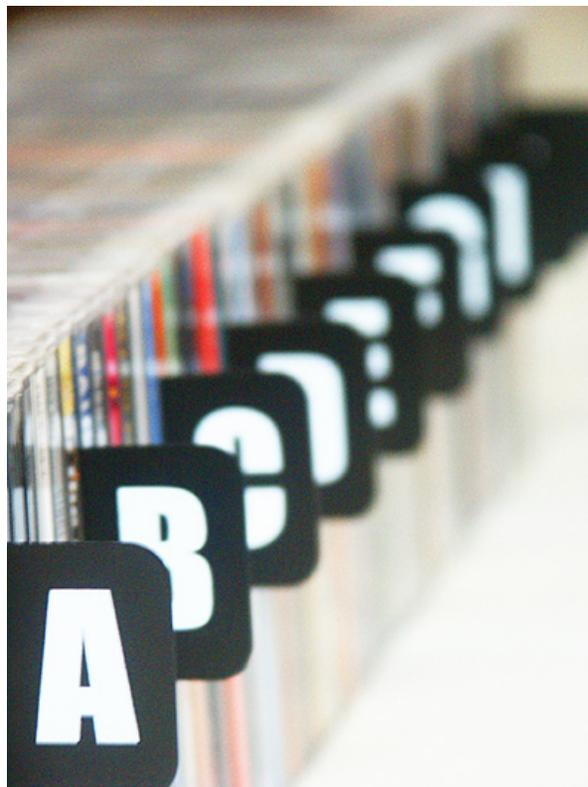
#### Gráfico R

1. Cambio de material
2. Cambio de método
3. Cambio de operario

Anexo 7. Patrones de inestabilidad (7 puntos arriba o debajo de la línea central)

Fuente: Ochoa (1994)

# **INSTRUCTIVO N° 1**



**ESTABILIDAD Y CAPACIDAD  
(10 ZONAS)**



---

## INSTRUCTIVO PARA EL USO DEL PROGRAMA PARA LA DETERMINACIÓN DE ESTABILIDAD Y CAPACIDAD DE UNA VARIABLE DE CALIDAD (10 ZONAS)

### 1. VARIABLE A ESTUDIAR

En la ficha “**DATOS**” en la parte superior izquierda (celda B1) se introduce el nombre de la variable a estudiar

### 2. INTRODUCCIÓN DE LOS DATOS

En la ficha “**DATOS**” se introducen los valores correspondientes a las zonas en estudio A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B3, B4 y B5 (celdas B11 a K11) para completar el primer punto de la gráfica, esto se hará hasta completar un número de 25 puntos, es decir, el segundo punto de la gráfica corresponde a los valores de B10 a K10, y así sucesivamente.

Además se deberán introducir los valores de los límites superior e inferior de especificación (celdas B4 y B5) respectivamente

### 3. OBSERVACIONES

En la ficha “**OBSERVACIONES**” se anotaran todos los incidentes que puedan aportar información al momento de determinar las salidas de control de la variable, Fecha (celda B2), Turno (celda C2) y Observaciones (celda D2), así para los 25 puntos.

### 4. GRÁFICA DE MEDIA MUESTRAL

En la ficha “**GRÁF. MEDIA**” se podrá observar la variación de la variable en el tiempo (línea roja), además se podrán visualizar los límites superior e inferior de control (líneas verdes), se podrá identificar el número del subgrupo que salga de control y con la ayuda de la ficha “**OBSERVACIONES**” se podrá identificar la causa de dicho descontrol, para solventarlo. (Ver teoría anexa)

### 5. GRÁFICA DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRAL



En la ficha “**GRÁF. DESV. EST**” se podrá observar la variación de las desviaciones estándar de los datos, que en conjunto con la Gráfica de Media muestral y de las Observaciones se podrá tomar una decisión sobre las medidas a ejecutar para las salidas de control de la variable en estudio. (Ver teoría anexa)

## 6. CAPACIDAD

En la ficha “**CAPACIDAD**” se podrá visualizar el histograma de frecuencias de los datos de la variable de calidad, para observar su distribución.

El valor de Cp (celda B1) indica la capacidad potencial del proceso, para el proceso sea capaz debe ser mayor a 1.

Para determinar el valor de la Capacidad real (Cpk), en las celdas B2 y B3 se indican los valores de C<sub>pk1</sub> y C<sub>pk2</sub>, respectivamente, se deberá tomar el menor valor entre los 2, es decir, si C<sub>pk1</sub>=1,038 y C<sub>pk2</sub>=-0,27, el valor de la Capacidad real del proceso será el menor, es decir, C<sub>pk</sub>=-0,27. De igual manera para que el C<sub>pk</sub> indique estabilidad debe ser mayor que 1.

## 7. HISTOGRAMA DE FRECUENCIA

En la ficha “**HISTOGRAMA**” se creará el histograma de frecuencias correspondientes a los datos. Para ello el analista deberá seguir los siguientes pasos:

- En el menú “**Herramientas**” el analista deberá seleccionar “**Análisis de Datos**”.
- Dentro de cuadro “**Análisis de Datos**” el analista deberá seleccionar la acción “**Histograma**”.
- Dentro de cuadro “**Histograma**” en la acción “**Rango de entrada**” el analista deberá seleccionar los datos de la variable que se encuentran en dicha ficha

(histograma), es decir, las celdas

	B2,	C2.....K2
	B3,	C3.....K3
	:	
	B26,	C26.....K26



- 
- d. Dentro de cuadro "**Histograma**" en la acción "**Rango de salida**" el analista deberá seleccionar la celda donde aparecerán los datos, se recomienda seleccionar la celda A28.
  - e. Por último el analista deberá seleccionar la acción "**Crear Gráfico**", el cual se encuentra al final del cuadro.

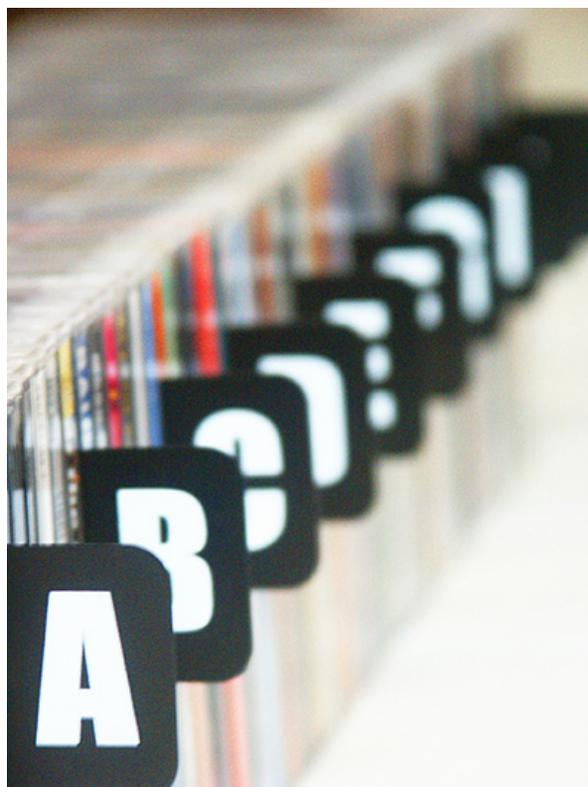
Una vez realizado el histograma de frecuencias se podrá visualizar la distribución que presentan los datos.

## 8. PARÁMETRO Y CÁLCULOS

La ficha "**PARÁM Y CÁL**" es de uso interno del programa, es decir NO DEBE SER MANIPULADO

**NOTA:** La clave es "*analista*". Para el caso en que se tengan que modificar las escalas de las gráficas para poder verlas completas.

# **INSTRUCTIVO N° 2**



**ESTABILIDAD Y CAPACIDAD  
(12 ZONAS)**



---

## INSTRUCTIVO PARA EL USO DEL PROGRAMA PARA LA DETERMINACIÓN DE ESTABILIDAD Y CAPACIDAD DE UNA VARIABLE DE CALIDAD (12 ZONAS)

### 1. VARIABLE A ESTUDIAR

En la ficha “**DATOS**” en la parte superior izquierda (celda B1) se introduce el nombre de la variable a estudiar

### 2. INTRODUCCIÓN DE LOS DATOS

En la ficha “**DATOS**” se introducen los valores correspondientes a las zonas en estudio A1, A2, A3, A4, A5, A6, B1, B2, B3, B4, B5 y B6 (celdas B11 a M11) para completar el primer punto de la gráfica, esto se hará hasta completar un número de 25 puntos, es decir, el segundo punto de la gráfica corresponde a los valores de B10 a K10, y así sucesivamente.

Además se deberán introducir los valores de los límites superior e inferior de especificación (celdas B4 y B5) respectivamente

### 3. OBSERVACIONES

En la ficha “**OBSERVACIONES**” se anotaran todos los incidentes que puedan aportar información al momento de determinar las salidas de control de la variable, Fecha (celda B2), Turno (celda C2) y Observaciones (celda D2), así para los 25 puntos.

### 4. GRÁFICA DE MEDIA MUESTRAL

En la ficha “**GRÁF. MEDIA**” se podrá observar la variación de la variable en el tiempo (línea roja), además se podrán visualizar los límites superior e inferior de control (líneas verdes), se podrá identificar el número del subgrupo que salga de control y con la ayuda de la ficha “**OBSERVACIONES**” se podrá identificar la causa de dicho descontrol, para solventarlo. (Ver teoría anexa)

### 5. GRÁFICA DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRAL



En la ficha “**GRÁF. DESV. EST**” se podrá observar la variación de las desviaciones estándar de los datos, que en conjunto con la Gráfica de Media muestral y de las Observaciones se podrá tomar una decisión sobre las medidas a ejecutar para las salidas de control de la variable en estudio. (Ver teoría anexa)

## 6. CAPACIDAD

En la ficha “**CAPACIDAD**” se podrá visualizar el histograma de frecuencias de los datos de la variable de calidad, para observar su distribución.

El valor de Cp (celda B1) indica la capacidad potencial del proceso, para el proceso sea capaz debe ser mayor a 1.

Para determinar el valor de la Capacidad real (Cpk), en las celdas B2 y B3 se indican los valores de C<sub>pk1</sub> y C<sub>pk2</sub>, respectivamente, se deberá tomar el menor valor entre los 2, es decir, si C<sub>pk1</sub>=1,038 y C<sub>pk2</sub>=-0,27, el valor de la Capacidad real del proceso será el menor, es decir, C<sub>pk</sub>=-0,27. De igual manera para que el C<sub>pk</sub> indique estabilidad debe ser mayor que 1.

## 7. HISTOGRAMA DE FRECUENCIA

En la ficha “**HISTOGRAMA**” se creará el histograma de frecuencias correspondientes a los datos. Para ello el analista deberá seguir los siguientes pasos:

- × En el menú “**Herramientas**” el analista deberá seleccionar “**Análisis de Datos**”.
- × Dentro de cuadro “**Análisis de Datos**” el analista deberá seleccionar la acción “**Histograma**”.
- × Dentro de cuadro “**Histograma**” en la acción “**Rango de entrada**” el analista deberá seleccionar los datos de la variable que se encuentran en

dicha ficha (histograma), es decir, las celdas

B2, C2.....K2
B3, C3.....K3
⋮
B26, C26.....K26



- × Dentro de cuadro “**Histograma**” en la acción “**Rango de salida**” el analista deberá seleccionar la celda donde aparecerán los datos, se recomienda seleccionar la celda A28.
- × Por último el analista deberá seleccionar la acción “**Crear Gráfico**”, el cual se encuentra al final del cuadro.

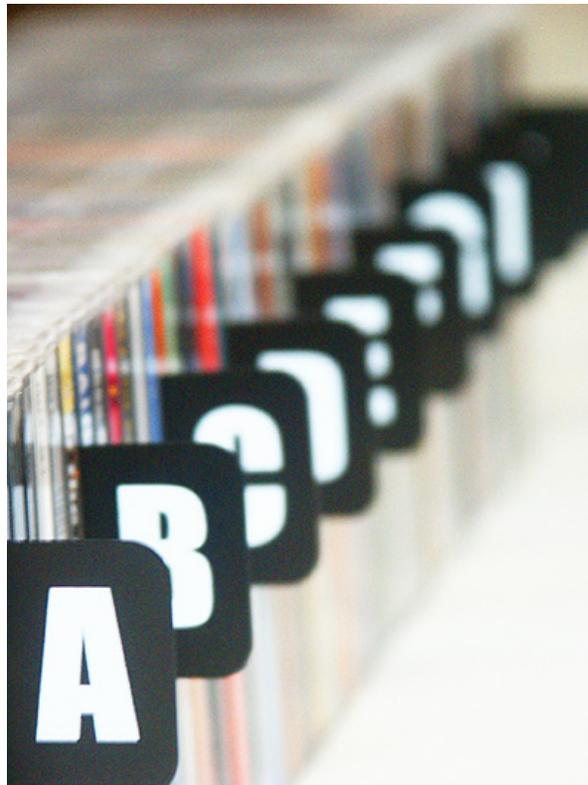
Una vez realizado el histograma de frecuencias se podrá visualizar la distribución que presentan los datos.

## 8. PARÁMETRO Y CÁLCULOS

La ficha “**PARÁM Y CÁL**” es de uso interno del programa, es decir NO DEBE SER MANIPULADO

**NOTA:** La clave es “*analista*”. Para el caso en que se tengan que modificar las escalas de las gráficas para poder verlas completos.

# **INSTRUCTIVO N° 3**



**PORCENTAJE DE DEFECTUOSOS**



---

## INSTRUCTIVO PARA EL USO DEL PROGRAMA PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS

### 1. VARIABLE A ESTUDIAR

En el archivo Excel correspondiente al número del subgrupo de deberá introducir la variable a estudiar, A5 o A19 según sea el caso, ya sea para el estudio de los productos fuera de los Límites de Especificaciones (Superior o Inferior), y así a su vez según sea el caso, dependiendo como se encuentre la media con respecto al límite de especificación.

### 2. INTRODUCCIÓN DE LOS DATOS

En la ficha correspondiente al límite de especificación que se desee estudiar, se introducirán, el número de la extrusora (B5 o B19), El valor Promedio de la variable (X) a estudiar (C5 o C19), que se obtiene del programa correspondiente de estabilidad y capacidad ya sea de 10 o 12 zonas, en la ficha “Parám y calc”, en la celda H3, la Desviación Estándar de la variable (S) a estudiar (D5 o D19), se obtiene de la misma hoja de calcula de la misma ficha, pero en la celda H4, el valor del Límite de Inferior de Especificación (LIE) (G5 o G19).

### 3. INTRODUCCIÓN DEL VALOR DE LA TABLA NORMAL

Con el valor obtenido en las celdas H5 o H19, correspondiente a la Abscisa Tipificada “z”, se busca el valor en las tablas normales (figura 17 y 18 de la teoría), interceptando con la leyenda que se visualiza en las celdas (I4 o I18). Este valor se reportará en las celdas I5 o I19, según sea el caso.

### 4. LECTURA DEL PORCENTAJE DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS

La lectura se realizará en las celdas J5 o J19, según sea el caso de la media según el límite en estudio y del número de zonas en estudio de cada extrusora.

**NOTA:** la clave es “analista”