



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**Proyecto de Investigación Previo a la Obtención del Título de Ingeniero
Mecánico**

TEMA:

“ESTUDIO DE LA TENSIÓN DE PAPEL TISSUE EN LA EMPRESA
FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO Y SU INCIDENCIA EN LA
COMPACTACIÓN DEL PAPEL HIGIÉNICO”

AUTOR: Fabián Enrique Bonilla Chiluisa

TUTOR: Ing. MSc. Cesar Arroba

Ambato –Ecuador

2015

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de director de tesis de grado, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “ESTUDIO DE LA TENSION DE PAPEL TISSUE EN LA EMPRESA FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO Y SU INCIDENCIA EN LA COMPACTACIÓN DEL PAPEL HIGIÉNICO”; elaborado por la Sr. Fabián Enrique Bonilla Chiluisa, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente Tesis es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Esta concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Octubre 2015

.....
Ing. Mg. Cesar Arroba

Tutor de Tesis

AUTORÍA DE LA TESIS

Yo, Fabián Enrique Bonilla Chiluisa con C.I. 0503255622 declaro que los resultados obtenidos y expuestos en el presente trabajo de investigación con el tema “ESTUDIO DE LA TENSIÓN DE PAPEL TISSUE EN LA EMPRESA FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO Y SU INCIDENCIA EN LA COMPACTACIÓN DEL PAPEL HIGIÉNICO”, son absolutamente de mi autoría; a excepción de las referencias bibliográficas que se incluyen en este texto.

Que los criterios emitidos en el trabajo de investigación así como también los contenidos, conclusiones, recomendaciones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor del presente trabajo.

Ambato, Octubre 2015

.....

Fabián Enrique Bonilla Chiluisa

0503255622

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a mis padres: Francisco y Gloria quienes me apoyaron incondicionalmente para lograr culminar mi sueño, brindándome todo el apoyo necesario durante mis años de estudios.

A mis abuelitos: Luis y Amelia que son ejemplo de superación, que siempre estuvieron apoyándome con sus consejos.

A mis hermanos: Francisco, Fernando y Fabricio, quienes me supieron dar ánimos y ayudarme en diferentes necesidades que se me presentaron en mi camino estudiantil.

A mis cuñadas: Erika y Maricela por ser ejemplo de perseverancia y apoyo permanente.

A mis sobrinos: Elián, Jeymili y Daniel por su ternura incondicional.

Fabián Enrique Bonilla Chiluisa

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro padre celestial por darme las fuerzas y sabiduría para lograr un objetivo más en la vida, y haberme dado la bendición de tener una familia en la cual tengo el apoyo incondicional.

A mis padres, abuelitos, hermanos, cuñadas y sobrinos por su apoyo incondicional brindado.

Mis más sinceros agradecimientos a quienes de alguna forma contribuyen en mi formación profesional llenando de nuevos conocimientos para poner en práctica en mi vida cotidiana.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA DE LA TESIS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO.....	VI
RESUMEN EJECUTIVO.....	XV

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO.....	4
1.2.3 PROGNOSIS.....	5
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES.....	6
1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.2.6.1 DELIMITACIÓN DE CONTENIDO.....	6
1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	6
1.2.6.3 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	6
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVO.....	7
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	8
2.1.1 ANTECEDENTES.....	8
2.1.2 TÉRMINOS BÁSICOS	9
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	10
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	10
2.4 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	11
2.4.1 DEFINICIÓN DE PAPEL	11
2.4.2 HISTORIA DEL PAPEL	12
2.4.2.1 ORIGEN DEL PAPEL.....	12
2.4.2.2 CHINOS: PIONEROS EN LA FABRICACIÓN DEL PAPEL	12
2.4.2.3 EXPANSIÓN DEL PAPEL	13
2.4.2.4 EUROPA: DE PAÍS EN PAÍS.....	14
2.4.3 PROPIEDADES DEL PAPEL.....	14
2.4.4 PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAPEL.....	15
2.4.4.1 PESO BASE O GRAMAJE	16
2.4.4.2 ESPESOR O CALIBRE DEL PAPEL.....	16
2.4.4.3 DENSIDAD APARENTE	18
2.4.4.4 EL VOLUMEN ESPECÍFICO O BULK.....	19
2.4.5 DESEMBOLADO DEL PAPEL.....	19
2.4.6 GOFRADO DEL PAPEL	21
2.4.7 REBOBINADO DEL PAPEL.....	22
2.4.8 CONTROL DE LA TENSIÓN	23
2.4.9 COMPORTAMIENTO DEL PAPEL AL APLICAR UNA TENSIÓN.....	24
2.4.10 DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TENSIÓN	24
2.4.11 LA TENSIÓN	25
2.4.12 IMPORTANCIA DEL CONTROL DE LA TENSIÓN	26
2.4.13 TIPOS DE CONTROL DE LA TENSIÓN.....	28
2.4.13.1 CONTROL MANUAL DE LA TENSIÓN.....	28

2.4.13.2 CONTROL DE TENSIÓN POR MEDIO DE LA MEDIDA DEL DIÁMETRO.....	29
2.4.13.3 MEDIDA DEL DIÁMETRO POR ULTRASONIDO.....	30
2.4.13.4 MEDIDA DEL DIÁMETRO POR CÁLCULO DE VELOCIDADES..	31
2.4.14 TENSIL.....	33
2.4.15 COMPACTACIÓN DEL PAPEL HIGIÉNICO	33
2.5 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	35
2.6 HIPÓTESIS.....	35
2.7 SEÑALAMIENTOS DE VARIABLES	35
2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	35
2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE	35

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE INVESTIGATIVO	36
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.2.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO	36
3.2.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	36
3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
3.3.1 INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA	37
3.3.2 INVESTIGACIÓN CORRELACIONAL.....	37
3.3.3 INVESTIGACIÓN EXPLICATIVA	37
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
3.4.1 POBLACIÓN.....	37
3.4.2 MUESTRA.....	38
3.5 OPERALIZACIÓN DE VARIABLES	39
3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	39
3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE	40
3.6 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	41
3.6.1 OBSERVACIÓN	41
3.6.2 DOCUMENTAL.....	41

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	41
3.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	42

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	43
4.1.1 PROCESO DE OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	43
4.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	45
4.2.1 ANÁLISIS DEL PAPEL TISSUE EN EL SISTEMA DE DESENROLLADO	50
4.2.2 ANÁLISIS DEL PAPEL TISSUE EN EL SISTEMA DE GOFRADO	61
4.2.3 ANÁLISIS DEL PAPEL TISSUE EN EL SISTEMA DE REBOBINADO	72
4.2.4 ANÁLISIS MECÁNICO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TENSIÓN	83
4.2.4.1 CÁLCULO PARA UNA FUERZA DE PAPEL DE 400 gf/50mm	83
4.2.4.2 CÁLCULO PARA UNA FUERZA DE PAPEL DE 350 gf/50mm	87
4.2.4.3 CÁLCULO PARA UNA FUERZA DE PAPEL DE 300 gf/50mm	90
4.2.4.4 CÁLCULO PARA UNA FUERZA DE PAPEL DE 250 gf/50mm	93
4.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	96
4.3.1 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA LONGITUDINAL EN SECO	96
4.3.2 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE ALARGAMIENTO LONGITUDINAL EN SECO	97
4.3.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE CALIBRE	98
4.3.4 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PESO BASE	99
4.3.5 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA TENSIÓN	100
4.3.6 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA COMPACTACIÓN	102
4.4 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	103

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	107
5.2 RECOMENDACIONES	108

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS	110
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	111
6.3 JUSTIFICACIÓN	111
6.4 OBJETIVO	112
6.4.1 OBJETIVO GENERAL	112
6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	112
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	112
6.6 FUNDAMENTACIÓN	112
6.6.1 CONCEPTO DE PROCEDIMIENTO	112
6.6.1.1 OBJETIVOS DE LOS PROCEDIMIENTOS	113
6.6.1.2 IMPORTANCIA DE LOS PROCEDIMIENTOS	113
6.6.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCEDIMIENTOS	113
6.6.1.4 BENEFICIOS DE LOS PROCEDIMIENTOS	114
6.6.2 CONTROL DE TENSIÓN POR BALANCÍN	114
6.7 METODOLOGÍA	117
6.7.1 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE TENSIÓN DE PAPEL TISSUE	117
6.7.1.1 INSTRUCTIVO DE LA RESISTENCIA LONGITUDINAL EN SECO Y ALARGAMIENTO LONGITUDINAL EN SECO DEL PAPEL TISSUE	119
6.7.1.2 INSTRUCTIVO DEL CALIBRE DE PAPEL TISSUE	122
6.7.1.3 INSTRUCTIVO DEL PESO BASE DE PAPEL TISSUE	124
6.7.1.4 REGISTRO DE LAS PROPIEDADES DE PAPEL TISSUE	126
6.7.1.5 INSTRUCTIVO DEL MONTAJE DE LA BOBINA DE PAPEL TISSUE	128

6.7.1.6 INSTRUCTIVO DE CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE TENSIÓN.....	130
6.7.1.7 REGISTRO DE LAS PROPIEDADES DE PAPEL HIGIÉNICO	132
6.8 ADMINISTRACIÓN	134
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	134
BIBLIOGRAFÍA.....	136

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Histograma Tensión Longitudinal Papel Tissue	1
Figura 1-2 Resistencia a la Tracción Longitudinal en Seco.....	2
Figura 1-3. Máquina Converting de Papel Tissue.....	3
Figura 1-4. Sección de bobinado de la máquina de Fabio Perini.....	3
Figura 1-5. Sección de Gofradores de la máquina de Fabio Perini.....	4
Figura 2-1. Manufactura de papel en la Antigua China.	13
Figura 2-2 Tamaño de espesor del papel.....	17
Figura 2-3. Desenrollador de Fabio Perini.....	20
Figura 2-4. Diagrama del recorrido típico del papel en un sistema de desenrollado	20
Figura 2-5. Diagrama del recorrido típico del papel en un sistema de gofrado	22
Figura 2-6. Vista lateral del recorrido del papel en el sistema de rebobinado	23
Figura 2-7. Dispositivo de control de la tensión	25
Figura 2-8. Aplicación de tensión a una banda de papel.....	26
Figura 2-9. Defectos por ausencia de tensión: rollos cóncavos y telescópicos.....	27
Figura 2-10. Control de la tensión en la zona de desbobinado	27
Figura 2-11. Control de tensión manual.....	28
Figura 2-12. Control de la tensión con brazo seguidor y medición de diámetro ..	29
Figura 2-13. Control de la tensión por ultrasonido y medición del diámetro	30
Figura 2-14. Control de tensión por cálculo de velocidad	32
Figura 2-15. Tensil electrónico	33
Figura 2-16. Compactímetro	34

Figura 2-17 Escala de Compactación.....	34
Figura 4-1. Valores típicos de resistencia de papel tissue.....	45
Figura 4-2. Componentes del tensil electrónico.....	46
Figura 4-3. Tensión v/s Elongación	47
Figura 4-4. Micrómetro Digital.....	48
Figura 4-5. Balanza Digital	48
Figura 4-6 Esfuerzo (Pa) - Alargamiento (%) Sistema de Desenrollado	60
Figura 4-7 Esfuerzo (Pa) - Alargamiento (%) Sistema de Gofrado.....	71
Figura 4-8 Esfuerzo (Pa) - Alargamiento (%) Sistema de Rebobinado.....	82
Figura 4-9 Diagrama de cuerpo libre del sistema de control de tensión.....	83
Figura 4-10 Comparación de RLS	96
Figura 4-11 Comparación de ALS	97
Figura 4-12 Comparación de Calibre	99
Figura 4-13 Comparación de Peso Base	100
Figura 4-14 Comparación de la Tensión.....	101
Figura 4-15 Comparación tensión v/s compactación.....	102
Figura 4-16 Análisis de la distribución t de student a la izquierda.....	104
Figura 4-17 Análisis de la distribución t de student a la derecha.....	104
Figura 6-1 Rodillo balancín	115
Figura 6-2 Partes que conforman el pistón neumático del rodillo balancín.....	115
Figura 6-3 Sistema de brazos del balancín.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Requisitos físicos, químicos y dimensiones para el papel higiénico	5
Tabla 4-1. Valores de RLS, ALS, Calibre y Peso Base Promedios en el Sistema del Desenrollador	57
Tabla 4-2 Valores de Esfuerzo - Alargamiento sistema de Desenrollado	60
Tabla 4-3. Valores de RLS, ALS, Calibre y Peso Base Promedios en el Sistema de Gofrado	68
Tabla 4-4 Valores de Esfuerzo - Alargamiento Sistema de Gofrado.....	71
Tabla 4-5. Valores de RLS, ALS, Calibre y Peso Base Promedios en el sistema de Rebobinado	79
Tabla 4-6 Valores de Esfuerzo - Alargamiento Sistema de Rebobinado.....	82
Tabla 4-7 Resultado del ensayo de RLS	96
Tabla 4-8 Resultados de ensayo ALS	97
Tabla 4-9 Resultados de ensayo Calibre	98
Tabla 4-10 Resultados de ensayo Peso Base.....	99
Tabla 4-11 Resultados de Tensión	100
Tabla 4-12 Resultados de la Tensión v/s Compactación	102
Tabla 6-1 Desglose de costo de la investigación	134

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
INGENIERÍA MECÁNICA

ESTUDIO DE LA TENSIÓN DE PAPEL TISSUE EN LA EMPRESA FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO Y SU INCIDENCIA EN LA COMPACTACIÓN DEL PAPEL HIGIÉNICO

Autor: Fabián Enrique Bonilla Chiluisa

Tutor: Ing. Mg. Cesar Arroba

Fecha: Octubre 10 de 2015

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo muestra la investigación realizada de la tensión de papel tissue, cuya finalidad es la de mejorar la compactación del papel higiénico, en la misma que se muestra las tablas y gráficas de los parámetros de variación de la resistencia y alargamiento longitudinal en seco, calibre y peso base de papel tissue que se realizan en los laboratorios de la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO basados en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1430 “Papeles y Cartones. Papel Higiénico. Requisitos” y Norma TAPPI T494 “Tensile Properties of Paper and Paperboard”. Para esto se determinan variaciones de la tensión de papel tissue en el sistema de desenrollado, gofrado y rebobinado en la máquina convertidora.

Para determinar la fuerza necesaria que estabiliza el sistema de control de tensión se realiza el análisis mecánico del sistema con diferentes resistencias de papel tissue para encontrar una compactación de 9 – 11 cm. Finalmente se muestra un procedimiento de calibración en el sistema de control de tensión del papel tissue en la máquina convertidora que pueden ser aplicados en sus demás líneas convertidoras de papel higiénico.

Palabras clave: Tensión, desenrollado, gofrado, rebobinado, papel tissue, sistema de control de tensión.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN

ESTUDIO DE LA TENSIÓN DE PAPEL TISSUE EN LA EMPRESA FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO Y SU INCIDENCIA EN LA COMPACTACIÓN DEL PAPEL HIGIÉNICO

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN

En las memorias del 14º Congreso Internacional Anual de la SOMIN Puebla – México, una investigación del Control Automático de la Tensión de la Cinta de Papel, en el cual se enfoca en el estudio de y análisis de los parámetros que contribuyen a la ruptura de la hoja de papel durante su proceso de manufactura.

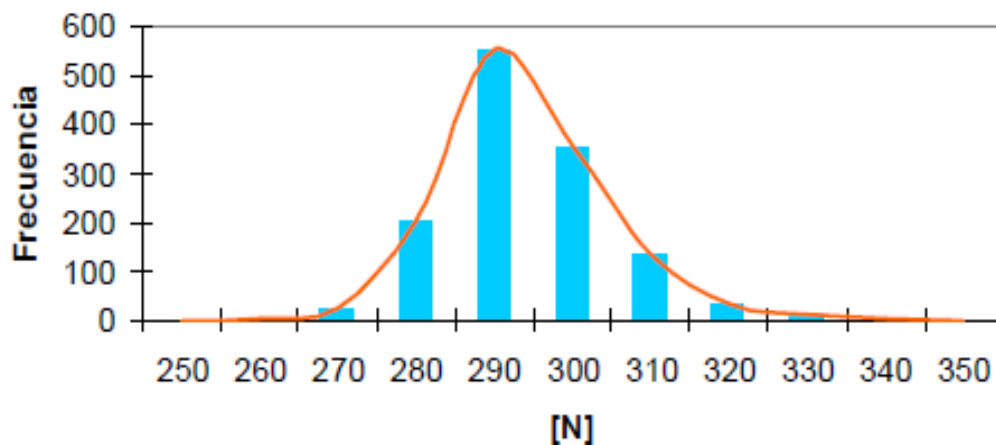


Figura 1-1 Histograma Tensión Longitudinal Papel Tissue

Fuente: Majewsk Tadeusz, 2008

En la Figura 1-1 muestra los datos de las tensiones longitudinales de la hoja de papel las cuales ocasionan la ruptura de la hoja, donde se obtuvieron valores pico- valle de dicha tendencia de 373,4 N respectivamente, con una media de 290 N. (Majewsk tadeusz, 2008, p.6)

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina en su informe de Análisis del Papel Higiénico en rollos presenta resultados de su experiencia y antecedentes de un conjunto de análisis y ensayos específicos para la evaluación, cuyas características (dimensiones, presentación, suavidad, resistencia, compactación y aspecto general).

De acuerdo con la norma NM - ISO 1924 – 2: 2001 se determinó la fuerza necesaria a aplicar a una probeta rectangular de papel para lograr su rotura o corte. Se expresa en unidades de fuerza N (Newton), por ancho de probeta (15 mm.). Las probetas para realizar el ensayo fueron cortadas de manera tal de no incluir marcas de pre corte en su longitud. Con este ensayo se mide la facilidad o dificultad para realizar un corte del papel durante el uso.

Marca	Presentación del producto	Resistencia a la Tracción Longitudinal en Seco N/15 mm.
A	5	3,89
B	2	3,73
C	2	2,34
E	4	2,70
	5	3,24
L	3	2,30
N	2	3,53

Figura 1-2 Resistencia a la Tracción Longitudinal en Seco

Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina, 2008

De los resultados obtenidos en los ensayos de la INTI se puede observar que al resistencia a la tracción en seco oscila entre 2,34 N/15mm y 3,89 N/15mm, el metraje de los rollos oscila entre 20 m y 50 m, la compactación varía desde los 6 cm a 11 cm de compactación. (INTI, 2008, p.8)



Figura 1-3. Máquina Converting de Papel Tissue

Fuente: www.papelerainternacional.com/painsa.php

FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO es una empresa dedicada al cuidado de la familia con sus principales marcas que son: familia institucional, nosotras, tena y pequeñín, esta empresa ubicada en la provincia de Cotopaxi en la parroquia Tanicuchi sector Lasso.

Tiene una capacidad de producción de 44 toneladas diarias de papel higiénico, en la actualidad en su línea principal Perini 10 ha estado constantemente en evolución.



Figura 1-4. Sección de bobinado de la máquina de Fabio Perini

Fuente: www.google.com.ec/search?q=maquinas+de+perini.com

Esta línea se consolida entre las primeras del mundo, siendo la única en Ecuador con proceso de reciclado y el más grande productor de papel tissue del país.



Figura 1-5. Sección de Gofradores de la máquina de Fabio Perini

Fuente: www.fabioperini.com/es/productos/concept-x.html

La línea convertidora consta de cuatro procesos y estos son: el gofrado, rebobinado, encolado y cortado. La especificaciones del logs de papel higiénico son: longitud total del rollo o metraje de 19,32 – 20,36 m y con una compactación de 9 - 11 cm.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO es una empresa con larga trayectoria en la conversión de papel a todo tipo de presentación (rollos, servilletas y toallas interfoldeadas), también se dedica a la producción de pañales “pequeñín” y toallas femeninas “nosotras” que le ha permitido obtener un posicionamiento adecuado y mayor participación dentro del mercado nacional, incrementando su producción bajo requerimientos de utilidad, capacidad y calidad exigidas por el cliente.

Sim embargo, la empresa no cuenta con un estudio de la tensión de papel tissue y como incide directamente con la compactación del papel higiénico, esto hace que es estudio se factible, ya que en los laboratorios de calidad se cuenta con los instrumentos necesarios para la obtención de dichas variables.

Con su línea convertidora, fabrica dos tipos de papel higiénico (familia aroma y familia acolchamax), a continuación se describe en la tabla 1-1. Los requisitos

físicos, químicos y dimensiones para el papel higiénico que se encuentran regidos con la norma INEN 1430 “Papeles y cartones. Papel higiénico. Requisitos”.

Tabla 1-1 Requisitos físicos, químicos y dimensiones para el papel higiénico

Fuente: NTE INEN 1430

GRADO				
CARACTERISTICAS	SIMPLE		DOBLE	
	MIN	MAX	MIN	MAX
Gramaje en g/m ²	20	24	17	20
Humedad del papel (%) Máximo	5	5	5	5
Resistencia a la tracción KN/m	0,033			
Longitudinal	0,9	--	0,7	--
Elongación	%	11	--	--
Tiempo absorción 0,001 cm ³ de agua	2	50	2	50
Valor de pH	6	8	6	6

1.2.3 PROGNOSIS

En el caso de que el presente proyecto de investigación no se realice, no se contará con datos exactos de la tensión de papel tissue que requiera la Perini 10 en la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO, esto conlleva a mantener los índices actuales de gofrado y compactación en los rollos producidos de papel higiénico.

Además tendiendo índices elevados de compactación del papel higiénico tienden las empacadoras a tener problemas como empaques mal sellados y empaques mal formados.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué mejora en la compactación del papel higiénico se puede obtener al realizar el análisis de la tensión en el papel tissue en la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

¿Cuáles serán los parámetros que intervienen en la tensión del papel tissue en la máquina Perini 10?

¿Cómo se determinará la tensión del papel tissue en la máquina Perini 10?

¿Cómo variará la tensión del papel tissue en la salida del sistema de desenrollado con la tensión de la salida del sistema de gofrado en la máquina Perini 10?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.6.1 DELIMITACIÓN DE CONTENIDO

ÁREA: Ingeniería Mecánica

CAMPO: Diseño Mecánico

1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL

El trabajo de investigación se lo realizará en los espacios físicos de la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO específicamente en la línea principal Perini 10 y en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.2.6.3 DELIMITACIÓN TEMPORAL

El presente trabajo de investigación se desarrollará durante los meses comprendidos entre enero del 2015 a junio del 2015.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El estudio del control de la tensión de papel en las líneas convertidoras busca determinar los rangos de calibración y puntos adecuados que permita el control visual sobre los procesos de desenrollado, gofrado, laminado y rebobinado; los mismos dependen de la variación de calibre o espesor, porcentaje de elongación y la resistencia longitudinal en seco, mejorando así las características finales del

producto como: el diámetro, imagen o presentación, compactación, inicio y fin del ciclo de rebobinado, altura, corte y empaque final.

Con este estudio se reduce el desperdicio por rollos de alta compactación, evitando que las empacadoras sufran modificaciones para un mejor rendimiento.

Adicionalmente se espera mejorar el rendimiento de la línea debido a que el control de la tensión permitirá reducir la ruptura de la hoja durante el proceso y por consecuencia reducir los tiempos de paros.

Otro aspecto que justifica el estudio es la factibilidad técnica y económica para la elaboración de las probetas para los ensayos a realizar, por ende es asequible para la empresa y el autor.

1.4 OBJETIVO

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar la tensión del papel tissue en la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO para mejorar la compactación del papel higiénico.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los parámetros que intervienen en la tensión del papel tissue en la máquina Perini 10.
- Determinar la tensión del papel tissue en la máquina Perini 10 a la salida del sistema de desenrollado, gofrado y rebobinado.
- Evaluar la variación de la tensión del papel tissue en la salida del sistema de desenrollado con la tensión de la salida del sistema de gofrado en la máquina Perini 10.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1.1 ANTECEDENTES

En otros países existen muchos trabajos relacionados con el estudio de la tensión, entre estos, se conocen siguientes:

Tadeusz Majewski, en su intervención en el 14° Congreso Internacional Anual de la SOMIN realizado del 17 al 19 de septiembre del 2008, Puebla – México, con el tema Control Automático de la Tensión de la Cinta de Papel el cual muestra el cambio de la tensión de cinta y las vibraciones en el sistema son resultados de la excentricidad de la bobina, dicho artículo se enfoca en el estudio y análisis de los parámetros que contribuyen a la ruptura de la hoja de papel durante el proceso de manufactura.

Nelson Manuel García Gonzales, en su tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico presentada en el Instituto Politécnico Nacional, bajo el tema Rediseño de la Máquina Rebobinadora de Papel Higiénico en la Empresa ATECPA S.A. de C.V. realizada en 2011 presenta el estudio de la tensión del papel higiénico con simple y doble hoja en la rebobinadora y muestra unos valores de compactación del papel higiénico.

El Instituto Nacional de Tecnología Industria con el Programa Pruebas de desempeño de Productos con el tema Informe de Análisis del Papel Higiénico en rollos realizado el 12 de mayo de 2008, Buenos Aires – Argentina, el cual muestra las evoluciones de los ensayos de resistencia y alargamiento longitudinal en seco,

y la compactación de papel higiénico en función de diversos tipos de papel higiénico.

En Ecuador, los trabajos que se pueden encontrar al respecto son los que se expone a continuación:

Alex Vinicio Quishpe Llive Y Diego Miguel Plazarte cumbal, en su tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico presentada en Universidad Politécnica Salesiana, bajo el tema Diseño y Construcción de una Máquina Cortadora Rebobinador de Rollos de papel, realizada en 2014 presenta el estudio de un factor importante que es la tensión del papel. Dicha tensión es controlada por ejes tensores por el cual cruz el trayecto del papel antes de ser cortado y posteriormente rebobinado.

2.1.2 TÉRMINOS BÁSICOS

RLS: resistencia longitudinal en seco; es la fuerza con la que se fractura en papel en una determinada muestra.

ALS: alargamiento longitudinal en seco, es el porcentaje que alargamiento que tiene el papel hasta llegar a fracturarse totalmente.

TAPPI: asociación técnica de la industria de pulpa y papel.

PLI: libras por pulgada lineal de anchura

Desenrollado: deshacer la forma de cilindro o rollo de algo que está arrollado y es el primer paso de la línea de procesamiento.

Gofrado: es un proceso que consiste en producir un relieve en el papel por el efecto de la presión.

Rebobinado: enrollar el papel hasta crear un rollo del diámetro requerido.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

EL presente proyecto de investigación se fundamentará en el paradigma crítico propositivo, ya que las características de este paradigma permitirán ser flexibles en cuanto a consideraciones de aplicar normas existentes y métodos de análisis que a la presente investigación amerite.

Esta investigación nos permitirá una correcta aplicación, interpretación, comprensión y explicación de las variables involucradas en este proyecto de investigación para considerar las técnicas y normas que se pueden aplicar en el análisis de tensión del papel tissue durante el transcurso investigativo del tema a estudiar.

De acuerdo al paradigma propuesto en esta investigación se podrá plantear distintas soluciones al presente estudio, siempre y cuando nos enfoquemos a un desarrollo de fácil comprobación y poder proporcionar una correcta comprensión de todo el problema.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Para el desarrollo del trabajo se realizará de acuerdo a las siguientes normas:

- **Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 003 - 1989 Código de Dibujo Técnico – Mecánico**

Este código establece las disposiciones referentes a la representación en dibujos de piezas mecánicas y sus conjuntos. El presente Código resume las normas técnicas más recientes sobre dibujo técnico, particularmente las normas ISO, (International Organization for Standardization) y está en completa conformidad con éstas. Este Código responde a la necesidad de ofrecer un compendio de material actualizado, a fin de unificar los criterios sobre dibujo técnico en el país y facilitar de esta manera su correcta interpretación y utilización. (NTE INEN 003,1989, p.4)

- **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1430 – 2014**

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el papel higiénico que se aplica al papel con fines sanitarios en sus distintas presentaciones.

- **Norma Mexicana NMX-N-106-SCFI -2010**

La presente norma mexicana es elaborada por un interés compartido de la cadena productiva para relacionar y definir de forma breve, clara y precisa las categorías de las diferentes calidades de materiales fibrosos de papel recuperados más comúnmente comercializados en el mercado nacional, de acuerdo a sus características, ya sean de cartón, cartoncillo, papel, archivos, viruta o productos relacionados.

2.4 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.4.1 DEFINICIÓN DE PAPEL

El papel es una estructura obtenida en base a fibras vegetales de celulosa, las cuales se entrecruzan formando una hoja resistente y flexible. Estas fibras provienen del árbol y, según su longitud, se habla de fibras largas de aproximadamente 3 milímetros (generalmente obtenidas de pino u otras coníferas) o de fibras cortas de 1 a 2 milímetros (obtenidas principalmente del eucalipto). (Papet, 2011, p.1)

Según el proceso de elaboración de la pulpa de celulosa, ésta se clasifica en mecánica o química, cada una de las cuales da origen a diferentes tipos de papel en cuanto a rigidez y blancura. (Educación.ucv, 2012, p.1)

Dependiendo del uso final que se le dará al papel, en su fabricación se utiliza una mezcla de los diferentes tipos de fibras, las que aportarán sus características específicas al producto final.

Así, un papel para fabricar sacos de cemento en que su resistencia es muy importante, se fabrica con fibras largas, en cambio un papel para escribir, en que su resistencia no es un atributo clave, pero si su formación, textura y opacidad, se fabrica principalmente con fibras cortas. (Consultoresfca, 2008, p.1)

Dentro de las tendencias actuales, las que se enmarcan dentro del crecimiento sustentable, el reciclado de papel ha tomado hoy una importancia preponderante y es así como los últimos proyectos de papel para periódicos, tissue, papeles para corrugar e incluso papel para sacos se están produciendo con materia prima reciclada, logrando valores semejantes a los productos vírgenes. (Educación.ucv, 2012, p.1)

2.4.2 HISTORIA DEL PAPEL

2.4.2.1 ORIGEN DEL PAPEL

El vocablo papel “papyrus”, en latín, alude a la planta egipcia *Cyperus papyrus*, de la familia de las Ciperáceas, cuyas hojas sirvieron como soporte de escritura a los egipcios, griegos y romanos entre el 3.000 a C. y el siglo V d.C.

Los egipcios obtenían el papiro de una planta del mismo nombre (llamada thuf en el antiguo Egipto), caracterizada por sus hojas largas, tallos blandos de parte inferior muy gruesa y sección triangular. La médula del papiro era consumida como alimento una vez hervida y también se usó en la elaboración de un material similar al papel. (Papet, 2011, pág. 2)

En Egipto se fabricó el papiro a partir de capas estiradas de la médula, las que se ordenaban en forma transversal. Esta pulpa se impregnaba de agua, se prensaba y se secaba; una vez seca, se frotaba contra una pieza de marfil o una concha lisa para darle más suavidad a su textura. El tamaño fluctuaba entre los 12,5 x 12,5 cm y entre los 22,5 x 37,5 cm. Cada hoja se unía a otra, formándose rollos de entre 6 y 9 metros, aunque se han encontrado de longitud superior a los 40 m. (Educación.ucv, 2012, p.1)

2.4.2.2 CHINOS: PIONEROS EN LA FABRICACIÓN DEL PAPEL

En el año 105 d.C., el señor T'sai Lun, que era un empleado del emperador chino Ho Ti, fabricó por primera vez un papel, desde una pasta vegetal a base de fibras de caña de bambú, morera y otras plantas, dando origen al papel que conocemos hoy. T'sai Lun emprendió esta tarea siguiendo órdenes expresas del emperador,

quien le ordenó buscar nuevos materiales para escribir sobre ellos. Durante 500 años la técnica de la elaboración del papel perteneció sólo a los chinos, quienes la guardaron celosamente durante ese largo período. (Papet, 2011, p.1)



Figura 2-1. Manufactura de papel en la Antigua China.

Fuente: www.absolut-china.com

2.4.2.3 EXPANSIÓN DEL PAPEL

Alrededor del 600 d.C. el papel llegó a Corea y Japón, países en los cuales se comenzó a fabricar en forma manual, de acuerdo a la antigua tradición; coreanos y japoneses fueron perfeccionando paulatinamente este sistema.

En el año 750 d.C. los conocimientos para la fabricación del papel llegaron al Asia Central, el Tibet y la India. Posteriormente los árabes, en su expansión hacia el oriente, se familiarizaron con los métodos de producción del papel de escribir y crearon molinos de papel en Bagdad, Damasco, El Cairo y más tarde en Marruecos, España y Sicilia. (Papet, 2011, p.2)

Los árabes no tenían fibras frescas, de manera que para producir papel extrajeron la materia prima de sus antiguas alfombras; luego usaron harneros hechos de caña y fabricaron hojas delgadas recubiertas con pasta de almidón. Este papel era de apariencia fina y resistía muy bien la escritura.

Al entrar en Europa, los árabes introdujeron en ese continente el secreto de la fabricación del papel; países como Italia y España desarrollaron rápidamente este descubrimiento.

2.4.2.4 EUROPA: DE PAÍS EN PAÍS

En Europa, el ejemplar escrito en papel es una carta árabe que data del año 806, la que se conserva en Holanda, en la Biblioteca Universitaria de Leyden. Antes de la aparición del papel, los europeos utilizaban el pergamino, producido de delgadas capas de piel de vaca, oveja o cabra.

La primera fábrica de papel europea se estableció en España, cerca del año 1150. Durante los siglos siguientes la técnica se extendió a la mayoría de los países de Europa; a mediados del siglo XV, con el invento y la introducción de la imprenta de tipos móviles, la impresión de libros pudo hacerse a más bajo costo y fue un gran estímulo para la fabricación de papel. (Papet, 2011, p.3)

El aumento en el uso del papel durante los siglos XVII y XVIII motivó una escasez de telas y trapos, únicas materias primas satisfactorias que conocían los papeleros europeos; intentaron introducir diversos sustitutos pero ninguno dio buenos resultados.

También se intentó reducir el costo del papel a través de una máquina que reemplazara el proceso de fabricación manual. (Educación.ucv, 2012, p.3)

2.4.3 PROPIEDADES DEL PAPEL

Los productos del papel deberían caracterizarse y comercializarse sobre la base de nomenclaturas y métodos de pruebas normalizados, con objeto de estar seguros de que al tratar sobre productos de papel y valores de pruebas, sean en un mismo lenguaje. (Papet, 2011, p.3)

Desafortunadamente, no se emplean las mismas normas universales, sin embargo, en la medida en que se especifiquen las fuentes de las normas, las negociaciones

se llevaran a cabo y las investigaciones científicas se documentaran con un mínimo de ambigüedad y malas interpretaciones. (Educación.ucv, 2012, p.5)

Las normas que contralan para las pruebas y definiciones más empleadas relacionadas con el papel, son las TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry), pero no manejan parámetros de calidad.

La gran variedad de tipos de papeles y sus propiedades requiere de un alto número de métodos de prueba. Algunas propiedades son importantes para cualquier tipo de papel, como el peso base y el espesor, y los métodos para su medición son de uso generalizado. Otros métodos se han desarrollado para asegurar el comportamiento adecuado de papeles especiales y tienen una aplicación limitada. (Consultoresfca, 2008, p.1)

2.4.4 PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAPEL

Las propiedades físicas que se obtienen de las pruebas físicas son las que nos proporcionan mayor información sobre la calidad del papel y nos dan base para estimar cómo será su comportamiento durante la transformación y el uso para el cual está destinado.

Es conveniente dividir las pruebas físicas del papel en cinco grupos para su mayor entendimiento, estos son:

Propiedades mecánicas y de resistencias, entre las más importantes están:

- Peso base o gramaje
- Espesor o calibre
- Densidad aparente
- Bulk (Volumen específico aparente)
- Resistencias a tensión, rasgado, explosión, doblez, elongación, rigidez y estabilidad dimensional. (Damour, 2004, p.30)

2.4.4.1 PESO BASE O GRAMAJE

Se denomina peso base al peso en gramos de un metro cuadrado de papel, (también se acostumbra llamarle gramaje).

El peso (masa) afecta todas las propiedades físicas del papel por lo que es indispensable llevar un control cuidadoso de estas características durante la fabricación de cualquier tipo de papel, para asegurar su uniformidad. La mayoría de los equipos pueden ajustarse para utilizar papel de varios pesos. (Good & Roisum, 2008, p.69)

Determinación del peso base:

La determinación del peso base, consiste en pasar varias hojas de dimensiones conocidas y calcular su peso en gramos por metro cuadrado. Para realizar esta medición se emplean básculas o balanzas.

Por consiguiente es muy importante la calibración del instrumento para pesar, con exactitud las dimensiones de las muestras de prueba.

Dentro de este marco de ideas se muestra gráficamente como afecta algunas propiedades en el cambio del peso base de un papel determinado. (Papelería Internacional, 2010, p.1)

2.4.4.2 ESPESOR O CALIBRE DEL PAPEL

El espesor del papel, también llamado calibre es una propiedad muy importante desde el punto de vista de la transformación y el uso final del papel. Su importancia se debe a que al variar el espesor, el manejo del papel en algunas máquinas se dificulta; además se ven afectadas casi todas las propiedades físicas.

En atención a lo expuesto, se define como la distancia perpendicular que existe entre las dos caras del papel, bajo condiciones específicas. Su valor se expresa en mm, micras y puntos, que son milésimas de pulgadas. (Papelería Internacional, 2010, p.1)

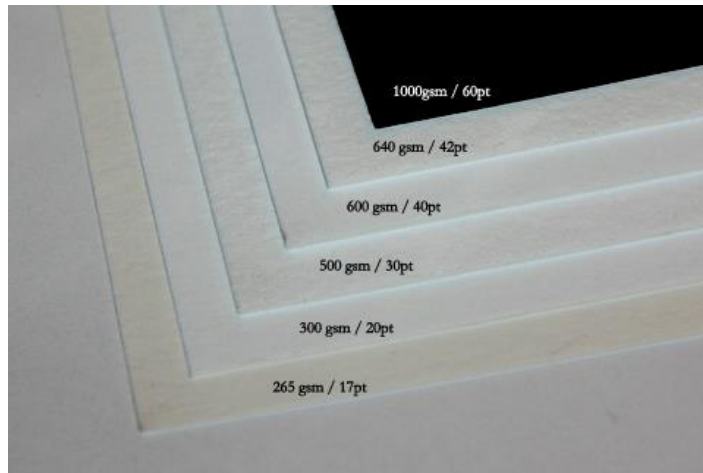


Figura 2-2 Tamaño de espesor del papel

Fuente: www.breathingcolor.com/blog/third-party-paper-printing/

En el caso de los papeles de impresión, las variaciones de espesor en la hoja, tienen como consecuencia diferencias de intensidad en el color de la tinta impresa, debidas a una presión irregular en el momento de la transferencia. Lógicamente, si el punto de impresión está regulado a una presión determinada, las zonas de papel que tienen mayor espesor sufrirán una mayor presión, en cambio las de menor espesor sufrirán una menor presión, cosa que hará que el espesor de la película de tinta transmitida varíe de acuerdo con dicha presión. Además, la mayor presión existente en las zonas de mayor espesor, provocará una mayor penetración del vehículo de la tinta en el cuerpo del papel, con lo que puede disminuir la opacidad en esa área. (Consultoresfca, 2008, p.1)

Determinación del espesor del papel:

La obtención del espesor del papel se realiza por medio de micrómetros, que son aparatos en lo que se coloca la muestra, entre dos caras circulares, planas y paralelas entre sí, una de las cuales se fija y la otra tiene movimiento en dirección perpendicular a la primera, bajo condiciones controladas de presión y velocidad. El área mínima de las caras no debe ser menor de 160 mm. (15mm de diámetro). Normalmente se reporta en milímetros, micras o puntos. El procedimiento se describe con todo detalle en el método estándar TAPPI T 411. (Instron, 2008, p.1)

Factores de conversión de unidades:

Puntos x 0.0254 = mm.

Punto x 25.4 = micras

Punto x 0.001 = pulgadas

mm. x 39.37 = puntos

mm. x 0.039 = pulgadas

mm. x 1000 = micras.

2.4.4.3 DENSIDAD APARENTE

La densidad del papel es probablemente la propiedad fundamental más importante, esta propiedad nos proporciona información sobre la estructura de la hoja y está relacionada con la mayoría de las propiedades del papel, especialmente: porosidad, rigidez, dureza y resistencia, aunque de hecho influye en todas las propiedades ópticas y físicas, excepto el peso base, también afecta la absorción y la facilidad para ser impreso.

La densidad aparente del papel se ve afectada por muchos factores, que se pueden dividir en tres grupos:

- a) Factores que afectan el número de uniones entre fibras, entre estos son importante el diámetro y la flexibilidad de las fibras, el grado de refinación el prensado de la hoja húmeda. (Educación.ucv, 2012, p.6)
- b) La presencia de materiales que llenan los vacíos en la hoja, las principales son: cargas encolantes y almidón.
- c) El calandrado.

La densidad del papel es su peso por unidad de volumen, se calcula dividiendo el peso base en g/m entre el espesor en micras. Es correcto utilizar el término densidad aparente, debido a que se incluye el volumen el aire que existe en el papel, atrapado entre las fibras.

Algunos valores normales de densidad aparente del papel en g/cm. van de 0.5 en papeles voluminosos hasta 0.75 para papeles con alto número de uniones (más comprimidos), como el bond. Algunos papeles como el couché, tienen densidades de 1.0 g/cm o mayores. La celulosa tiene una densidad de 1.5, lo que indica que la mayoría de los papeles no recubiertos, contienen más del 50% de aire. (Cominter, 2013, p.1)

2.4.4.4 EL VOLUMEN ESPECÍFICO O BULK

El volumen específico o bulk, es la reciprocidad de la densidad, o sea, el volumen en cm de 1 gramo de papel. En algunos casos se acostumbra utilizar bulk, cuando se trata de papeles voluminosos, pero puede considerarse un equivalente de la densidad aparente y lo que influye. Esta propiedad es importante para los fabricantes de libros, ya que si hay variaciones de consideración, tendrán diferentes groesos de libros, causando problemas en su encuadernación, también es una propiedad importante en papeles absorbentes y crepados. (Papelera Internacional, 2010, p.1)

Fórmula para calcular densidad aparente y bulk.

- Densidad aparente g/cm^3 es igual al Peso base g/m^2 (dividido entre) espesor micras.
- Bulk cm^3/g es igual a 1 (dividido entre) densidad.

2.4.5 DESENROLLADO DEL PAPEL

El desenrollador es la máquina que recibe y desenrolla las bobinas, el primer paso de la línea de procesamiento. La tensión correcta del papel y un cambio de bobina rápido son los dos elementos clave para un proceso eficiente.



Figura 2-3. Desenrollador de Fabio Perini

Fuente: www.fabioperini.com

El desenrollado comienza una vez que han colocado dos bobinas de 1,5 toneladas aproximadamente de peso en el desenrollador de la máquina, ambos deberán ser desenrollados a una velocidad y tensión constante. Para esto, una vez que posicionada la bobina, se recarga sobre bandas colocadas tangencialmente al diámetro de la misma; las bandas iniciarán su movimiento. Desde el desenrollador las hojas de ambos rollos viajarán separadamente hasta llegar a los rodillos del sistema gofrador. (Perini, 1999, p.12)

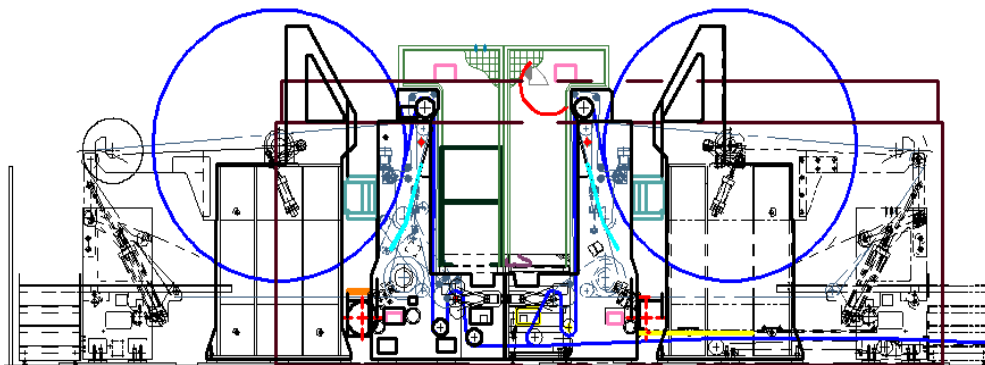


Figura 2-4. Diagrama del recorrido típico del papel en un sistema de desenrollado

Fuente: www.perinijournal.com/Items/es-ES/Articoli/PJL-41

En la figura 2-4 la línea azul describe el recorrido del papel y se puede observar que viaja por distintos rodillos guías donde el papel varía su tensión.

2.4.6 GOFRADO DEL PAPEL

Posteriormente ambas hojas viajan a través de rodillos banana (reciben este nombre por su apariencia curva como la de un plátano) antes de pasar por el sistema de gofrado para eliminar las arrugas y garantizar una doble o triple hoja suave y uniforme, precisamente la curvatura de un rodillo banana es la que estira uniformemente el papel para ingresar adecuadamente a los rodillos de gofrado.

Al entrar al sistema de gofrado, las hojas superior e inferior entran al mismo tiempo a los rodillos conocidos como gofradores. Un sistema de gofrado consiste de dos rodillos de acero, dos rodillos de caucho, un rodillo anilox, un rodillo cliché y un rodillo presor.

La función del rodillo anilox es transmitir la goma hacia el rodillo chicle, este después pasa la goma a la hoja del papel que entra por la parte superior del sistema de gofrado previamente la hoja ya ha pasado el rodillo de caucho superior y el rodillo metálico superior, al mismo tiempo la otra hoja de papel viaja por la parte inferior del sistema de gofrado que previamente ha pasado el rodillo de caucho inferior y el rodillo metálico inferior.

Al momento que se juntan las dos hojas o tres hojas el rodillo presor comienza a ejercer presión sobre el rodillo metálico superior para que exista un mejor laminado o fijación de hojas. (Perini, 2014, p.31)

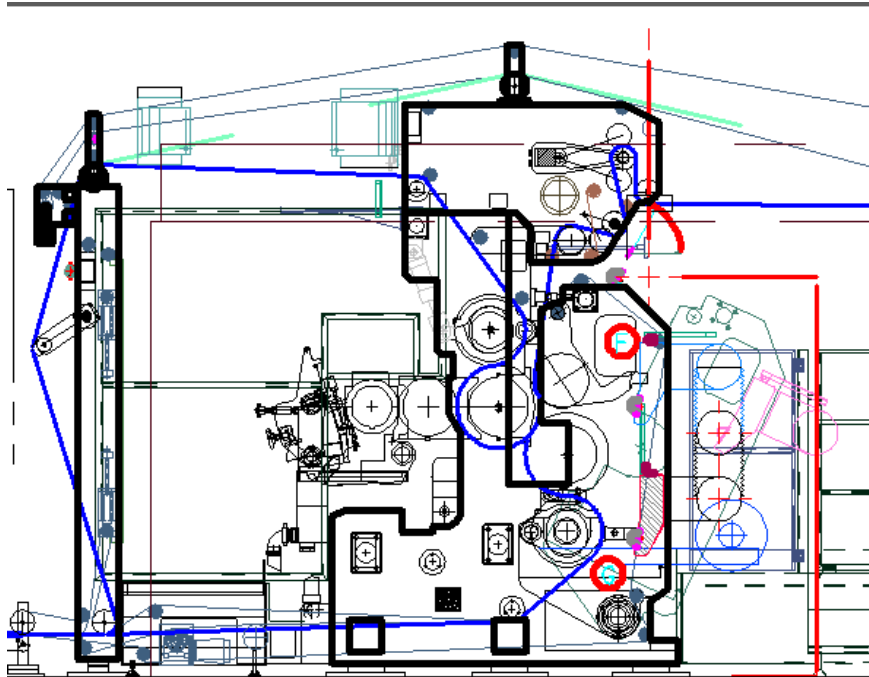


Figura 2-5. Diagrama del recorrido típico del papel en un sistema de gofrado

Fuente: www.perinijournal.com/Items/es-ES/Articoli/PJL-41

En la figura 2-5 la línea azul describe el recorrido del papel y se puede observar que viaja por el sistema de gofrado pasando por todos los rodillos gofradores, cliché, presor guías, danzarines y bananas.

2.4.7 REBOBINADO DEL PAPEL

Una vez la hoja sale del sistema de gofrado viaja hacia la rebobinadora donde se volverá a bobinar hasta crear un rollo del diámetro requerido, previamente a este proceso la hoja de papel pasa nuevamente por unos rodillos bananas, al momento que se bobina la hoja de papel se obtiene un producto conocido como log o tronco. Este nuevo log será cortado dependiendo a las especificaciones del producto. (Perini, 2007, p.24)

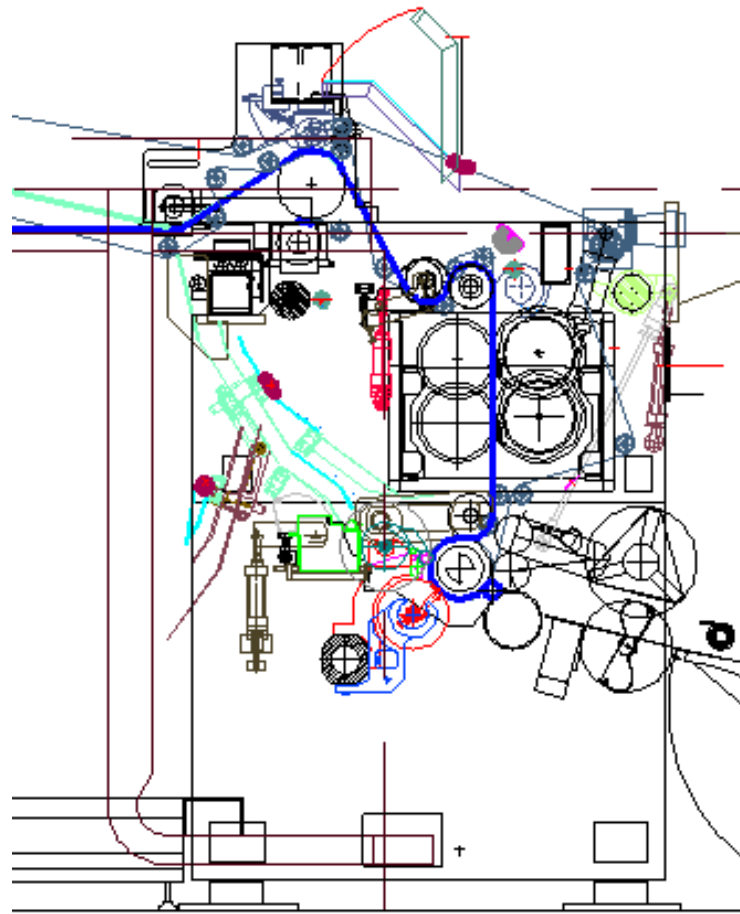


Figura 2-6. Vista lateral del recorrido del papel en el sistema de rebobinado

Fuente: www.perinijournal.com/Items/es-ES/Articoli/PJL-41

2.4.8 CONTROL DE LA TENSIÓN

Uno de los principales elementos a considerar en una máquina convertidora de papel es el control de la tensión, ya que de esta depende que el proceso de rebobinado tenga las características deseadas. Para esto se estudiará la incidencia de la tensión en el proceso de rebobinado.

La óptima calidad de rebobinado es el resultado de una tracción firme y constante del papel durante todo el proceso mientras circula a lo largo de los rodillos tensores, ésta fuerza de tracción se la denomina tensión del papel.

Los principales factores que afectan a la bobina son: la tensión, el flujo y el módulo de elasticidad del papel. Todos están interrelacionados y la alteración de uno de ellos afecta a los otros.

El módulo de elasticidad se encuentra establecido por la estructura física o composición del papel.

Ignorando el deslizamiento, afirmamos que la velocidad superficial de los rodillos traccionados determina la velocidad del papel. Una variación de la velocidad superficial se produce cuando el diámetro de los cilindros se altera, por lo que teóricamente la tensión cambiaría, sin embargo la tensión se la puede controlar por métodos que se explicarán. (Consultoresfca, 2008, p.1)

El papel es un material elástico debido a su composición o naturaleza, gracias a ello resiste la tracción, deformándose longitudinalmente igual que una banda elástica, este estiramiento se denomina módulo de elasticidad del papel, se estira bajo la acción de una fuerza y recupera su dimensión original cuando la fuerza deja de actuar. No obstante, su recuperación no es perfecta ya que parte del estiramiento es permanente, hecho que complica el control o ajuste de la tensión.

Este módulo, depende de la composición o naturaleza del papel y varía de acuerdo con su estructura físico-química, contenido de masa, compresión de las fibras, tipo y contenido de cargas minerales, contenido de humedad, éstos pueden variar durante la fabricación, pueden existir variaciones del módulo de elasticidad en diferentes áreas de una misma bobina. (Consultoresfca, 2008, p.1)

2.4.9 COMPORTAMIENTO DEL PAPEL AL APLICAR UNA TENSIÓN

Variaciones en la velocidad durante el bobinado, variaciones en la masa de papel, bobinas excéntricas, ovaladas o cónicas, causan variaciones de tensión durante el bobinado, para evitar esto, se utiliza rodillos compensadores cuya función es compensar esas variaciones y son importantes puntos de control de la tensión. (Consultoresfca, 2008, p.1)

2.4.10 DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TENSIÓN

En la actualidad los sistemas de control de tensión incorporan los dispositivos compensadores (denominados bailarines).

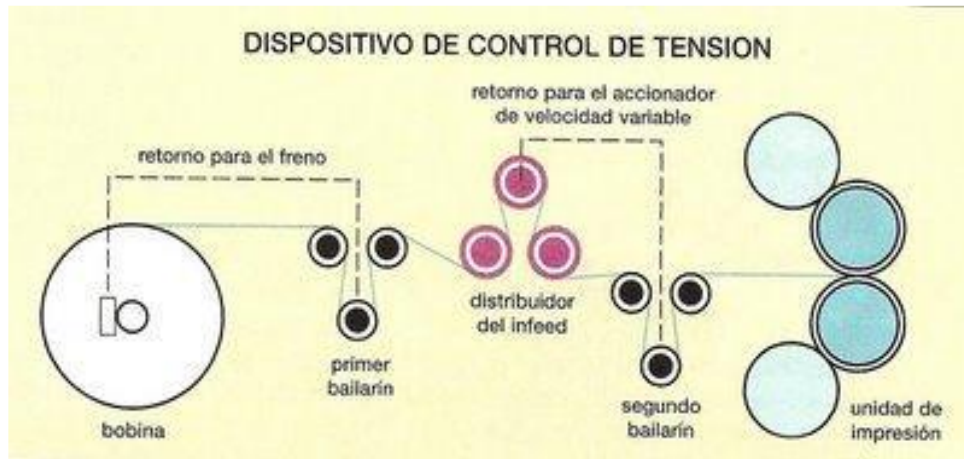


Figura 2-7. Dispositivo de control de la tensión

Fuente: www.consultoresfca.blogspot.com

Otros sistemas actúan directamente en el eje de desbobinado aplicando un freno o un embrague.

2.4.11 LA TENSIÓN

La tensión es la fuerza que se aplica a una banda continua de material en la dirección longitudinal de la máquina, se mide en Newton por metro lineal (NML) en el sistema internacional o en libras por pulgada lineal en el sistema inglés.

$$\text{NML} = \text{tensión total (N)} / \text{ancho de la banda de papel (m)}$$

La tensión total aplicada a una banda de papel se puede definir como el estiramiento que alcanza al colgar un peso del borde de la banda. La tensión total en el papel será igual al valor del peso. Entonces, un NML será igual al peso dividido para el ancho de la banda. (Consultoresfca, 2008, p.1)

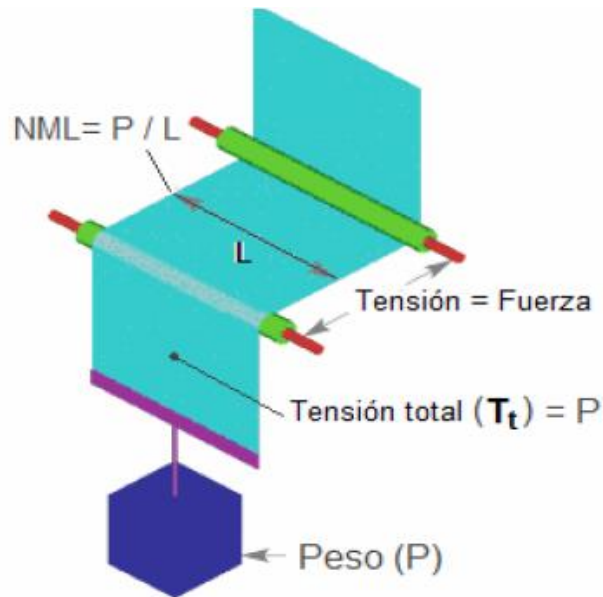


Figura 2-8. Aplicación de tensión a una banda de papel
 Fuente: www.consultoresfca.blogspot.com

2.4.12 IMPORTANCIA DEL CONTROL DE LA TENSION

Como ya se explicó anteriormente, la tensión es un factor determinante en el proceso de bobinado, por lo que sin la aplicación de la tensión adecuada entre todos los rodillos guías y los rodillos impulsores de la máquina, no se garantiza la dirección y el control apropiado en este proceso.

Además esta tensión ayuda a que la alineación de los rodillos respecto a la banda de papel en todo el trayecto del proceso sea perpendicular, por lo que si la tensión no es suficiente perderá esta perpendicularidad tendiendo a que la faja de papel se deslice sobre la superficie de los rodillos empujadores de un lado hacia el otro, o si la tensión necesitada es excesiva puede provocar sobre estiramiento del papel, obteniendo la formación de rollos con defectos como rollos telescópicos, rollos cóncavos, rollos arrugados, etc. (Consultoresfca, 2008, p.1)

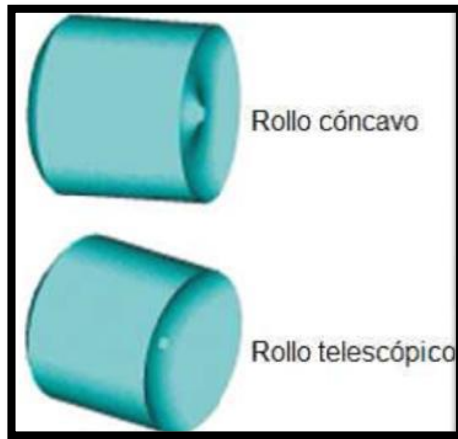


Figura 2-9. Defectos por ausencia de tensión: rollos cóncavos y telescópicos

Fuente: Damour Jeff, 2004

El esfuerzo de torsión requerido para proporcionar una determinada tensión a una banda de papel es la tensión total medida sobre la banda por el radio del rollo, es decir que el torque que controla al eje desbobinador debe decrecer proporcionalmente con el radio del rollo desbobinado y de esta manera mantener constante la tensión, y en el caso del bobinado, el torque que controla el eje bobinador debe incrementarse proporcionalmente con el radio del rollo bobinado.

La tensión en las zonas de bobinado y desbobinado es muy dinámica, ya que los diámetros de los rollos cambian constantemente, por lo tanto el torque y la velocidad deben ser ajustadas continuamente. (Damour, 2004, p.88)

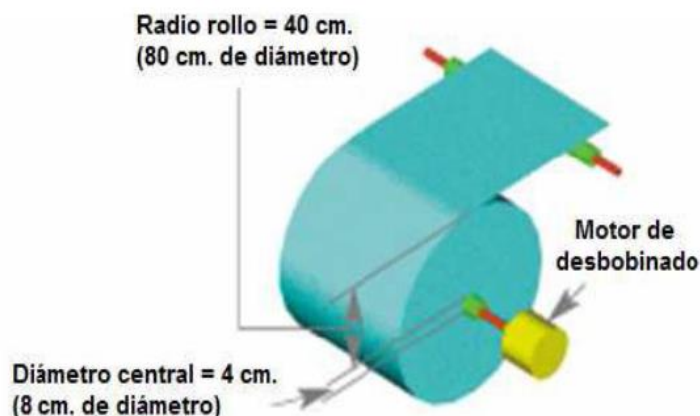


Figura 2-10. Control de la tensión en la zona de desbobinado

Fuente: Damour Jeff, 2004

La tensión y la velocidad en las zonas intermedias son estables, ya que los diámetros de los rodillos guías e impulsores no cambian.

2.4.13 TIPOS DE CONTROL DE LA TENSIÓN

2.4.13.1 CONTROL MANUAL DE LA TENSIÓN

Entre estos se tiene:

- Potenciómetro que regula el torque de un motor.
- Control del torque de salida a través de un embrague de partículas magnéticas.
- Control del torque de salida a través de un embrague neumático o manual.

Estos dos últimos sistemas son menos precisos de todos los tipos de control, ya que se deja a criterio del operador la regulación de la tensión. Debido al constante cambio de los diámetros, las zonas de desbobinado y bobinado son las que presentan mayor dificultad al momento de controlar la tensión manualmente. (Damour, 2004)

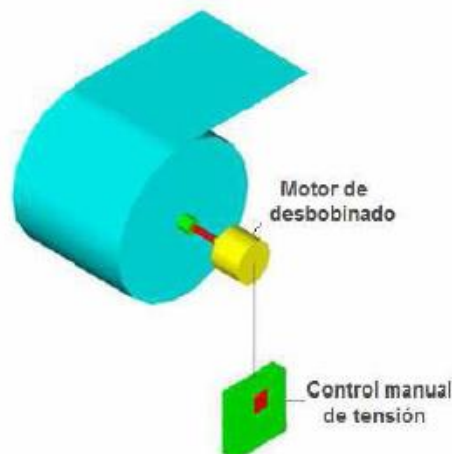


Figura 2-11. Control de tensión manual

Fuente: Damour Jeff, 2004

2.4.13.2 CONTROL DE TENSIÓN POR MEDIO DE LA MEDIDA DEL DIÁMETRO

Este tipo de sistemas regulan el torque proporcional al aumento del diámetro del rollo bobinado o al decrecimiento del rollo desbobinado, una desventaja de estos sistemas es que no controlan la tensión en la zona intermedia de la máquina.

Medición del diámetro con brazo seguidor

Este sistema consta de una rueda o rodillo que sigue el crecimiento o decrecimiento del diámetro del rollo, ésta rueda está montada a un brazo pivotante con un dispositivo de detección que generalmente es un potenciómetro, o un sensor de proximidad. Este sensor envía una señal al control para que este regule el torque del motor o embrague. (Damour, 2004, p.88)

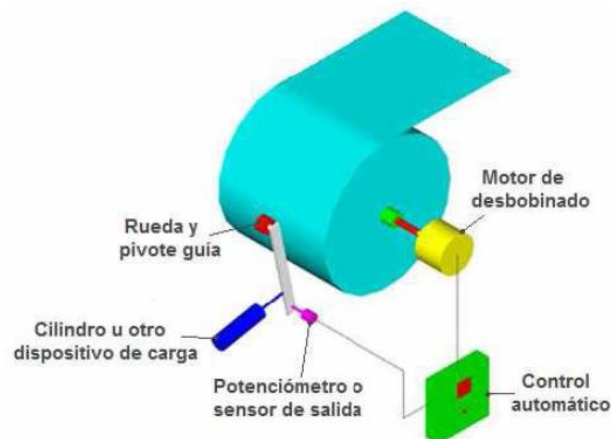


Figura 2-12. Control de la tensión con brazo seguidor y medición de diámetro

Fuente: Damour Jeff, 2004

Ventajas:

- Control simple
- Económico.
- De fácil instalación.

Desventajas:

- No tiene compensación de rollos descentrados.

- El brazo seguidor interfiere en el cambio de rollos.
- No es versátil, ya que necesita varias modificaciones cuando se quiere procesar bobinas de mayor tamaño.
- Ya que es un sistema mecánico necesita mayor cantidad de mantenimientos.
- El material debe estar en contacto directo con el brazo seguidor, lo cual no es recomendable para materiales delicados.

2.4.13.3 MEDIDA DEL DIÁMETRO POR ULTRASONIDO

El sensor ultrasónico emite una señal que incide en la superficie del rollo, rebotando en este y regresando al sensor, un control lógico mide el tiempo que tarda la señal en recorrer la distancia entre el diámetro externo del rollo y el sensor, determinando así el radio.

Conociendo la variación del diámetro del rollo, se puede variar el torque del eje conductor. (Tjwlater associates, 2008, p.1)

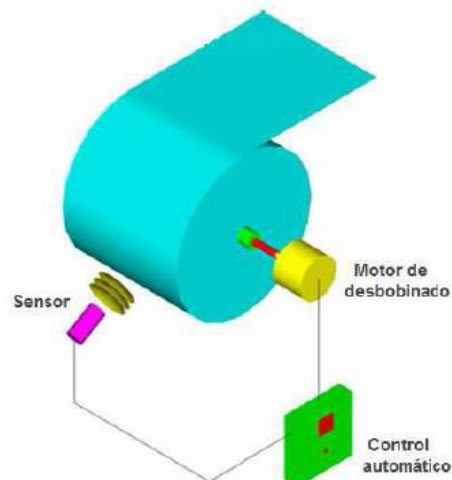


Figura 2-13. Control de la tensión por ultrasonido y medición del diámetro

Fuente: Damour Jeff, 2004

Ventajas:

- Económico, sencillo y fácil de instalar.
- Este sistema tiene compensación para rodillos descentrados.

- El sensor puede ser montado en cualquier lugar de la máquina facilitando las maniobras del operador.
- No tiene partes mecánicas que se desgasten.
- No existe contacto con el material.

Desventajas:

- Cualquier objeto que interfiera la señal entre el diámetro externo del rodillo y el transductor afecta el funcionamiento.
- Es necesario una calibración electrónica cada vez que se varíe la capacidad del rollo.
- Es necesario que el sensor se encuentre perpendicular a la línea de centro del rollo, si se encuentra desviado no funcionaría correctamente.
- Algunos materiales tienen la propiedad de absorber señales de ultrasonido, si la señal no vuelve al sensor, no funcionará.

2.4.13.4 MEDIDA DEL DIÁMETRO POR CÁLCULO DE VELOCIDADES

Este control utiliza sensores en el eje bobinador o desbobinador y en el rodillo impulsor o en uno de los rodillos guías, los cuales detectan las RPM de cada uno.

La velocidad de la máquina es constante y las velocidades del rollo bobinador y desbobinador varían relativamente con el diámetro del rollo, comparando éstas velocidades con la velocidad constante de la máquina, el diámetro del rollo puede ser calculado. (Tjwlater associates, 2008, p.1)

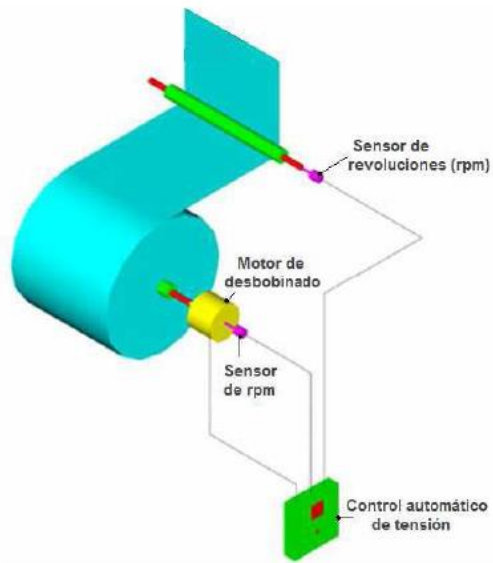


Figura 2-14. Control de tensión por cálculo de velocidad

Fuente: Damour Jeff, 2004

Ventajas:

- Relativamente económico.
- Fácil de instalar.
- Permite aumentar la capacidad de los rollos bobinados o desbobinados, ya que sólo se varía la posición del sensor y se calibra a la nueva posición.
- No tiene partes mecánicas que se desgasten.
- No interfiere en el montaje y desmontaje de los rollos.

Desventajas:

- Es un control de lazo abierto, no controla la tensión por medio del valor de tensión en la banda, solo controla la tensión midiendo el diámetro del rollo, asumiendo que todas las condiciones que afectan a la banda son correctas.
- Solo se puede controlar las zonas de bobinado y desbobinado, excluyendo la zona intermedia.
- El control lógico es más complejo comparado con los otros sistemas.

2.4.14 TENSIL

Tensil es una máquina universal de ensayo con indicación digital de la carga y el desplazamiento, dichas máquinas están diseñadas para ensayos de distintos materiales como el caucho, plásticos, cables, cuero, papel, madera contrachapada y los metales. La tensión, la compresión, la curva y las pruebas de flexión se pueden realizar en estas máquinas con los apretones y los accesorios adecuados. Los componentes críticos son chapados para evitar la corrosión y durabilidad.

Para nuestra utilidad el tensil realiza la medición de la absorción de energía por tracción de papel y se define como el área bajo la curva de carga-elongación (es decir, energía) en relación con la superficie de papel entre mordazas. Este resultado se utiliza normalmente para caracterizar la capacidad de absorción de energía del papel, y el uso de un microprocesador o un ordenador para calcular la energía, simplifica en gran medida la reducción de datos. (Instron, 2008, p.1)



Figura 2-15. Tensil electrónico

Fuente: www.neocitec.com.mx

2.4.15 COMPACTACIÓN DEL PAPEL HIGIÉNICO

La compactación del papel higiénico es la unión y apriete del papel tissue, bajo parámetros requeridos de producto final, esto se realiza soltando una fuerza hacia el papel para ver cuánto se deforma, y viene dada en cm.

Para medir la compactación se realiza un ensayo con el compactímetro, está formado de una estructura en la parte superior donde se coloca una pesa de cobre de 600 gr, y su unidad es el centímetro de compactación.



Figura 2-16. Compactímetro

Fuente: www.camaracastellon.com/elvi/COMPACTÍMETRO

Factor de conversión de unidades

$$1 \text{ cm de compactación} \times 2,14 = \text{mm}$$

Ejemplo: Transformar 9 cm de compactación a mm

$$9 \text{ cm comp} \left| \frac{2,14 \text{ mm}}{1 \text{ cm comp}} \right| = 19,26 \text{ mm}$$

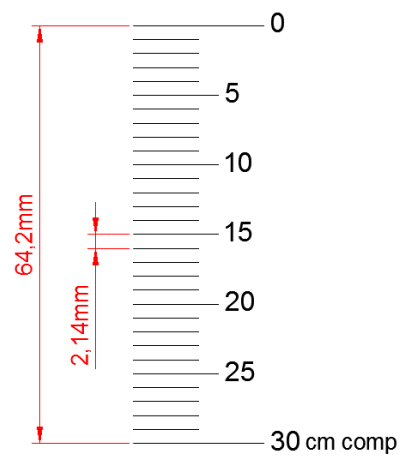
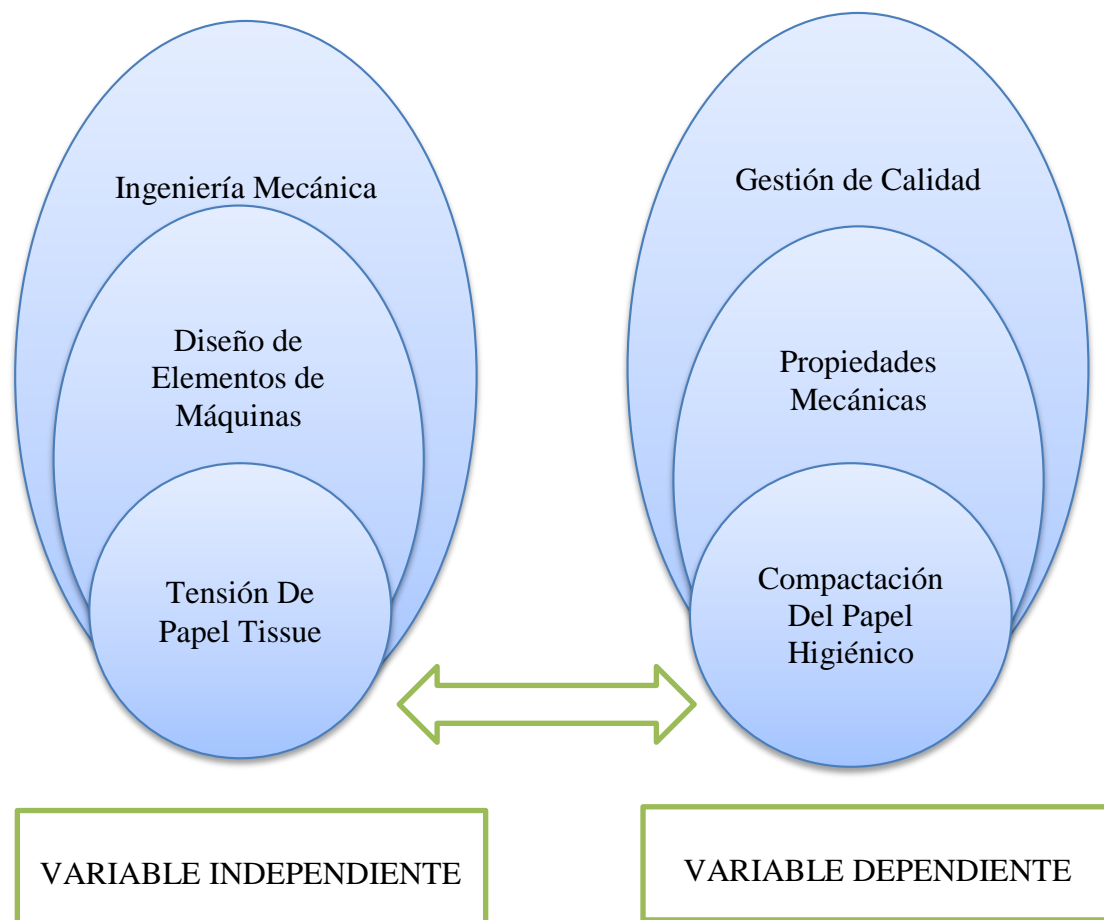


Figura 2-17 Escala de Compactación

Fuente: El autor

2.5 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



2.6 HIPÓTESIS

El estudio de la tensión de papel tissue mejorará la compactación del papel higiénico en la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO

2.7 SEÑALAMIENTOS DE VARIABLES

2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Tensión de papel tissue

2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Compactación del papel higiénico

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE INVESTIGATIVO

En el presente trabajo de investigación se enfocó a lo cuantitativo; ya que en todo el análisis de la tensión del papel tissue existen diferentes subdivisiones que requiere la descripción de la cualidad para medir su grado de aceptación, en nuestro caso la compactación del papel higiénico.

Los análisis de resultados obtenidos se manejaron con tablas, gráficas de barras y gráficas de dispersión de datos.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Se eligió la investigación de campo porque se evaluó la realidad para recabar información sobre el problema a ser investigado.

Al tener acceso al sector se recopiló información suficiente para realizar un estudio sistemático de los hechos, en el lugar y momento en el que ocurren, facilitando la documentación y veracidad de los datos.

3.2.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Esta investigación se realizó bajo esta modalidad debido que la información requerida para el presente estudio se obtuvo de fuentes primarias como libros, tesis, artículos de internet, entre otras; mientras que las fuentes secundarias fueron publicaciones y/o artículos técnicos en las áreas de diseño de elementos de máquinas.

3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1 INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA

La investigación exploratoria se utilizó para establecer los datos relevantes de la situación actual relacionando causas y efectos de la falta de un análisis de la tensión del papel tissue.

3.3.2 INVESTIGACIÓN CORRELACIONAL

La investigación correlacional se utilizó para relacionar las variables independiente y dependiente que nos ayudaron para la solución del problema planteado anteriormente. Para desarrollar este trabajo fue necesario conocer o identificar que variable causa u ocasiona el defecto o falta de compactación.

3.3.3 INVESTIGACIÓN EXPLICATIVA

Consistió en explicar el desarrollo del conocimiento, razón por la cual el rigor científico se constituyó en el pilar fundamental para su ejecución. Esta investigación permitió dar una explicación del porqué del comportamiento de las variables, lo cual implica un esfuerzo por parte del investigador y una gran capacidad de análisis, síntesis e interpretaciones, en este problema específico buscó orientar a identificar las causas principales del efecto producido en la compactación del rollo de papel higiénico en la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 POBLACIÓN

En estadística e investigación se denomina población a un grupo de personas u objetos que poseen una característica común, ya sean profesionales, operarios, obreros, etc., que laboran en una planta.

La población sobre la cual versa el proyecto de investigación está constituida por las bobinas de papel tissue que se producen diario (44 toneladas/día) que se usan para el proceso de conversión a papel higiénico en la máquina convertidora.

3.4.2 MUESTRA

Para este caso se obtuvo una población infinita, considerando una desviación estándar de 58,54% obtenida de las resistencias longitudinales en seco de un registro de datos que se muestra en el anexo 1, con un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 95%.

Por tener un universo infinito se utilizará la ecuación 3-1:

$$n = \frac{ZS^2}{E^2} \quad \text{Ecuación 3-1}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

Z = Nivel de confiabilidad de 95 % de certeza

S = Desviación estándar de un registro de datos

E = Error de muestreo de 40

$$n = \frac{(1,96)^2 * (58,54)^2}{45^2}$$

$$n = \frac{13164,9}{2025}$$

$$n = 6,5 = 7 \text{ muestras}$$

3.5 OPERALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Tensión de papel tissue

39

CONCEPTOS	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>La tensión del papel tissue es la fuerza que se aplica a una banda continua de papel en la dirección longitudinal de la máquina, se mide en gf/50mm.</p>	<p>Ensayo de tensión</p>	<p>Resistencia y alargamiento longitudinal en seco</p> <p>Peso base</p> <p>Calibre o espesor</p>	<p>300 - 1000 gf/50mm</p> <p>$33 \pm 1 \text{ g/m}^2$</p> <p>$\geq 0,09 \text{ plg}$</p>	<p>Observación</p> <p>Ficha de campo</p> <p>Guías de chequeo de papel tissue</p>

3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Compactación del papel higiénico

40

CONCEPTOS	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>La compactación del papel higiénico es la unión y apriete del papel tissue, bajo parámetros requeridos de producto final, esto se realiza soltando una fuerza hacia el papel para ver cuánto se deforma.</p>	<p>Ensayo de compactación</p>	<p>Resistencia a la compactación</p>	<p>< 9 cm comp. = 9 – 11cm comp. > 11 cm comp.</p>	<p>Observación Ficha de campo Guías de chequeo de papel tissue.</p>

3.6 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

De acuerdo al desarrollo de la operalización de variables se recolecto la información por medio de la siguiente técnica con sus respectivos instrumentos:

3.6.1 OBSERVACIÓN

Para lo cual se tomó notas de todo lo que se consideró necesario, para describir y analizar los hechos de significación especial que aportaron a conocer una base informativa suficiente.

3.6.2 DOCUMENTAL

Para la recolección de información, se procedió a la toma de información de los ensayos que intervienen en la tensión de papel tissue, además de la compactación del papel higiénico. Los instrumentos en que se apoyó para la investigación fueron cuadernos de notas, registros históricos, fichas de campo, publicaciones y las guías de chequeo de papel tissue.

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los datos que obtuvieron de los ensayos de las probetas del papel tissue se procesaron mediante:

Tablas, fichas de recolección de información y fotografías que permitieron la tabulación de los datos de acuerdo a los parámetros que interviene en la tensión del papel tissue y la compactación del papel higiénico.

Relación porcentual con respecto al total de los indicadores, con el resultado numérico y con esta herramienta se elaboraron cuadros de resultados.

Representación de los resultados a través de gráficas estadísticas y curvas que permitieron identificar las propiedades del papel tissue por ejemplo: esfuerzo – deformación para el papel tissue en el sistema de desenrollado, gofrado y rebobinado.

3.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se analizaron los resultados de los ensayos de resistencia y alargamiento longitudinal en seco, calibre y peso base del papel tissue y el ensayo de compactación del papel higiénico, con base a la recolección de datos, tabulación y análisis de resultados se determinaron la tensión adecuada para la línea convertidora.

Finalmente conocida la tensión adecuada para el sistema y la compactación del papel higiénico que se encuentre dentro del rango establecido de 9 – 11 cm com, se comprobó la hipótesis con la varianza estadística t de student para el establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

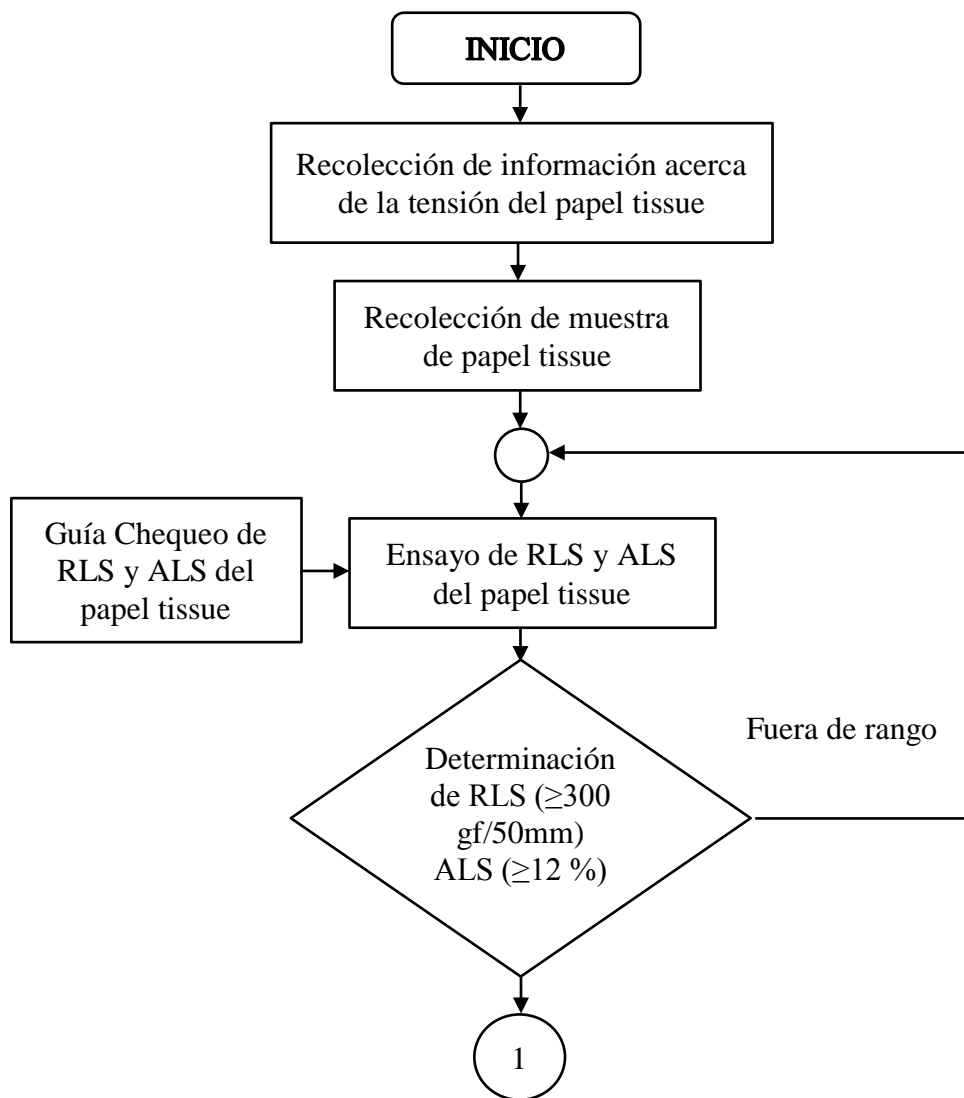
CAPÍTULO IV

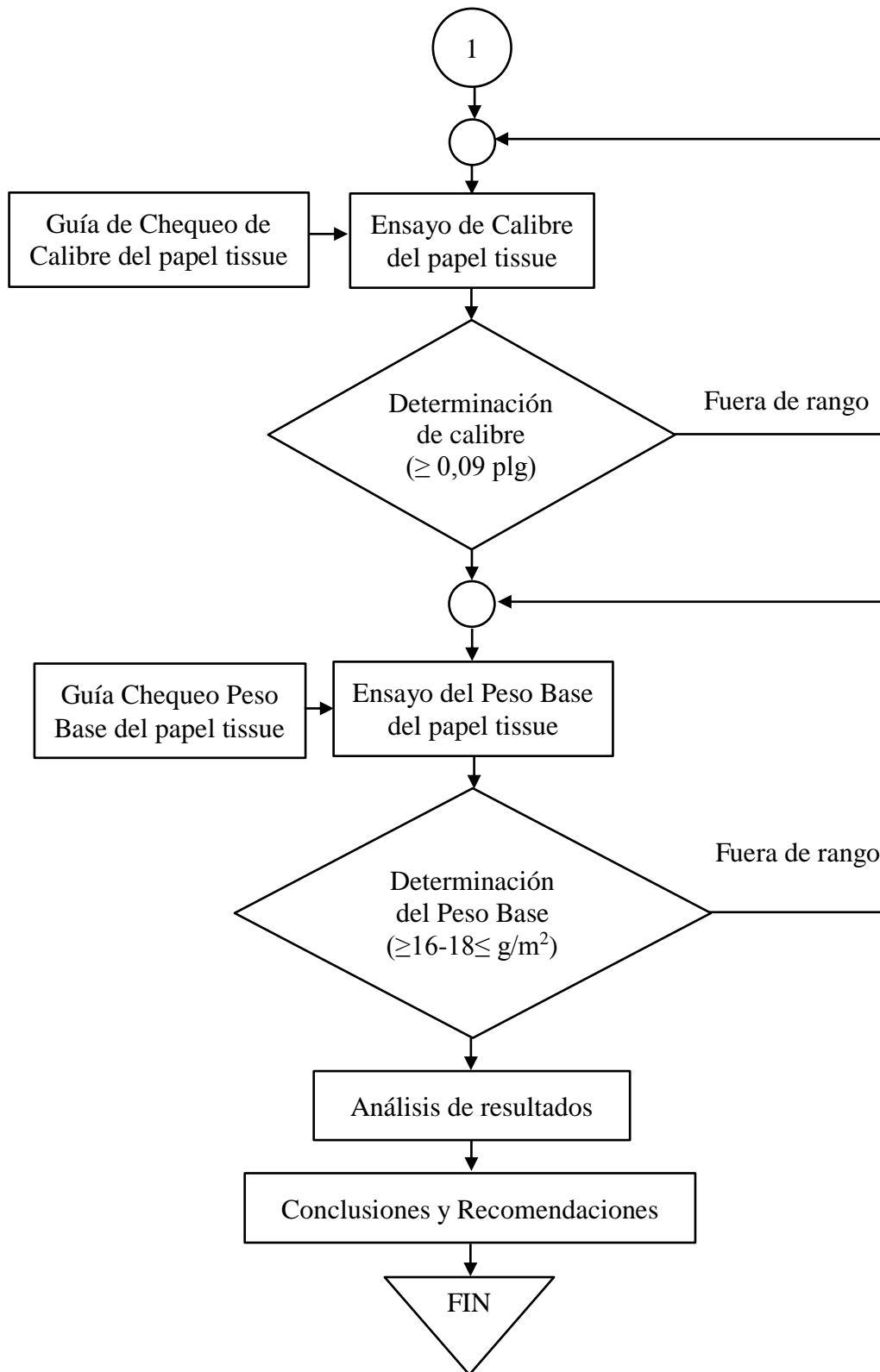
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.1 PROCESO DE OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el siguiente diagrama de flujo se muestra el proceso de obtención de resultados el cual ha sido adoptado para el análisis de la tensión de papel tissue y su incidencia en la compactación del papel higiénico.





4.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En la información encontrada a lo largo de la investigación se puede decir que los parámetros más importantes para la tensión del papel tissue son:

a) La Resistencia y Alargamiento Longitudinal en Seco

Es una de las principales propiedades del papel, la mayoría de los papeles requieren poseer una determinada resistencia para poder soportar el tratamiento que se le dará al producto en su uso cotidiano. Sin embargo, aun cuando estas actividades no requieran de grandes resistencias, el papel debe ser capaz de soportar los procesos envueltos en la fabricación del producto. La resistencia es el esfuerzo máximo a tensión obtenido durante una prueba de tensión hasta la ruptura bajo condiciones prescritas en el anexo 3 “Guía de Chequeo de la Resistencia Longitudinal en Seco y Alargamiento Longitudinal en Seco del Papel Tissue”

El esfuerzo es expresado como la fuerza por unidad del ancho de la muestra a prueba, y su unidad es (N/m) y para el alargamiento su unidad viene dada en porcentaje (%). Existen máquinas en el mercado que calculan también la elongación total de la muestra así como la gráfica de esfuerzo deformación de la que se puede obtener el módulo de elasticidad.

En nuestro se utilizó el tensil electrónico de marca Instron 2519 que se encuentra calibrado bajo estándares de calidad que se muestra en el Anexo 2 “Certificado de calibración”.

Papel Tissue 18 g/m ²	MD	CD
Resistencia a la tracción (kN/m)	0,11	0,033

Figura 4-1. Valores típicos de resistencia de papel tissue

Fuente: Normas TAPPI T 494

Donde:

MD: resistencia longitudinal a la tracción

CD: resistencia transversal a la tracción

En la figura 4.2 se muestra las partes del tensil electrónico serie 2519.

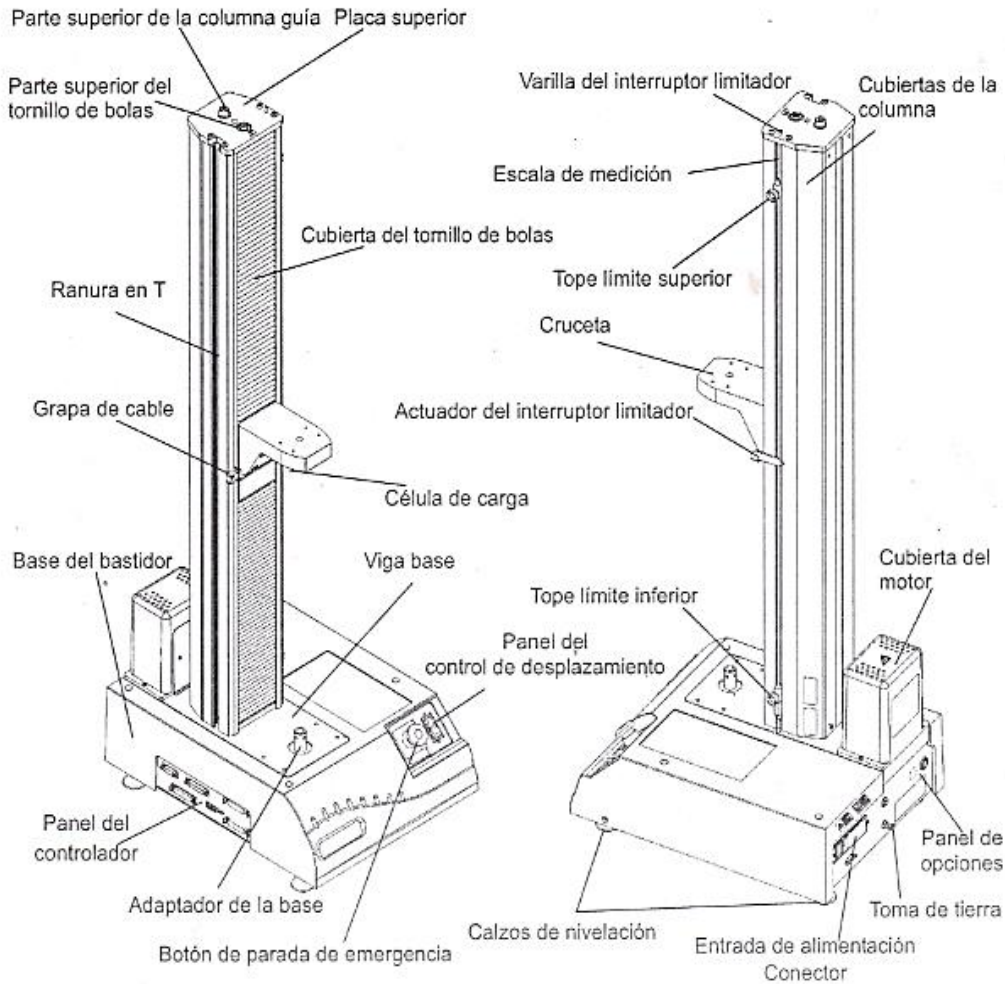


Figura 4-2. Componentes del tensil electrónico

Fuente: Manual de Tensil Electrónico Serie 2519

En un ensayo de tracción, el papel presenta el comportamiento indicado en la figura 4-3, una zona elástica y una zona no elástica. La resistencia a la tracción y la elongación son los valores máximos alcanzados en el ensayo. La absorción de energía en rotura por tracción (Área bajo la curva tracción-elongación), depende

de la capacidad de soportar la tensión y de la capacidad de deformación del papel. Ambas pueden ser necesarias en la fabricación del papel o en su posterior uso.

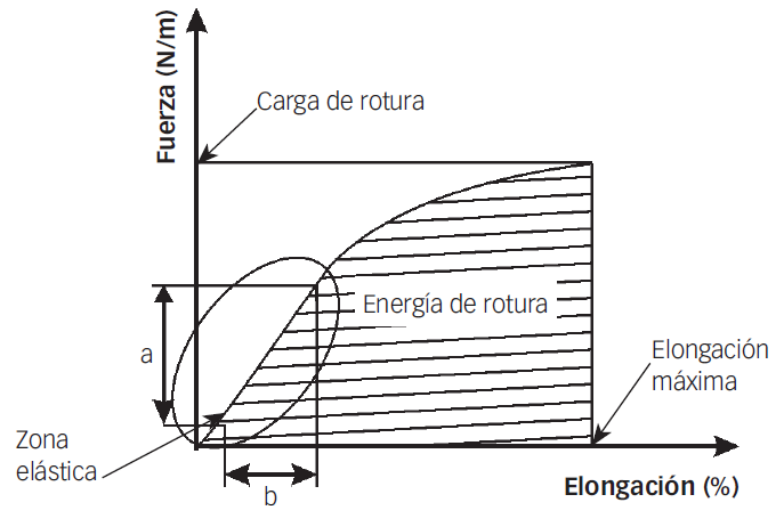


Figura 4-3. Tensión v/s Elongación

Fuente: Zanuttini M, 2008

b) Calibre

El calibre o espesor es una propiedad importante de papel, cartón o tablero combinado, y variaciones en el espesor también son importantes sobre todo para papeles y cartones de papel utilizados para fines mecánicos. Esta prueba es útil para el trabajo de investigación, control de rutina, el diseño de productos de uso final, y para las pruebas de aceptación de conformidad con las especificaciones. El espesor es una de las características importantes que afectan a la rigidez y la flexión.

Todo tipo de papel es compresible y viscoelástico y por lo tanto su espesor depende del nivel y velocidad de la presión o carga aplicada. Para papeles en general se usan presiones estándar de 50 o 100 kPa. Esto es inadecuado para un papel tissue, para el cual se usan presiones menores a 2,0 kPa. La operación de conversión del papel en un producto final como rollos o servilletas puede variar notoriamente el espesor.

Los pasos a seguir para realizar el ensayo de calibre de papel tissue se encuentra en el anexo 4 “Guía de Chequeo del Calibre del Papel Tissue”



Figura 4-4. Micrómetro Digital

Fuente: www.directindustry.es/prod/testing-machines-inc/micrometros-.html

c) Peso Base

Peso base es el peso fijo designado de 24 hojas, medido en gramos, en tamaño de hoja básica de ese papel. Es importante tener en cuenta que el tamaño básico hoja no es la misma para todos los tipos de papel, los pasos a seguir para realizar el ensayo de peso base de papel tissue se encuentra en el anexo 5 “Guía de Chequeo del Peso Base del Papel Tissue”



Figura 4-5. Balanza Digital

Fuente: www.abcpedia.com/basculas-balanzas/laboratorio.html

Se utilizó las siguientes ecuaciones para encontrar el valor de la tensión, esfuerzo y módulo de elasticidad para las distintas muestras de papel tissue.

- Ecuación de la tensión de papel tissue

$$T = \frac{F}{w} \quad \text{Ecuación 4-1}$$

Dónde: T: es la tensión aplicada al papel tissue

F: es la fuerza longitudinal

w: es el ancho de la hoja de papel tissue

- Ecuación del esfuerzo de papel tissue

$$\sigma = \frac{F}{t * w} \quad \text{Ecuación 4-2}$$

Dónde: σ : es el esfuerzo que existe en el papel tissue

F: es la fuerza longitudinal

t: es el ancho de la hoja de papel tissue o más conocido como el calibre

w: es el ancho de la hoja de papel tissue

- Ecuación del módulo de elasticidad

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad \text{Ecuación 4-3}$$

Dónde: E: es el módulo de elasticidad de papel tissue

σ : es el esfuerzo que existe en el papel tissue

ϵ : es el alargamiento longitudinal en seco

4.2.1 ANÁLISIS DEL PAPEL TISSUE EN EL SISTEMA DE DESEENROLLADO

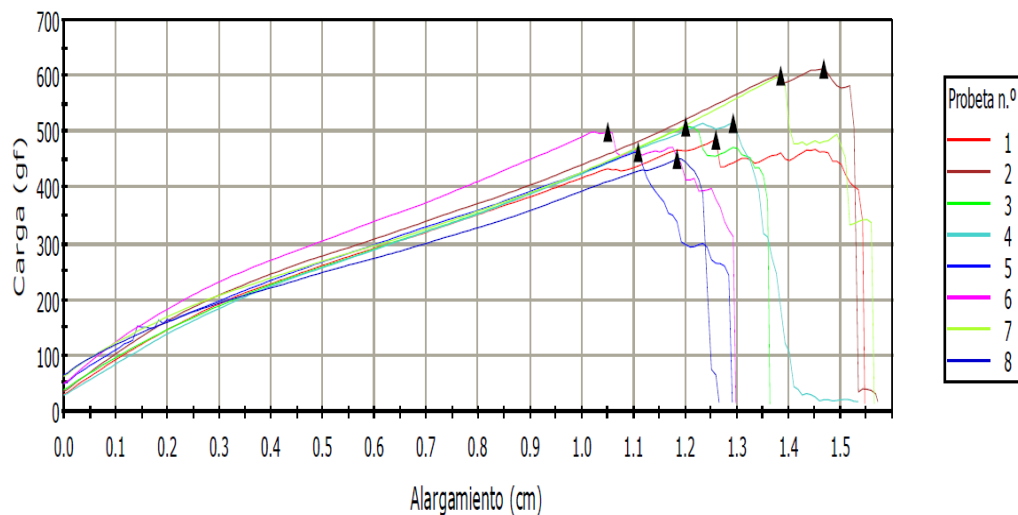




ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	2	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	17/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

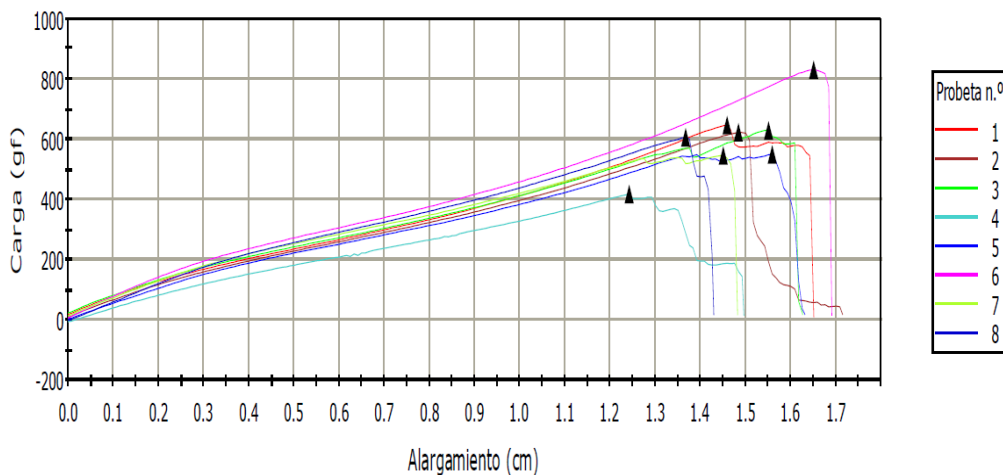
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	451,73	Gramos fuerza
	RLS media	517,31	Gramos fuerza
	RLS máxima	611,91	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	12,58	%
	ALS media	14,23	%
	ALS máxima	15,67	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	88,539	N/m
	Media	101,393	N/m
	Máxima	119,934	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,128	Kgf/mm ²
	Media	0,147	Kgf/mm ²
	Máxima	0,174	Kgf/mm ²
Calibre	0,0906(plg/24 hojas)	Peso Base	16,326 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	3	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	18/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

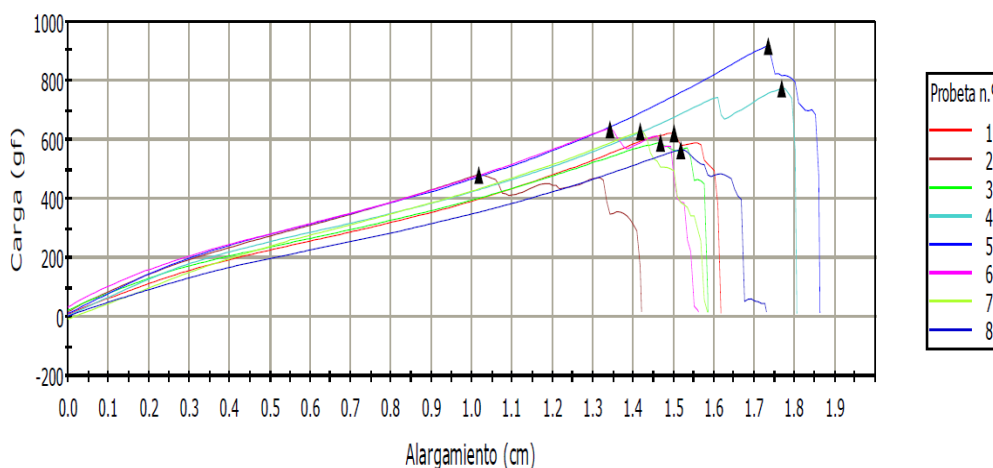
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	300,99	Gramos fuerza
	RLS media	607,13	Gramos fuerza
	RLS máxima	830,14	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	14,25	%
	ALS media	15,85	%
	ALS máxima	17,08	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	58,994	N/m
	Media	118,997	N/m
	Máxima	162,707	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,068	Kgf/mm ²
	Media	0,137	Kgf/mm ²
	Máxima	0,188	Kgf/mm ²
Calibre	0,0936(plg/24 hojas)	Peso Base	17,394 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	4	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	19/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

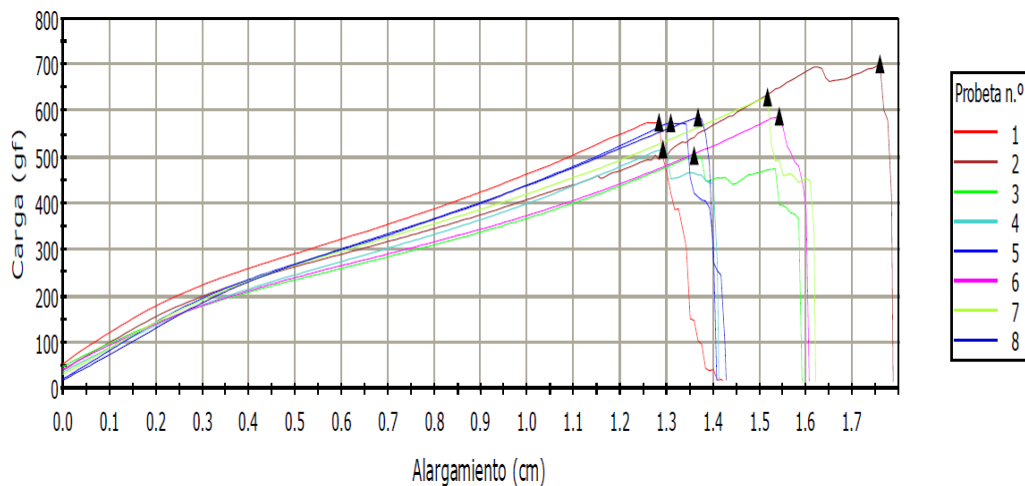
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	481,69	Gramos fuerza
	RLS media	651,95	Gramos fuerza
	RLS máxima	915,77	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	ALS mínima	14,17	%
	ALS media	16,41	%
	ALS máxima	18,58	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	94,411	N/m
	Media	127,782	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,105	Kgf/mm ²
	Media	0,142	Kgf/mm ²
Calibre	0,0971(plg/24 hojas)	Peso Base	17,400 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	5	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	20/03/2015
Lugar de Realización:	Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.		
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

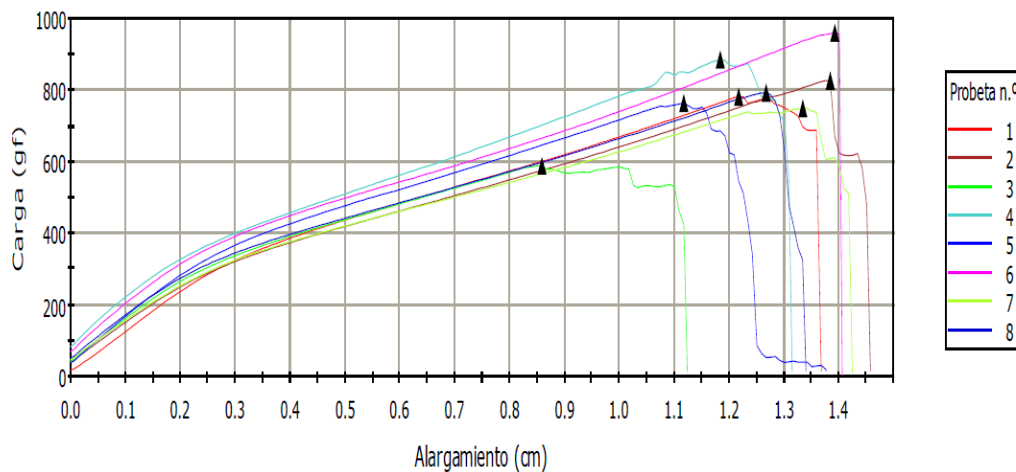
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	504,17	Gramos fuerza
	RLS media	585,40	Gramos fuerza
	RLS máxima	701,90	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	ALS mínima	14,00	%
	ALS media	15,29	%
	ALS máxima	17,83	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	98,817	N/m
	Media	114,738	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,110	Kgf/mm ²
	Media	0,128	Kgf/mm ²
Calibre	Máxima	0,153	Kgf/mm ²
	0,0971(plg/24 hojas)	Peso Base	16,640 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	6	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	23/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

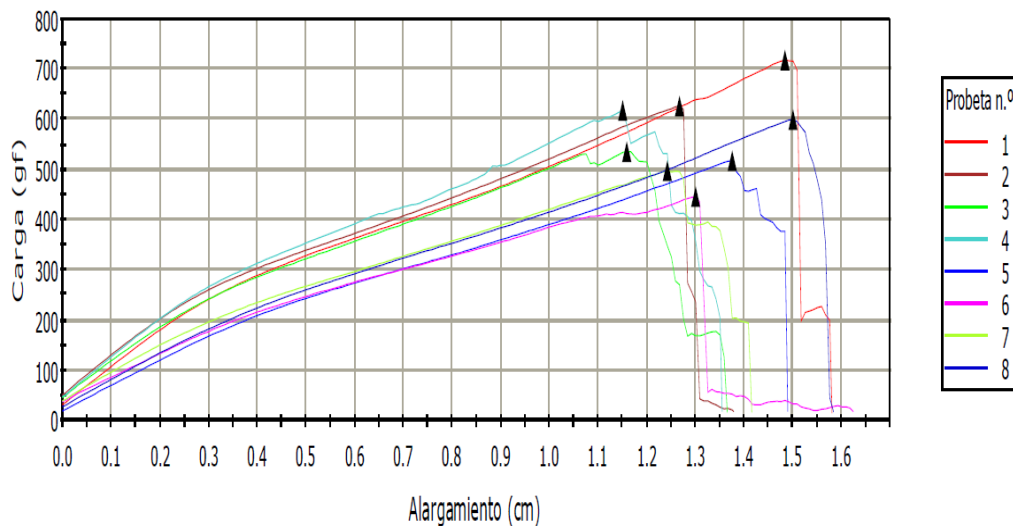
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	Descripción	Valor	Unidad
	RLS mínima	589,92	Gramos fuerza
	RLS media	794,53	Gramos fuerza
	RLS máxima	960,23	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	11,17	%
	ALS media	13,46	%
	ALS máxima	14,50	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	115,624	N/m
	Media	155,728	N/m
	Máxima	188,205	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,138	Kgf/mm ²
	Media	0,185	Kgf/mm ²
	Máxima	0,224	Kgf/mm ²
Calibre	0,0908 plg/24 hojas)	Peso Base	16,774 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	7	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	24/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	589,92	Gramos fuerza
	RLS media	794,53	Gramos fuerza
	RLS máxima	960,23	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	11,17	%
	ALS media	13,46	%
	ALS máxima	14,50	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	115,624	N/m
	Media	155,728	N/m
	Máxima	188,205	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,138	Kgf/mm ²
	Media	0,185	Kgf/mm ²
	Máxima	0,224	Kgf/mm ²
Calibre	0,0964 plg/24 hojas)	Peso Base	17,058 (g/m ²)

Tabla 4-1. Valores de RLS, ALS, Calibre y Peso Base Promedios en el Sistema del Desenrollador

Fuente: El autor

RESISTENCIA LONGITUDINAL EN SECO (gf/50mm)							
	1	2	3	4	5	6	7
Mínimo	561,42	451,73	350,99	481,69	504,17	589,92	446,38
Medio	645,50	517,31	607,13	651,95	585,40	794,53	569,87
Máximo	764,12	611,91	830,14	915,77	701,90	960,23	717,30
Valor promedio	624,53						
ALARGAMIENTO LONGITUDINAL EN SECO (%)							
Mínimo	14,58	12,58	14,25	14,17	14,00	11,17	13,50
Medio	17,31	14,23	15,85	16,41	15,29	13,46	14,68
Máximo	19,92	15,67	17,08	18,58	17,83	14,50	16,16
Valor promedio	15,32						
CALIBRE (plg/24 hojas)							
Medio	0,0928	0,0906	0,0936	0,0971	0,0971	0,0908	0,0964
Valor promedio	0,0941						
PESO BASE (g/m²)							
Medio	16,962	16,326	17,394	17,400	16,640	16,774	17,058
Valor promedio	16,9363						

- **Cálculo de la tensión del papel tissue en el sistema del desenrollador**

Para determinar la tensión del papel tissue se procedió a calcular con la ecuación 4-1.

$$T = \frac{F}{w}$$

$$T = \frac{624,53 \text{ gf}}{50 \text{ mm}}$$

$$T = 12,4906 \frac{\text{gf}}{\text{mm}} \left| \frac{1\text{kgf}}{1000\text{gf}} \right| \left| \frac{1000\text{mm}}{1\text{m}} \right| \left| \frac{9,81\text{N}}{1\text{Kgf}} \right|$$

$$T = 122,53 \frac{\text{N}}{\text{m}} \left| \frac{1\text{pli}}{56\text{N/m}} \right|$$

$$\underline{\underline{T = 2,188 \text{ pli}}}$$

Con el peso base obtenido en los ensayos se conoció que el valor promedio es de 16,9363 g/m²

$$Peso\ base = 16,9363 \frac{g}{m^2} \left| \frac{1\ lb/ream}{0,615\ g/m^2} \right|$$

$$Peso\ base = 27,54\ lb/ream$$

La tensión de 2,188 pli es para una ancho de hoja de 50 mm, para el análisis se necesitó encontrar el ancho total de bobina que es de 2270 mm para lo cual se utilizó la ecuación 4-4.

Donde:

td = Tensión en la longitud total de la bobina en el sistema de desenrollado

$$a = 50mm \rightarrow b = 2,188\ pli$$

$$c = 2270\ mm \rightarrow td$$

$$td = \frac{b * c}{a} \quad \text{Ecuación 4-4}$$

$$td = \frac{2270mm * 2,188pli}{50mm}$$

$$td = 99,339\ pli$$

La fuerza con la que se rompe el papel en los ensayos de tensión para un ancho de hoja de 50 mm es de 624,53 gf, para el análisis se necesitó encontrar el ancho total de la bobina que es de 2270 mm para lo cual se utilizó la ecuación 4-5.

Donde:

Fd = Fuerza en la longitud total de la bobina en el sistema de desenrollado

$$a = 50mm \rightarrow b = 624,53gf$$

$$c = 2270\ mm \rightarrow Fd$$

$$Fd = \frac{b * c}{a} \quad \text{Ecuación 4-5}$$

$$Fd = \frac{2270\ mm * 624,53\ gf}{50mm}$$

$$Fd = 28353,662\ gf = 28,353\ Kgf$$

- **Cálculo del esfuerzo del papel tissue en el sistema del desenrollador**

Para determinar el esfuerzo del papel tissue se procedió a calcular con la ecuación 4-2.

$$\sigma = \frac{F}{t * w}$$

Como se obtuvo un calibre o espesor de 0,0941 plg/24 hojas

$$t = 0,0941 \frac{plg}{24 \text{ hojas}}$$

$$t = 0,0941 \frac{plg}{24 \text{ hojas}} \left| \frac{25,4 \text{ mm}}{1 \text{ plg}} \right|$$

$$t = 0,0996 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{624,53gf}{0,0996 * 50 \text{ mm}}$$

$$\sigma = \frac{624,53gf}{4,979 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 125,43 \frac{gf}{\text{mm}^2} \left| \frac{1Kgf}{1000gf} \right| \left| \frac{(1000\text{mm})^2}{(1\text{m})^2} \right|$$

$$\sigma = 125432,81 \frac{Kgf}{\text{m}^2} \left| \frac{1 \text{ Pa}}{0,10197} \right|$$

$$\sigma = 1'230095,3 \text{ Pa}$$

Para calcular el módulo de elasticidad del papel tissue en el sistema del desenrollador se usó la ecuación 4-3.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$E = \frac{1'230095,3,5 \text{ Pa}}{0,1532}$$

$$E = 8'029342,19 \text{ Pa} = 8,02 \text{ MPa}$$

En la figura 4-6 se muestra el esfuerzo (Pa) – alargamiento (%) de papel tissue en el sistema de desenrollado.

Tabla 4-2 Valores de Esfuerzo - Alargamiento sistema de Desenrollado

Fuente: El autor

Esfuerzo (Pa)	Alargamiento (%)
0,1	0,1
1053660,6	13,46
1380596,3	15,32
1735731,6	17,11

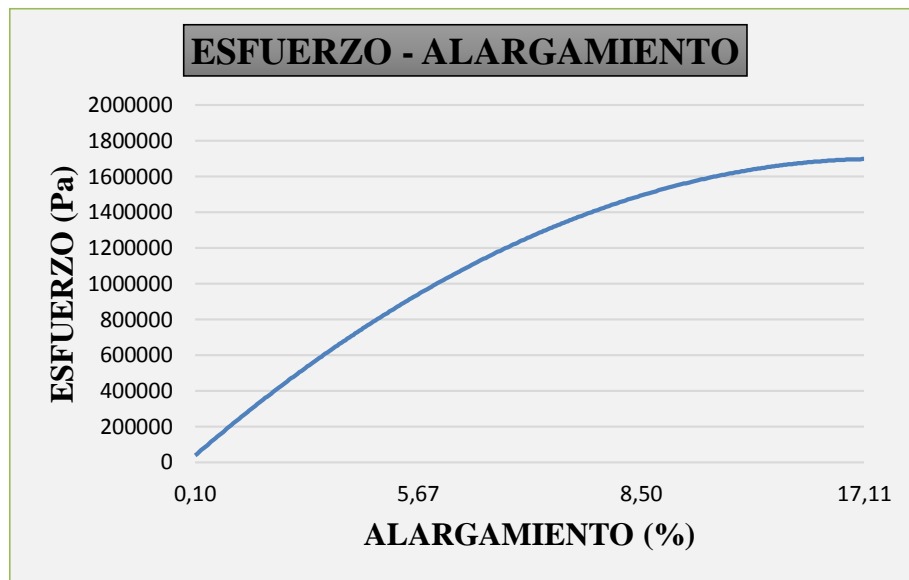
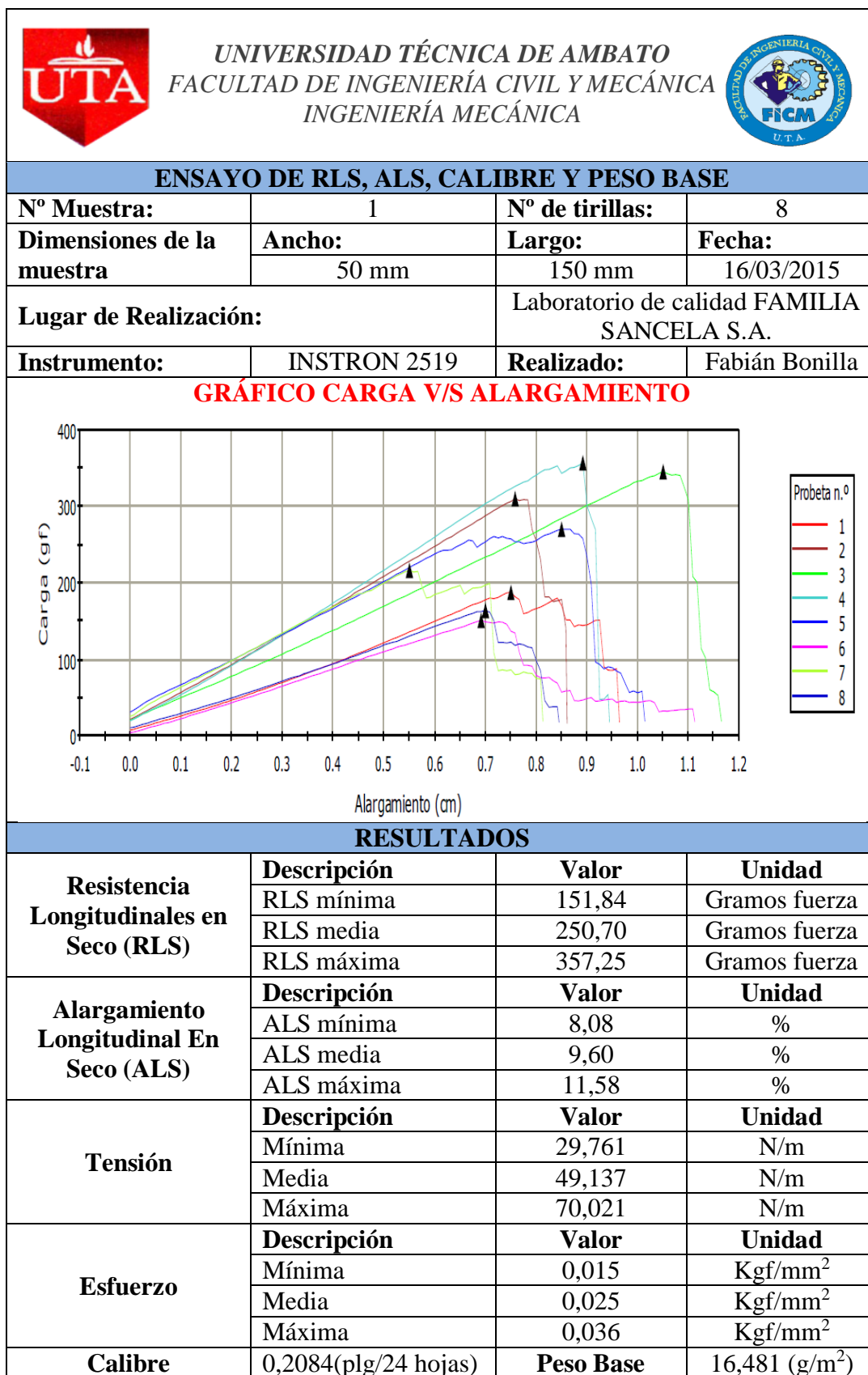


Figura 4-6 Esfuerzo (Pa) - Alargamiento (%) Sistema de Desenrollado

Fuente: El autor

4.2.2 ANÁLISIS DEL PAPEL TISSUE EN EL SISTEMA DE GOFRADO

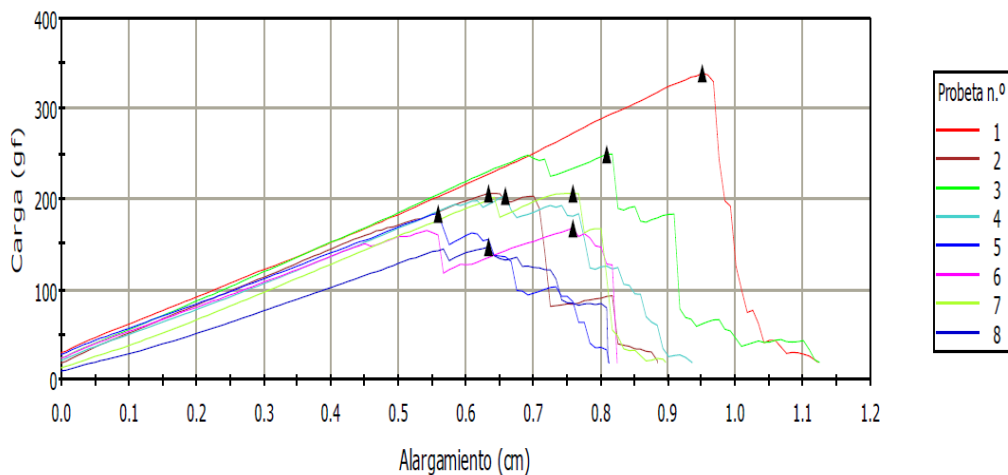




ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	2	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	17/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

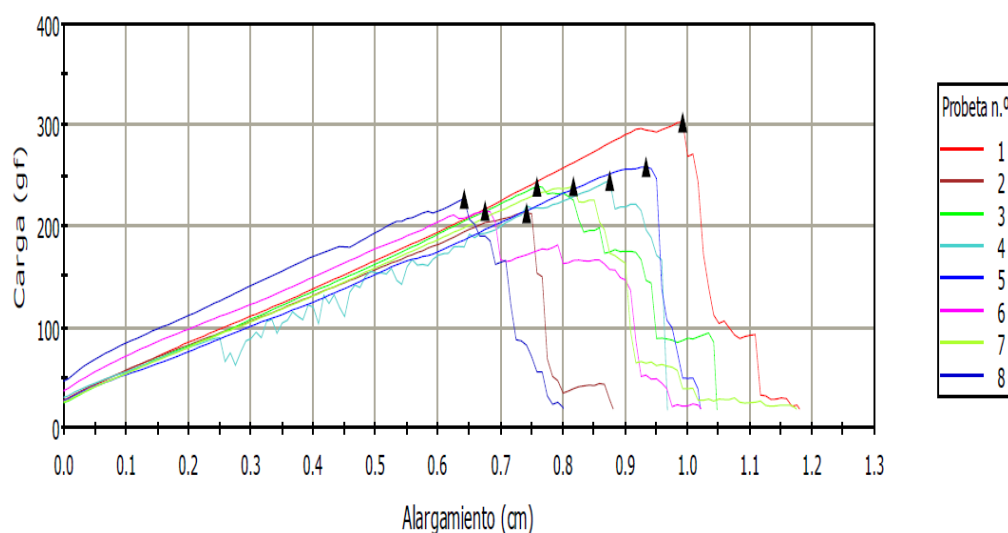
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	147,78	Gramos fuerza
	RLS media	213,40	Gramos fuerza
	RLS máxima	339,45	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	8,08	%
	ALS media	9,22	%
	ALS máxima	11,17	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	28,965	N/m
	Media	41,826	N/m
	Máxima	66,532	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,015	Kgf/mm ²
	Media	0,022	Kgf/mm ²
	Máxima	0,035	Kgf/mm ²
Calibre	0,2062(plg/24 hojas)	Peso Base	15,962 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	3	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	18/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

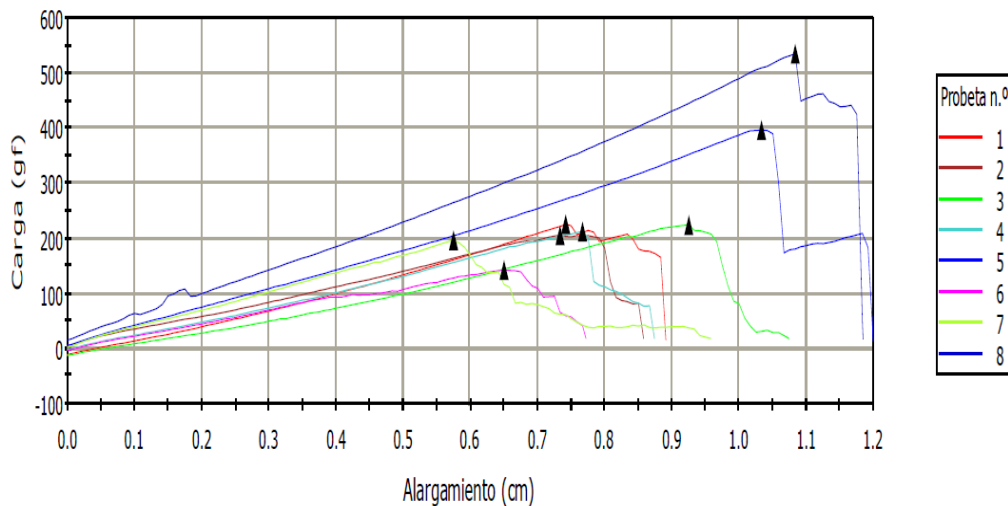
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	213,52	Gramos fuerza
	RLS media	243,10	Gramos fuerza
	RLS máxima	303,17	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	8,00	%
	ALS media	10,07	%
	ALS máxima	11,75	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	41,850	N/m
	Media	47,648	N/m
	Máxima	59,421	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,021	Kgf/mm ²
	Media	0,024	Kgf/mm ²
	Máxima	0,029	Kgf/mm ²
Calibre	0,2188(plg/24 hojas)	Peso Base	16,983 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	4	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	19/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

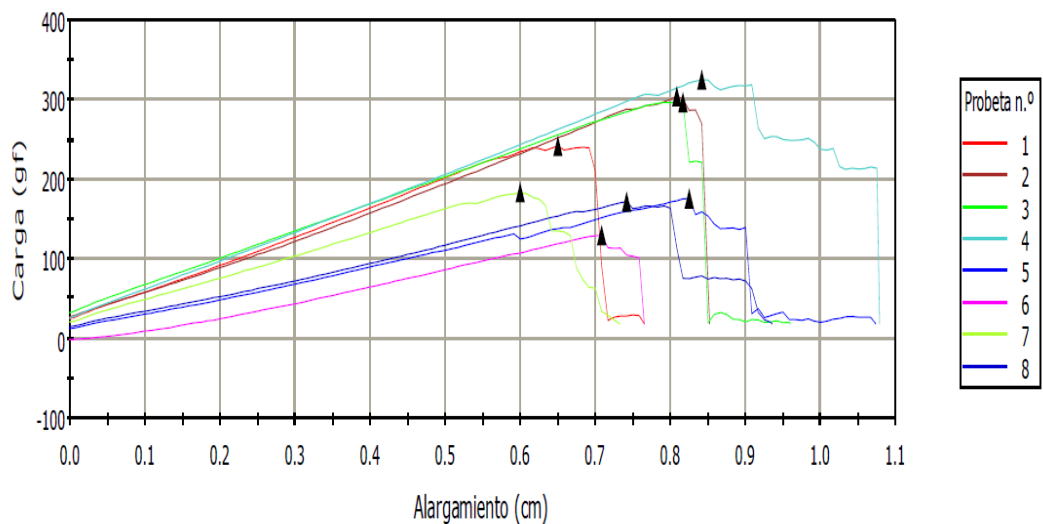
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	Descripción	Valor	Unidad
	RLS mínima	144,03	Gramos fuerza
	RLS media	268,17	Gramos fuerza
	RLS máxima	534,77	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	7,67	%
	ALS media	9,70	%
	ALS máxima	11,92	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	28,230	N/m
	Media	52,561	N/m
	Máxima	104,815	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,014	Kgf/mm ²
	Media	0,026	Kgf/mm ²
	Máxima	0,052	Kgf/mm ²
Calibre	0,2174(plg/24 hojas)	Peso Base	16,994 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	5	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	20/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

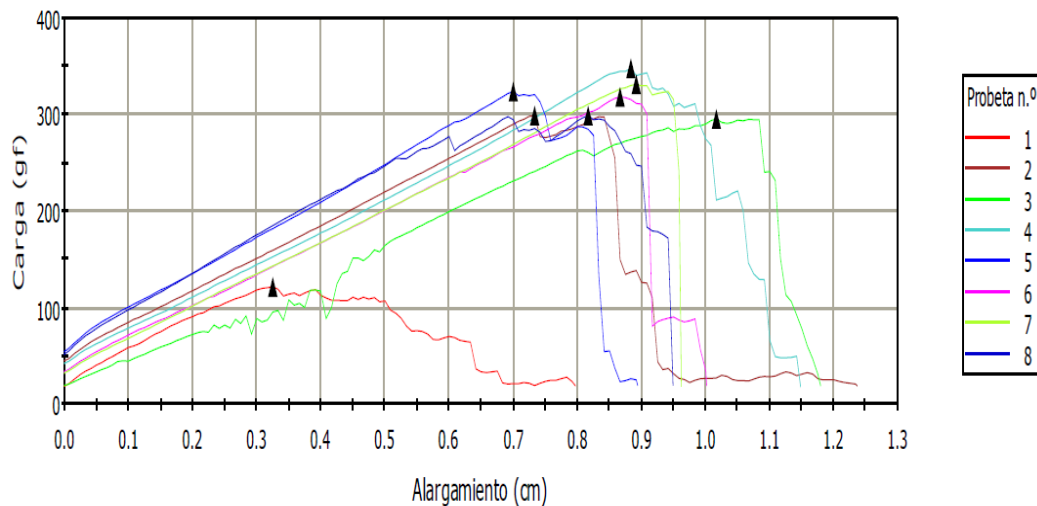
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	130,70	Gramos fuerza
	RLS media	229,34	Gramos fuerza
	RLS máxima	325,41	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	7,25	%
	ALS media	8,91	%
	ALS máxima	10,75	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	25,617	N/m
	Media	44,951	N/m
	Máxima	63,780	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,013	Kgf/mm ²
	Media	0,022	Kgf/mm ²
	Máxima	0,032	Kgf/mm ²
Calibre	0,2178(plg/24 hojas)	Peso Base	16,287 (g/mm ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	6	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	23/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

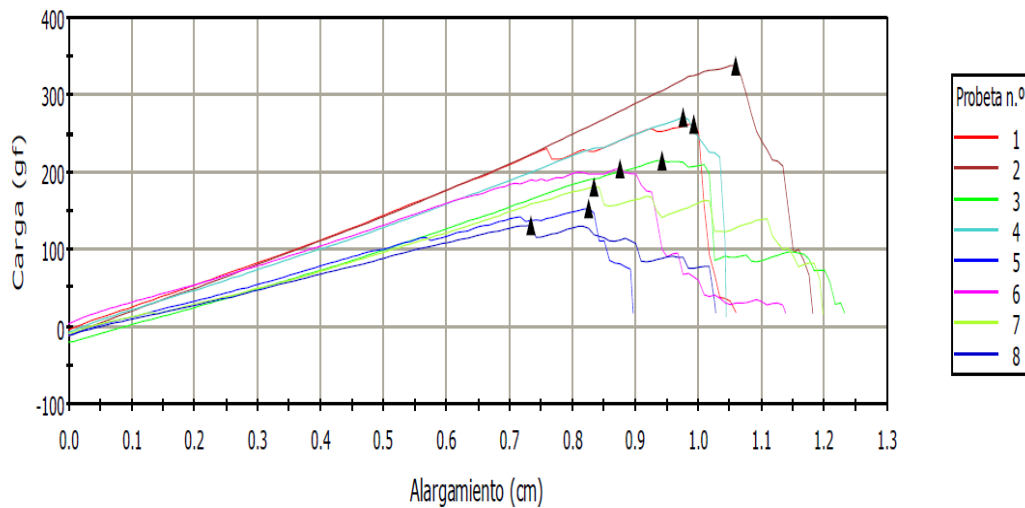
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	122,45	Gramos fuerza
	RLS media	292,46	Gramos fuerza
	RLS máxima	347,97	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	7,92	%
	ALS media	10,17	%
	ALS máxima	12,33	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	24,000	N/m
	Media	57,322	N/m
	Máxima	68,202	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,013	Kgf/mm ²
	Media	0,030	Kgf/mm ²
	Máxima	0,036	Kgf/mm ²
Calibre	0,2044(plg/24 hojas)	Peso Base	16,361 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	7	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	24/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	132,37	Gramos fuerza
	RLS media	220,44	Gramos fuerza
	RLS máxima	338,28	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	8,92	%
	ALS media	10,93	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	25,945	N/m
	Media	43,206	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,013	Kgf/mm ²
	Media	0,021	Kgf/mm ²
Calibre	Máxima	0,033	Kgf/mm ²
	0,2198(plg/24 hojas)	Peso Base	16,786 (g/m ²)

Tabla 4-3. Valores de RLS, ALS, Calibre y Peso Base Promedios en el Sistema de Gofrado

Fuente: El autor

RESISTENCIA LONGITUDINAL EN SECO (gf/50mm)							
	1	2	3	4	5	6	7
Mínimo	151,84	147,78	213,52	144,03	130,70	122,45	132,37
Medio	250,70	213,40	243,10	268,17	229,34	292,46	220,44
Máximo	357,25	339,45	303,17	534,77	325,41	347,97	338,28
Valor promedio	245,37						
ALARGAMIENTO LONGITUDINAL EN SECO (%)							
Mínimo	8,08	8,08	8,00	7,67	7,25	7,92	8,92
Medio	9,60	9,22	10,07	9,70	8,91	10,17	10,93
Máximo	11,58	11,17	11,75	11,92	10,75	12,33	12,25
Valor promedio	9,80						
CALIBRE (plg/24 hojas)							
Medio	0,2084	0,2062	0,2188	0,2174	0,2178	0,2044	0,2198
Valor promedio	0,2133						
PESO BASE (g/m²)							
Medio	16,481	15,962	16,983	16,994	16,287	16,361	16,786
Valor promedio	16,5506						

- **Cálculo de la tensión del papel tissue en el sistema de gofrado**

Para determinar la tensión del papel tissue se procedió a calcular con la ecuación 4-1.

$$T = \frac{F}{w}$$

$$T = \frac{245,37 \text{ gf}}{50 \text{ mm}}$$

$$T = 4,9074 \frac{\text{gf}}{\text{mm}} \left| \frac{1\text{kgf}}{1000\text{gf}} \right| \left| \frac{1000\text{mm}}{1\text{m}} \right| \left| \frac{9,81\text{N}}{1\text{Kgf}} \right|$$

$$T = 48,142 \frac{\text{N}}{\text{m}} \left| \frac{1\text{pli}}{56\text{N/m}} \right|$$

$$\underline{\underline{T = 0,859 \text{ pli}}}$$

Con el peso base obtenido en los ensayos se conoció que el valor promedio es de 16,5506 g/m²

$$Peso\ base = 16,5506 \frac{g}{m^2} \left| \frac{1\ lb/ream}{0,615\ g/m^2} \right|$$

$$Peso\ base = 26,91\ lb/ream$$

La tensión de 0,859 pli es para una ancho de hoja de 50 mm, para el análisis se necesitó encontrar el ancho total de bobina que es de 2270 mm para lo cual se utilizó la ecuación 4-6.

Donde:

tg = Tensión en la longitud total de la bobina en el sistema de gofrado

$$a = 50mm \rightarrow b = 0,859\ pli$$

$$c = 2270\ mm \rightarrow tg$$

$$tg = \frac{b * c}{a} \quad \text{Ecuación 4-6}$$

$$tg = \frac{2270mm * 0,859\ pli}{50mm}$$

$$tg = 39,03\ pli$$

La fuerza con la que se rompe el papel en los ensayos de tensión para un ancho de hoja de 50 mm es de 245,37 gf, para el análisis se necesitó encontrar el ancho total de la bobina que es de 2270 mm para lo cual se utilizó la ecuación 4-7.

Donde:

Fg = Fuerza en la longitud total de la bobina en el sistema de gofrado.

$$a = 50mm \rightarrow b = 245,37gf$$

$$c = 2270\ mm \rightarrow Fg$$

$$Fg = \frac{b * c}{a} \quad \text{Ecuación 4-7}$$

$$Fg = \frac{2270\ mm * 245,37\ gf}{50mm}$$

$$Fg = 11139,79\ gf = 11,139\ Kgf$$

- **Cálculo del esfuerzo del papel tissue en el sistema de gofrado**

Para determinar el esfuerzo del papel tissue se procedió a calcular con la ecuación 4-2.

$$\sigma = \frac{F}{t * w}$$

Como se obtuvo un calibre o espesor de 0,2133 plg/24 hojas

$$t = 0,2133 \frac{plg}{24 \text{ hojas}}$$

$$t = 0,2133 \frac{plg}{24 \text{ hojas}} \left| \frac{25,4 \text{ mm}}{1 \text{ plg}} \right|$$

$$t = 0,2257 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{245,37 \text{ gf}}{0,2257 * 50 \text{ mm}}$$

$$\sigma = \frac{245,37 \text{ gf}}{11,28 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 21,73 \frac{\text{gf}}{\text{mm}^2} \left| \frac{1 \text{Kgf}}{1000 \text{gf}} \right| \left| \frac{(1000 \text{mm})^2}{(1 \text{m})^2} \right|$$

$$\sigma = 21738,9 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2} \left| \frac{1 \text{ Pa}}{0,10197} \right|$$

$$\sigma = 213189,3 \text{ Pa}$$

Para calcular el módulo de elasticidad del papel tissue en el sistema de gofrado se usó la ecuación 4-3.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{213189,3 \text{ Pa}}{0,098}$$

$$E = 2\ 175\ 402,55 \text{ Pa} = 2,17 \text{ MPa}$$

En la figura 4-7 se muestra el esfuerzo (Pa) – alargamiento (%) de papel tissue en el sistema de gofrado.

Tabla 4-4 Valores de Esfuerzo - Alargamiento Sistema de Gofrado

Fuente: El autor

Esfuerzo (Pa)	Alargamiento (%)
0,1	0,1
144860,9	7,99
239283,5	9,80
354110,0	11,68

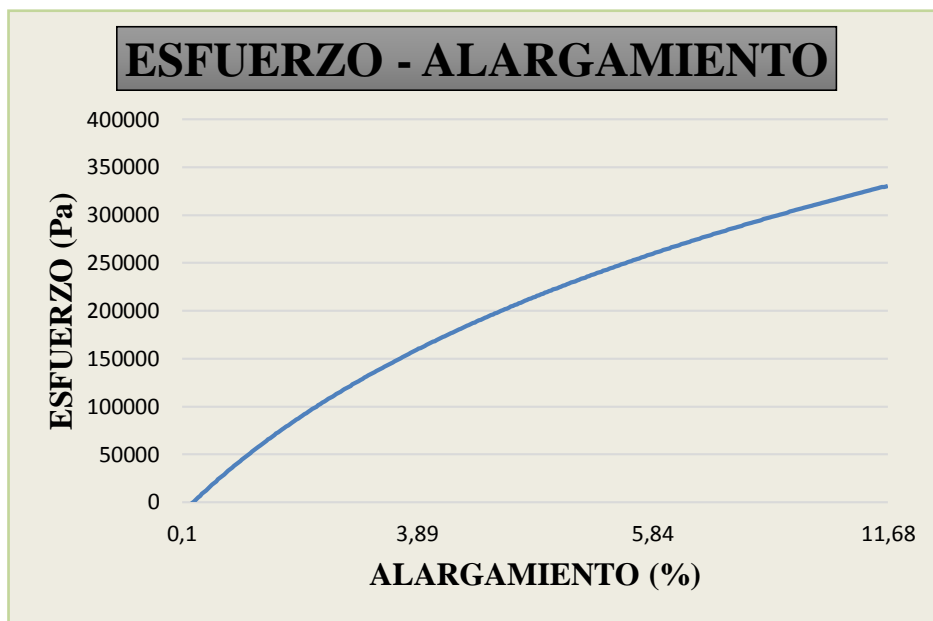
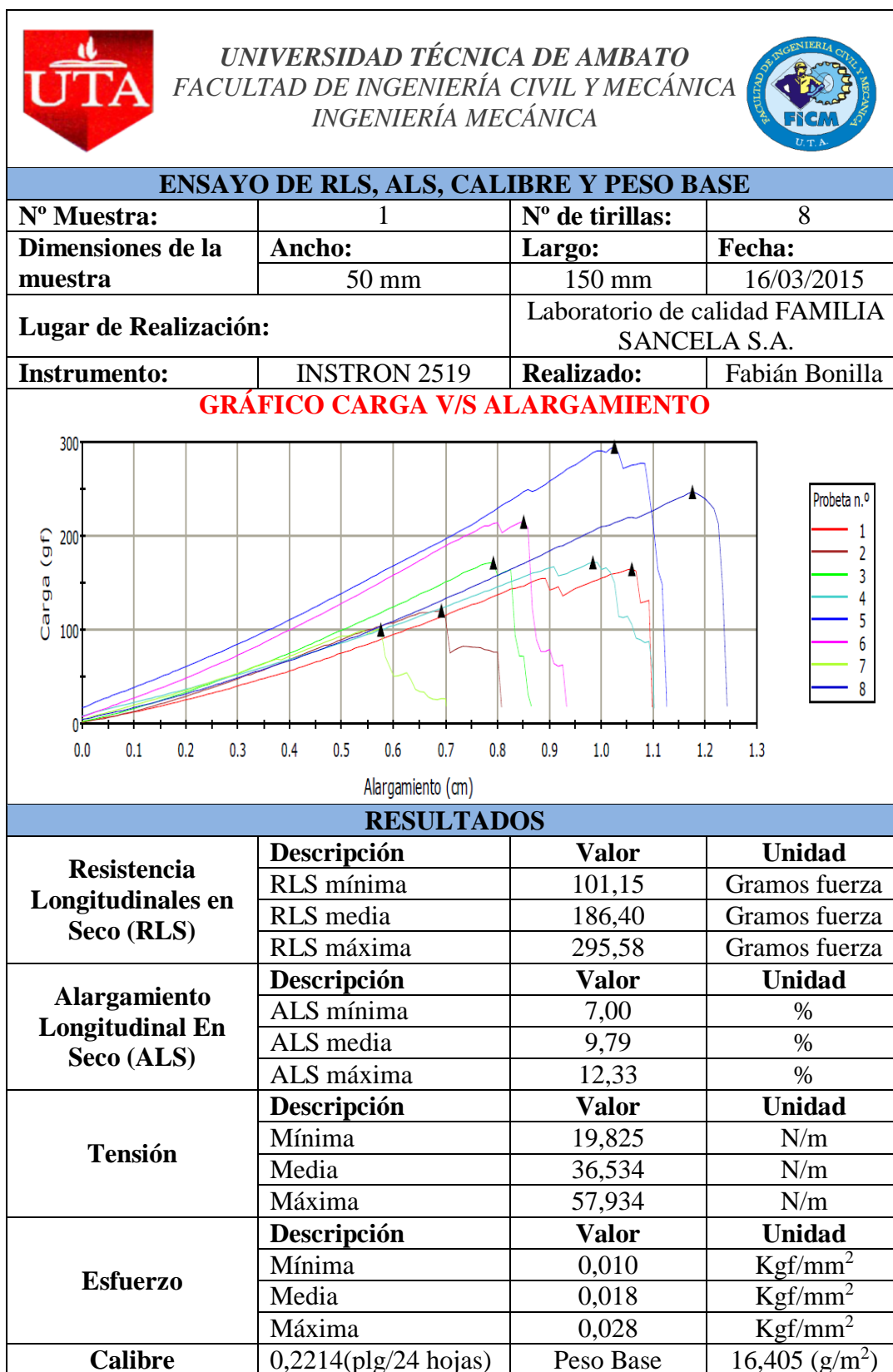


Figura 4-7 Esfuerzo (Pa) - Alargamiento (%) Sistema de Gofrado

Fuente: El autor

4.2.3 ANÁLISIS DEL PAPEL TISSUE EN EL SISTEMA DE REBOBINADO

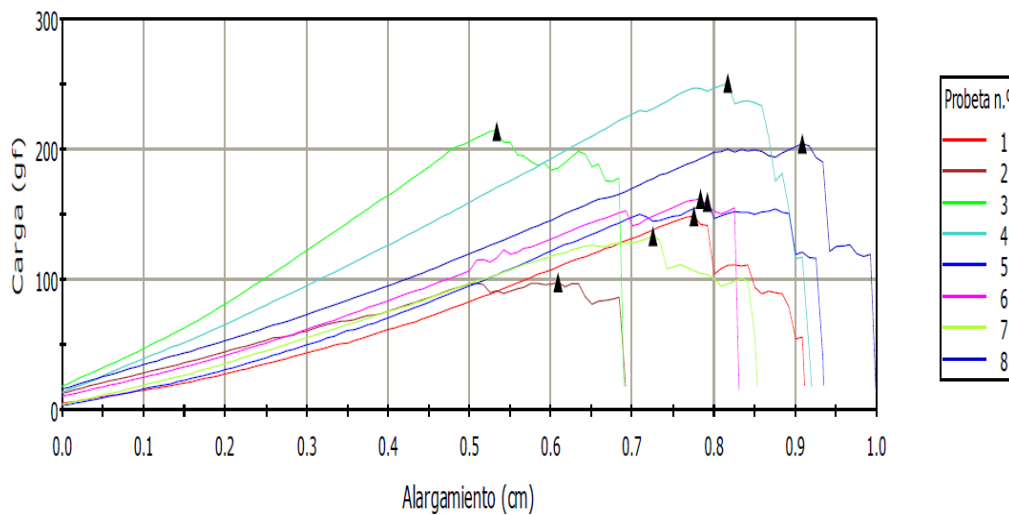




ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	2	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	17/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

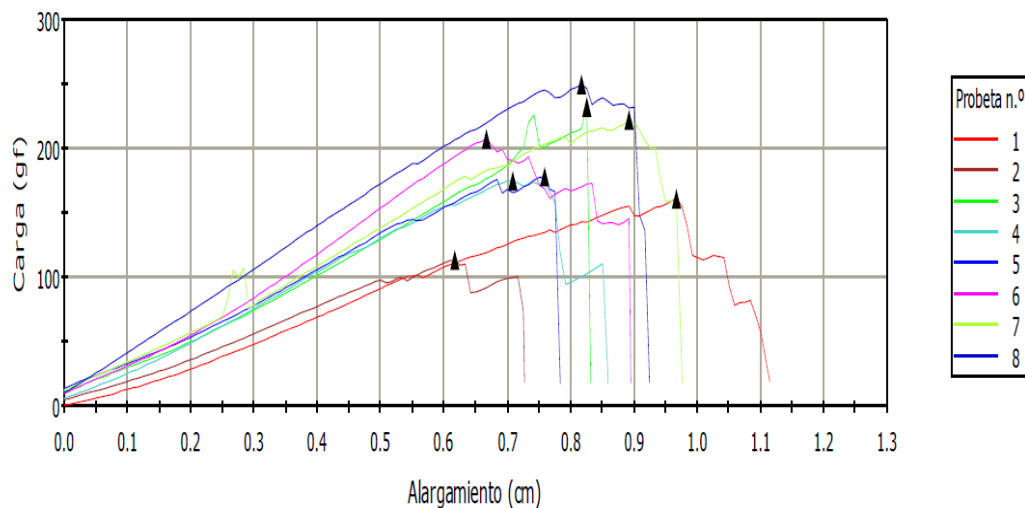
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	98,64	Gramos fuerza
	RLS media	171,74	Gramos fuerza
	RLS máxima	251,13	Gramos fuerza
	Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)		
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	ALS mínima	6,83	%
	ALS media	8,49	%
	ALS máxima	9,92	%
	Tensión	Descripción	
Mínima		19,333	N/m
Media		33,661	N/m
Máxima		49,221	N/m
Esfuerzo	Descripción		
	Mínima	0,010	Kgf/mm ²
	Media	0,017	Kgf/mm ²
	Máxima	0,025	Kgf/mm ²
Calibre	0,2137 (plg/24 hjas)	Peso Base	15,983 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	3	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	18/03/2015
Lugar de Realización:	Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.		
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

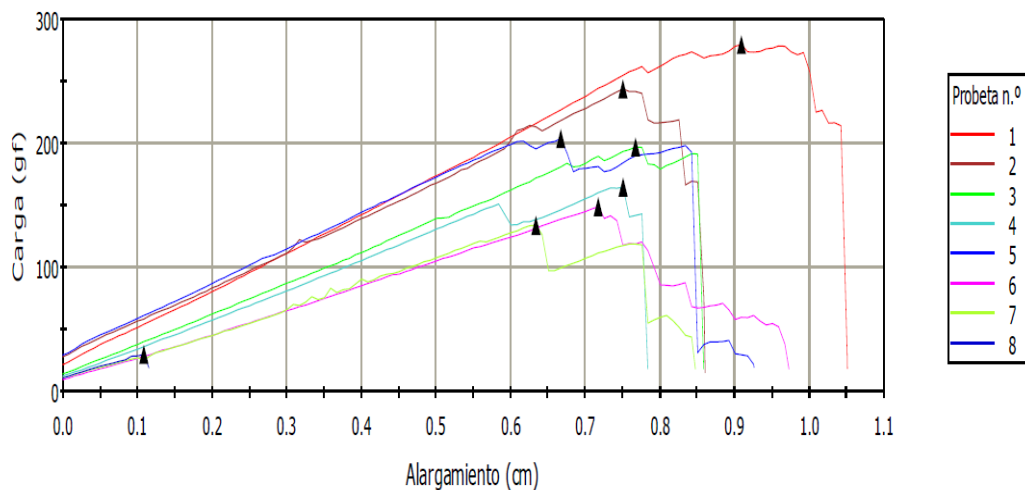
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	113,92	Gramos fuerza
	RLS media	178,17	Gramos fuerza
	RLS máxima	250,03	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	7,25	%
	ALS media	8,25	%
	ALS máxima	11,08	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	22,328	N/m
	Media	34,921	N/m
	Máxima	49,006	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,011	Kgf/mm ²
	Media	0,017	Kgf/mm ²
	Máxima	0,024	Kgf/mm ²
Calibre	0,2208(plg/24 hojas)	Peso Base	16,864 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	4	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	19/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

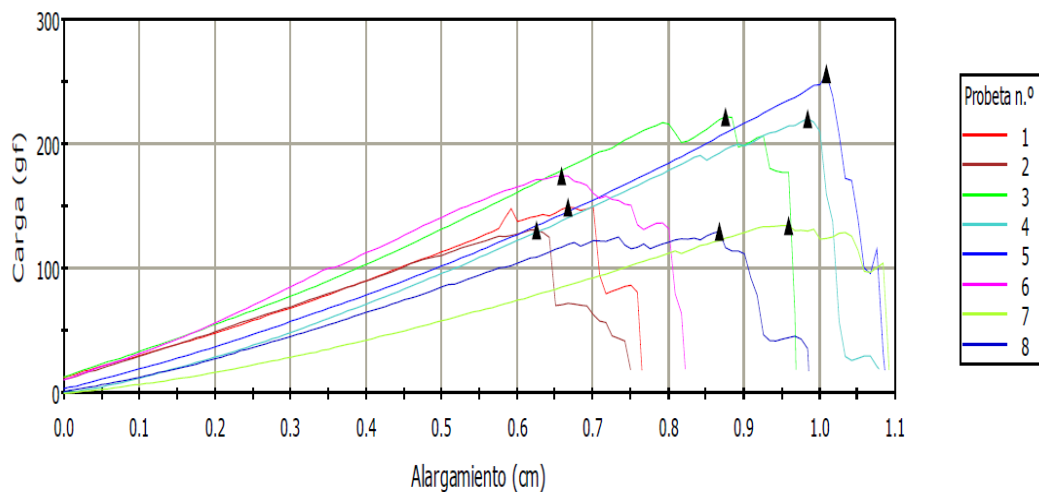
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	119,48	Gramos fuerza
	RLS media	186,71	Gramos fuerza
	RLS máxima	279,67	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	8,42	%
	ALS media	9,24	%
	ALS máxima	10,50	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	23,418	N/m
	Media	36,595	N/m
	Máxima	54,815	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,011	Kgf/mm ²
	Media	0,017	Kgf/mm ²
	Máxima	0,025	Kgf/mm ²
Calibre	0,2336(plg/24 hojas)	Peso Base	16,927 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	5	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	20/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

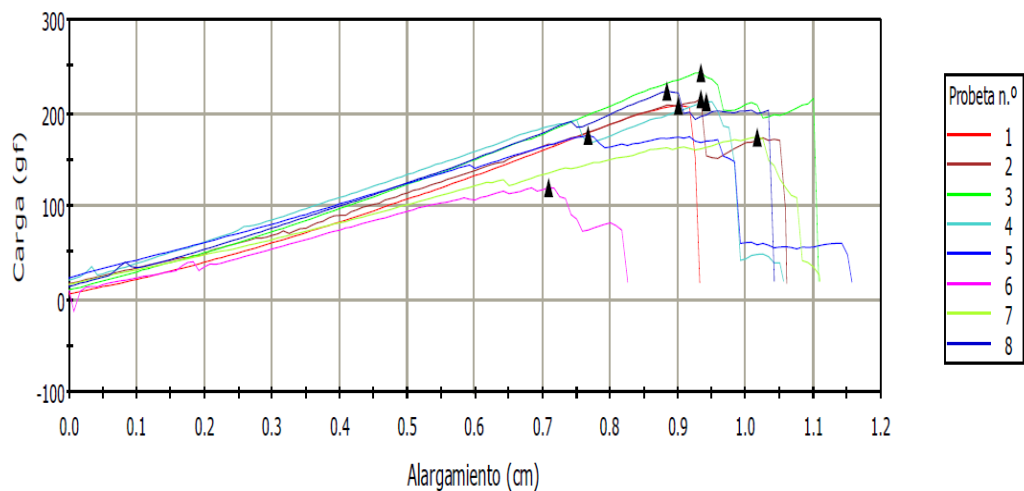
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	130,18	Gramos fuerza
	RLS media	177,57	Gramos fuerza
	RLS máxima	256,53	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	7,42	%
	ALS media	9,39	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	25,515	N/m
	Media	34,804	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,012	Kgf/mm ²
	Media	0,016	Kgf/mm ²
Calibre	0,2285(plg/24 hojas)	Peso Base	16,194 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	6	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	23/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

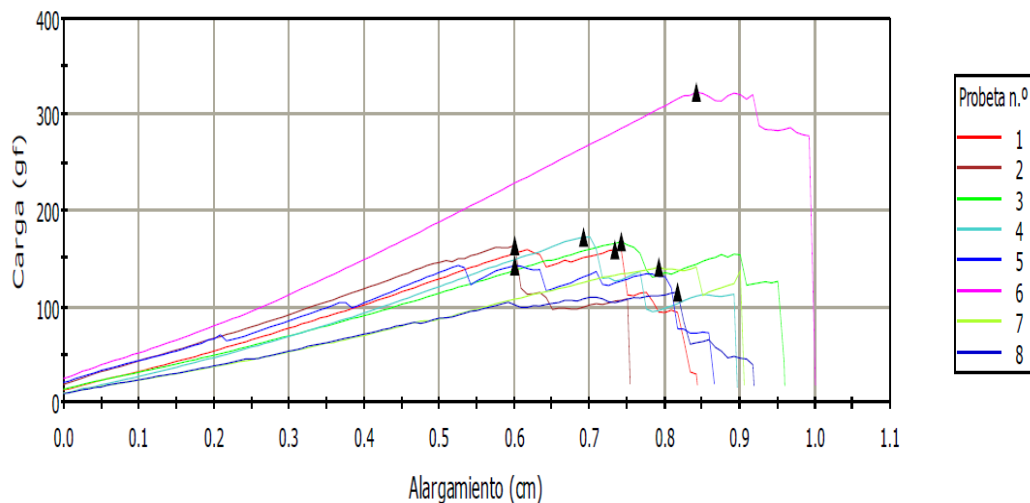
	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	120,03	Gramos fuerza
	RLS media	196,46	Gramos fuerza
	RLS máxima	243,06	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	8,25	%
	ALS media	10,32	%
	ALS máxima	11,50	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	23,526	N/m
	Media	38,506	N/m
	Máxima	47,640	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,012	Kgf/mm ²
	Media	0,019	Kgf/mm ²
	Máxima	0,024	Kgf/mm ²
Calibre	0,2143(plg/24 hojas)	Peso Base	16,174 (g/m ²)



ENSAYO DE RLS, ALS, CALIBRE Y PESO BASE

N° Muestra:	7	N° de tirillas:	8
Dimensiones de la muestra	Ancho:	Largo:	Fecha:
	50 mm	150 mm	24/03/2015
Lugar de Realización:		Laboratorio de calidad FAMILIA SANCELA S.A.	
Instrumento:	INSTRON 2519	Realizado:	Fabián Bonilla

GRÁFICO CARGA V/S ALARGAMIENTO



RESULTADOS

	Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Longitudinales en Seco (RLS)	RLS mínima	116,10	Gramos fuerza
	RLS media	173,83	Gramos fuerza
	RLS máxima	323,76	Gramos fuerza
Alargamiento Longitudinal En Seco (ALS)	Descripción	Valor	Unidad
	ALS mínima	7,50	%
	ALS media	8,90	%
	ALS máxima	10,00	%
Tensión	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	22,756	N/m
	Media	34,071	N/m
	Máxima	63,457	N/m
Esfuerzo	Descripción	Valor	Unidad
	Mínima	0,011	Kgf/mm ²
	Media	0,016	Kgf/mm ²
	Máxima	0,030	Kgf/mm ²
Calibre	0,2273(plg/24 hojas)	Peso Base	16,598 (g/m ²)

Tabla 4-5. Valores de RLS, ALS, Calibre y Peso Base Promedios en el sistema de Rebobinado

Fuente: El autor

RESISTENCIA LONGITUDINAL EN SECO (gf/50mm)							
	1	2	3	4	5	6	7
Mínimo	101,15	98,64	113,92	119,48	130,18	120,03	116,10
Medio	186,40	171,74	178,17	186,71	177,57	196,46	173,83
Máximo	295,58	251,13	250,03	279,67	256,53	243,06	323,76
Valor promedio	181,55						
ALARGAMIENTO LONGITUDINAL EN SECO (%)							
Mínimo	7,00	6,83	7,25	8,42	7,42	8,25	7,50
Medio	9,79	8,49	8,25	9,24	9,39	10,32	8,90
Máximo	12,33	9,92	11,08	10,50	10,83	11,50	10,00
Valor promedio	9,20						
CALIBRE (plg/24 hojas)							
Medio	0,2214	0,2137	0,2208	0,2336	0,2285	0,2143	0,2273
Valor promedio	0,2228						
PESO BASE (g/m²)							
Medio	16,405	15,983	16,864	16,927	16,194	16,174	16,598
Valor promedio	16,4493						

• **Cálculo de la tensión del papel tissue en el sistema de gofrado**

Para determinar la tensión del papel tissue se procedió a calcular con la ecuación 4-1.

$$T = \frac{F}{w}$$

$$T = \frac{181,55 \text{ gf}}{50 \text{ mm}}$$

$$T = 3,631 \frac{\text{gf}}{\text{mm}} \left| \frac{1\text{kgf}}{1000\text{gf}} \right| \left| \frac{1000\text{mm}}{1\text{m}} \right| \left| \frac{9,81\text{N}}{1\text{Kgf}} \right|$$

$$T = 35,62 \frac{\text{N}}{\text{m}} \left| \frac{1\text{pli}}{56\text{N/m}} \right|$$

$$T = 0,636 \text{ pli}$$

Con el peso base obtenido en los ensayos se conoció que el valor promedio es de 16,4493 g/m²

$$\text{Peso base} = 16,4493 \frac{\text{g}}{\text{m}^2} \left| \frac{1 \text{ lb/ream}}{0,615 \text{ g/m}^2} \right|$$

$$\text{Peso base} = 26,74 \text{ lb/ream}$$

La tensión de 0,636 pli es para una ancho de hoja de 50 mm, para el análisis se necesitó encontrar el ancho total de bobina que es de 2270 mm para lo cual se utilizó la ecuación 4-8.

Donde:

tr = Tensión en la longitud total de la bobina en el sistema de rebobinado

$$a = 50\text{mm} \rightarrow b = 0,636 \text{ pli}$$

$$c = 2270 \text{ mm} \rightarrow tr$$

$$tr = \frac{b * c}{a} \quad \text{Ecuación 4-8}$$

$$tr = \frac{2270\text{mm} * 0,636 \text{ pli}}{50\text{mm}}$$

$$tr = 28,877 \text{ pli}$$

La fuerza con la que se rompe el papel en los ensayos de tensión para un ancho de hoja de 50 mm es de 181,55 gf, para el análisis se necesitó encontrar el ancho total de la bobina que es de 2270 mm para lo cual se utilizó la ecuación 4-9.

Donde:

Fr = Fuerza en la longitud total de la bobina en el sistema de rebobinado

$$a = 50\text{mm} \rightarrow b = 181,55\text{gf}$$

$$c = 2270 \text{ mm} \rightarrow Fr$$

$$Fr = \frac{b * c}{a} \quad \text{Ecuación 4-9}$$

$$Fr = \frac{2270 \text{ mm} * 181,55 \text{ gf}}{50\text{mm}}$$

$$Fr = 8242,37 \text{ gf} = 8,242 \text{ Kgf}$$

- **Cálculo del esfuerzo del papel tissue en el sistema de rebobinado**

Para determinar el esfuerzo del papel tissue se procedió a calcular con la ecuación 4-2.

$$\sigma = \frac{F}{t * w}$$

Como se obtuvo un calibre o espesor de 0,2228 plg/24 hojas

$$t = 0,2228 \frac{plg}{24 \text{ hojas}}$$

$$t = 0,2228 \frac{plg}{24 \text{ hojas}} \left| \frac{25,4 \text{ mm}}{1 \text{ plg}} \right|$$

$$t = 0,2357 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{181,55gf}{0,2357 * 50 \text{ mm}}$$

$$\sigma = \frac{181,55gf}{11,78 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 15,39 \frac{gf}{\text{mm}^2} \left| \frac{1Kgf}{1000gf} \right| \left| \frac{(1000\text{mm})^2}{(1\text{m})^2} \right|$$

$$\sigma = 15396,36 \frac{Kgf}{\text{m}^2} \left| \frac{1 \text{ Pa}}{0,10197} \right|$$

$$\sigma = 150989,11 \text{ Pa}$$

Para calcular el módulo de elasticidad del papel tissue en el sistema de rebobinado se usó la ecuación 4-3.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{150989,11 \text{ Pa}}{0,092}$$

$$E = 1641184,78 \text{ Pa} = 1,64 \text{ MPa}$$

En la figura 4-8 se muestra el esfuerzo (Pa) – alargamiento (%) de papel tissue en el sistema de rebobinado.

Tabla 4-6 Valores de Esfuerzo - Alargamiento Sistema de Rebobinado

Fuente: El autor

Esfuerzo (Pa)	Alargamiento (%)
0,1	0,1
106352,5	7,52
169335,4	9,20
252682,4	10,88

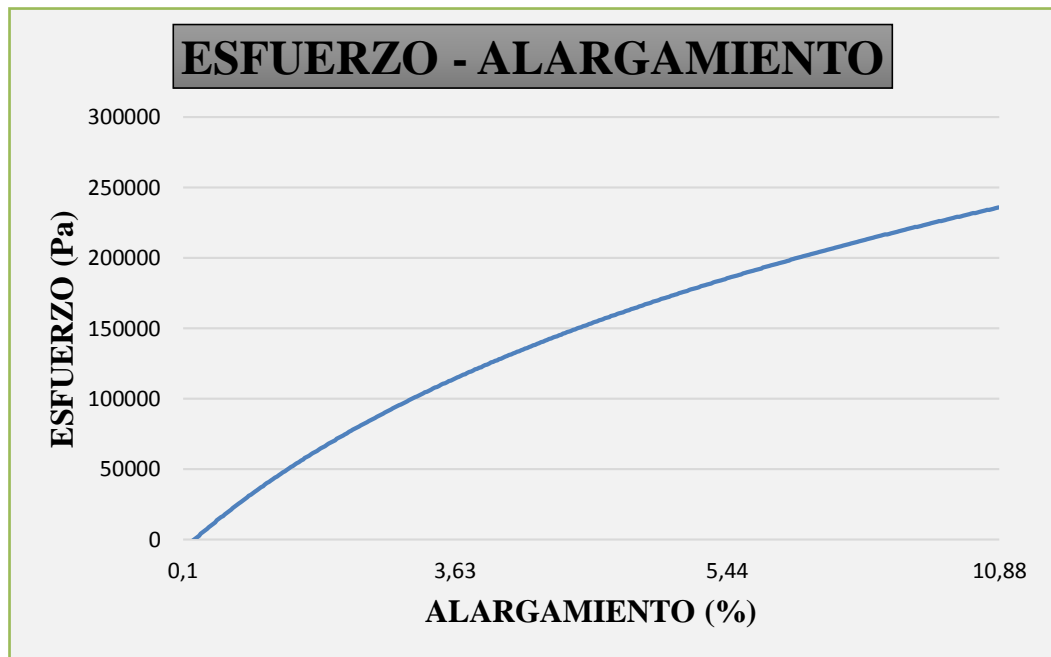


Figura 4-8 Esfuerzo (Pa) - Alargamiento (%) Sistema de Rebobinado

Fuente: El autor

4.2.4 ANÁLISIS MECÁNICO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TENSION

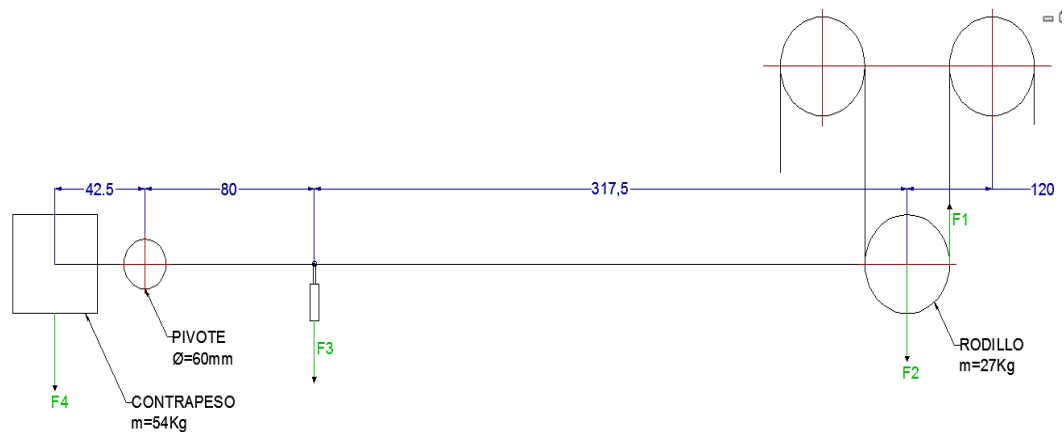


Figura 4-9 Diagrama de cuerpo libre del sistema de control de tensión

Fuente: El autor

Datos del sistema de control de tensión:

m_1 = Fuerza mínima con la que se rompe el papel a 2270 mm

m_2 = 27 Kg Peso del rodillo

m_3 = ? Masa necesaria para el equilibrio del sistema

m_4 = 54 Kg Contrapeso

d_1 = 457,5 mm Distancia del pivote al final de la hoja del rodillo

d_2 = 397,5 mm Distancia del pivote al centro del rodillo

d_3 = 80mm Distancia del pivote a cilindro

d_4 = 42,5mm Distancia del pivote a contrapeso

F_3 = ? Fuerza necesaria para el equilibrio del sistema

Para observar la variación de la compactación se ensayó con una fuerza de 400 gf/50mm, 350 gf/50mm, 300 gf/50mm y 250 gf/50mm, dicho valor se encuentra bajo el valor promedio de ruptura de la hoja

4.2.4.1 CÁLCULO PARA UNA FUERZA DE PAPEL DE 400 gf/50mm

Para el análisis se necesitó encontrar la fuerza total del ancho de la bobina que es de 2270 mm para lo cual se utilizó la ecuación 4-10.

Donde:

F_{400} = Fuerza mínima con la que se rompe el papel a 2270 mm

$$a = 50mm \rightarrow b = 400gf$$

$$c = 2270 mm \rightarrow F_{400}$$

$$F_{400} = \frac{b * c}{a} \quad \text{Ecuación 4-10}$$

$$F_{400} = \frac{2270 mm * 400 gf}{50mm}$$

$$F_{400} = 18160 gf = 18,16 Kgf$$

Aplicando la teoría de equilibrio rotacional para determinar la fuerza F3 que se necesita en el cilindro para estabilizar el sistema se aplicó la ecuación 4-11.

$$\sum F = 0 \quad \text{Ecuación 4-11}$$

$$\sum F = (m_1 \times g)d_1 - (m_2 \times g)d_2 - (m_3 \times g)d_3 + (m_4 \times g)d_4$$

$$-m_3 = \frac{(18,16 Kgf)457,5 mm - (27 Kgf)397,5 mm + (54 Kgf)42,5 mm}{80 mm}$$

$$-m_3 = \frac{8308,2 Kgf - 10732,5 Kgf + 2295 Kgf}{80}$$

$$-m_3 = \frac{-129,3 Kgf}{80}$$

$$m_3 = 1,61 Kgf$$

$$F_3 = 1,61 Kgf \left| \frac{2,202 lb}{1 Kgf} \right|$$

$$F_3 = 3,56 lb$$

El área del cilindro necesaria para aplicar la presión de equilibrio del sistema de control de tensión se determinó mediante la ecuación 4-12.

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 4-12}$$

Dónde: P : es la presión del cilindro

F : es la fuerza longitudinal

A : es el área del cilindro en trabajo

Datos del cilindro que se va a utilizar:

Diámetro máximo = 40 mm = d_1

Diámetro mínimo = 10 mm = d_2

Para encontrar el área del cilindro hueco en trabajo se determinó mediante la ecuación 4-13

$$A = (\pi * r_1^2) - (\pi * r_2^2) \quad \text{Ecuación 4-13}$$

Dónde: π : es un constante (3,1415)

r_1 : es el radio mayor del cilindro hueco

r_2 : es el radio menor del cilindro hueco

$$A = (\pi * 20^2) - (\pi * 5^2)$$

$$A = (1256,637) - (78,539)$$

$$A = 1178,09 \text{ mm}^2$$

$$A = 1178,09 \text{ mm}^2 \left| \frac{1 \text{ plg}^2}{(25,4 \text{ mm})^2} \right|$$

$$A = 1,83 \text{ plg}^2$$

Se reemplazó A en la ecuación 4-12 y se obtuvo:

$$P = \frac{3,56 \text{ lb}}{1,83 \text{ plg}^2}$$

$$P = 1,94 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}$$

$$P = 1,94 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \left| \frac{0,06894 \text{ bar}}{1 \text{ lb}/\text{plg}^2} \right|$$

$$P = 0,13 \text{ bar}$$

4.2.4.2 CÁLCULO PARA UNA FUERZA DE PAPEL DE 350 gf/50mm

Para el análisis se necesitó encontrar la fuerza total del ancho de la bobina que es de 2270 mm para lo cual se utilizó la ecuación 4-14.

Donde:

F_{350} = Fuerza mínima con la que se rompe el papel a 2270 mm

$$a = 50mm \rightarrow b = 350gf$$

$$c = 2270 mm \rightarrow F_{350}$$

$$F_{350} = \frac{b * c}{a} \quad \text{Ecuación 4-14}$$

$$F_{350} = \frac{2270 mm * 350 gf}{50mm}$$

$$F_{350} = 15890 gf = 15,89 Kgf$$

Aplicando la teoría de equilibrio rotacional para determinar la fuerza F_3 que se necesita en el cilindro para estabilizar el sistema se aplicó la ecuación 4-11.

$$\sum F = 0 \quad \text{Ecuación 4-11}$$

$$\sum F = (m_1 \times g)d_1 - (m_2 \times g)d_2 - (m_3 \times g)d_3 + (m_4 \times g)d_4$$

$$-m_3 = \frac{(15,89 Kgf)457,5 mm - (27 Kgf)397,5 mm + (54 Kgf)42,5 mm}{80 mm}$$

$$-m_3 = \frac{7269,75 Kgf - 10732,5 Kgf + 2295 Kgf}{80}$$

$$-m_3 = \frac{-1167,8 Kgf}{80}$$

$$m_3 = 14,60 Kgf$$

$$F_3 = 14,60 Kgf \left| \frac{2,202 lb}{1 Kgf} \right|$$

$$F_3 = 32,144 lb$$

El área del cilindro necesaria para aplicar la presión de equilibrio del sistema de control de tensión se determinó mediante la ecuación 4-12.

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 4-12}$$

Dónde: P : es la presión del cilindro

F : es la fuerza longitudinal

A : es el área del cilindro en trabajo

Datos del cilindro que se va a utilizar:

Diámetro máximo = 40 mm = d_1

Diámetro mínimo = 10 mm = d_2

Para encontrar el área del cilindro hueco en trabajo se determinó mediante la ecuación 4-13

$$A = (\pi * r_1^2) - (\pi * r_2^2) \quad \text{Ecuación 4-13}$$

Dónde: π : es un constante (3,1415)

r_1 : es el radio mayor del cilindro hueco

r_2 : es el radio menor del cilindro hueco

$$A = (\pi * 20^2) - (\pi * 5^2)$$

$$A = (1256,637) - (78,539)$$

$$A = 1178,09 \text{ mm}^2$$

$$A = 1178,09 \text{ mm}^2 \left| \frac{1 \text{ plg}^2}{(25,4 \text{ mm})^2} \right|$$

$$A = 1,83 \text{ plg}^2$$

Se reemplazó A en la ecuación 4-12 y se obtuvo:

$$P = \frac{32,144 \text{ lb}}{1,83 \text{ plg}^2}$$

$$P = 17,57 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}$$

$$P = 17,57 \frac{lb}{plg^2} \left| \frac{0,06894 \text{ bar}}{1 \frac{lb}{plg^2}} \right|$$

$$\mathbf{P = 1,21 \text{ bar}}$$

4.2.4.3 CÁLCULO PARA UNA FUERZA DE PAPEL DE 300 gf/50mm

Para el análisis se necesitó encontrar la fuerza total del ancho de la bobina que es de 2270 mm para lo cual se utilizó la ecuación 4-15.

Donde:

F_{300} = Fuerza mínima con la que se rompe el papel a 2270 mm

$$a = 50mm \rightarrow b = 300gf$$

$$c = 2270 mm \rightarrow F_{300}$$

$$F_{300} = \frac{b * c}{a} \quad \text{Ecuación 4-15}$$

$$F_{300} = \frac{2270 mm * 300 gf}{50mm}$$

$$F_{300} = 13620 gf = 13,62 Kgf$$

Aplicando la teoría de equilibrio rotacional para determinar la fuerza F_3 que se necesita en el cilindro para estabilizar el sistema se aplicó la ecuación 4-11.

$$\sum F = 0 \quad \text{Ecuación 4-11}$$

$$\sum F = (m_1 \times g)d_1 - (m_2 \times g)d_2 - (m_3 \times g)d_3 + (m_4 \times g)d_4$$

$$-m_3 = \frac{(13,62 Kgf)457,5 mm - (27 Kgf)397,5 mm + (54 Kgf)42,5 mm}{80 mm}$$

$$-m_3 = \frac{6231,15 Kgf - 10732,5 Kgf + 2295 Kgf}{80}$$

$$-m_3 = \frac{-2206,35 Kgf}{80}$$

$$m_3 = 27,58 Kgf$$

$$F_3 = 26,55 Kgf \left| \frac{2,202 lb}{1 Kgf} \right|$$

$$F_3 = 58,46 lb$$

El área del cilindro necesaria para aplicar la presión de equilibrio del sistema de control de tensión se determinó mediante la ecuación 4-12.

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 4-12}$$

Dónde: P : es la presión del cilindro

F : es la fuerza longitudinal

A : es el área del cilindro en trabajo

Datos del cilindro que se va a utilizar:

Diámetro máximo = 40 mm = d_1

Diámetro mínimo = 10 mm = d_2

Para encontrar el área del cilindro hueco en trabajo se determinó mediante la ecuación 4-13

$$A = (\pi * r_1^2) - (\pi * r_2^2) \quad \text{Ecuación 4-13}$$

Dónde: π : es un constante (3,1415)

r_1 : es el radio mayor del cilindro hueco

r_2 : es el radio menor del cilindro hueco

$$A = (\pi * 20^2) - (\pi * 5^2)$$

$$A = (1256,637) - (78,539)$$

$$A = 1178,09 \text{ mm}^2$$

$$A = 1178,09 \text{ mm}^2 \left| \frac{1 \text{ plg}^2}{(25,4 \text{ mm})^2} \right|$$

$$A = 1,83 \text{ plg}^2$$

Se reemplazó A en la ecuación 4-12 y se obtuvo:

$$P = \frac{58,46 \text{ lb}}{1,83 \text{ plg}^2}$$

$$P = 32,02 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}$$

$$P = 32,02 \frac{lb}{plg^2} * \frac{0,06894 \text{ bar}}{1 \text{ lb}/plg^2}$$

$$\mathbf{P = 2,21 \text{ bar}}$$

4.2.4.4 CÁLCULO PARA UNA FUERZA DE PAPEL DE 250 gf/50mm

Para el análisis se necesitó encontrar la fuerza total del ancho de la bobina que es de 2270 mm para lo cual se utilizó la ecuación 4-16.

Donde:

F_{250} = Fuerza mínima con la que se rompe el papel a 2270 mm

$$a = 50mm \rightarrow b = 250gf$$

$$c = 2270 mm \rightarrow F_{250}$$

$$F_{250} = \frac{b * c}{a} \quad \text{Ecuación 4-16}$$

$$F_{250} = \frac{2270 mm * 300 gf}{50mm}$$

$$F_{250} = 11350 gf = 11,35 Kgf$$

Aplicando la teoría de equilibrio rotacional para determinar la fuerza F_3 que se necesita en el cilindro para estabilizar el sistema se aplicó la ecuación 4-11.

$$\sum F = 0 \quad \text{Ecuación 4-11}$$

$$\sum F = (m_1 \times g)d_1 - (m_2 \times g)d_2 - (m_3 \times g)d_3 + (m_4 \times g)d_4$$

$$-m_3 = \frac{(11,35 Kgf)457,5 mm - (27 Kgf)397,5 mm + (54 Kgf)42,5 mm}{80 mm}$$

$$-m_3 = \frac{5192,625 Kgf - 10732,5 Kgf + 2295 Kgf}{80}$$

$$-m_3 = \frac{-3244,87 Kgf}{80}$$

$$m_3 = 40,56 Kgf$$

$$F_3 = 40,56 Kgf \left| \frac{2,202 lb}{1 Kgf} \right|$$

$$F_3 = 89,32 lb$$

El área del cilindro necesaria para aplicar la presión de equilibrio del sistema de control de tensión se determinó mediante la ecuación 4-12.

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 4-12}$$

Dónde: P : es la presión del cilindro

F : es la fuerza longitudinal

A : es el área del cilindro en trabajo

Datos del cilindro que se va a utilizar:

Diámetro máximo = 40 mm = d_1

Diámetro mínimo = 10 mm = d_2

Para encontrar el área del cilindro hueco en trabajo se determinó mediante la ecuación 4-13.

$$A = (\pi * r_1^2) - (\pi * r_2^2) \quad \text{Ecuación 4-13}$$

Dónde: π : es un constante (3,1415)

r_1 : es el radio mayor del cilindro hueco

r_2 : es el radio menor del cilindro hueco

$$A = (\pi * 20^2) - (\pi * 5^2)$$

$$A = (1256,637) - (78,539)$$

$$A = 1178,09 \text{ mm}^2$$

$$A = 1178,09 \text{ mm}^2 \left| \frac{1 \text{ plg}^2}{(25,4 \text{ mm})^2} \right|$$

$$A = 1,83 \text{ plg}^2$$

Se reemplazó A en la ecuación 4-12 y se obtuvo:

$$P = \frac{89,32 \text{ lb}}{1,83 \text{ plg}^2}$$

$$P = 48,81 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}$$

$$P = 48,81 \frac{lb}{plg^2} * \frac{0,06894 bar}{1 \frac{lb}{plg^2}}$$

$$\mathbf{P = 3,36 bar}$$

4.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.3.1 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA LONGITUDINAL EN SECO

Tabla 4-7 Resultado del ensayo de RLS

Fuente: El autor

	Sistema de Desenrollado (gf/50mm)	Sistema de Gofrado (gf/50mm)	Sistema de Rebobinado (gf/50mm)
Muestra 1	645,50	250,70	186,40
Muestra 2	517,31	213,40	171,74
Muestra 3	607,13	243,10	178,17
Muestra 4	651,95	268,17	186,71
Muestra 5	585,40	229,34	177,57
Muestra 6	794,53	292,46	196,46
Muestra 7	569,87	220,44	173,83
Promedio	624,53	245,37	181,55

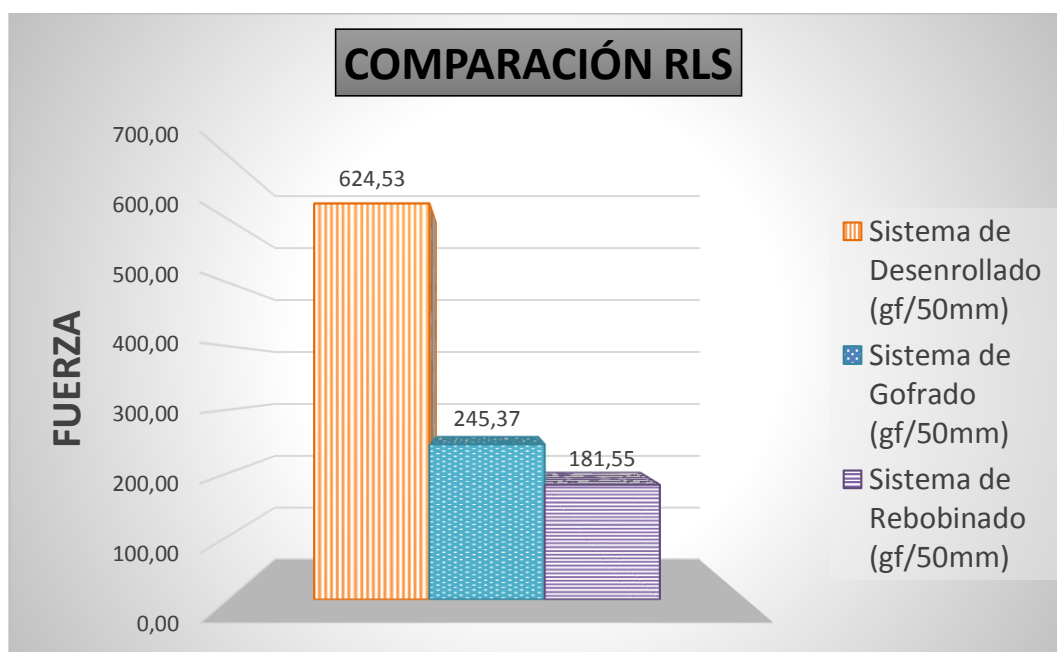


Figura 4-10 Comparación de RLS

Fuente: El autor

En la figura 4-10 se observó que la resistencia longitudinal en seco tiene un valor promedio de 624,53 gf/50mm en el sistema de desenrollado, este valor disminuye

considerablemente en el sistema de gofrado que se obtuvo un valor promedio de 245,37 gf/50mm con un 60,71% de disminución y para el sistema de rebobinado se obtuvo un valor promedio de 181,55 gf/50mm con un 70,93% de disminución con respecto al sistema de desenrollado.

4.3.2 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE ALARGAMIENTO LONGITUDINAL EN SECO

Tabla 4-8 Resultados de ensayo ALS

Fuente: El autor

	Sistema de Desenrollado (%)	Sistema de Gofrado (%)	Sistema de Rebobinado (%)
Muestra 1	17,31	9,60	9,79
Muestra 2	14,23	9,22	8,49
Muestra 3	15,85	10,07	8,25
Muestra 4	16,41	9,70	9,24
Muestra 5	15,29	8,91	9,39
Muestra 6	13,46	10,17	10,32
Muestra 7	14,68	10,93	8,90
Promedio	15,32	9,80	9,20

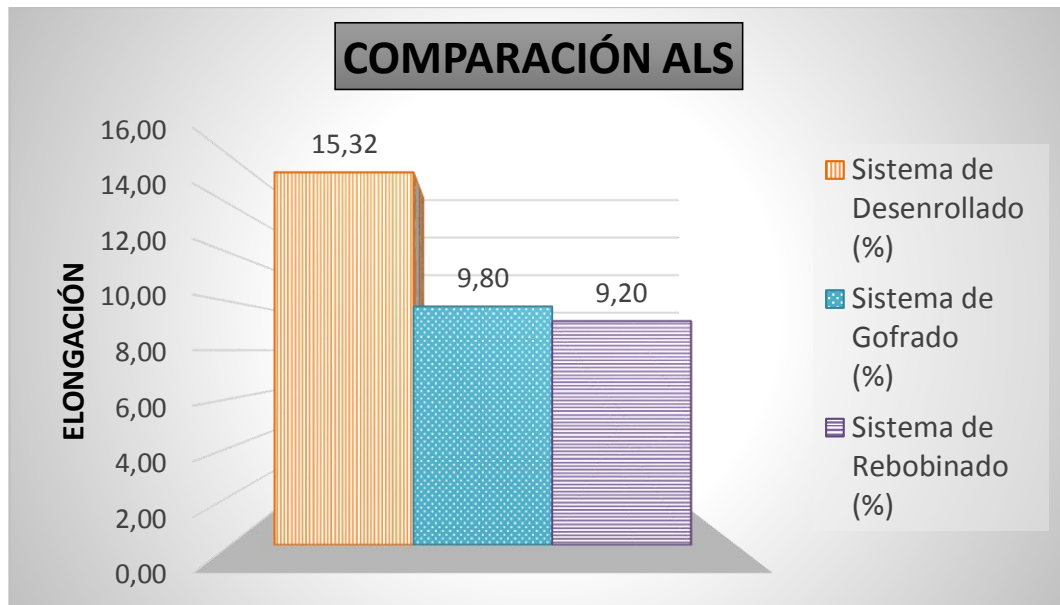


Figura 4-11 Comparación de ALS

Fuente: El autor

En la figura 4-11 se observó que el alargamiento longitudinal en seco tiene un valor promedio de 15,32% en el sistema de desenrollado, este valor disminuye en el sistema de gofrado que se obtuvo un valor promedio de 9,80% y para el sistema de rebobinado se obtuvo un valor promedio de 9,20% con respecto al sistema de desenrollado.

4.3.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE CALIBRE

Tabla 4-9 Resultados de ensayo Calibre

Fuente: El autor

	Sistema de Desenrollado (plg/24hoj)	Sistema de Gofrado (plg/24hoj)	Sistema de Rebobinado (plg/24hoj)
Muestra 1	0,0928	0,2084	0,2214
Muestra 2	0,0906	0,2062	0,2137
Muestra 3	0,0936	0,2188	0,2208
Muestra 4	0,0971	0,2174	0,2336
Muestra 5	0,0971	0,2178	0,2285
Muestra 6	0,0908	0,2044	0,2143
Muestra 7	0,0964	0,2198	0,2273
Promedio	0,0941	0,2133	0,2228

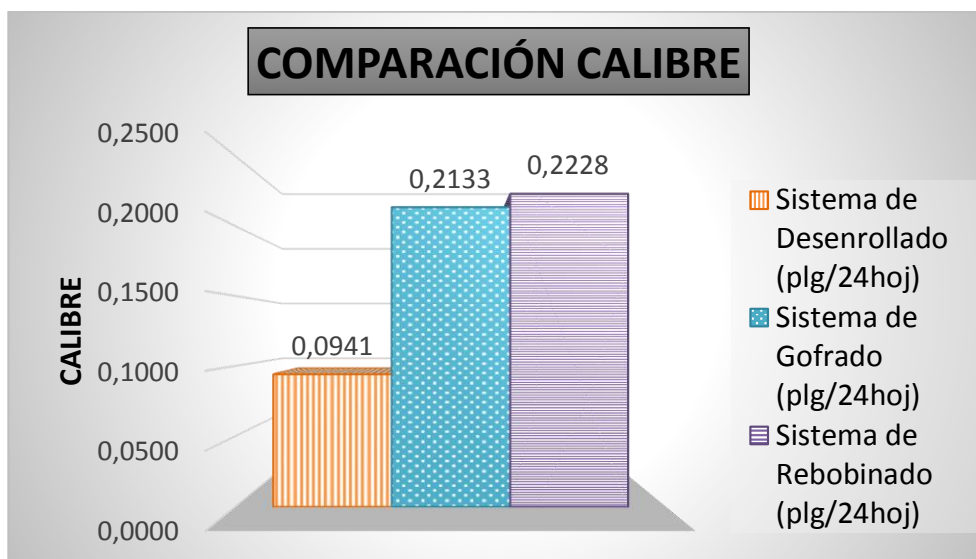


Figura 4-12 Comparación de Calibre

Fuente: El autor

En la figura 4-12 se observó que el calibre tiene un valor promedio de 0,0941plg/24 hojas en el sistema de desenrollado, este valor aumenta considerablemente en el sistema de gofrado que se obtuvo un valor promedio de 0,2133 plg/24hojas con un aumento del 126,73% y para el sistema de rebobinado se obtuvo un valor promedio de 0,2228 plg/24hojas con un aumento del 136,88% con respecto al sistema de desenrollado.

4.3.4 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PESO BASE

Tabla 4-10 Resultados de ensayo Peso Base

Fuente: El autor

	Sistema de Desenrollado (g/m ²)	Sistema de Gofrado (g/m ²)	Sistema de Rebobinado (g/m ²)
Muestra 1	16,962	16,481	16,405
Muestra 2	16,326	15,962	15,983
Muestra 3	17,394	16,983	16,864
Muestra 4	17,400	16,994	16,927
Muestra 5	16,640	16,287	16,194
Muestra 6	16,774	16,361	16,174
Muestra 7	17,058	16,786	16,598
Promedio	16,9363	16,5506	16,4493

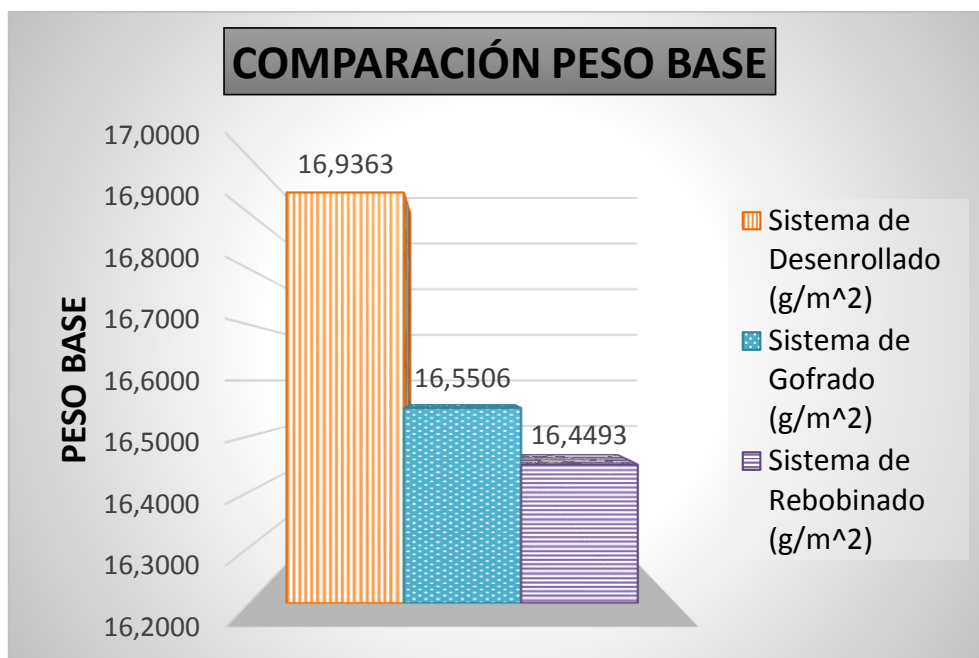


Figura 4-13 Comparación de Peso Base

Fuente: El autor

En la figura 4-13 se observó que el peso base tiene un valor promedio de 16,93 g/m² en el sistema de desenrollado, este valor disminuye en el sistema de gofrado que se obtuvo un valor promedio de 16,55 g/m² con una disminución de 2,28% y para el sistema de rebobinado se obtuvo un valor promedio de 16,44 g/m² con un disminución de 2,88% con respecto al sistema de desenrollado.

4.3.5 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA TENSIÓN

Tabla 4-11 Resultados de Tensión

Fuente: El autor

	Sistema de Desenrollado (pli)	Sistema de Gofrado (pli)	Sistema de Rebobinado (pli)
Muestra 1	2,2593	0,8775	0,6524
Muestra 2	1,8106	0,7469	0,6011
Muestra 3	2,1250	0,8509	0,6236
Muestra 4	2,2818	0,9386	0,6535
Muestra 5	2,0489	0,8027	0,6215
Muestra 6	2,7809	1,0236	0,6876
Muestra 7	1,9945	0,7715	0,6084
Promedio	2,1858	0,8588	0,6354

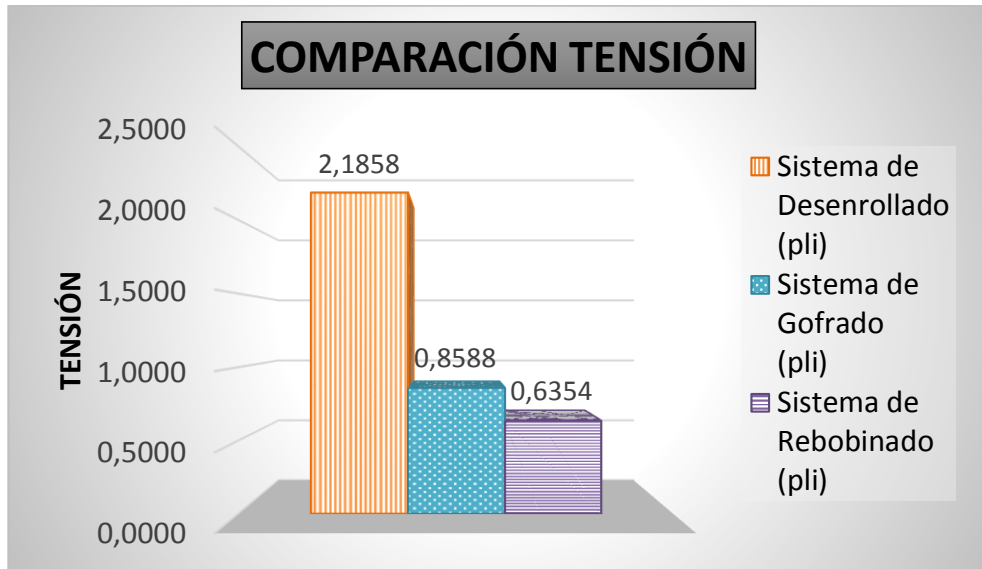


Figura 4-14 Comparación de la Tensión

Fuente: El autor

En la figura 4-14 se observó que la tensión tiene un valor promedio de 2,18 pli en el sistema de desenrollado, este valor disminuye en el sistema de gofrado que se obtuvo un valor promedio de 0,85 pli con una disminución del 60,71% y para el sistema de rebobinado se obtuvo un valor promedio de 0,63 pli con una disminución del 70,93 % con respecto al sistema de desenrollado.

4.3.6 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA COMPACTACIÓN

Tabla 4-12 Resultados de la Tensión v/s Compactación

Fuente: El autor

Fuerza a la ruptura gf/50mm	400	350	300	250
Fuerza a la ruptura Kgf/2270mm	18,16	15,89	13,62	11,35
Tensión (pli)	4,39488	3,84552	3,29616	2,7468
Presión (bar)	0,134074455	1,210947417	2,2024296	3,364693339
Compactación (cm)				
Muestra 1	8,5	9,4	10,5	11,6
Muestra 2	8,5	9,2	10,6	11,7
Muestra 3	8,6	9,5	10,6	11,7
Muestra 4	8,4	9,6	10,4	11,5
Muestra 5	8,5	9,4	10,5	11,8
Muestra 6	8,2	9,2	10,5	11,6
Muestra 7	8,4	9,2	10,6	11,7
Promedio	8,443	9,357	10,529	11,657

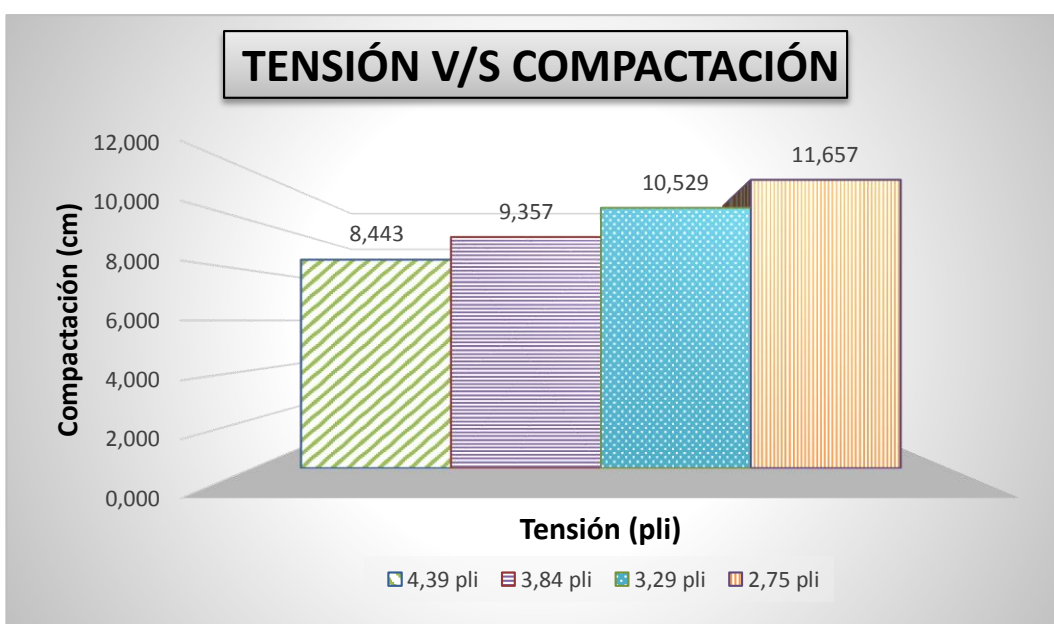


Figura 4-15 Comparación tensión v/s compactación

Fuente: El autor

En la figura 4-15 se observó que la tensión con un valor de 4,39 pli se obtuvo una compactación promedio de 8,44, dicho valor no se encuentra dentro del rango de los estándares de calidad, con una tensión de 3,84 pli se obtuvo una compactación promedio de 9,35 cm este valor si se encuentra dentro del rango de los estándares de calidad, con una tensión de 3,29 pli se obtuvo una compactación promedio de 10,53 cm este valor se encuentra dentro del rango de los valores estándares de calidad y con una tensión de 2,75 pli se obtuvo una compactación promedio de 11,65 cm este valor no se encuentra dentro del rango de los estándares de calidad.

4.4 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

HIPÓTESIS: El estudio de la tensión de papel tissue mejorará la compactación del papel higiénico en la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO.

Hipótesis Nula (H0)

El estudio de la tensión de papel tissue mejorará la compactación del papel higiénico en la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO.

Hipótesis Alternativa (Ha)

El estudio de la tensión de papel tissue no mejora la compactación del papel higiénico en la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO.

Para demostrar la hipótesis se utilizó la ecuación 4-17 que corresponde a la distribución t de student. Se utilizó un nivel de significancia de 5%

$$s = \hat{s} \sqrt{\frac{n}{n-1}} \quad \text{Ecuación 4-17}$$

Dónde:

s: desviación típica corregida

\hat{s} : desviación típica sin corregir = 1

n: muestra = 7

Calculado la desviación típica corregida se utilizó la ecuación 4-18 que corresponde a la varianza estadística t de student.

$$t = \frac{\bar{x} - u}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Dónde:

t: varianza estadística t de student

\hat{x} : dato ideal de la compactación

u: resultado obtenido de la compactación

Para un nivel de significancia del 5% la varianza estadística t de student tiene un valor para un análisis a doble cola, $t = -2,45$ como se observa en la figura 4-13 y $t = 2,45$ como se observa en la figura 4-14.

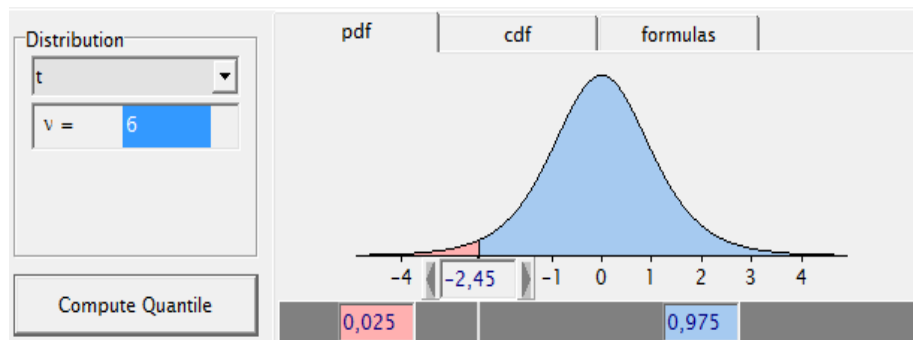


Figura 4-16 Análisis de la distribución t de student a la izquierda

Fuente: El autor

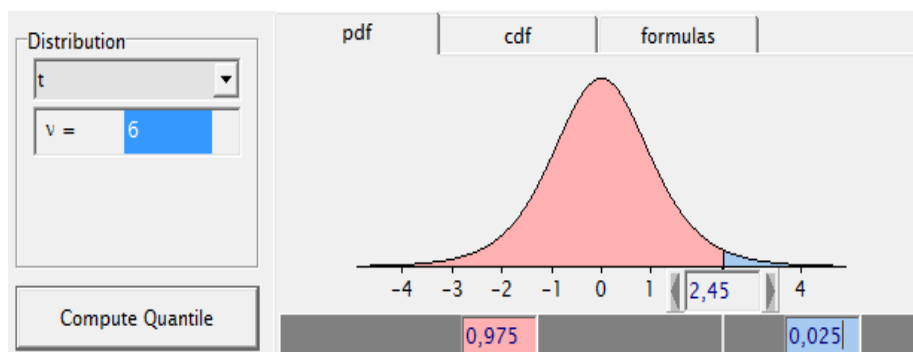


Figura 4-17 Análisis de la distribución t de student a la derecha

Fuente: El autor

- **Análisis para la tensión de 3,85 pli (350gf/50mm)**

Para este caso se utilizó la ecuación 4-17.

$$s = 1 \sqrt{\frac{7}{7-1}}$$
$$s = 1,08$$

Cálculo de la varianza estadística t de student con la ecuación 4-18.

$$t = \frac{10 - 9,36}{\frac{1,08}{\sqrt{7}}}$$
$$t = 1,56$$

El valor de la varianza estadística calculada está dentro de los valores aceptados de la varianza estadística teórica por lo tanto se aceptó la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, indicando que a esta tensión si mejora la compactación.

- **Análisis para la tensión de 3,29 pli (300gf/50mm)**

Para este caso se utilizó la ecuación 4-17.

$$s = 1 \sqrt{\frac{7}{7-1}}$$
$$s = 1,08$$

Cálculo de la varianza estadística t de student con la ecuación 4-18.

$$t = \frac{10 - 10,53}{\frac{1,08}{\sqrt{7}}}$$
$$t = -1,29$$

El valor de la varianza estadística calculada está dentro de los valores aceptados de la varianza estadística teórica por lo tanto se aceptó la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, indicando que a esta tensión si mejora la compactación.

- **Análisis para la tensión de 2,75 pli (250gf/50mm)**

Para este caso se utilizó la ecuación 4-17.

$$s = 1 \sqrt{\frac{7}{7-1}}$$

$$s = 1,08$$

Cálculo de la varianza estadística t de student con la ecuación 4-18.

$$t = \frac{10 - 11,66}{\frac{1,08}{\sqrt{7}}}$$

$$t = -4,06$$

El valor de la varianza estadística calculada es mayor que la varianza estadística teórica por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa, indicando que a esta tensión no mejora la compactación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Una vez que se ha realizado el análisis de la tensión de papel tissue se puede anotar las siguientes conclusiones:

- Los parámetros principales que intervienen en la tensión de papel tissue son la resistencia longitudinal en seco que tiene un rango de 300 – 1000 gf/50mm, alargamiento longitudinal en seco tiene un rango de ≥ 12 %, el calibre tiene un rango de ≥ 0.09 plg, y el peso base tiene un rango de 16 – 18 g/m².
- La resistencia longitudinal en seco es mayor en el sistema de desenrollado a comparación del sistema de gofrado y rebobinado, en el sistema de gofrado y rebobinado tiene una variación mínima a comparación del sistema de desenrollado, ya que al momento que el papel tissue recorre por los rodillos gofradores pierde su propiedad de resistencia, dichos valores se encuentran en la tabla 4-4 que corresponde al resultado del ensayo de Resistencia Longitudinal en Seco.
- El alargamiento longitudinal en seco decrece un 36% en el sistema de gofrado y un 39% en el sistema de rebobinado a comparación del sistema de desenrollado, este valor decrece ya que el papel tissue al momento de su recorrido por la máquina tiende a perder sus propiedad de alargamiento longitudinal, dichos valores se encuentran en la tabla 4-5 que corresponde al resultado del ensayo de Alargamiento Longitudinal en Seco.
- El calibre o espesor es menor en el sistema de desenrollado a comparación del sistema de gofrado y rebobinadora, en el sistema de gofrado tenemos un

aumento del 126% y en el sistema de rebobinado tenemos un aumento de 136%, este se debe porque el papel tissue recorre por los rodillos gofradores y que da marcado el labrado del producto, dichos valores se encuentran en la tabla 4-6 que corresponde al resultado de ensayo de Calibre.

- El peso base tiende a tener una variación mínima en el sistema de desenrollado, gofrado y rebobinado, ya que se mantiene dentro de un rango de variación del 3%, dichos valores se encuentran en la tabla 4-7 que corresponde al resultado del ensayo de Peso Base.
- La tensión de papel tissue en el sistema de desenrollado a la fuerza de ruptura máxima es de 2,18 pli, este valor tiende a decrecer a 0,86 pli que nos da como resultado una disminución del 60% en el sistema de gofrado, en el sistema de rebobinado la tensión es de 0,74 pli que presenta un disminución del 70% a comparación de sistema de desenrollado.
- En el sistema de control de tensión se procedió a regular con distintas fuerzas de papel tissue, por lo que se concluye que la fuerza adecuada para trabajar es de 14,60 Kgf/2270mm con una tensión de 3,84 pli con una compactación de 9,36 cm que se encuentra de los valores de los estandares de calidad (9-11cm).
- Se puede trabajar con una fuerza de 26,55 Kgf/2270mm con una tensión de 3,29 pli con una compactación de 10,56 cm que se encuentra de los valores de los estandares de calidad (9-11cm).

5.2 RECOMENDACIONES

- Cuando se corta las muestras para los ensayos del peso base se debe medir la distancia de 250 X 250 mm para evitar variación en el peso base del papel tissue.

- Al momento de utilizar la guillotina principal y auxiliar se debe realizar esta actividad con guantes, ya que se puede tener cortaduras.
- Cuando se va a realizar el ensayo de resistencia y alargamiento longitudinal en seco se debe observar que las microestructuras del papel tissue se encuentren paralelas a la máquina.
- Al momento de poner la probeta en la máquina Instron verificar que se encuentren las 8 tirillas, y que estas mismas se encuentren bien posicionadas (no debe quedar muy tensionada ni muy floja).
- Para el momento de manipular el sistema de control de tensión, verificar los pesos a utilizar, ya que estos deben variar de acuerdo a la fuerza que se vaya a realizar el detalle experimental para controlar la compactación del papel higiénico.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE TENSIÓN DE PAPEL TISSUE PARA TENER UN CONTROL ADECUADO DE LA COMPACTACIÓN

6.1 DATOS INFORMATIVOS

Una vez realizado el análisis de la tensión del papel tissue se ha determinado que se obtuvo una mejor compactación del papel higiénico a una fuerza de 300 a 350 gf/50mm, con una tensión de 3,84 a 3,29 pli, en el proceso de conversión se obtuvo una disminución de la resistencia y alargamiento longitudinal en seco en el sistema de gofrado y rebobinado a comparación del sistema de desenrollado, el calibre es mayor en el sistema de gofrado y rebobinado a comparación del sistema de desenrollado y el peso base tiene una variación mínima en el sistema de desenrollado, gofrado y rebobinado.

Constituye un aporte importante en el área de diseño, debido a que se determinó una fuerza y tensión adecuado para obtener una compactación que se encuentra dentro del rango permisible de 9 – 11 mm para el papel higiénico, constituyéndose una base para realizar estudios posteriores para otro tipo de papel o distintos métodos de control de tensión; para la cual se realizó un procedimiento de calibración para el sistema de control de tensión.

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Calidad de la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO, provincia de Cotopaxi en la parroquia Tanicuchi sector Lasso; entre los equipos que dispone el laboratorio para la elaboración de la presente investigación se puede mencionar; el tensil para el ensayo de resistencia y alargamiento en seco, el micrómetro para el ensayo de

calibre y la balanza electrónica para el ensayo del peso base que fueron útiles para realizar el análisis.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Existen investigaciones anteriores acerca de la tensión de papel tissue pero es complicado encontrar estudios para la compactación de papel higiénico. En los parámetros que interviene en la tensión de papel tissue existen variables como la resistencia y alargamiento en seco, el calibre y el peso base.

Luego de realizar la investigación se determinó que la fuerza de 300 a 350 gf/50mm, con una tensión de 3,84 a 3,29 pli genera la mejor compactación de papel higiénico.

6.3 JUSTIFICACIÓN

El proceso de la calibración del sistema de control de tensión del papel tissue permite alcanzar una compactación de 9 – 11 cm para el papel higiénico, con esto obtenemos los rangos de calibración y puntos adecuados que permiten tener el control visual sobre los procesos de desenrollado, gofrado, laminado y rebobinado.

Los mismos dependen de la variación de calibre o espesor, porcentaje de elongación y resistencia longitudinal en seco, mejorando así las características finales del producto como: el diámetro, imagen o presentación, compactación, inicio y fin del ciclo de rebobinado, altura, corte y empaque final.

Con esto se mejora el rendimiento de la línea convertidora debido que el control de la tensión reducirá la ruptura de la hoja, desperdicio durante el proceso y reducir los tiempos de línea; por consecuencia se elevará la eficiencia de la línea convertidora.

6.4 OBJETIVO

6.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaborar un procedimiento de calibración del sistema de control de tensión de papel tissue para tener un control adecuado de la compactación.

6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar el instructivo necesario para el procedimiento de calibración del sistema de control de tensión de papel tissue.
- Elaborar los formatos de registro necesarios para el procedimiento de calibración del sistema de control de tensión de papel tissue.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El tema planteado es totalmente factible, ya que se sustenta en los resultados obtenidos en los capítulos anteriores. El procedimiento de la calibración del sistema de control de tensión tiene un costo manejable, los materiales utilizados se lo puedo conseguir fácilmente en el mercado nacional, existe la información necesaria y disponible, normativa con la que se cuenta, en los laboratorios de calidad de la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO disponen de los equipos y las herramientas necesarias para poder realizar la propuesta.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 CONCEPTO DE PROCEDIMIENTO

Son planes en cuanto establecen un método habitual de manejar actividades futuras, que detallan la forma exacta bajo la cual ciertas actividades deben cumplirse.

Consisten en describir detalladamente cada una de las actividades a seguir en un proceso laboral, por medio del cual se garantiza la disminución de errores.

Es un término que hace referencia a la acción que consiste en proceder, que significa actuar de una forma determinada. El concepto, por otra parte, está vinculado a un método o una manera de ejecutar algo.

Un procedimiento, en este sentido, consiste en seguir ciertos pasos predefinidos para desarrollar una labor de manera eficaz. Su objetivo debería ser único y de fácil identificación, aunque es posible que existan diversos procedimientos que persigan el mismo fin, cada uno con estructuras y etapas diferentes, y que ofrezcan más o menos eficiencia. (Monografías.com, 2013, p.1)

6.6.1.1 OBJETIVOS DE LOS PROCEDIMIENTOS

El objetivo primordial del procedimiento consiste en determinar la mejor forma de realizar a cabo una actividad, toso esto considerando los factores principales que son: el tiempo que involucra y el esfuerzo que con lleva la actividad.

6.6.1.2 IMPORTANCIA DE LOS PROCEDIMIENTOS

El hecho importante es que los procedimientos existen a todo lo largo de una organización, aunque, como sería de esperar, se vuelven cada vez más rigurosos en los niveles bajos, más que todo por la necesidad de un control riguroso para detallar la acción, de los trabajos rutinarios llega a tener una mayor eficiencia cuando se ordenan de un solo modo. (Monografías.com, 2013, p.1)

Los procedimientos representan la empresa de forma ordenada de proceder a realizar los trabajos para su mejor función en cuanto a las actividades dentro de la organización.

6.6.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCEDIMIENTOS

No son de aplicación general, sino que su aplicación va a depender de cada situación en particular.

- Son de gran aplicación en los trabajos que se repiten, de manera que facilita la aplicación continua y sistemática.

- Son flexibles y elásticos, pueden adaptarse a las exigencias de nuevas situaciones.
- Por no ser un sistema; ya que un conjunto de procedimientos tendientes a un mismo fin se conoce como un sistema.
- Por no ser un método individual de trabajo. El método se refiere específicamente a como un empleado ejecuta una determinada actividad en su trabajo. (Monografías.com, 2013, p.1)

6.6.1.4 BENEFICIOS DE LOS PROCEDIMIENTOS

El beneficio principal de los procedimientos es el aumento del rendimiento laboral, permitiendo adaptar las mejores soluciones para los problemas y contribuye a tener una buena coordinación y orden en las actividades de la organización.

6.6.2 CONTROL DE TENSIÓN POR BALANCÍN

El sistema de control de tensión es por medio de balancines. Sistema de mayor popularidad en el mercado de las máquinas de conversión de papel, debido a su fácil instalación, calibración, bajo costo y poco mantenimiento.

Este tipo de medidor de la tensión en el papel utiliza un rodillo de giro libre, fabricado de acero con un bajo coeficiente de fricción, que se sustenta por un par de brazos, mismos que soportan su peso en un par de pistones presurizados, que se encargan de amortiguar el movimiento oscilatorio del rodillo balancín causado por el movimiento de la hoja de papel en dirección máquina.

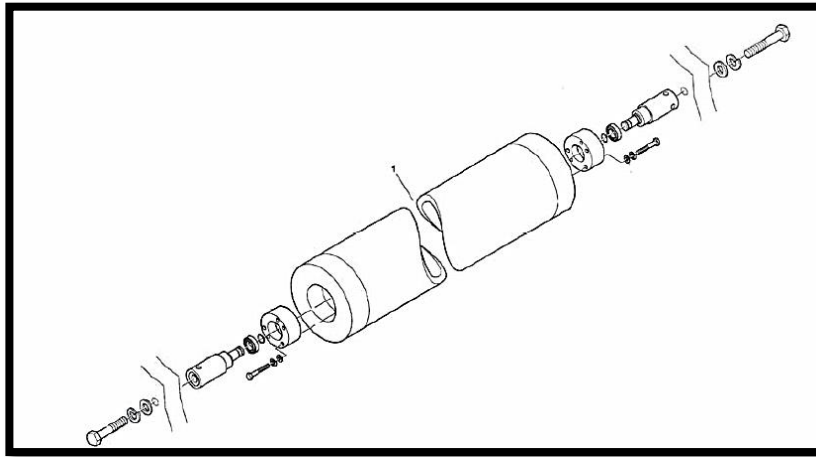


Figura 6-1 Rodillo balancín

Fuente: Fabio Perini, 2015

El control de la tensión se da cuando la posición del este rodillo balancín varia debido al aumento en la tensión del papel. El rango de movimiento, oscilatorio del rodillo, permitido por el balancín es de -20° a 20° .

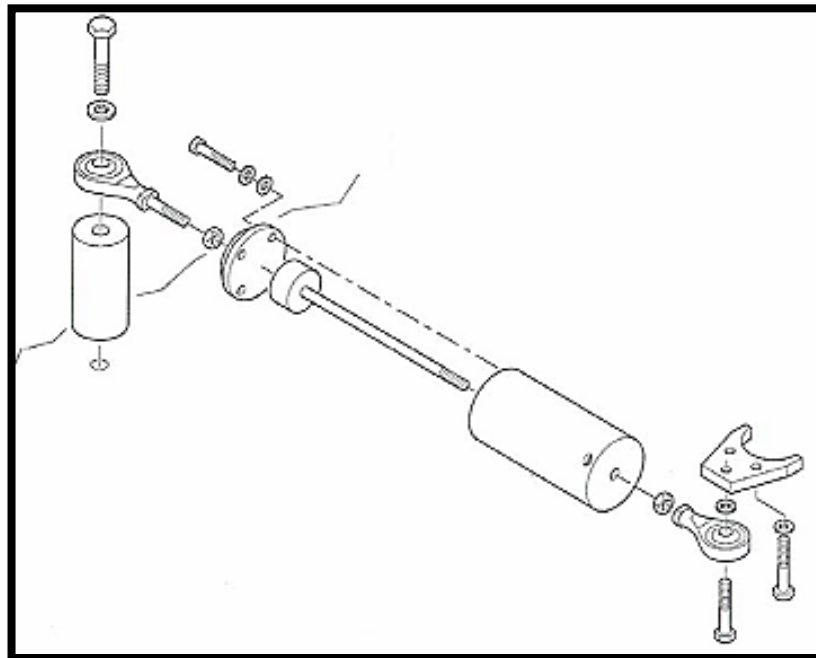


Figura 6-2 Partes que conforman el pistón neumático del rodillo balancín

Fuente: Fabio Perini, 2015

Los elementos principales que componen el sistema de brazos el balancín son:

- 1.- Brazos del rodillo balancín
- 2.- Corona
- 3.- Contrapeso
- 4.- Amortiguador de Impacto

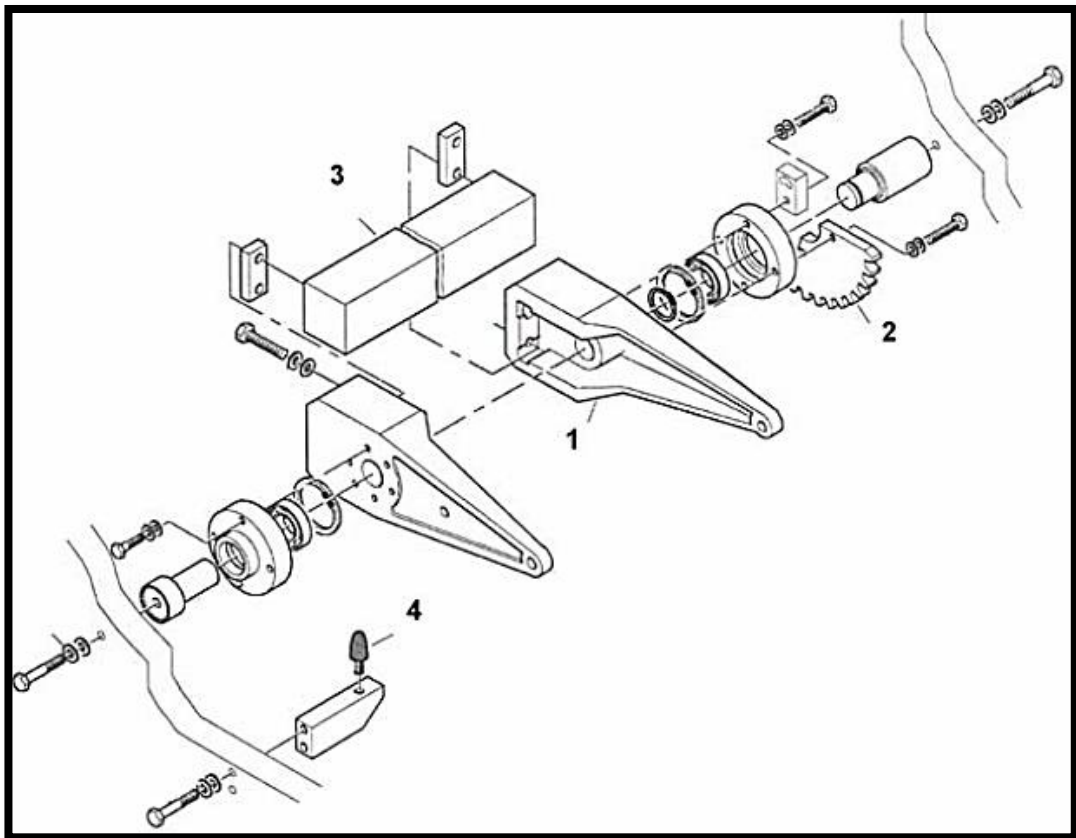


Figura 6-3 Sistema de brazos del balancín

Fuente: Fabio Perini, 2015

6.7 METODOLOGÍA

6.7.1 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE TENSIÓN DE PAPEL TISSUE

CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE TENSIÓN	Código: FS-EC-LP-LC1
	Versión: 01
	Página: 0 de 0

1. OBJETIVO

Calibrar el sistema de control de tensión de papel tissue para una línea convertidora.

2. ALCANCE

Este procedimiento sirve para realizar la calibración del sistema de control de tensión de papel tissue para una línea convertidora.

3. RESPONSABLE

Operador 3 de la línea convertidora.

Operador 2 de la línea convertidora.

4. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1430 “Papeles y Cartones. Papel Higiénico. Requisitos”, NTE INEN 1405 “Papeles y Cartones.

Norma TAPPI T494 “Tensile Properties of Paper and Paperboard”

5. DEFINICIÓN

La calibración del sistema de control de tensión de papel tissue sirve para mejorar la compactación del papel higiénico, mejorando así las características como el diámetro, inicio y fin del ciclo de rebobinado, altura, corte y empaque final.

6. PROCEDIMIENTO

Para realizar la calibración de control de tensión de papel tissue se realiza los siguientes pasos:

Actividad	Descripción	Responsable
<pre> graph TD Inicio([Inicio]) --> Solicitar[Solicitar bobina de papel tissue] Solicitar --> Aprobar{Aprobar bobina de papel tissue} Aprobar -- NO --> Solicitar Aprobar -- SI --> Montaje[Montaje de la bobina] Montaje --> Calibracion[Calibración del sistema de control de tensión] Calibracion --> Registro[Registro de datos del papel higiénico] Registro --> Fin([Fin]) </pre>	<p>Se solicita la traída de una bobina de papel tissue.</p> <p>Se realiza el análisis de las propiedades de papel tissue, según los instructivos: FS-EC-LP-LC1-IT1, FS-EC-LP-LC1-IT2 y FS-EC-LP-LC1-IT3 y registrar en el formato: FS-EC-LP-LC1-RG1.</p> <p>Se monta la bobina de papel tissue en el desenrollado según el instructivo: FS-EC-LP-LC1-IT4</p> <p>Se calibra el sistema de control de tensión según el instructivo: FS-EC-LP-LC1-IT5</p> <p>Se registra los datos obtenidos en el formato: FS-EC-LP-LC1-RG2</p>	<p>Operador 3</p> <p>Operador 3 y operador 2</p> <p>Operador 3 y operador 2</p> <p>Operador 3 y operador 2</p> <p>Operador 3 y operador 2</p>

7. REGISTROS

Instructivo de la Resistencia Longitudinal en Seco y Alargamiento Longitudinal en Seco de Papel Tissue (FS-EC-LP-LC1-IT1).

Instructivo del Calibre de Papel Tissue (FS-EC-LP-LC1-IT2).

Instructivo del Peso Base de Papel Tissue (FS-EC-LP-LC1-IT3).

Registro de las propiedades de Papel Tissue (FS-EC-LP-LC1-RG1).

Instructivo del Montaje de la Bobina de Papel Tissue en el Desenrollador (FS-EC-LP-LC1-IT4).

Instructivo de la calibración del sistema de control de tensión de papel tissue (FS-EC-LP-LC1-IT5).

Registro de las propiedades de Papel Higiénico (FS-EC-LP-LC1-RG2).

Elaborado por: Fecha: 22/06/2015	Revisado por: Fecha: 22/06/2015	Aprobado: Fecha: 22/06/2015
Firma:.....	Firma:.....	Firma:.....

6.7.1.1 INSTRUCTIVO DE LA RESISTENCIA LONGITUDINAL EN SECO Y ALARGAMIENTO LONGITUDINAL EN SECO DEL PAPEL TISSUE

RESISTENCIA LONGITUDINAL EN SECO Y ALARGAMIENTO LONGITUDINAL EN SECO DEL PAPEL TISSUE	Código: FS-EC-LP-LC1-IT1
	Versión: 01
	Página: 0 de 0

1. OBJETIVO

Determinar la resistencia longitudinal en seco y alargamiento longitudinal en seco del papel tissue.

2. ALCANCE

Aplica para las bobinas que recién ingresan a la máquina convertidora.

3. RESPONSABLE

Operador 3 de la línea convertidora.

4. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1430 “Papeles y Cartones. Papel Higiénico. Requisitos”, NTE INEN 1405 “Papeles y Cartones.

Norma TAPPI T494 “Tensile Properties of Paper and Paperboard”

5. DEFINICIÓN

Resistencia longitudinal en seco.- es la fuerza con la que se fractura en papel en una determinada muestra.

Alargamiento Longitudinal en seco.- es el porcentaje que alargamiento que tiene el papel hasta llegar a fracturarse totalmente.

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Llegado la bobina de papel tissue que sale del molino a la máquina convertidora se corta una muestra de papel de una hoja, esta muestra tiene las siguientes dimensiones 2000 x 2000 mm.

6.2 Doblar la muestra en mitades sucesivas en sentido transversal hasta llegar a obtener 8 hojas.

6.3 Colocar en la guillotina la muestra de papel doblada y cortar una muestra de 250 mm de ancho y 250 mm de largo, en sentido longitudinal a la máquina.

6.4 Colocar la muestra de 250 mm de ancho y 250 mm de largo en la guillotina auxiliar, esta guillotina ya tiene la medida de corte de 50 mm de ancho y 200 mm de largo.

6.5 Se colocan todas las tirillas en la mordaza superior del tensil electrónico y en la mordaza inferior una solo tirilla (dicha muestra no debe quedar muy tensionada ni muy floja). La distancia de mordaza es de 100 mm.

6.6 Se presiona el iniciar programa para que se nos genere la resistencia y alargamiento longitudinal en seco, y este proceso se repite para cada tirilla.

6.7 Se toma el valor promedio de la resistencia y alargamiento longitudinal en seco y se registra en el formato: FS-EC-LP-LC1-RG1.

6.8 Si la resistencia longitudinal promedio se encuentra en el rango de ≥ 300 - $1000 \leq$ se aprueba y el alargamiento longitudinal se encuentra en el rango de ≥ 12 se aprueba.

7. EQUIPOS

Tensil electrónico

Guillotina de muestra

Guillotina auxiliar de muestra

8. UNIDAD

Resistencia longitudinal en seco = gf/50mm

Alargamiento longitudinal en seco = %

9. REGISTRO

Registro de las propiedades de Papel Tissue (FS-EC-LP-LC1-RG1).

Elaborado por: Fecha: 22/06/2015	Revisado por: Fecha: 22/06/2015	Aprobado: Fecha: 22/06/2015
Firma:.....	Firma:.....	Firma:.....

6.7.1.2 INSTRUCTIVO DEL CALIBRE DE PAPEL TISSUE

CALIBRE DE PAPEL TISSUE	Código: FS-EC-LP-LC1-IT2
	Versión: 01
	Página: 0 de 0

1. OBJETIVO

Determinar el calibre de papel tissue.

2. ALCANCE

Aplica para las bobinas que recién ingresan a la máquina convertidora.

3. RESPONSABLE

Operador 3 de la línea convertidora.

4. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1430 “Papeles y Cartones. Papel Higiénico. Requisitos”, NTE INEN 1405 “Papeles y Cartones.

5. DEFINICIÓN

Calibre.- o espesor de una película que es una medida importante para el material que se procesa, por su efecto en la curva de tensión / alargamiento.

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Llegado la bobina de papel tissue que sale del molino a la máquina convertidora se corta una muestra de papel de una hoja, esta muestra tiene las siguientes dimensiones 2000 x 2000 mm.

6.2 Doblar la muestra en mitades sucesivas en sentido transversal hasta llegar a obtener 8 hojas.

6.3 Colocar en la guillotina la muestra de papel doblada y cortar una muestra de 250 mm de ancho y 250 mm de largo, en sentido longitudinal a la máquina.

6.4 Poner las 8 hojas de papel tissue en el micrómetro.

6.5 Tomar medidas en tres partes distintas de la muestra de papel tissue.

6.7 Se suma las tres medidas y se divide para 1000. Se toma el valor resultante y se registra en el formato: FS-EC-LP-LC1-RG1.

6.8 Si el calibre se encuentra en el rango ≥ 9 se aprueba.

7. EQUIPOS

Micrómetro

Guillotina de muestra

8. UNIDAD

Calibre = plg/24 hojas

9. REGISTRO

Registro de las propiedades de Papel Tissue (FS-EC-LP-LC1-RG1).

Elaborado por: Fecha: 22/06/2015	Revisado por: Fecha: 22/06/2015	Aprobado: Fecha: 22/06/2015
Firma:.....	Firma:.....	Firma:.....

6.7.1.3 INSTRUCTIVO DEL PESO BASE DE PAPEL TISSUE

PESO BASE DE PAPEL TISSUE	Código: FS-EC-LP-LC1-IT3
	Versión: 01
	Página: 0 de 0

1. OBJETIVO

Determinar el peso base de papel tissue.

2. ALCANCE

Aplica para las bobinas que recién ingresan a la máquina convertidora.

3. RESPONSABLE

Operador 3 de la línea convertidora.

4. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1430 “Papeles y Cartones. Papel Higiénico. Requisitos”, NTE INEN 1405 “Papeles y Cartones.

5. DEFINICIÓN

Peso Base.- es el peso fijo designado de 24 hojas, medido en gramos, en tamaño de hoja básica de ese papel. Es importante tener en cuenta que el tamaño básico hoja no es la misma para todos los tipos de papel.

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Llegado la bobina de papel tissue que sale del molino a la máquina convertidora se corta una muestra de papel de una hoja, esta muestra tiene las siguientes dimensiones 2000 x 2000 mm.

6.2 Doblar la muestra en mitades sucesivas en sentido transversal hasta llegar a obtener 8 hojas.

6.3 Colocar en la guillotina la muestra de papel doblada y cortar una muestra de 250 mm de ancho y 250 mm de largo, en sentido longitudinal a la máquina.

6.4 Doblar la muestra en cuatro partes iguales para colocar en la balanza electrónica.

6.5 Se toma el valor de la balanza electrónica y se multiplica para dos, se toma el valor resultante y se registra en el formato: FS-EC-LP-LC1-RG1.

6.8 Si el peso base se encuentra en el rango $\geq 16 - 18 \leq$ se aprueba.

7. EQUIPOS

Balanza electrónica

Guillotina de muestra

8. UNIDAD

Peso base = g/m²

9. REGISTRO

Registro de las propiedades de Papel Tissue (FS-EC-LP-LC1-RG1).

Elaborado por: Fecha: 22/06/2015	Revisado por: Fecha: 22/06/2015	Aprobado: Fecha: 22/06/2015
Firma:.....	Firma:.....	Firma:.....

6.7.1.4 REGISTRO DE LAS PROPIEDADES DE PAPEL TISSUE

REGISTRO DE LAS PROPIEDADES DE PAPEL TISSUE	Código: FS-EC-LP-LC1-RG1
	Versión: 01
	Página: 0 de 0

1. OBJETIVO

Registrar las propiedades de papel tissue

2. ALCANCE

Aplica para las bobinas que han sido analizadas previo al ingreso de la máquina convertidora.

3. RESPONSABLE

Operador 3 de la línea convertidora.

4. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1430 “Papeles y Cartones. Papel Higiénico. Requisitos”, NTE INEN 1405 “Papeles y Cartones.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Una vez analizada las propiedades principales de papel tissue se procede a registrar los datos obtenidos de los instructivos: FS-EC-LP-LC1-IT1, FS-EC-LP-LC1-IT2 y FS-EC-LP-LC1-IT3 en la siguiente tabla que corresponde a las propiedades de papel tissue.

REGISTRO DE LAS PROPIEDADES DE PAPEL TISSUE					Código: FS-EC-LP-LC1-RG1		
					Versión: 01		
Nº	Fecha	# Bobina	# Orden	Rest Long en Seco	Alar Long En seco	Calibre	Peso Base

6.7.1.5 INSTRUCTIVO DEL MONTAJE DE LA BOBINA DE PAPEL TISSUE

MONTAJE DE LA BOBINA DE PAPEL TISSUE EN EL DESENROLLADOR	Código: FS-EC-LP-LC1-IT4
	Versión: 01
	Página: 0 de 0

1. OBJETIVO

Montar la bobina de papel tissue en el desenrollador interno y externo en la línea convertidora.

2. ALCANCE

Aplica para las bobinas que van hacer montadas en el desenrollador interno y externo de la máquina convertidora.

3. RESPONSABLE

Operador 3 y operador 2 de la línea convertidora.

4. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Procedimientos Operativos de Desenrolladores Tradicional de Fabio Perini

5. DEFINICIÓN

El desenrollador es el primer paso de la línea de procesamiento y desenrolla las bobinas de papel tissue.

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Verificar el sentido de desenrollado de la bobina, este debe coincidir con el sentido de rotación de la máquina (movimiento de desenrollado).

6.2 Comprobar que el tubo de cartón “canuto” de la bobina que debe cargarse en la máquina este limpio y que no presente daño alguno.

6.3 Colocar el inserto en el orificio del tubo de carton para la elevación.

6.4 Posicionar la estructura de elevación de tal manera que los ganchos inferiores se posicionen en los alojamientos del inserto.

6.5 Aflojar las correas de desenrollado, girando a la derecha el selector eléctrico de mando.

6.6 Retraer los conos respecto de los punzones con el selector eléctrico de mando.

6.7 Apoyar la bobina sobre las básculas mecánicas en stand-by que se encuentra en la parte superior del desenrollador.

6.8 Extraer los conos y bloquear la bobina con el selector eléctrico de mando.

6.9 Cortar el extremo del papel tissue en forma inclinada y envolver en una espiral.

6.10 Girar la bobina con la mano para crear un excedente útil de papel tissue libre.

Elaborado por: Fecha: 22/06/2015	Revisado por: Fecha: 22/06/2015	Aprobado: Fecha: 22/06/2015
Firma:.....	Firma:.....	Firma:.....

6.7.1.6 INSTRUCTIVO DE CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE TENSIÓN

CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE TENSIÓN	Código: FS-EC-LP-LC1-IT5
	Versión: 01
	Página: 0 de 0

1. OBJETIVO

Calibrar el sistema de control de tensión para el papel tissue.

2. ALCANCE

Aplica para los cambios de producción cuando se realiza el papel higiénico “Familia Aroma”

3. RESPONSABLE

Operador 3 y operador 2 de la línea convertidora.

4. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Procedimientos Operativos de Desenrolladores Tradicional de Fabio Perini

5. DEFINICIÓN

La calibración del sistema de control de tensión de papel tissue sirve para mejorar la compactación del papel higiénico

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Guiar la espiral de papel tissue por la trayectoria de los diferentes rodillos en el sistema de desenrollado hasta el rodillo danzarín.

6.2 Dejar pasar papel tissue por el rodillo danzarín hasta la parte inferior.

6.3 Levantar las correas de desenrollado trabajando con el respectivo selector eléctrico de mando de modo de llevarse a la posición de contacto con las bobina.

6.4 Girar el regulador de presión del rodillo danzarín hacia la derecha hasta alcanzar el valor deseado en el manómetro respectivo, dicha presión se encuentra en la tabla 4-9 que corresponde a los resultados de la tensión v/s compactación

6.5 Enrollar el papel tissue en la base de plástico en sentido contrario del movimiento de la bobina hasta una altura de 50cm del rodillo danzarín.

6.6 Colocar el gancho de la base de los pesos en el enrollado de papel tissue.

6.7 Poner las pesas en la base de acuerdo a la tabla 4-9 y registrar en el formato: FS-EC-LP-LC1-RG2.

6.8 Colocar en el contrapeso del sistema de control de tensión el nivel digital, para registrar el ángulo, dicho ángulo tienen que estar en el rango mostrado en la anexo 8 que corresponde a Ángulos de trabajo del rodillo danzarín y registrar en el formato: FS-EC-LP-LC1-RG2.

7. EQUIPOS

Pesas

Ganchos

Base plástico

Nivel digital

8. REGISTRO

Registro de las propiedades de Papel Higiénico (FS-EC-LP-LC1-RG2).

Elaborado por: Fecha: 22/06/2015	Revisado por: Fecha: 22/06/2015	Aprobado: Fecha: 22/06/2015
Firma:.....	Firma:.....	Firma:.....

6.7.1.7 REGISTRO DE LAS PROPIEDADES DE PAPEL HIGIÉNICO

REGISTRO DE LAS PROPIEDADES DE PAPEL HIGIÉNICO	Código: FS-EC-LP-LC1-RG2
	Versión: 01
	Página: 0 de 0

1. OBJETIVO

Registrar las propiedades principales de papel higiénico

2. ALCANCE

Aplica para el papel higiénico “Familia Aroma” que han salido de la línea convertidora.

3. RESPONSABLE

Operador 3 de la línea convertidora.

4. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1430 “Papeles y Cartones. Papel Higiénico. Requisitos”, NTE INEN 1405 “Papeles y Cartones.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Una vez analizada las propiedades principales de papel tissue se procede a registrar los datos obtenidos de los instructivos: FS-EC-LP-LC1-IT1, FS-EC-LP-LC1-IT2 y FS-EC-LP-LC1-IT3 en la siguiente tabla que corresponde a las propiedades de papel higiénico.

5.2. Medir la compactación del papel higiénico que haya salido de la línea convertidora con el compactímetro y registrar en la tabla que corresponde a las propiedades de papel higiénico.

5.3 Medir el diámetro del papel higiénico que haya salido de la línea convertidora con el pímetro y registrar en la tabla que corresponde a las propiedades de papel higiénico.

6.8 ADMINISTRACIÓN

El análisis económico de la propuesta se presenta en la tabla 6.1 que corresponde a desglose de costo de la investigación en donde se desglosan los materiales y recursos utilizados:

Tabla 6-1 Desglose de costo de la investigación

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
MATERIALES					
1	Papel Tissue	1,5	Tn	1000	1500
2	Papel Higiénico	1,5	Tn	1000	1500
3	Ganchos	2	un	3	6
4	Construcción de pesas	1	un	489,44	489,44
5	Base de plástico	1	un	30	30
Total de materiales					3525,44
VARIOS					
6	Materiales de oficina	1	un	200	200
7	Internet	1	un	60	60
8	Transporte	1	un	150	150
9	Impresiones y Empastado	1	un	300	300
Total de varios					710
Total					4235,44

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Una vez concluido el presente trabajo de investigación se ha podido determinar que la calibración del sistema de control de tensión del papel tissue mejora la compactación de papel higiénico.

La investigación constituye un aporte importante en el área de conversión en la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO, debido a que se ha determinado un procedimiento de calibración del sistema de control de papel tissue adecuado, que puede ser aplicado a las demás líneas convertidoras de la empresa.

Se recomienda elaborar trabajos relacionados con este tema, debido a que existen distintos puntos de control para la tensión, uno de estos son los puntos de contacto

(NIP) que se realizan entre el rodillo de caucho y metálico, tanto superior como inferior.

Es importante destacar que los ensayos se realizaron en su totalidad en el Laboratorio de Calidad de la empresa FAMILIA SANCELA S.A. PLANTA LASSO.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cominter. (2013). *Kartogroup: eficiencia en la producción, sofisticación en el producto*. Recuperado de <http://cominterpaper.com/es/2013/05/el-papel-abril-mayo-2013-kartogroup-eficiencia-en-la-produccion-sofisticacion-en-el-producto/>
2. Consultoresfca. (2011). *TECNOLOGIA - TENSION DEL PAPEL EN LA IMPRESION CONTINUA*. Recuperado de <http://consultoresfca.blogspot.com/2008/09/tecnologia-tension-del-papel-en-la.html>
3. Damour, J. (2004). *Mechanic of tension control*. Cataluña. DEStech Publications.
4. Educacion.ucv. (2012). *EL PAPEL*. Recuperado de http://educacion.ucv.cl/prontus_formacion/site/artic/20061215/asocfile/ASOCFILE120061215122644.pdf
5. Majewski Tadeusz. (2008). *Control Automático de la Tensión de la Cinta de Papel*. Recuperado de http://somim.org.mx/articulos2010/memorias/memorias2008/articulos/A4/A4_349.pdf
6. Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI. (2008). *Informe de Análisis del Papel Higiénico en rollos*. Buenos Aires
7. Perini, F. (2015). *External Finishing Unit*. Lucca. Korber paperlink. (Catalogo)
8. Perini, F. (1999). *Desenrollador mod.4811 Manual de Mantenimiento*. Lucca. Korber paperlink. (Catalogo)

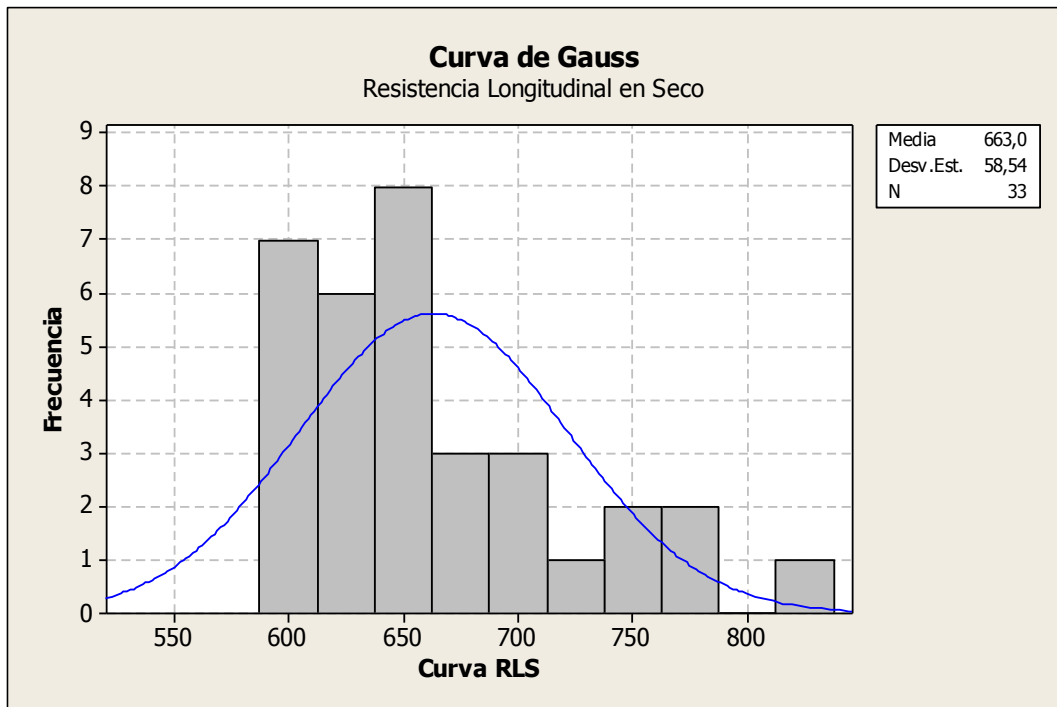
9. Perini, F. (2007). *Procedimientos Operativos y Regulaciones Rebobinadora Fortyfive*. Lucca. Korber paperlink. (Catalogo)
10. Perini, F. (2014). *Tension control Solution*. Recuperado de <http://www.fabioperini.com/es/productos.html>
11. Good, J., & Roisum, D. (2008). *Machines, Mechanics and Measurements*. Oklahoma: TAPPI Press.
12. Instituto Ecuatorino De Normalización INEN 003. (1890). *Código de Dibujo Técnico-Mecánico*.
13. Instron. (2008). *Normas TAPPI para Ensayos de Resistencia a la Tracción con Papel*. Recuperado de <http://www.instron.com.es/wa/solutions/details.aspx?PageID=118>
14. Monografias.com. (2013). *Normas y procedimientos*. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos95/procedimientos/procedimientos.shtml>
15. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1430. (2014). *Papeles Y Cartones.Papel Higienico.Requisitos*.
16. Papelera Internacional. (2010). *Papelera Internacional, S.A. (PAINSA)*. Recuperado de <http://www.papelerainternacional.com/painsa.php>
17. Papet. (2011). *Aprovechamiento de las Propiedades Fisicoquímicas*. Recuperado de http://papet.weebly.com/uploads/2/2/9/0/22906102/marco_terico_resumido_para_el_lector_papet.pdf
18. Tjwalter associates. (2008). *Tension control*. Recuperado de <http://www.webhandling.com>
19. Web Tensión Handbook. (2010). *Tension Control*. Recuperado de <http://www.cmcccontrols.com>

ANEXOS

ANEXO 1:**Tabla de Resistencia Longitudinal en Seco de un Registro de Datos.**

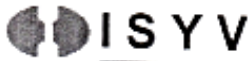
Nº	UNIDAD	VALOR TEÓRICO	TOL. SUPERIOR	TOL. INFERIOR	MEDIA
1	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	701,43
2	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	774,28
3	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	665,96
4	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	630,92
5	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	618,81
6	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	696,99
7	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	608,94
8	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	604,10
9	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	603,47
10	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	606,64
11	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	835,28
12	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	674,74
13	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	604,17
14	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	767,04
15	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	633,47
16	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	645,25
17	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	650,57
18	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	697,98
19	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	755,55
20	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	681,77
21	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	741,36
22	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	617,49
23	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	639,55
24	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	639,98
25	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	620,16
26	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	639,63
27	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	627,77
28	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	640,45
29	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	658,64
30	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	611,75
31	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	661,10
32	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	603,96
33	gf/50mm	800,00	1.000,00	600,00	721,31

Con la ayuda de la curva de Gauss vamos a determinar la desviación estándar de la resistencia longitudinal en seco de un registro de datos que nos da como valor de 58,54 como se muestra en la siguiente figura.



ANEXO 2:

Certificado de Calibración del Tensil Electrónico



INSTRUMENTACIÓN, SERVICIO Y VENTAS Ltda.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No. 0450

Pág. 1 de 5

INFORMACIÓN GENERAL

Fecha: Septiembre 18 de 2014
Empresa:
Dirección:

INFORMACION DE LA MÁQUINA

Marca: Instron
Modelo: 3343
No. de Serie: Q9168
Ubicación de la Máquina: Laboratorio de Calidad

INFORMACION DE LA CELDA DE CARGA DE LA MÁQUINA

No. de Serie: 59584
Marca: Instron
Capacidad (Escala Total): 100N

INFORMACIÓN DE LA VERIFICACIÓN

Escala(s): 1Kg y 10Kg
Intervalo Calibrado: 0.1 – 1Kg y 2Kg – 10Kg
Método: Comparación
Temperatura del Laboratorio: 25°C
Humedad Relativa: 32%
Norma Utilizada: ISO 7500-1
Unidades de Medida: Kgf

PATRONES DE REFERENCIA

Marca: Servibalanzas & Servipesas
Tipo: Discos
Nos. Sellos de Calibración: PVX-1057, PVX-1058 y PVX-1059
Fecha de Calibración: Junio 09 de 2014

TABLA DE DATOS I

Intervalo Calibrado: 0.1 – 1Kg

% de la Escala	Pesas Patrón (Kg)	Lecturas de la Máquina		
		1ª. Serie (Kg)	2ª. Serie (Kg)	3ª. Serie (Kg)
10	0.1000	0.1002	0.1002	0.1002
20	0.2000	0.2003	0.2004	0.2004
30	0.3000	0.3007	0.3007	0.3007
40	0.4000	0.4008	0.4009	0.4010
50	0.5000	0.5010	0.5010	0.5011
60	0.6000	0.6014	0.6014	0.6013
70	0.7000	0.7016	0.7016	0.7017
80	0.8000	0.8019	0.8020	0.8020
90	0.9000	0.9023	0.9022	0.9023
100	1.000	1.002	1.003	1.002
Lect. después de cargas:		0.0000	0.0000	0.0000

TABLA DE DATOS II

Intervalo Calibrado: 2 – 10Kg

% de la Escala	Pesas Patrón (Kg)	Lecturas de la Máquina		
		1ª. Serie (Kg)	2ª. Serie (Kg)	3ª. Serie (Kg)
20	2.000	2.005	2.005	2.005
30	3.000	3.008	3.008	3.009
40	4.000	4.010	4.010	4.010
50	5.000	5.012	5.013	5.013
60	6.000	6.015	6.015	6.015
70	7.000	7.017	7.018	7.018
80	8.000	8.020	8.019	8.021
90	9.000	9.023	9.022	9.022
100	10.000	10.03	10.03	1.002
Lect. después de cargas:		0.0000	0.0000	-0.0001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No. 0450

Pág. 3 de 5

TABLA DE RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Punto tomado #	Pesas Patrón (Kg)	Resolución "a" (%)	Valores hallados de los Errores Relativos de:			
			Exactitud "c" (%)	Repetibilidad "b" (%)	Incertidumbre "u" (%)	Errores de Cero "fo" (%)
1	0.1000	0.10	0.20	0.00	0.13	Tabla de Datos I
2	0.2000	0.05	0.20	0.06	0.09	1ª Serie = 0.00
3	0.3000	0.033	0.23	0.00	0.10	
4	0.4000	0.025	0.23	0.06	0.09	2ª Serie = 0.00
5	0.5000	0.020	0.20	0.02	0.10	
6	0.6000	0.016	0.23	0.02	0.08	3ª Serie = 0.00
7	0.7000	0.014	0.24	0.03	0.09	
8	0.8000	0.0125	0.25	0.01	0.08	
9	0.9000	0.011	0.26	0.01	0.09	Tabla de Datos II
10	1.000	0.100	0.20	0.10	0.13	1ª Serie = 0.000
11	2.000	0.050	0.25	0.00	0.54	
12	3.000	0.033	0.27	0.03	0.54	2ª Serie = 0.000
13	4.000	0.025	0.25	0.00	0.54	
14	5.000	0.020	0.26	0.02	0.54	3ª Serie = -0,001
15	6.000	0.016	0.25	0.00	0.82	
16	7.000	0.014	0.26	0.01	1.08	
17	8.000	0.0125	0.25	0.03	1.26	
18	9.000	0.011	0.24	0.01	1.86	
19	10.000	0.010	0.30	0.10	2.34	

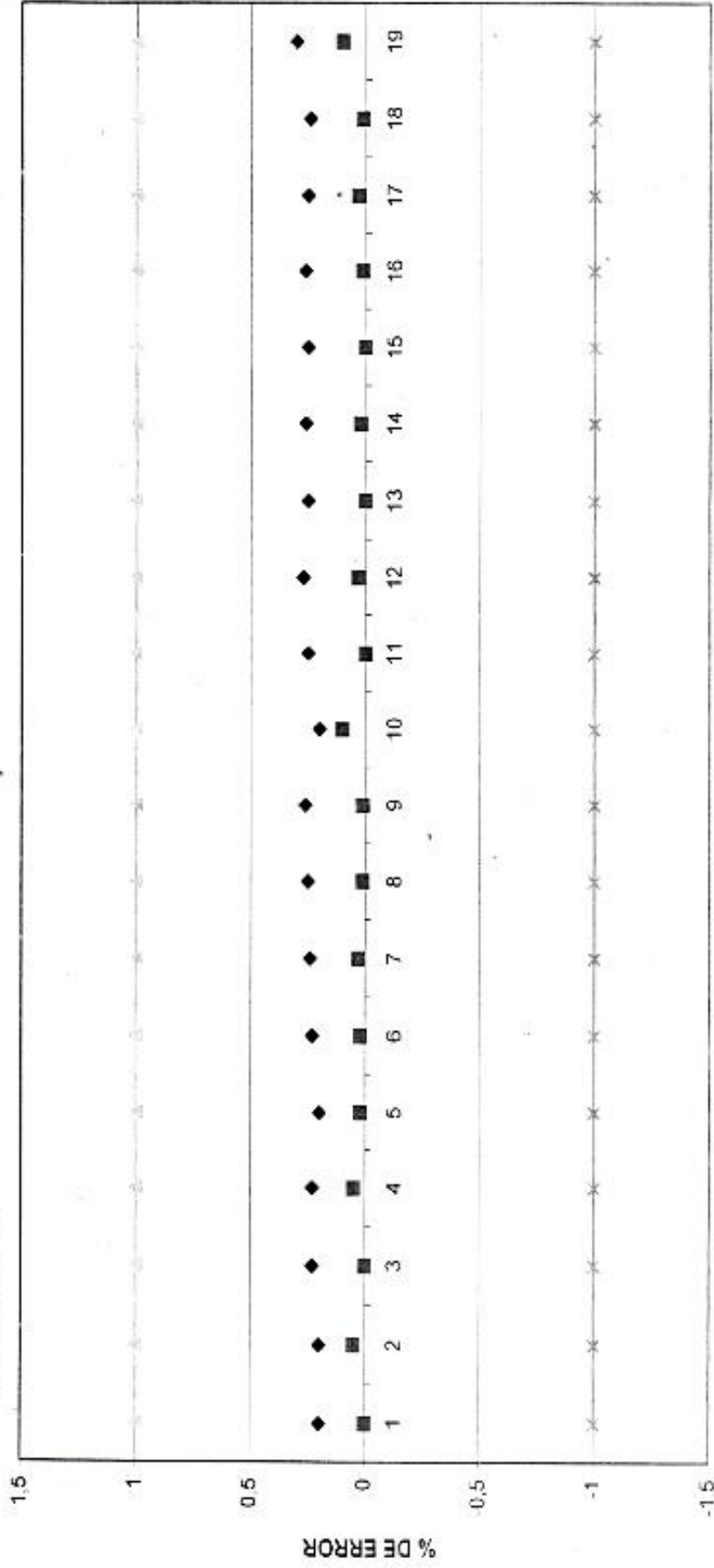
 Para el cálculo de la Incertidumbre expandida se estima un factor de cobertura $K = 2$



ISYV LTDA

Certificado No. 0450

ERRORES DE EXACTITUD Y DE REPETIBILIDAD



PUNTOS TOMADOS

◆ % Error de Exactitud "q" ■ % Error de Repetibilidad "b"

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No. 0450

Pág. 5 de 5

CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS**Máximos Errores Relativos porcentuales encontrados:**

De Exactitud (%):	0.30%
De Repetibilidad (%):	0.10%
De Cero (%):	0.001 %

Resolución Relativa "a" máxima calculada en las dos Escalas: 0.10%

Con base en estos valores y de conformidad con la norma ISO 7500-1, la Máquina de Ensayos se clasifica en la Clase 0.5 entre 100g y 10kg de la Escala de la Celda.

OBSERVACIONES

- El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de las normas de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores de 12 meses.
- En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a reparaciones o ajustes importantes.


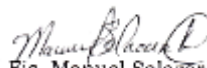
Realizó,

Revisó,


Ing. Gilberto Morales Amaya
Ing. José Vicente Morales **SYV Ltda.**
INSTRUMENTACIÓN, SERVICIO Y MANTENIMIENTO S.A.S.
NIT: 830 025 547 7

ANEXO 3:

Certificado de Calibración del Micrómetro

	INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION LABORATORIO NACIONAL DE METROLOGÍA (L.N.M.) DIVISIÓN DIMENSIONAL LABORATORIO DE LONGITUD
CERTIFICADO DE CALIBRACION	
Certificado No.: LNM-L-2014-100	Página 1 de 2
Fecha de Calibración: 2014-03-10	
Instrumento: Medidor de Espesores Marca: TMI Modelo o Tipo: 49-70-01-0003 Serie: 21136-01 Código de identificación: GC-M001 Rango: (0 - 1,25)mm División de escala: 0,001 mm Dispositivo de lectura: DIGITAL Propietario: Dirección: Observaciones: ***** Adhesivo No.: 3252	
<p>El Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, realizó en el Laboratorio de Longitud del LNM, la calibración del instrumento arriba descrito, utilizando el Patrón de referencia trazable a la unidad de longitud del Sistema Internacional de Unidades, SI, a través de los patrones nacionales de certificado OT N° FM-102-16123 pertenecientes al laboratorio Nacional de Metrología del INEN.</p> <p>La calibración fue realizada bajo un Sistema de Gestión de la Calidad conforme con la NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006.</p> <p>Los resultados de la calibración y su incertidumbre se exponen en las páginas siguientes y son parte de este documento y se refieren al momento y condiciones en que se realizó la calibración.</p> <p>El LNM no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento calibrado.</p> <p>Es responsabilidad del cliente establecer la fecha de una nueva calibración del instrumento. El tiempo de validez de los resultados contenidos en este Certificado, depende tanto de las características del instrumento como de las prácticas de manejo y uso.</p> <p>El usuario está obligado a tener el instrumento recalibrado en intervalos apropiados.</p> <p>El presente certificado de calibración certifica los valores obtenidos expresados como los resultados de las calibraciones y no constituye un certificado de aptitud para el uso del patrón, instrumento o equipo.</p> <p>Este documento no significa certificación de calidad y no debe ser utilizado con fines publicitarios. Prohibida su reproducción parcial, la reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita de la Dirección Ejecutiva del INEN.</p>	
 Fis. Manuel Salazar	
Responsable del Laboratorio de Longitud	
<small>Oficina Principal: Sagrado Naranjo 58-28 y Alvegro, calle 11-01-3893, Teléfonos: (593) 2 2501-895 al 2501-001 URL: www.inen.gov.ec Quito - Ecuador Laboratorio: Autopista "General Rumiñahui" punto postal No. 5, tel: (593) 2 2544-094, 2543-718, 2543-078 e-mail: inenlaboratorio@inengob.ec, Cuenca: Ecuador</small>	

Propietario:

Certificado No.: LNM-L-2014-100

Fecha de Calibración: 2014-03-10

CONDICIONES AMBIENTALES DEL ENSAYO

Temperatura: (20 ± 3) °C Presión Atm.: (733 a 747) hPa Humedad: (50 ± 20) %**METODO UTILIZADO:** La calibración se ha efectuado en base a la guía VDI / VDE / DGQ 2618 de la Sociedad Alemana de Calidad, DGQ.**PATRONES UTILIZADOS:** Bloques calibres de acero marca C.E. JOHANSSON, modelo M1, grado 1, Serie 840178, certificado LPT1-L-PL-2013-002.**INCERTIDUMBRE DE MEDIDA:** La incertidumbre expandida de medida informada se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de medida por el factor de cobertura K=2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%; y, se la estimó de acuerdo al documento 'Guide to the Expression of the Uncertainty in Measurement' de la ISO.**ESTADO EN QUE SE RECIBIO EL INSTRUMENTO.** El medidor de espesores se recibió en condiciones dadas por las siguientes pruebas.

OBSERVACIONES

RESULTADO

Inspección visual.

Conforme

Prueba de función.

*Movilidad del usillo

Conforme

*Juego lateral del usillo

No Aplica

*Seguro de fijación del usillo

No Aplica

*Funcionamiento del trinquete

No Aplica

Planitud de las caras de medición.

No Aplica

Ajuste del valor inicial

No Aplica

RESULTADOS OBTENIDOS

Valor patrón (mm)	Valor medido (mm)	Error (μm)
0,000	0,000	0
0,500	0,500	0
1,000	0,990	-10
1,005	1,000	-5
1,008	1,002	-6
1,010	1,004	-6
1,050	1,041	-9
1,100	1,093	-7
1,150	1,145	-5
1,200	1,198	-2
1,250	1,246	-4

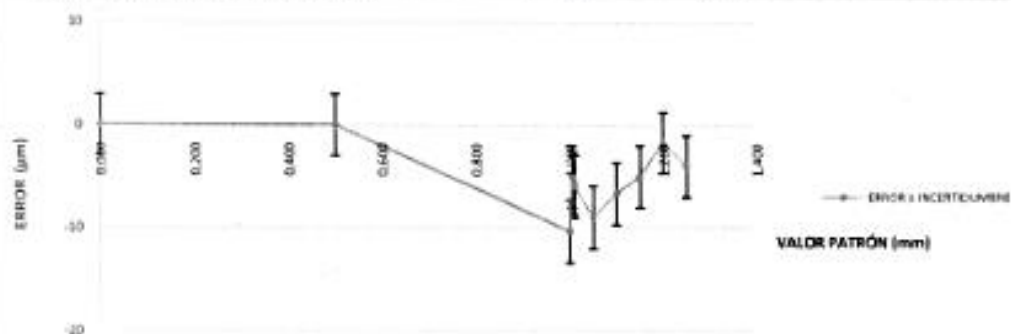

REPETIBILIDAD AL VALOR NOMINAL : 5.1 mm

0.990	0.990	0.989
0.989	0.990	

INCERTIDUMBRE DE CALIBRACION:

3 μm

k = 2

Calibrado por: 
Técnico del Lab.: Ing. Hugo RoseroAprobado por: 
Responsable del Lab.: Fis. Manuel Salazar

ANEXO 4:

Guía de Chequeo de la Resistencia Longitudinal en Seco y Alargamiento Longitudinal en Seco del papel tissue

7. Objetivo:

Determinar la resistencia longitudinal en seco y alargamiento longitudinal en seco del papel tissue.

8. Alcance:

Aplica para las bobinas que recién ingresan a la máquina convertidora.

9. Definiciones:

Resistencia longitudinal en seco.- es la fuerza con la que se fractura en papel en una determinada muestra.

Alargamiento Longitudinal en seco.- es el porcentaje que alargamiento que tiene el papel hasta llegar a fracturarse totalmente.

10. Responsable:

En este caso el autor de la guía de chequeo de la resistencia longitudinal en seco y alargamiento en seco de papel tissue.

11. Procedimiento:

5.1 Llegado la bobina de papel tissue que sale del molino a la máquina convertidora se corta una muestra de papel de una hoja, esta muestra tiene las siguientes dimensiones 200 x 200 cm.

5.2 Doblar la muestra en mitades sucesivas en sentido transversal hasta llegar a obtener 8 hojas.

5.3 Colocar en la guillotina la muestra de papel doblada y cortar una muestra de 250 mm de ancho y 250 mm de largo, en sentido longitudinal a la máquina.

5.4 Colocar la muestra de 250 mm de ancho y 250 mm de largo en la guillotina auxiliar, esta guillotina ya tiene la medida de corte de 50 mm de ancho y 200 mm de largo.

5.5 Se colocan todas las tirillas en la mordaza superior del tensil electrónico y en la mordaza inferior una solo tirilla (dicha muestra no debe quedar muy tensionada ni muy floja). La distancia de mordaza es de 100 mm.

5.6 Se presiona el iniciar programa para que se nos genere la resistencia y alargamiento longitudinal en seco, y este proceso se repite para cada tirilla

5.7 Se toma el valor promedio de la resistencia y alargamiento longitudinal en seco.

12. Equipos:

- Tensil electrónico
- Guillotina de muestra
- Guillotina auxiliar de muestra

13. Unidad:

- Resistencia longitudinal en seco = gf/50mm
- Alargamiento longitudinal en seco = %

ANEXO 5:

Guía de Chequeo del Calibre del Papel Tissue

1. Objetivo:

Determinar el calibre del papel tissue.

2. Alcance:

Aplica para las bobinas que recién ingresan a la máquina convertidora.

3. Definiciones:

Calibre.- o espesor de una película que es una medida importante para el material que se procesa, por su efecto en la curva de tensión / alargamiento.

4. Responsable:

En este caso el autor de la guía de chequeo del calibre del papel tissue.

5. Procedimiento:

5.1 Llegado la bobina de papel tissue que sale del molino a la máquina convertidora se corta una muestra de papel de una hoja, esta muestra tiene las siguientes dimensiones 200 x 200 cm.

5.2 Doblar la muestra en mitades sucesivas en sentido transversal hasta llegar a obtener 8 hojas.

5.3 Colocar en la guillotina la muestra de papel doblada y cortar una muestra de 250 mm de ancho y 250 mm de largo, en sentido longitudinal a la máquina.

5.4 Poner las 8 hojas de papel tissue en el micrómetro.

5.5 Tomar medidas en tres partes distintas de la muestra de papel tissue.

5.6 Se suma las tres medidas y se divide para 1000.

6. Equipos:

- Micrómetro
- Guillotina de muestra

7. Unidad:

- Calibre = plg/24 hojas

ANEXO 6:

Guía de Chequeo del Peso Base del Papel Tissue

1. Objetivo:

Determinar el peso base del papel tissue.

2. Alcance:

Aplica para las bobinas que recién ingresan a la máquina convertidora.

3. Definiciones:

Peso Base.- es el peso fijo designado de 24 hojas, medido en gramos, en tamaño de hoja básica de ese papel. Es importante tener en cuenta que el tamaño básico hoja no es la misma para todos los tipos de papel.

4. Responsable:

En este caso el autor de la guía de chequeo del peso base del papel tissue.

5. Procedimiento:

5.1 Llegado la bobina de papel tissue que sale del molino a la máquina convertidora se corta una muestra de papel de una hoja, esta muestra tiene las siguientes dimensiones 200 x 200 cm.

5.2 Doblar la muestra en mitades sucesivas en sentido transversal hasta llegar a obtener 8 hojas.

5.3 Colocar en la guillotina la muestra de papel doblada y cortar una muestra de 250 mm de ancho y 250 mm de largo, en sentido longitudinal a la máquina.

5.4 Doblar la muestra en cuatro partes iguales para colocar en la balanza electrónica.

5.5 Se toma el valor de la balanza electrónica y se multiplica para dos.

6. Equipos:


- Balanza electrónica
- Guillotina de muestra

7. Unidad:

- Peso base = g/m^2

ANEXO 7:

Valores de Tensión Típicas de Papel Tissue

Typical Tensions – Paper, Paperboard 			
Paper Basis Wt	Tension	Paperboard	Tension
15 lbs/ream	0.5 pli	8 point	3.0 pli
20 lbs/ream	0.75 pli	12 point	4.0 pli
30 lbs/ream	1.0 pli	15 point	5.0 pli
40 lbs/ream	1.5 pli	20 point	7.0 pli
60 lbs/ream	2.0 pli	25 point	9.0 pli
80 lbs/ream	2.5 pli	30 point	11.0 pli
		40 point	14.0 pli
		50 point	16.0 pli
		60 point	18.0 pli

T_{UNWIND} (in pli) = 0.035 basis wt
 T_{WIND} (in pli) = 0.055 basis wt

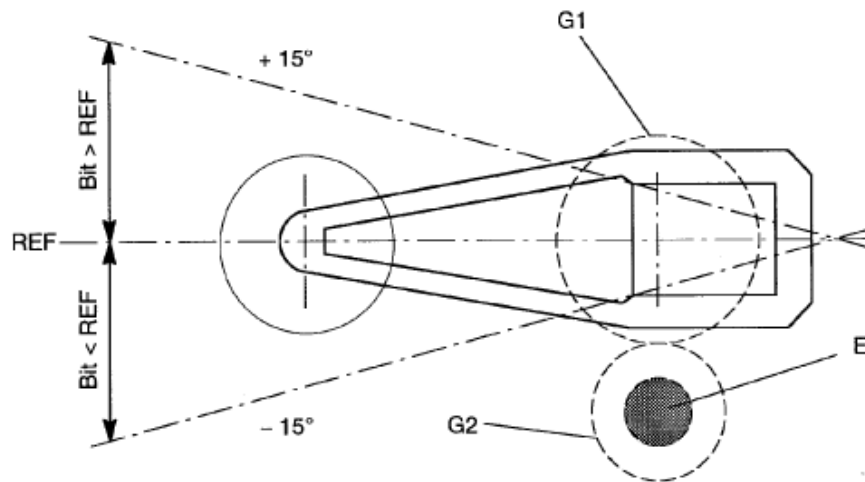
ream = 3000 ft²
 lbs/ream = 0.615 g/m²
 pli = 0.56 N/cm
 point = 0.001" = 25.4 μm

Almost all tension are between 0.1 and 10 pli.
 Most are between 0.3 and 3 pli.

TJWalker+Associates, Inc., Copyright 2008 www.webhandling.com WH1.1-GB

ANEXO 8:

Valores del Ángulo del Rodillo Danzarín



Los ángulos del rodillo se encuentran de $+15^\circ$ y -15° , para que el sistema de control de tensión funcione correctamente.

