



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISPERSIÓN Y
BLANQUEO OXIDATIVO PARA LA ELABORACIÓN DE PAPEL
TISSUE EN FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR S.A”.**

Trabajo de titulación presentado para optar el grado académico:

INGENIERO QUÍMICO

AUTORA: VANESSA ANTONIETA FIGUEROA TRUJILLO

TUTOR: ING. MARCO CHUIZA

Riobamba – Ecuador

2015

©2015, Vanessa Antonieta Figueroa Trujillo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISPERSIÓN Y BLANQUEO OXIDATIVO PARA LA ELABORACIÓN DE PAPEL TISSUE EN FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR S.A” de responsabilidad Vanessa Antonieta Figueroa Trujillo ha sido prolijamente revisado por los miembros del Tribunal de Tesis quedando autorizada su presentación:

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Chuiza DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Ing. Mónica Andrade MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
DOCUMENTALISTA SISBIB-ESPOCH	_____	_____

“Yo VANESSA ANTONIETA FIGUEROA TRUJILLO, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO”

VANESSA ANTONIETA FIGUEROA TRUJILLO

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por ser la fuerza que guía mi vida y que me encaminó hacia uno de mis sueños, en segundo lugar quiero agradecer a mis padres por inculcarme principios y valores y permitirme culminar esta etapa encaminándome hacia la vida profesional, gracias a ellos se hizo posible estudiar en este prestigioso centro de educación superior.

A todo el personal docente y administrativo de la Escuela de Ingeniería Química, y de manera especial al Ingeniero Marco Chuiza y a la Ingeniera Mónica Andrade, quienes me brindaron sus conocimientos para la realización y aprobación de este proyecto.

Finalmente, a mis amigos que fueron un aporte valioso los momentos difíciles que se presentaron durante esta etapa.

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a todos aquellos que lo han hecho posible: a mis padres Rosario y José por darme su apoyo y cuidado durante toda mi vida, a mi querido hijo a pesar de que llego muy temprano a mi vida ha sido el motivo para seguir superándome cada día, y a mi hermano por su confianza.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	xviii
SUMARY.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Papel higiénico.....	5
1.2. Papel tissue.....	5
1.3. Proceso de elaboración de pasta de celulosa.....	6
1.4. Proceso general para la elaboración de papel.....	8
1.5. Materias primas para la elaboración de papel tissue.....	11
1.5.1. Clasificación de fibras secundarias.....	11
1.5.2. Principales contaminantes en el papel reciclado.....	14
1.6. Dispersión de puntos negros.....	15
1.6.1. Dispersión en caliente.....	17
1.6.2. Efecto de la temperatura sobre los contaminantes.....	19
1.6.3. Efecto de los tratamientos mecánicos en los contaminantes.....	19
1.7. Amasadura y dispersión.....	20
1.9. Aspectos especiales del blanqueo de pulpa destintadas de papel reciclado.....	21
1.9.1. Fibras químicas.....	22
1.9.2. Fibras mecánicas.....	23
1.10. Blanqueo de fibras recicladas.....	23
1.10.1. Destrucción del color por reacciones químicas.....	25
1.10.2. Blanqueo de pasta de papel reciclado.....	27
1.11. Blanqueo de pulpas con cloro.....	29
1.11.1. ECF (Libre de Cloro Elemental).....	29
1.11.2. TCF (Totalmente Libre de Cloro).....	30
1.12. Blanqueamiento oxidativo- reductivo.....	30
1.12.1. Blanqueamiento oxidativo.....	30
1.12.2. Blanqueamiento reductivo.....	31
1.13. Blanqueo oxidativo en procesos con papel reciclado.....	32
1.13.1. Peróxido de hidrógeno.....	32
1.13.2. Aditivos más utilizados.....	34

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.	Muestreo.....	36
2.2.	Metodología.....	36
2.2.1.	Métodos y técnicas.....	36
2.3.	Datos experimentales.....	37
2.3.1.	Diagnóstico.....	37
2.4.	Datos.....	38
2.4.1.	Datos tomados de la cabina de máquina de molino 5.....	38
2.4.2.	Datos de blancura medidos en las hojas de mano.....	40
2.5.	Datos adicionales.....	49
2.5.1.	Datos de blancuras en producto terminado de papel tissue de la referencia 5019758.....	49
2.5.2.	Datos de PPM en producto terminado de papel tissue de la referencia 5019758.....	52

CAPITULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
	¡Error! Marcador no definido.	
3.1	Análisis de los proceso de dispersión y blanqueo oxidativo.....	54
3.1.1.	Análisis del proceso de dispersión.....	54
3.2.	Análisis del proceso de blanqueo oxidativo.....	55
3.3.	Diseño experimental para minimizar la variabilidad de blancura.....	56
3.3.1.	Diseño experimental con los parámetros obtenidos durante la caracterización.....	57
3.3.2.	Diseño experimental con los parámetros obtenidos en la investigación bibliográfica.....	58
3.4.	Cálculos.....	59
3.4.1.	Cálculo de flujos volumétricos.....	59
3.4.2.	Cálculo del flujo de agua a la salida de la torre de calentamiento.....	59
3.4.3.	Cálculo de la cantidad de fibra presente en la torre de blanqueo oxidativo.....	59
3.4.4.	Cálculo del parámetro de alcalinidad.....	60
3.4.5.	Cálculos de los diseños experimentales.....	63
3.5.	Resultados.....	77
3.5.1.	Datos tomados de los diseños experimentales.....	77
3.5.3.	Resultados en el programa Statgraphics.....	81

3.6.	Resultados de la implementación en el proceso real de blanqueo oxidativo.	95
3.6.1.	Variables controladas durante la implementación.	97
3.7.	Análisis y discusión de resultados.	111
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

INDÍCE DE ABREVIATURAS

COD	Aumento del Efluente
COEF	Coefficiente de regresión
Cl₂	Gas Cloro
CLO₂	Dióxido de Cloro
% CONSISTENCIA	Porcentaje de Consistencia
% Cons Inicial	Porcentaje de Consistencia Inicial
CONS ENT TORRE	Consistencia a la Entrada de la Torre de Blanqueo Oxidativo
CONS SAL TORRE	Consistencia a la Salida de la Torre de Blanqueo Oxidativo
CONS TOR PRENSA	Consistencia en el Tornillo Prensa
DKL	Desperdicio de Kraft Linner
DTPA	Ácido Dietilenetriamina
	Pentacético
E°	Potencial de Oxidación
ECF	Libre de Cloro Elemental
EDTA	Ácido Etilenediamina Tetracético
FAS	Ácido Sulfínico de Formamidina
g H₂O₂ / min	Gramos de Peróxido de Hidrógeno por minuto
H₂O₂	Peróxido de Hidrógeno
° ISO	Grados ISO para medición de blancura
Kg DE QUÍMICO/ tn	Kilogramo de químico por tonelada
Kg H₂O₂	Kilogramo de Peróxido de Hidrógeno
Kg NaOH	Kilogramo de Hidróxido de Sodio
Kw/tn	Kilowatts por tonelada
Min	Minutos
MIN	Mínimo
MAX	Máximo
NaOH	Hidróxido de Sodio o Sosa Caustica
NaOH / MIN	Hidróxido de Sodio por minuto
Na₂S₂O₄	Hidrosulfito de Sodio
NaClO	Hipoclorito de Sodio

OCC	Old Container Corrugated
OCC	Old Container Corrugated)
OOH⁻	Anión Perhidroxilo
OH⁻	Anión Hidroxilo
O₂	Oxígeno
O₃	Ozono
pH ENT TORRE	pH entrada de la Torre de Blanqueo Oxidativo
pH	Potencial de Hidrógeno
PH SAL TORRE	pH salida de la Torre de Blanqueo Oxidativo
P MUESTRA IN	Peso de la muestra inicial
P MUESTRA SECA	Peso de la muestra seca
P PAPEL FILTRO	Peso del papel filtro
PPM	Partículas Por millón de milímetros
T °C	Temperatura en grados centígrados
TCF	Totalmente Libre de Cloro
U.V	Rayos Ultravioleta
μM²	Micras de metro cuadrado

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Condiciones convencionales para el uso de peróxido de hidrógeno.....	36
Tabla 1-2.	Técnicas utilizadas para dispersión y blanqueo oxidativo.....	38
Tabla 2-2.	Estándares de consistencias en la pasta.....	40
Tabla 3-2.	Datos de variables de la máquina.....	41
Tabla 4-2.	Datos de blancuras del 14.01.2015.....	42
Tabla 5-2.	Datos de blancuras del 15.01.2015.....	43
Tabla 6-2.	Datos de blancuras del 16.01.2015.....	43
Tabla 7-2.	Datos de blancuras del 19.01.2015.....	44
Tabla 8-2.	Datos de blancuras del 20.01.2015.....	44
Tabla 9-2.	Datos de blancuras del 21.01.2015.....	45
Tabla 10-2.	Datos de blancuras del 22.01.2015.....	45
Tabla 11-2.	Datos de blancuras del 23.01.2015.....	46
Tabla 12-2.	Promedios de blancuras en las hojas de mano.....	47
Tabla 13-2.	Datos de blancura tomados para la referencia 5019758 en producto terminado durante los días de realización de los ensayos.....	48
Tabla 14-2.	Datos de ppm tomados para la referencia 5019758 en producto terminado.....	54
Tabla 1-3.	Variables críticas para el proceso de dispersión.....	56
Tabla 2-3.	Variables críticas para el proceso de blanqueo oxidativo.....	57
Tabla 3-3.	Cuadro de parámetros obtenidos en la caracterización.....	59
Tabla 4-3.	Diseño experimental obtenido en Statgraphics.....	60
Tabla 5-3.	Cuadro de parámetros obtenidos en la investigación bibliográfica.....	61
Tabla 6-3.	Diseño experimental obtenido en Statgraphics.....	61
Tabla 7-3.	Datos del flujo de salida de la torre de calentamiento (antes).....	62
Tabla 8-3.	Dosificaciones y densidades de químicos para 5019758.....	63
Tabla 9-3.	Dosificación actual.....	64
Tabla 10-3.	Toneladas de papel producido para la referencia 5019758.....	64
Tabla 11-3.	Valores de dosificación de químicos en Kg/tn.....	66
Tabla 12-3.	Valores de dosificación de químicos en g/min.....	66

Tabla 13-3.	Parámetros para la corrida 1 del primer diseño experimental	67
Tabla 14-3.	Cons inicial de la pasta para la corrida 1 del primer diseño experimental.....	68
Tabla 15-3.	Comprobación de la cons ini de la pasta para la corrida 1 del primer diseño de experimentos.....	69
Tabla 16-3.	Dosificaciones para 0,2 de parámetro de alcalinidad.....	70
Tabla 17-3.	Consistencia final para la corrida 1 del primer diseño experimental.....	71
Tabla 18-3.	Parámetros para la corrida 16 del primer diseño experimental.....	72
Tabla 19-3.	Consistencia inicial de la pasta para la corrida 16 del primer diseño experimental.....	72
Tabla 20-3.	Dosificaciones para 0,4 de parámetro de alcalinidad.....	75
Tabla 21-3.	Consistencia final para la corrida 16 del primer diseño experimental.....	75
Tabla 22-3.	Parámetros para la corrida 1 del segundo diseño experimental.....	76
Tabla 23-3.	Consistencia inicial de la pasta para la corrida 1 del segundo diseño experimental.....	77
Tabla 24-3.	Comprobación de la consistencia inicial de la pasta para la corrida 1 del segundo diseño de experimentos.....	78
Tabla 25-3.	Dosificaciones para 0,4 de parámetro de alcalinidad.....	79
Tabla 26-3.	Consistencia final para la corrida 1 del segundo diseño experimental.....	80
Tabla 27-3.	Parámetros para la corrida 16 del segundo diseño experimental.....	81
Tabla 28-3.	Consistencia inicial de la pasta para la corrida 16 del segundo diseño experimental.....	81
Tabla 29-3.	Comprobación de la consistencia inicial de la pasta para la corrida 16 del segundo diseño de experimentos.....	82
Tabla 30-3.	Dosificaciones para 0,2 de parámetro de alcalinidad.....	84
Tabla 31-3.	Consistencia final para la corrida 16 del segundo diseño experimental.....	84
Tabla 32-3.	Diseño experimental con los parámetros obtenidos durante la caracterización..	85
Tabla 33-3.	Diseño experimental con los parámetros obtenidos de la investigación bibliográfica para blanqueo de pastas de papel reciclado.....	86
Tabla 34-3.	Blancuras del diseño experimental con los parámetros obtenidos durante la caracterización.....	88
Tabla 35-3.	Blancuras tomadas del diseño experimental con los parámetros obtenidos de la investigación bibliográfica para blanqueo de pastas de papel reciclado	89

Tabla 36-3.	Análisis de varianza para Blancura ISO para la caracterización.....	92
Tabla 37-3.	Efectos estimados para Blancura ISO.....	96
Tabla 38-3.	Análisis de varianza para Blancura ISO.....	97
Tabla 39-3.	Coef. De regresión para Blancura ISO.....	98
Tabla 40-3.	Análisis de varianza para Blancura ISO.....	100
Tabla 41-3.	Efectos estimados para Blancura ISO.....	105
Tabla 42-3.	Análisis de varianza para Blancura ISO.....	106
Tabla 43-3.	Coef. De regresión para Blancura ISO.....	107
Tabla 44-3.	Variables para implementación del proceso.....	108
Tabla 45-3.	Datos cabina pp5 durante la implementación.....	110
Tabla 46-3.	Datos de consistencias durante la implementación.....	111
Tabla 47-3.	Seguimiento de pH durante la implementación.....	111
Tabla 48-3.	Datos con un flujo de 9,6 m ³ /h.....	112
Tabla 49-3.	Blancuras en pasta durante la implementación.....	114
Tabla 50-3.	Promedios de blancura en la pasta durante la implementación.....	116
Tabla 51-3.	Datos de blancura en producto terminado durante los días de la implementación.....	119
Tabla 52-3.	Datos de ppm en producto terminado durante los días de la implementación.....	122
Tabla 53-3.	Precios de químicos.....	124

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1.	Diagrama de flujo del proceso de producción de semielaborado.....	5
Gráfico 1-2.	Tendencia blancura T2.....	48
Gráfico 2-2.	Tendencia Blancura EC.....	48
Gráfico 3-2.	Tendencia Blancura SC.....	49
Gráfico 4-2.	Tendencia Blancura TR.....	49
Gráfico 5-2.	Tendencia Blancura ET.....	50
Gráfico 6-2.	Tendencia Blancura ST.....	50
Gráfica 7-2.	Gráfica de blancuras en producto terminado de papel tissue de la referencia 5019758.....	53
Gráfica 8-2.	Gráfica de Datos de PPM en producto terminado de papel tissue para la Referencia 5019758.....	55
Gráfico 1-3.	Graficas de pH a la entrada de la torre de blanqueo.....	58
Gráfico 2-3.	Gráfica de Pareto.....	94
Gráfico 3-3.	Gráfica de Temperatura.....	94
Gráfico 4-3.	Gráfica Parámetro de Alcalinidad.....	95
Gráfico 5-3.	Gráfica de Consistencia.....	95
Gráfico 6-3.	Gráfica del Tiempo de Residencia.....	96
Gráfico 7-3.	Gráfica de la probabilidad normal de las estimaciones de los efectos.....	97
Gráfico 8-3.	Gráfica de los residuos vs el rendimiento predicho.....	98
Gráfico 9-3.	Gráfica de Pareto.....	102
Gráfico 10-3.	Gráfica de la Temperatura.....	103
Gráfico 11-3.	Gráfico de parámetro de alcalinidad.....	103
Gráfico 12-3.	Gráfico de Consistencia.....	104
Gráfico 13-3.	Gráfica de Tiempo de Residencia.....	104
Gráfico14-3.	Gráfica de la probabilidad normal de las estimaciones de los efectos.....	105
Gráfico 15-3.	Gráfica de los residuos vs el rendimiento predicho.....	107
Gráfica 16-3.	Tendencia Blancura antes del Blanqueo Oxidativo.....	109
Gráfica 17-3.	Tendencia Blancura después del Blanqueo Oxidativo.....	109
Gráfica 18-3.	Tendencia de blancura en el Tornillo Prensa.....	117
Gráfica 19-3.	Tendencia de blancura a la Entrada de la Torre de Blanqueo Oxidativo.....	118
Gráfica 20-3.	Tendencia de blancura a la Salida de la Torre de Blanqueo Oxidativo.....	118
Gráfica 21-3.	Datos de Blancura en producto Terminado durante los días de la implementación.....	121
Gráfica 22-3.	Gráfico de Puntos de Tinta durante los días de la implementación.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Proceso para la elaboración del papel tissue.....	9
Figura 2-1.	OCC (Old Container Corrugated).....	10
Figura 3-1.	Cartón nacional.....	10
Figura 4-1.	DKL (Desperdicio de Kraft Linner).....	11
Figura 5-1.	Mixto.....	11
Figura 6-1.	Plegadiza.....	12
Figura 7-1.	Periódico.....	13
Figura 8-1.	Kneader.....	14
Figura 9-1.	Dispersión de puntos negros.....	16
Figura 10-1.	Estructura química de algunos extractos coloreados y grupos en madera y Lignina respectivamente.....	24
Figura 11-1.	Algunas reacciones que tienen con H ₂ O ₂ blanqueo no degradante.....	26
Figura 12-1.	Blanqueamiento oxidativo.....	31
Figura 13-1.	Efecto de brillo con peróxido.....	34
Figura 1-2.	Tendencia de Blancura.....	47
Figura 1-3.	Flujo de agua de la salida de la torre (antes).....	57
Figura 2-3.	Flujo de agua de la salida de la torre (después).....	57
Figura 3-3.	Diseño experimental de caracterización en Statgraphics.....	91
Figura 4-3.	Valor crítico en Programa Gretl.....	93
Figura 5-3.	Diseño experimental con los parámetros obtenidos de la investigación bibliográfica para blanqueo de pastas de papel reciclado.....	100
Figura 6-3.	Valor crítico en Programa Gretl.....	100

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** PROCEDIMIENTO INTERNO PARA LA DETERMINACIÓN DE PH
- ANEXO B.** PROCEDIMIENTO INTERNO PARA LA DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO POR TITULACIÓN
- ANEXO C.** PROCEDIMIENTO INTERNO PARA LA DETERMINACIÓN DE CONSISTENCIAS
- ANEXO D.** PROCEDIMIENTO INTERNO PARA LA FORMACIÓN DE HOJAS Y DETERMINACIÓN DE BLANCURA
- ANEXO E.** PROCEDIMIENTO INTERNO PARA LA DETERMINACIÓN DE PUNTOS NEGROS EN EL PAPEL
- ANEXO F.** NORMA TAPPI T213 om-01
- ANEXO G.** NORMA TAPPI T 437 om-96
- ANEXO H.** NORMA TAPPI T 452 om-98
- ANEXO I.** HOJA DE CONTROL PARA VARIABLES EN EL PAPEL TISSUE
- ANEXO J.** PASTA EN LOS DIFERENTES PUNTOS DEL PROCESO
- ANEXO K.** FORMACIÓN DE HOJAS DE MANO.
- ANEXO L.** DISEÑOS EXPERIMENTALES.
- ANEXO M.** MEDICIÓN DE BLANCURA EN HOJAS DE MANO Y PERÓXIDO RESIDUAL.

RESUMEN

Se realizó la Optimización del Proceso de Dispersión y Blanqueo Oxidativo en la Producción de Papel Tissue en Familia Sancela del Ecuador S.A ubicada en el sector de Lasso, provincia de Cotopaxi. Se utilizó el método Experimental sistemático aleatorio para la caracterización inicial de los procesos, tomando muestras de pasta en puntos estratégicos, durante 8 días, a las muestras receptadas se les realizó pruebas de control de calidad establecidas por la empresa utilizando técnicas volumétricas e instrumentales, en el laboratorio de Procesos y Calidad de la empresa. Realizada la caracterización inicial se evidenció que los puntos de tinta son 119,24 ppm (estándar 150 máx.), blancura 86,18 °ISO (estándar 95±5), mediante el programa Statgraphics se establece los parámetros óptimos para minimizar la variabilidad de puntos de tinta y blancura, los cuales son implementados por un lapso de una semana obteniéndose una blancura de 88,14 °ISO; puntos de tinta 108,03 ppm ; en base a especificaciones internas de la empresa referidas a la Norma TAPPI T 452:2002 para blancura y Norma TAPPI T 213 para Puntos de tinta. Se concluye que los parámetros óptimos para el blanqueo oxidativo son: temperatura de 70°C; 0,4 de parámetro de alcalinidad, 60 min tiempo de residencia, consistencia de 15%; para la dispersión se interceptó los dientes del cono de compresión para acrecentar la consistencia en el kneader. Se recomienda aplicar el estudio en la empresa Familia Sancela del Ecuador y controlar diariamente los parámetros, permitiendo una mejor calidad de variables y atributos al papel, brindando un producto de calidad al consumidor.

Palabras Clave:

<BLANQUEO OXIDATIVO>, <DISPERSIÓN>, <PUNTOS DE TINTA>,
<CONSISTENCIAS>, <PAPEL TISSUE>, <CARACTERIZACIÓN>, <PROCESO DE
DISPERSIÓN Y BLANQUEO OXIDATIVO>, <VARIABILIDAD>, <LASSO
[PARROQUIA]>, <PROVINCIA COTOPAXI>

SUMMARY

The Optimization of Dispersal and Whitening Oxidative Process was realized in the production of tissue paper in Sancela Family of Ecuador S.A. located in the sector of Lasso, Cotopaxi province. The random systematical experimental method was used for the initial characterization of the processes, taking pasta samples in strategic points, for 8 days, to the received samples were realized tests of quality control established by the company using volumetric and instrumental skills, in the Process laboratory and Quality of the company. The initial characterization demonstrated that the ink point are 119,24 ppm (standard 150 máx.), whiteness 86,18° ISO (standard 95±5), by means the Statgraphics program the ideal parameters are established to minimize ink and whiteness the variability points of, which are implemented by a period of one week a whiteness of 88,14°ISO being obtained ink points 108,03 ppm; based on internal specification of the company mentioned to the Norm TAPPI T 452:2002 for whiteness and Norm TAPPI T 213 for ink points. This work concludes that the ideal parameters for the whitening oxidative are: temperatura of 70°C; 0,4 of parameter of alkalinity, 60 min residence time, consistency of 15%; for the dispersión it closed teeth of compression cone to increase the consistency in the kneader. It is recommended to apply the study at Sancela Family company of Ecuador and controlling the parameters every day, allowing a better quality of variables and attributes the paper, and to offer to the consumers a quality product.

Key Words:

< OXIDATIVE WHITENING >, <DISPERSAL>, <INK POINTS>, <CONSISTENCY>, < TISSUE PAPER >, < CHARACTERIZACION >, < DISPERSAL AND WHITENING OXIDATIVE PROCESS >, <CHANGEABILITY>, < LASSO [PARISH] >, < PROVINCE COTOPAXI >

INTRODUCCIÓN

El papel Tissue es de gran demanda ya sea como servilletas, papel higiénico y nuevas variedades, por consiguiente con lleva un control de calidad estricto.

Para evaluar la eficiencia, se miden propiedades ópticas en la fabricación de papeles tissue, como: brightness o blancura (°ISO) y al cantidad total de puntos negros visibles (total PPM).

En la actualidad se tiene mucha variabilidad en la blancura °ISO y puntos de tinta, con la optimización se pretende estabilizarlos, para la referencia 5019758 de acuerdo a los parámetros internos de la empresa, referidos a las normas TAPPI T 452:2002 y TAPPI T 213.

La ampliación de la cantidad de papel va de la mano con el surgimiento de nuevas variedades lo que ha aumentado su consumo en un 50% durante la última década. El compromiso de la industria papelera es proporcionar productos con la más alta calidad, a los menores costos y el desarrollo de nuevos avances tecnológicos proporciona prácticas medioambientales razonables.

En el Ecuador la industria usa en un promedio de 700 Kg de fibra reciclada, para la producción de cada tonelada de papel.

Para obtener fibras con altos grados de blancura se requiere continuar con el proceso de deslignificación iniciado en el pulpeado, mediante etapas sucesivas con químicos. La preocupación por el medio ambiente ha creado la necesidad de buscar secuencias de blanqueo que utilicen reactivos químicos TCF “totally chlorine free”.

Para la realización de este estudio se tomó muestras de pasta de diferentes puntos del proceso, los procesos de principal importancia son el proceso de dispersión y blanqueo oxidativo, por lo que se hace un seguimiento de las variables implicadas.

La dispersión se da en un equipo llamado Kneader donde se da la esparcimiento de puntos de tinta; el blanqueo oxidativo se da en la Torre de Blanqueo Oxidativo mediante una reacción de blanqueo de la fibra con reactivos químicos.

Para la obtención de los parámetros óptimos se utilizó un programa Statgraphics con el cual se determinó los parámetros recomendables y al implementarlos en el proceso se disminuyó la variabilidad.

Las etapas de blanqueo y la medición de las propiedades ópticas se replicaron en el laboratorio de calidad de molinos, la realización de las hojas de mano “handsheets” en el laboratorio de procesos de la empresa Familia Sancela del Ecuador ubicada en Lasso Cotopaxi.

ANTECEDENTES

Grupo Familia, es una compañía colombiana con capital sueco. Son líderes en el diseño, la innovación, la producción y la distribución de productos de aseo personal, es una empresa productora, convertidora e importadora se ha destacado por ser la marca pionera en el desarrollo de nuevos conceptos, productos y tendencias de consumo. Una cultura de innovación permanente que mantiene el compromiso con el desarrollo de productos de calidad y de valor agregado ha hecho que Familia mantenga el liderazgo en participación de mercado, (primera marca en la mente de los consumidores).

La Empresa Productos Familia Sancela se encuentra ubicada en la Panamericana Norte en el Km 20 vía a Quito, en la localidad de Lasso que pertenece a la parroquia de Tanicuchi la misma que forma parte del cantón Latacunga de la Provincia de Cotopaxi, se encuentra a una altitud de 3,048 metros sobre el nivel del mar, tiene una población estimada de 12517 habitantes.

El grupo Familia se dedica a la producción, conversión y venta de productos para cuidado familiar; actualmente se tiene dos máquinas papeleras, dónde se produce el semielaborado tanto para higiénicos como para servilletas, para la producción de pasta se utiliza como materia prima celulosa y papel reciclado que provienen de la madera de árboles, (80 % de celulosa y 20 % de papel reciclado de manera general); la celulosa no viene impregnada de ninguna tinta en cambio el papel reciclado es sometido a un sinnúmero de procesos y tintas.

Lo que corresponde al proceso de dispersión, la pasta entra al Kneader el cual tiene una capacidad de 60 tn/día; la pasta tiene una consistencia del 30 %, por medio de un flujo de vapor saturado, se pulveriza los puntos de tinta, esparciéndolos y homogenizándolos en toda la pasta, posteriormente pasa a la Torre de Blanqueo Oxidativo donde se da el blanqueo oxidativo; primero se añade un estabilizador de peróxido Cartán RCF, para formar complejos con los iones metálicos luego se da la reacción entre peróxido de hidrógeno y sosa cáustica.

Según la referencia que se vaya a producir se proporciona la celulosa y el papel reciclado, hay recetas para cada referencia, la referencia que ocupa el mayor porcentaje de producción es la 5019758 papel triple hoja, por ser el papel élite en el mercado, según la receta se necesita 90% de papel reciclado y 10% de celulosa, actualmente se está utilizando 90% de papel reciclado y 12% de celulosa.

Al hacer la medición en el laboratorio de gestión de calidad de PPM (puntos de tinta) y blancura se obtienen valores fuera de estándar; según la norma los valores de blancura son 90 ± 5 , la

blancura tiene una variabilidad que va desde el estándar mínimo a la media, y en algunos lotes se tiene valores por debajo del estándar hasta de 81,81° ISO y 82.84° ISO.

JUSTIFICACIÓN

El papel semielaborado tissue debe cumplir con atributos y variables de calidad que exigen parámetros internos de la empresa basados en las normas TAPPI para seguir al siguiente proceso de conversión a papel higiénico, servilletas etc., caso contrario la bobina es rechazada y enviada al pulper para ser desfibrada y convertida en pasta, esto implica una pérdida de costos y tiempo, al ser reprocesada nuevamente.

Uno de los atributos más perceptibles a primera vista por los consumidores es la tonalidad de blancura del papel, mientras más blanco sea es mejor, es más apetecido en el mercado, el proceso de dispersión y blanqueo oxidativo da a la pasta la blancura necesaria en presencia de agentes oxidantes como peróxido de hidrógeno e hidróxido de sodio, sin embargo estos procesos no están dando resultados óptimos ya que al hacer control de calidad se tienen valores fuera de estándar. Las referencia 5019758, papel triple hoja, producida en el molino 5 (MP5), ocupa el 50% producción de cada catorcena, actualmente se está utilizando 90% de papel reciclado y 12% de celulosa debido a que la blancura presenta una variabilidad, y valores por debajo del estándar al hacer pruebas de blancura en el laboratorio de gestión de calidad; este aumento de celulosa implica un sobreconsumo de materia prima.

Por lo tanto es necesario hacer un estudio de los procesos de dispersión y blanqueo oxidativo que se utilizan en la actualidad, para disminuir los puntos de tinta y minimizar la variación de blancura para que cumplan con los parámetros internos; por esto se plantea la **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISPERSIÓN Y BLANQUEO OXIDATIVO EN LA PRODUCCIÓN DE PAPEL TISSUE EN FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR S.A.**

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Optimizar el proceso de dispersión y blanqueo oxidativo para la elaboración de papel Tissue en Familia Sancela del Ecuador S.A.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Caracterizar el estado actual de los procesos mediante el análisis de Puntos de tinta y blancura al papel Tissue, en base a las normas TAPPI T 452:2002 para blancura y Norma TAPPI T 213 para los Puntos de tinta.
- Determinar las variables críticas que afectan en los procesos de dispersión y blanqueo oxidativo.
- Optimizar las variables para disminuir la variabilidad de blancura.
- Validar el sistema propuesto mediante el análisis de las características del papel Tissue.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Papel higiénico

El papel higiénico es un tipo de papel fino que se usa para la limpieza anal y genital tras el acto de la defecación o la micción. Puede ser perfumado o no.

Su formato más común es el de rollo de papel, pero también es posible encontrarlo en paquetes. Se suele vender en mercados, supermercados y farmacias en paquetes de varias unidades. El papel está destinado para que se descomponga en contacto con el agua ya que no se utiliza resina en el proceso.

Las ventajas del papel higiénico es que es fácil e intuitivo de usar, bastante absorbente y se puede tirar de la cadena tras su uso en la mayoría de los países en los que el papel higiénico es común. La mayoría de los sistemas de alcantarillado, incluidos los tanques asépticos, puede aceptar papel higiénico junto con excrementos humanos.

En muchos casos, el papel higiénico usado es colocado en una lata o cubo de la basura junto al retrete lo que significa un riesgo para la salud, el papel sucio puede ser un rave descuido sanitario con riesgos similares al fecalismo al aire libre independiente mente de la cultura.

1.2. Papel tissue

El papel Tissue puede definirse como una lámina plana anisótropa, de un espesor determinado, compuesto de fibras, agua, aire, minerales y sustancias químicas. Cada uno de estos elementos tiene una función específica, así, las fibras crean la estructura de la red, al agua ayuda a un buen terminado de estructura fibrosa, a través del proceso de cavado; el aire da a la hoja la formación de interfaces fibra-minerales-fibra que son esenciales en sus características ópticas. (Becerra Aguilar, 2004)

Los minerales, son las partículas que rellenan los huecos entre fibras y también proporcionan posibilidades de dotar al papel de propiedades superficiales y ópticas; las sustancias químicas, dan a la hoja propiedades de resistencia o apoyan en la buena operación de la máquina de papel. Se puede decir que el papel tissue es una lámina constituida por un entramado tridimensional de fibras de celulosa y otras sustancias (cargas minerales, colas, almidón, colorantes, etc.) que permiten mejorar sus características de suavidad, elasticidad y absorción.

Responden a las necesidades provenientes del uso doméstico y sanitario, se utilizan en productos de higiene personal (papel higiénico, pañales, pañuelos), en el ámbito doméstico (rollos de papel de cocina, servilletas, toallas de papel para la limpieza) y como material sanitario y de limpieza industrial.

1.3. Proceso de elaboración de pasta de celulosa

La composición química de la madera es bastante compleja, el elemento básico estructural de la pared celular es la celulosa. La lignina y hemicelulosa también están distribuidas en la pared celular junto con ésteres, terpenos, resinas, fenoles y taninos.

La lignina mantiene a las fibras de celulosa unidas. El proceso de producción de celulosa consiste en separar las fibras de celulosa lo que se puede conseguir mecánicamente o por disolución química de la lignina.

La elaboración de pasta a partir de la madera es el proceso inicial en la fabricación de celulosa para papel. Luego de cosechar los troncos se les quita mecánicamente la corteza y se muele la madera hasta convertirla en pasta de consistencia uniforme.

Esta pasta es sometida a un proceso para obtención de pulpa ya sea en forma mecánica o mediante una variedad de procesos químicos. Derivados del cloro se utilizan habitualmente en los procesos para refinado y blanqueado de las pastas para papel.

Las diferentes calidades de papel requieren distintos procedimientos para obtención de celulosa, así el papel blanco para copias requiere una pulpa con fibras duras en su composición principal con algo de fibras blandas para añadir flexibilidad.

El papel para diarios se produce con fibras obtenidas por procesos mecánicos o fibras recicladas con poca cantidad de fibras blandas.

Todas las metodologías para obtención de pasta de celulosa para papel se basan en la separación de las fibras de la madera. Esto se consigue con métodos mecánicos como el molido o con métodos químicos que disuelven la lignina de la pared celular dejando separadas las fibras de celulosa prácticamente sin acción mecánica.

Las técnicas disponibles varían entre estos extremos, las más usadas son:

❖ Proceso mecánico

La pasta mecánica que se obtiene triturando la madera por medio de grandes piedras de arenisca o esmeril y haciéndola pasar por arrastre con agua a través de tamices. Este tipo de pulpa es de baja calidad, coloreada y con fibras de celulosa cortas. Una variante de este proceso consiste en usar pasta de madera que se someten a vapor antes del triturado.

❖ *Proceso semiquímico*

Se caracteriza por un pre-tratamiento químico seguido de un refinado mecánico. Se usa para maderas duras o de origen mixto. Puede hacerse con una solución de sulfito de sodio seguida de una cocción a 160-190° C y un posterior refinado por discos.

La pulpa obtenida tiene lignina en un 10 a 15 % y se usa para cartón corrugado y papeles para embalaje por su alta resistencia

❖ *Pulpas obtenidas por procesos químicos*

Procesos alcalinos

Los dos más importantes son el Kraft y el alcalino (soda process). En ambos casos la pasta de madera es calentada en presencia de hidróxido de sodio para disolver la lignina. En el proceso Kraft se agrega sulfuro de sodio este procedimiento es el más difundido en la elaboración de pulpa a partir de madera. El proceso alcalino se emplea para materias primas que no son madera.

Una parte importante de estos procesos es la regeneración de los licores de cocción. En el sistema Kraft los líquidos agotados por su uso en los tratamientos se evaporan para regenerar el álcali que se incorpora al próximo tratamiento.

Durante el proceso alcalino casi la mitad de la madera queda como remanente en el líquido residual con alto contenido energético lo que permite su fácil evaporación e incluso puede proveer energía a la planta.

Durante el calentamiento el dióxido de carbono producido reacciona con la soda cáustica para producir carbonato de sodio. Se añade entonces sulfato para compensar las pérdidas durante el proceso de obtención de pasta. Este sulfato se reduce a sulfito.

La mezcla resultante se trata con hidróxido de calcio (cal apagada) para regenerar el hidróxido de sodio a partir del carbonato. El resultante se vuelve al tanque de tratamiento para otro proceso.

La pasta resultante tiene características de resistencia por el largo de las fibras obtenidas. Si la materia prima fue una madera dura se presta para su uso en papeles de impresión mezcla con pulpas de otro origen

Proceso sulfito

Existen variantes de este proceso conocidas como proceso de sulfito ácido, de bisulfito, de varias etapas, de sulfito neutro y alcalino. Todas ellas hacen referencia a las características de los líquidos para cocción de los chips de madera.

El dióxido de azufre es utilizado para generar el sulfito utilizado en la digestión. La producción de pulpas por éste método es muy baja en relación a la producción por Kraft o mecánica.

1.4. Proceso general para la elaboración de papel

El proceso general para la elaboración de papel tissue comprende: materia prima (archivo reciclado y celulosa) y desintegración, limpieza y destintado, blanqueamiento, prensado, secado, conversión. (Graf. 1-1)

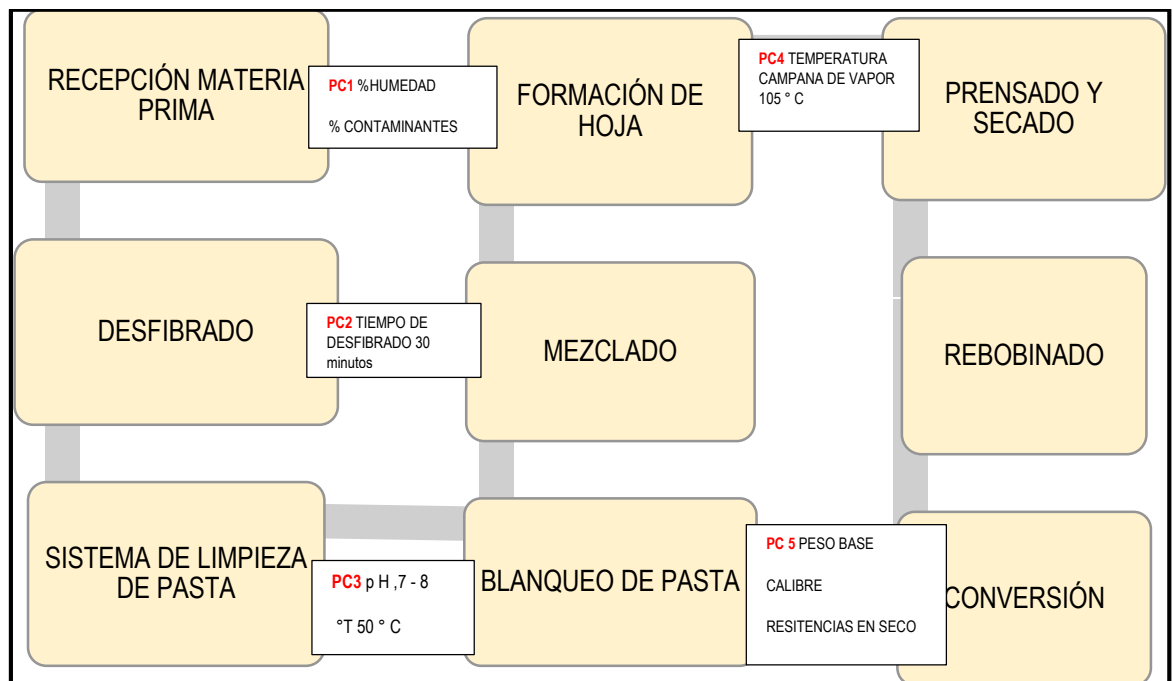


Gráfico 1-1 Diagrama de flujo del Proceso de Producción de Semielaborado.

Fuente: Familia Sancela S.A

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

❖ *Materia Prima*

Ingresa la materia prima a las instalaciones provenientes de lugares encargados de recolección. Se inspecciona visualmente la materia prima para determinar posibles contaminantes.

Las fibras se obtienen de celulosa (fibra virgen) y papeles reciclados. Según la referencia que se vaya a realizar se utiliza 92% de papel reciclado y 8% de pulpa, según las características y usos de cada producto. La fibra virgen se extrae de madera de árboles de eucalipto (fibra corta) y de pino (fibra larga).

Las pacas de papel son transportadas hacia un tanque cónico llamado pulper hélico de alta consistencia donde se adiciona agua y aditivos químicos por medio de la hélice el papel es desintegrado formándose una pasta acuosa.

❖ *Limpieza y destintado*

Una vez realizada la desintegración pasa por un filtro (pera) encargado de separar la pasta de los contaminantes. La pasta pasa a los limpiadores de alta consistencia encargados de la extracción de desechos por medio de un sistema de centrifugación, los cuales son separados y la pasta continua al siguiente proceso.

En la celda de destintado se inyecta la pasta a presión para crear turbulencia la cual forman burbujas atrapando las tintas y desechándolas por el centro a modo de embudo que caen al tanque de lodos. Al finalizar estos procesos tiene la consistencia adecuada para ingresar a la torre de blanqueo.

❖ *Blanqueo*

El blanqueo es un requisito esencial para la obtención de una alta calidad. La pasta elaborada con cualquiera de los métodos de fabricación presenta un aspecto algo parduzco. Todas las pastas pueden blanquearse para aumentar su blancura. El blanqueo resulta imprescindible en la producción de papel para impresión de alta calidad.

Como el mayor porcentaje de fibras son recicladas requieren un blanqueamiento oxidativo con sosa, peróxido y estabilizador de peróxido, a condiciones adecuadas para que se dé la reacción de blanqueo. Se controla tiempo de retención, temperatura, pH, consistencias, peróxido residual.

❖ *Prensado*

La pasta pasa por un sistema de prensas, mediante presión y succión se elimina el agua de la pasta, mediante un flujo controlado y constante la pasta pasa a la sección tela o malla formadora de papel.

La tela es una malla con finos orificios en la que se inicia el proceso de drenaje, que permite que las fibras formen una alfombrilla entretejida. La tela se desplaza aproximadamente a la misma velocidad que el chorro de suspensión.

Una vez formada la hoja de papel, la eliminación del agua continúa en la sección de prensado de la máquina de papel. La hoja de papel, todavía con un alto contenido de agua, atraviesa una serie de grandes rodillos de acero que la comprimen, expulsando así una mayor cantidad de agua.

El fieltro actúa como un papel secante en la absorción de agua, mientras que unas cajas de vacío extraen el agua de los fieltros antes de volver a encontrarse con la hoja de papel.

❖ *Secado*

Para fijar el grado final de humedad del papel se elimina más cantidad de agua por evaporación. La sección de secado consta de un cilindro calentado mediante vapor sobre el cual pasa la hoja

de papel. El cilindro se dispone de modo que contactan primero con un lado del papel y luego con el otro para garantizar su homogénea deshidratación.

El papel que va a someterse a un procesamiento adicional para la obtención de un producto final, se enrolla sobre un eje de acero y se forma un “rollo gigante”, también denominado “tambor”. Al final, el grado de sequedad es del 90-95%, dependiendo del tipo de producto elaborado.

❖ *Conversión*

Tras el control final del papel mediante análisis en laboratorio, el papel aprobado va a parar a la bobinadora, independientemente de la calidad producida, en forma de bobina jumbo o tambor. Ahora el papel debe cortarse y enrollarse de acuerdo a las exigencias del cliente final.

La bobina jumbo o tambor se coloca en un lado de la bobinadora, situándose los distintos mandriles del largo apropiado en los brazos de las estaciones receptoras. Al fijarse las guías en los mandriles, el papel se tensa y unas cuchillas circulares lo seccionan mientras va desenrollándose la bobina y se acumula el papel en los nuevos mandriles.

Una vez que el semielaborado es cortado del ancho necesario pasa a los salones de conversión se transforma en producto final como pueden ser:

- ✓ Servilletas
- ✓ Tolla de cocina
- ✓ Toallas de manos
- ✓ Producto institucional

❖ *Producción higiénicos, toallas de cocina e institucionales.*

El proceso comienza con la colocación de la bobina madre en los ejes guías, donde es rebobinada por medio de una banda y un sistema de transmisión.

La película de papel, es guiada y tensada por medio de rodillos de esa manera ingresa a la zona de gofrado y moleteado (proceso realizado por un rodillo metálico y un rodillo de goma) donde la película de papel sale con los diseños característicos de la marca; inmediatamente ingresa a la zona de cortado (precorte), este proceso es realizado por medio de un juego de cuchillas.

Cortada la película de papel es traccionada hacia la zona de envoltura donde un tubo de cartón (core) de dimensiones determinadas la espera para ser el núcleo del bastón a producir, el bastón se realiza con ayuda de dos rodillos de goma que dan el diámetro, al llegar al diámetro deseado, la película de papel este es cortado por dos corrientes de aire.

El bastón completamente formado pasa a la banda de transporte donde la película de papel es cortada en forma uniforme, se pega y apila en un pulmón que alimenta a la siguiente línea de producción.

❖ *Producción de doblados (servilletas)*

El proceso comienza con la colocación de la bobina en los ejes guías denominado mandril. La película de papel, es guiada y tensada por medio de rodillos de giro de esa manera ingresa a la zona de gofrado (proceso realizado por rodillos metálicos) donde la película de papel sale con los diseños característicos impresos en su superficie.

Inmediatamente ingresa a la zona de cortado en donde se da las dimensiones de cada servilleta, este proceso es realizado por medio de un juego de cuchillas, pasa a la zona de doblado en donde toma la forma original de la servilleta, finalmente es cortada y mediante un contador se obtiene la cantidad necesaria para ser empacada.

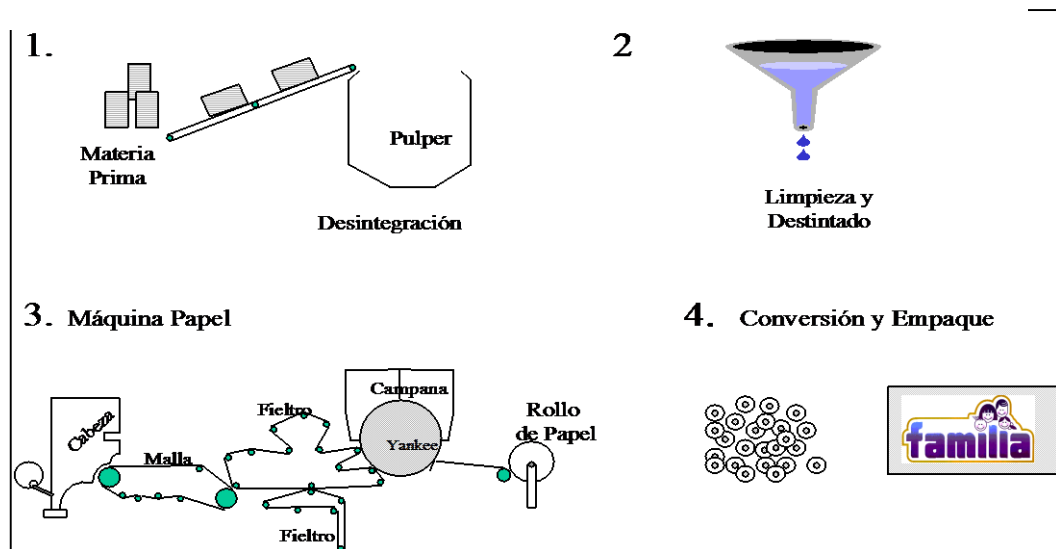


Figura 1-1 Proceso para la elaboración del papel Tissue.

Fuente: Familia Sancela S.A

1.5. Materias primas para la elaboración de papel tissue.

EL proceso papelerero inicia con el reciclado del papel. El papel reciclado se clasifica en: Fibras vírgenes y fibras secundarias.

Fibras Vírgenes: Son aquellas que no han sido utilizadas por lo cual sus propiedades físicas y químicas se mantienen intactas.

Fibras Secundarias: Son aquellas que ya han sido empleadas anteriormente en diversos productos y que luego de cumplir con su vida útil regresan al molino para ser nuevamente procesadas.

1.5.1. Clasificación de fibras secundarias.

❖ **OCC (Old Container Corrugated)**

Es el cartón usado que llega del extranjero. Este material tiene mayor resistencia que el cartón nacional por la mejor calidad de fibra utilizada. (Fig. 2-1)



Figura 2-1 OCC (Old Container Corrugated)

Fuente: dspace.ups.edu.ec

❖ **Cartón nacional**

Este es el cartón que ya ha sido utilizado como material de empaque y embalaje, dentro de esta clasificación se encuentran también los recortes de cartones nacionales e importados. (Fig. 3-1)



Figura 3-1 Cartón nacional

Fuente: dspace.ups.edu.ec

❖ **DKL (Desperdicio de Kraft Linner)**

Son las cajas o recortes de cajas que no han tenido ningún tipo de uso para las que fueron fabricadas; así se tiene que el DKL sale de las plantas corrugadoras siendo los recortes generados en el troquelado o son cajas o láminas de cartón que no han salido al comercio. (Fig. 4-1)



Figura 4-1 DKL (Desperdicio de Kraft Linner)
Fuente: dspace.ups.edu.ec

❖ **Mixto**

Este material está formado por la mezcla de diferentes materiales de menor grado que el cartón nacional; así tenemos como mixto la mezcla de cartón nacional, plastificado, plegadiza y periódico. . (Fig. 5-1)



Figura 5-1 Mixto
Fuente: dspace.ups.edu.ec

❖ **Plegadiza**

Son todas las cajas de alimentos (jugos, galletas, lácteos, etc.), envases tetrapack y cajas de farmacéuticos que son fabricadas con cartulina dúplex o láminas de microcorrugados. Dentro de esta clasificación se encuentran los recortes de “Cartulina Dúplex”. Esta cartulina es fácilmente reconocible ya que presenta dos tipos de capas, una blanca simple o esmaltada formada por fibra larga y una capa gris formada por fibra corta (papel periódico). . (Fig. 6-1)



Figura 6-1 Plegadiza

Fuente: dspace.ups.edu.ec

❖ **Plastificado.**

Son todos los recortes de cartulina blanca simple o esmaltada que se encuentran cubiertas por una fina capa de plástico. Estos recortes de cartulina tienen una sola capa que es blanca (fibra larga), la misma que puede estar impresa o no.

❖ **Periódico**

En esta clasificación se tienen a todos los diarios, revistas de papel periódico, directorios telefónicos, cuadernos de papel periódico (cartillas), libros y en general papel periódico impresos o no. (Fig. 7-1)



Figura 7-1 Periódico

Fuente: dspace.ups.edu.ec

1.5.2. Principales contaminantes en el papel reciclado

Sin embargo, dentro del papel reciclado se encuentran un gran número de materiales no celulósicos, considerándose a la tinta como el principal contaminante. Entre los contaminantes más comunes tenemos:

- Resinas naturales y sintéticas, ceras.
- Alúmina.
- Almidones y gomas.
- Materiales recubiertos: rellenos, almidón, caseína, látex, estearatos.
- Arcilla, dióxido de titanio, carbonatos y demás rellenos.
- Tintas, los cuales están compuestos de vehículos, pigmentos secadores, resinas y otros.

1.6. Dispersión de puntos negros

La dispersión se realiza por medio de un equipo dispensador de puntos negros llamado KNEADER con una capacidad de 60 toneladas/día. Sin embargo, para que la dispersión tenga la efectividad esperada, primero se tiene que retirar el agua de la pasta por medio del Tornillo Prensa hasta llegar a una consistencia de (25 a 35%).

En este punto del proceso se pierde gran cantidad de fibra por medio de agua que la arrastra. Seguido del lavado de la pasta, esta entra a la unidad que realiza la dispersión de las partículas mediante un aumento súbito de temperatura y un flujo de vapor saturado, lo que permite a los puntos negros restantes o puntos de tinta quedar dispersos de forma homogénea en la pasta. . (Fig. 8-1)

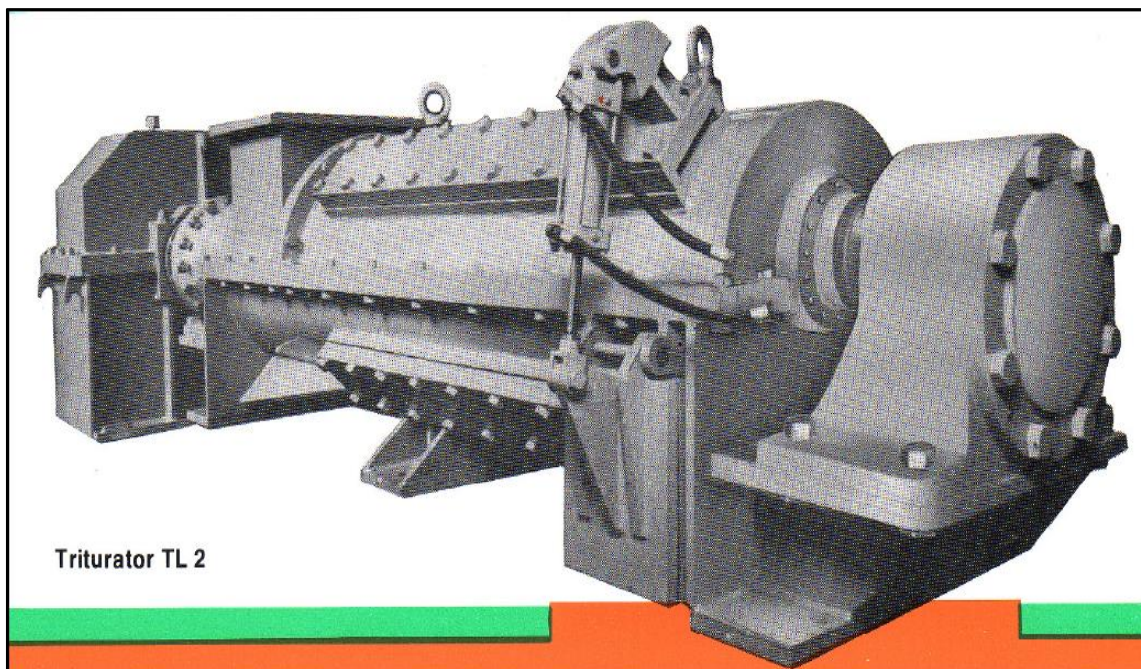


Figura 8-1 Kneader
Fuente: Familia Sancela S.A

El Kadant Lamort Kneader esta principalmente compuesto de un eje el cual es de forma de un tornillo con dientes destinados especialmente para dar un amasado a la pasta alimentada, así como también de un cuerpo con dientes de amasado estacionarios en su superficie interna.

Durante la operación de la unidad los dientes del eje rota encajando entre aquellos del cuerpo estacionarios. El espacio entre los dientes estacionarios y los rotatorios permiten evitar cualquier corte perjudicial de contaminantes y cualquier atasco de la unidad.

El vapor expandido es alimentado dentro del cuerpo del kneader a través de varios orificios divididos en toda su longitud.

El desarrollo de las fuerzas de fricción mecánica cuando la pasta es pasada entre los dientes estacionarios y los rotatorios es ya suficiente para alcanzar una temperatura sobre los 50 °C.

La acción adicional del vapor sube en el rango de 50 a 100 °C, dependiendo del propósito de la aplicación para producir la total dispersión o para favorecer el ablandamiento de ciertos contaminantes para su posterior y final eliminación.

Así como la capacidad y longitud del kneader, ellos fueron designados para que la pasta pase con una fricción intensiva durante un suficiente espacio de tiempo.

La pasta sale de la unidad a través de una trampa operada con aire a presión el cual puede ser controlado por el poder absorbido. Esta trampa neumática permite controlar el tiempo de retención de la pasta en kneader.

Un mecanismo especial de control permite el ingreso de vapor de acuerdo a la temperatura de trabajo.

La pasta después del tratamiento, es generalmente llevada hacia una torre de blanqueo, donde se baja la consistencia hasta un 14%. . (Fig. 9-1)

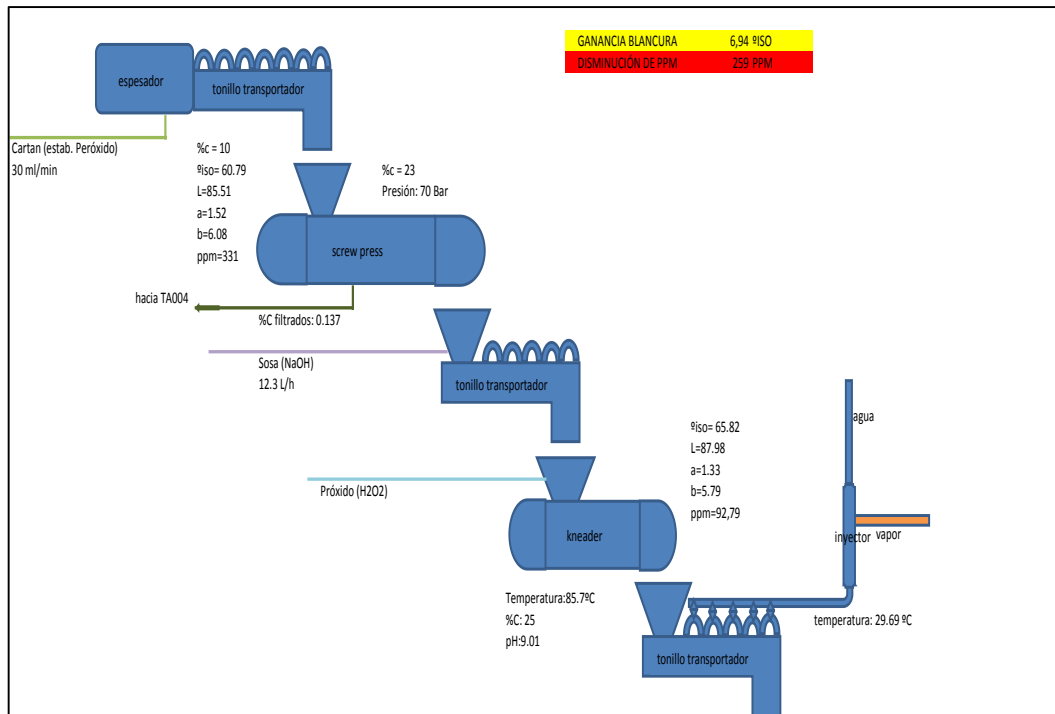


Figura 9.1. Dispersión de puntos negros.
Fuente: Familia Sancela del Ecuador S.A

1.6.1. Dispersión en caliente

Los primeros trabajos sobre la dispersión de contaminantes, que se inició en 1946, por un grupo de fábricas de papel, llevaron al desarrollo de una serie de procesos.

Entre estos, los procesos "termo-mecánicos" más apropiados han experimentado un considerable desarrollo industrial desde la década de 1960, en contraste con los procesos químicos o puramente termales que han permanecido en gran medida sin utilizar.

La dispersión en caliente de los procesos "termo-mecánicos" actualmente en uso, su objetivo principal, es el uso de un aumento de la temperatura y tratamiento mecánico apropiado, para dispersar los contaminantes termo fusibles, tales como ceras, de fusión en caliente y betún presentes en papeles viejos a fin de evitar problemas de manchas.

La dispersión de los contaminantes termo fusibles, llevado a cabo sobre la pasta concentrada por razones de conservación de energía, se acompaña de efectos secundarios en diferentes constituyentes de la pulpa que puede ser crítica en función de las condiciones mecánicas y térmicas: la homogeneización de la pulpa, alta concentración dispersión-refinación de fibras, despulpado de escamas, y varios efectos mecánicos sobre todos los contaminantes (plásticos, afeitados, tintas, adhesivos, fusión en caliente).

Desde el punto de vista de las tecnologías, dos tipos de técnica se pueden distinguir:

❖ ***Dispersado***

Las técnicas de alta velocidad dispersión en dispersores de disco, se derivan mediante la tecnología transferida desde pulpers-refinadores de pulpa mecánica y termo – mecánica con discos de barras, seguido por la adaptación de “deflakers” de alta concentración. Esas técnicas (sistemas de dispersión mecánica de disco o de tipo de diente) son las técnicas más convencionales.

❖ ***Kneader o Amasado***

Las técnicas de baja velocidad de dispersión, sobre dispersores largos que comprenden un solo eje o dos ejes especialmente desarrollados para la dispersión caliente, o como resultado de la transferencia de tecnología desde mezcladores.

Estas diversas técnicas fueron diseñados para trabajar a alta concentración (25 a 30%) o más recientemente en la concentración media (10 a 15%) que requieren de espesamiento previo. También trabajan en más o menos altas temperaturas.

En general se puede decir que los sistemas de dispersión convencionales requieren altas temperaturas que van desde 180 ° F a 245 ° F para emulsionar y homogeneizar tintas y contaminantes pegajosos.

Por el contrario, las amasadoras puede funcionar a, temperatura ambiente, aunque el vapor se puede añadir a la amasadora antes del blanqueo, si es necesario, ya que el aumento de temperatura por la acción de frotar fibra a fibra (casi 30 ° C) puede hacer que sea innecesario.

Tanto para la alta velocidad y técnicas de dispersión de baja velocidad, también se puede distinguir sistemas sin presión que operan en temperaturas por debajo de 100 ° C y sistemas presurizados funcionen a más de 100 ° C, hasta 150 ° C máximo.

Dada la diversidad de las técnicas y las condiciones de funcionamiento, la dispersión de calor, por lo tanto aparece como un proceso más complejo en general y, especialmente, desde el punto de vista de sus efectos sobre los componentes varios de la pulpa; los efectos relativamente independientes de los aspectos térmicos y mecánicos del tratamiento sin embargo pueden separarse para dar una mejor comprensión de los fenómenos que tienen lugar:

- El tratamiento térmico ayuda a la dispersión de los componentes termo fusibles, suaviza las gomas y partículas de tinta antes de dispersar, pero conduce a una degradación más o menos importante de la pulpa. También aumenta el consumo de vapor, y requiere de presurización y

adaptaciones de los vapores, y requiere presurización y adaptaciones de la tecnología para temperaturas más altas.

- El tratamiento mecánico que es beneficioso para la pulpa también determina el tipo de acción sobre los contaminantes en función de la tecnología adoptada.

1.6.2. Efecto de la temperatura sobre los contaminantes

El aumento de la temperatura reduce la viscosidad de los contaminantes termofusibles, les ayuda a dispersarse cuando alcanzan las temperaturas de reblandecimiento y fusión.

El efecto de ablandamiento con calentar referido a todo contaminante polimérico, especialmente los polietilenos, adhesivos, tintas y látex, pero sólo los termofusibles tales como ceras y pegamentos (fusión en caliente) alcanzan su punto de fusión.

1.6.3. Efecto de los tratamientos mecánicos en los contaminantes.

Dispersión caliente es acompañada por un tratamiento mecánico con alta consistencia, generalmente de 23 a 35%, para que los efectos sobre la pulpa y los contaminantes dependan de la tecnología de dispersión adoptada, si se utiliza un dispensador con lento amasado de la pasta, o un dispersor de más alta velocidad con más impacto en la pulpa:

- ✓ Dispersión en caliente de baja velocidad corresponde a un mejor tratamiento mecánico prolongado con un efecto moderado relacionado de cizallamiento para grandes espacios para mejorar la rotación lenta (acerca de 10 a 20 m/s).
Las dispersiones son en general mecanismos donde la pulpa, alimentada por un tornillo y sostenida por una válvula de salida es dispersada ya que se transfiere bajo presión, entre las filas de dedos sobre un eje y otros en la carcasa.
- ✓ Dispersión caliente de alta velocidad corresponde a un tratamiento mecánico muy corto con un fuerte efecto de cizallamiento debido a una brecha de disco estrecho y altas velocidades de rotación (alrededor de 40 m / s y más). Los dispersores mecanismos de disco utilizan tecnologías derivadas de las refinerías de alta concentración para los equipos provistos de barras.

1.7. Amasadura y dispersión.

Dispersión ha sido usada con plantas recicladas por un largo tiempo. Muy altas temperaturas (150 °C) y altas consistencias (35 a 40%) eran usadas en tablas de moler para dispersión de asfalto.

El uso de mecanismos de bajas velocidades ha sido propuesto para homogeneizar los valores: partículas de tinta residuales que no han sido separadas desde las fibras (como tintas usadas para periódicos) son también dispersadas y no aparecerán como fibras moteadas indeseables; el aspecto de la pulpa destintada es mejorada. Ellos también han sido propuestos para dispersiones simultáneas de motas y lejía de pulpa.

Varias aplicaciones de amasadores y dispersadores han sido propuestas:

- ✓ Dispersión para motas o puntos
- ✓ Dispersión para gomas
- ✓ Desapego para tintas desde fibras destintadas o post-destintado.
- ✓ Pre tratamientos para blanqueo.
- ✓ Blanqueo: oxidación (peróxido) o reducción (hidrosulfito o FAS)

1.8. Dispersión de puntos o motas

Las motas o puntos son negros o partículas coloreadas. En una pulpa destintada los puntos aparecen cuando la tinta no ha sido esparcida dentro del pulper en partículas más pequeñas suficientes para ser invisibles a los ojos abiertos.

Diferentes valores en esta medida limite son proporcionados desde 40 a 60 micrones y más, dependiendo sobre el contraste.

- Propiedades altas de impresión sobre papeles cubiertos con tintas solidificadas por secado. Los puntos resultantes provienen desde el ligamiento entre el pigmento y el material de revestimiento. Los residuos de papel causan este tipo de puntos son generalmente de revistas brillantes.
- Papeles impresos cubiertos o recubiertos por nuevos procesos convencionales como Xerox, U.V tinta curada o papeles de impresión a laser.

Papeles de impresión barnizados (principalmente con U.V barniz curado) pueden ser incluidos en esta categoría. Hoy en día altas cubiertas brillosas o revistas son de origen principal de U.V barnizado.

Baja energía de consumo es suficiente para la dispersión de puntos desde papeles recubiertos resistentes. Con un tratamiento en corriente industrial de consumo de energía de (60 KWh/tn) la pulpa se ve limpia a simple vista.

La energía de consumo superior es necesaria para puntos desde U.V de papeles de impresión barnizadas: una buena dispersión puede ser obtenida en alta temperatura y con alta energía de consumo en una baja velocidad del kneader.

Kneader reduce los puntos pero también induce a una reducción del tamaño de partícula de tinta residual. Una reducción en el número y en el área total del largo de las partículas de tinta de $93 \mu\text{m}^2$ y un incremento del número de partículas pequeñas es observada. Esta reducción del tamaño de las partículas de tinta induce a la pérdida de brillo.

El mal amasado de una pulpa destintada induce a la pérdida de brillo que no puede ser en su totalidad restaurada por un pos- destintado.

Para la dispersión de gomas, informes de los ensayos realizados con Kneaders y explican que sin adición de vapor para el rendimiento de la unidad desde “es fácil remover la goma con un cubo de hielo y jalar la goma intacta desde la tela en lugar de usar una plancha de vapor y desprender la goma encima de la tela.”

Las gomas se enrollan en bolas en lugar de ser fragmentadas y también serán más fácilmente removidas por los equipos de cribado y limpieza.

En contraste, se libera la tinta desde las fibras por acción intensa de frotación fibra con fibra.

1.9. Aspectos especiales del blanqueo de pulpa destintadas de papel reciclado.

Usualmente las pulpas destintadas, son mezclas de fibras mecánicas y químicas que fueron anteriormente blanqueadas, durante su producción original. Comparado con las fibras vírgenes, las fibras recicladas tienen condiciones morfológicas alteradas: mayor área superficial y mayor contenido de finos.

El blanqueo de pulpas destintadas es una etapa vital del proceso de recuperación del material reciclado: El blanqueo contribuye a lograr las características ópticas necesarias en una pulpa destintadas.

El blanqueo en el proceso de fibras recicladas, está integrado con el proceso, mediante el cual, las partículas de tinta son removidas del sustrato fibroso, por medio de procesos multi etapa de

lavado, flotación o sucesión de ambos. Las pulpas destintadas y blanqueadas, son usadas en la producción de papeles para impresión, papeles de oficina y papeles tissue.

Los materiales y otros contaminantes adicionados son removidos durante el pulpeado en la etapa de desintegración en el cual las fibras son separadas y rehidratadas. Otros contaminantes son removidos en etapas sucesivas de lavado; pero los contaminantes que dan el color permanecen incluso después de las etapas de pulpeo y lavado como: tintas, toners y productos derivados de la reversión del color.

De estos contaminantes, las tintas y los toners, son dispersados y removidos por destintado por lavado o flotación, mientras que los tintes, blanqueadores ópticos son modificados de forma química.

El término blanqueo en las fibras recicladas, está reservado para:

- Remoción de color, remoción química o modificación de los tintes
- Deslignificación
- Aumento de la blancura

Una variedad de químicos es utilizada para abrillantar o blanquear la fibra reciclada, algunos químicos son compuestos oxidativos y algunos reductivos. Las reacciones de oxidación-reducción son las que decoloran los colorantes y la lignina en el papel. Es la lignina la que causa que la fibra se vuelva amarilla cuando se expone a la luz o a pH alto.

Cada etapa del blanqueo se define por agente blanqueador, el pH (acidez), la temperatura y la duración.

1.9.1. Fibras químicas.

Las fibras químicas se obtienen mediante procesos que degradan y disuelven la lignina de la madera, favoreciendo a la liberación de la celulosa y hemicelulosa.

Esta magnitud puede variar entre el 0% (pulpas químicas totalmente blanqueadas) y aproximadamente 5% (pulpas químicas no blanqueadas). La lignina residual que permanece en las fibras luego de la digestión, tiene color pardeado dada su condición condensada.

Esta coloración de la lignina se explica por las estructuras conjugadas, muchos grupos aromáticos, y gran cantidad de dobles enlaces de átomos de Carbono. Sólo un pequeño número de grupos carbonilos están presentes.

La blanqueabilidad de las fibras químicas, es principalmente una función del nivel de condensación del sistema aromático de la lignina. Sólo agentes electrofílicos como el Oxígeno,

el Dióxido de Cloro y el Cloro elemental, pueden oxidarlos. Agentes nucleofílicos como el Peróxido de Hidrógeno o el Hipoclorito, pueden atacar sólo un lado de la cadena.

Esto interrumpe la conjugación y así desaparecen los precursores del color. En consecuencia, los químicos que preservan la lignina, no pueden eliminar la decoloración o amarillamiento de la lignina residual en las pulpas químicas.

Aún con el uso abundante de Peróxido, la blancura de una pulpa no blanqueada, podría ser considerablemente menor a 50% ISO. Para remover el color de las fibras, son usados agentes blanqueadores que degradan la Lignina, como el Oxígeno y el Dióxido de Cloro.

En contraste, pulpas químicas semi blanqueadas con un contenido de Lignina residual de cerca del 0.5% pueden ser blanqueadas con químicos no degradantes. El resultado del incremento de la blancura de un nivel inicial cercano al 70% ISO, es poco significativo.

1.9.2. Fibras mecánicas

La fibra mecánica reciclada (periódicos, revistas, directorios telefónicos, etc.) se adquiere a menor costo pero posee una baja blancura porque la lignina no ha sido eliminada de su estructura.

La principal razón para este fenómeno, es la condición natural no condensada de la lignina, resultante del pulpeo mecánico y la presencia de diversas estructuras cromóforas, que son las responsables del color amarillo típico de las pulpas mecánicas.

Debido a que los grupos Carbonilos son el factor principal, la pulpa mecánica al contrario de la química, puede ser blanqueada efectivamente, con químicos preservadores de la lignina como el Peróxido o la Ditionita bajo condiciones óptimas de blanqueo, niveles de blancura superiores al 84% ISO, son posibles con pérdidas bajas de rendimiento de cerca del 5%.

Mayores niveles de blancura no se obtendrán aumentando las cantidades del agente blanqueador. Esto se debe a que no todos los cromóforos pueden ser blanqueados y a que nuevos cromóforos se forman durante el proceso de blanqueo. Si las fibras mecánicas son tratadas con químicos de blanqueo que degradan la lignina, una ganancia aceptable de blancura puede ocurrir, sólo a expensas de una pérdida considerable de rendimiento.

1.10. Blanqueo de fibras recicladas.

Todas las funciones del blanqueo en la actualidad consisten en la eliminación del color. Es importante entender desde donde inicia el color y que estructuras químicas son las responsables para la coloración de la pulpa. Los componentes de la pulpa pueden variar de pulpa a pulpa pero ellos empiezan con las siguientes categorías.

- Carbohidratos. Celulosa y hemicelulosa son los mayores constituyentes de la pared celular. Estos son polímeros de elementos azucarados como: glucosa, xilosa, manosa, galactosa, etc. Sus principales funcionalidades son grupos de alcohol. Algunos grupos carbonilos y carboxilos también están presentes.
- Polifenoles. Lignina y la mayoría de los extractos de la madera empiezan en esta categoría. Estas son sustancias aromáticas con grupos fenólicos libres o esterificados. Algunas estructuras de quinonas están presentes. Estos polímeros pueden exhibir un carácter altamente conjugado combinándose aromáticos de doble enlace carbono-carbono y estructuras de carbonilo.

Ortoquinona y otras estructuras conjugadas contienen grupos carbonilo están presentes en la lignina y en algunos extractos, dando compuestos de color. (Fig. 10-1)

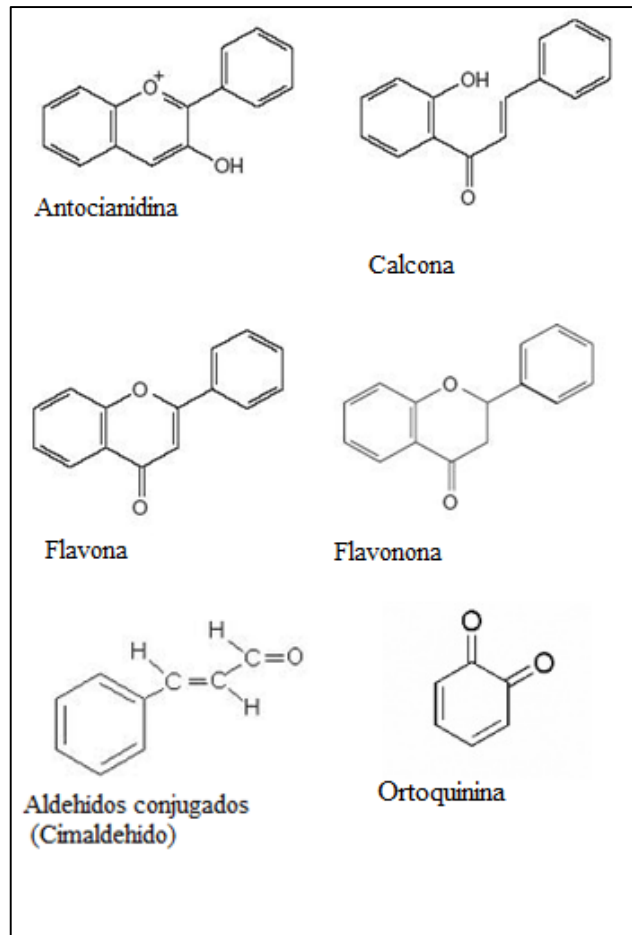


Figura 10-1 Estructura química de algunos extractos coloreados y grupos en madera y lignina respectivamente.

Fuente: LACHENAL D. BLEACHING OF RECYCLED FIBERS BASIC PRINCIPLES.

- Tintes y tintas. Estas sustancias son encontradas en pulpa de papeles reciclados. Estos por definición son fuente de coloración. La mayoría de tintes contienen aromáticos, carbonilos o grupos carbono-carbono de doble enlace. Pigmento negro de carbón es común en tinta. Otros pigmentos orgánicos en tintas tienen estructuras similares a estos tintes. Los pigmentos minerales también son usados. Varias sustancias orgánicas como solventes orgánicos y resinas están contenidas en la fórmula de la tinta.

1.10.1. Destrucción del color por reacciones químicas

De lo que se muestra arriba ningún reactivo o combinación de reactivos son capaces de eliminar todos los dobles enlaces (C = O, C = C, C = N) transformara las moléculas orgánicas coloreadas in moléculas blancas. Estos se clasifican en dos categorías:

❖ **Reactivos no degradantes.** Peróxido de hidrógeno (H_2O_2), hidrosulfito de sodio ($Na_2S_2O_4$), ácido sulfínico de formamidina (FAS) pertenecen a esta categoría. Su acción se limita a la destrucción de los grupos carbonilo ya sea por oxidación o reducción ($Na_2S_2O_4$, FAS).

La oxidación es más eficiente para la degradación de grupos carbonilo. La acción de los dos agentes reductivos es solo para estructuras de Quinona, mientras H_2O_2 puede destruir implícitamente todos los grupos carbonilo. Considerando de importante contribución de los grupos carbonilos al color es comprensible que el blanqueo tome lugar cuando algunas pulpas (mecánica y pulpa de papel reciclado) son tratadas con estos químicos.

La mejor ventaja es que solo los grupos carbonilo son degradados y no el resto de moléculas. Las sustancias coloreadas llegan blancas y permanecen en la pulpa. El rendimiento en la pulpa no es sustancialmente afectado. (Fig. 11-1)

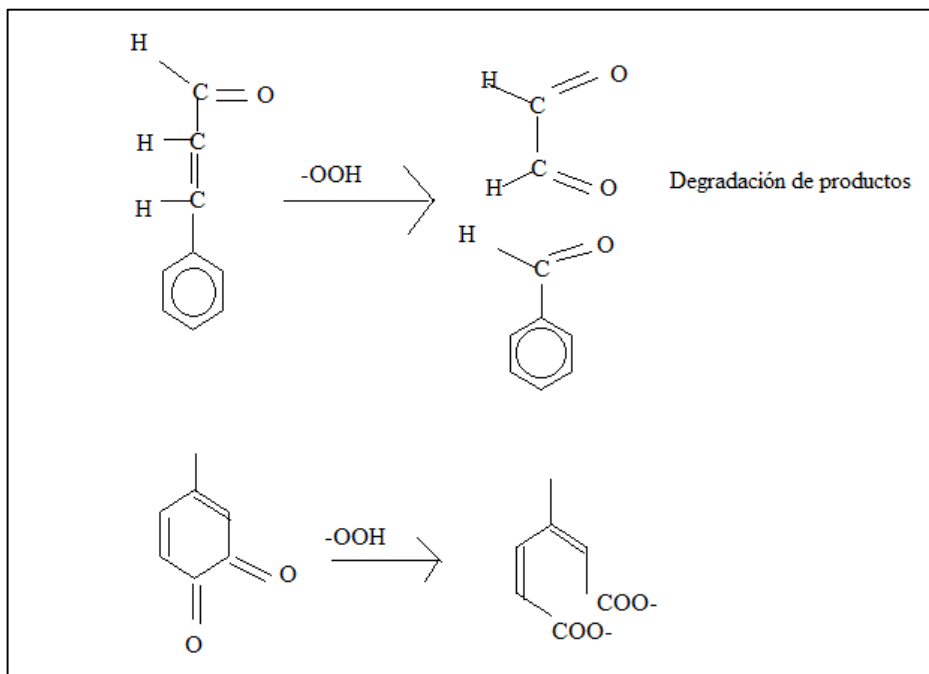


Figura 11-1 Algunas reacciones que tienen con H_2O_2 blanqueo no degradante.
Fuente: LACHENAL D. BLEACHING OF RECYCLED FIBERS BASIC PRINCIPLES.

❖ **Reactivos degradantes.** Estos son usados principalmente para el blanqueo de pulpas químicas y son yodas oxidantes. Cloro (Cl_2), dióxido de cloro (ClO_2), Oxígeno (O_2), hipoclorito de sodio ($NaClO$) y ozono (O_3) pertenecen a esta categoría.

Todos estos reactivos tienen en común que pueden destruir a los grupos fenólicos y enlaces dobles de carbono-carbono.

Sin embargo, estos no tienen efectos en los grupos carbonilo con excepción del hipoclorito. Por lo tanto, el blanqueamiento es generalmente menor que antes.

El blanqueo toma lugar porque la destrucción de las estructuras aromáticas y doble enlaces, acompañados por extensas modificaciones de las sustancias de colores orgánicos que son

generalmente troceados a pequeñas moléculas hidrofílicas solubles. El rendimiento de la pulpa es fuertemente afectado.

La eficacia de estos químicos aumenta con el poder de oxidación medido por el potencial de oxidación E° .

Un ejemplo de los valores del E° son 2,07V y 1,36V para el ozono y el cloro respectivamente en medio ácido y solo 0,88V para el peróxido de hidrógeno en medio alcalino.

Teóricamente el extracto de lignina y las tintas son degradados. Se forman grupos ácidos con estas reacciones, un tratamiento alcalino posterior mejora la solubilización.

1.10.2. Blanqueo de pasta de papel reciclado.

La pulpa de papel reciclado puede contener pulpa química, pulpa mecánica y tintas. Cada componente requiere un proceso de blanqueo específico ya que no contiene las mismas sustancias.

➤ Comportamiento de pulpas químicas con agentes de blanqueo.

El mayor parámetro aquí es el contenido de lignina en la pulpa. Pulpa química puede contener desde 0% de lignina (pulpa totalmente blanqueada) hasta 5% de lignina (pasta sin blanqueada). En grados de semi blanqueado (80% de brillo) algo de lignina puede estar presente (alrededor del 0,5 %). La lignina presente en la pulpa química es muy condensada y tiene un color pardusco.

Color es resultado de extensas estructuras conjugadas involucrando largos números de grupos aromáticos y algunos dobles enlaces de carbono-carbono. El número de grupos carbonilo es bajo. En este caso los químicos no degradantes son ineficientes.

Cuando se aplica sobre una pulpa Kraft sin blanquear Peróxido de hidrogeno da algunos efectos de blanqueo pero al final el nivel de brillo es generalmente bajo de 50% ISO incluso cuando se usa exceso de peróxido de hidrogeno. La única posibilidad es remover la lignina con químicos degradantes.

El rendimiento de la pulpa decrece en un 10% correspondiente a la medida de lignina y algo de hemicelulosa. Para estas pulpas se tienen un bajo contenido de lignina residual como la pulpa semi blanqueada tiene un rango de brillo de 70-80%, el peróxido puede mejorar el brillo por algunos puntos que a este nivel no es despreciable.

Los fracciones de carbohidratos no son químicamente modificados durante el proceso de blanqueo.

➤ **Comportamiento de pulpas químicas con agentes de blanqueo.**

Contrario de pulpas químicas Kraft sin blanquear, la pulpa mecánica es muy blanca alrededor del 50 al 60 % de brillo al comenzar el nivel. Esta razón es que la lignina no ha sido condensada con pulpeado químico que contiene solo pocas estructuras coloreadas, cual da una tinta amarilla pálida a la pulpa.

Grupos carbonilo son los mayores contribuidores del color de estas estructuras. Como consecuencia del blanqueo químico no degradante como peróxido de hidrógeno y sulfito de sodio debería ser usado para obtener un mejor efecto de blanqueo. 80% de brillo es fácilmente alcanzado. Sin embargo esto no es posible para lograr completar el blanqueo.

El brillo de la pulpa mecánica es limitado para 83-85%. La razón puede ser la dificultad para alcanzar todos los grupos carbonilo presentes en la lignina y la ocurrencia de reacciones secundarias cual podrían crear nuevos cromóforos.

La pérdida de rendimiento durante el blanqueo es muy pequeña y no excede del 2 al 5%. El uso de degradantes químicos no solo tiene un mal efecto de blanqueo sino que también daría lugar a una pérdida de rendimiento grave.

➤ **Comportamiento de tintas y pigmentos orgánicos con agentes de blanqueo.**

Muy pocos estudios se han dedicado a este tema. Algunos principios básicos pueden dibujarse desde discusiones previas:

Cundo el color es debido a las estructuras carbonilo, H_2O_2 , FAS y $Na_2S_2O_4$ pueden ser aplicados sucesivamente.

Cuando el color es el resultado de la presencia de grupos azo conjugados, dobles enlaces carbono-carbono conjugados o estructuras aromáticas conjugadas, la degradación de blanqueo químico debería ser usada.

Estos principios se están establecidos, el único problema es que las estructuras químicas de las tintas no son conocidas. Otro problema es que los otros componentes de la pulpa también reaccionaran con los reactivos. Por lo tanto la elección del proceso de blanqueo es bastante limitada.

Cuando la pasta de papel reciclado contiene una cantidad significativa de pulpa mecánica (más del 15 al 20%), solo se aceptará procesos de blanqueo no degradantes (usando H_2O_2 , FAS y $Na_2S_2O_4$). Solo los carbonilos contenidos en la tinta serán afectados.

Cuando la pasta de papel reciclado es esencialmente hecha de pulpa mecánica, blanqueo degradantes son aceptables. La mayoría de las tintas serán degradadas, debido a su potencial elevado (2,07 V), el ozono es el reactivo más eficiente (seguido de ClO_2 y $NaClO$). O_2 y Cl_2 son menos activos. Las tintas no orgánicas resisten al ozono.

1.11. Blanqueo de pulpas con cloro.

Tradicionalmente, el gas cloro ha sido usado como producto químico blanqueador ya que es económico y efectivo. Luego se descubrió que sus efectos ambientales eran inocultables. El uso de cloro alcanzó su nivel máximo a mediados de los 70.

La industria de la pulpa ha descargado durante décadas grandes cantidades de productos químicos, residuos de fibras y de madera en las aguas costeras. Se formaron grandes bancos de fibras a lo largo de la línea de costas, que produjeron escasez de oxígeno. También se descubrió que la descarga de agua es tóxica y daña a los peces y al ecosistema acuático.

Cuando el cloro y el hipoclorito elementales reaccionan con la lignina, forman contaminantes clorados, tales como el cloroformo, las dioxinas y furanos en las aguas de desecho.

Las descargas de las plantas de pulpa, y especialmente de compuestos organoclorados, han sido vinculadas con deformaciones físicas de los peces, cambios hormonales, deterioro reproductivo, desordenes hepáticos, interrupción de las funciones celulares, cambios en la composición sanguínea, daño en la piel y en las agallas, cambios en el comportamiento del cardumen y cambios en la estructura poblacional de los peces.

1.11.1. ECF (Libre de Cloro Elemental)

El método ECF (Libre de Cloro Elemental) significa que no usa gas cloro (Cl_2) para blanquear. A diferencia del método TCF, este puede usar dióxido de cloro (ClO_2). Al incorporar el blanqueo con oxígeno, fue posible introducir dióxido de cloro como agente blanqueador, lo cual también hizo posible generar un volumen de AOX inferior en los efluentes.

La resistencia y calidad de la pulpa producida con el método ECF es tan buena como la producida con el blanqueo por cloro.

La incorporación del blanqueo con ECF ha tenido un gran impacto positivo sobre el medio ambiente, en comparación con el blanqueo con gas cloro. Los relativamente escasos estudios realizados tanto en laboratorio como sobre los efluentes de las plantas que usan el método ECF publicados hasta ahora indican que el blanqueo de pulpa Kraft proveniente de madera blanda con ECF aún produce cantidades de compuestos clorados.

La transición entre plantas basadas en el blanqueo con cloro hacia plantas blanqueadoras libres de cloro elemental (dióxido de cloro) reduce drásticamente (aunque no elimina) las descargas de dioxinas de las plantas de papel.

1.11.2. TCF (Totalmente Libre de Cloro)

A principios de los años 90, se presentó un proceso de blanqueo llamado Lignox. En este proceso la pulpa es previamente tratada con oxígeno y con un agente quelante (EDTA: ácido etilenediamina tetracético, DTPA: ácido dietilenetriamina pentacético), y luego es sometida a un proceso de extracción con peróxido de hidrógeno.

La técnica de blanqueo TCF (Totalmente Libre de Cloro) ha sido mejorada y puede producir actualmente pulpa Kraft de madera blanda con brillo y calidad similares a la pulpa blanqueada con ECF.

Los procesos de blanqueo de pulpa Kraft que se basan en peróxido de oxígeno o en ozono o en combinaciones de estos agentes blanqueadores (procesos de blanqueo TCF) son aplicados al cien por cien en diversas plantas productoras de Kraft alrededor del mundo, siendo las plantas suecas y finlandesas las precursoras.

Las pulpas mecánicas generalmente son TCF. El blanqueo con TCF suprime la descarga de compuestos clorados.

1.12. Blanqueamiento oxidativo- reductivo.

Son múltiples las etapas del proceso en las cuales se realiza un blanqueamiento. Para ello existen varios tipos de blanqueamiento los cuales, según el efecto buscado actúan de distinta manera en puntos clave del proceso.

Dichos blanqueamientos realizados son:

1.12.1. Blanqueamiento oxidativo

La fase de blanqueamiento oxidativo es usada para aumentar la blancura de la pasta. El agente oxidante utilizado es peróxido de hidrógeno que sirve únicamente para incrementar el brillo de la pasta.

Esto representa un beneficio al mejorar la calidad de la misma y aumentar los valores en la medición de blancura ISO. Su efecto está en romper los enlaces entre las moléculas de glucosa para producir la degradación de las moléculas de celulosa.

El buen desempeño de la oxidación se obtiene con valores de pH elevado en la mezcla, por lo que se requiere el uso de hidróxido de sodio. El buen desempeño del blanqueamiento oxidativo se obtiene con valores de pH entre 8,7 y 9,0. (Fig. 12-1)

Ozono, oxígeno, peróxido de sodio también se han propuesto como agentes de blanqueo para blanquear o decolorar pastas recicladas.

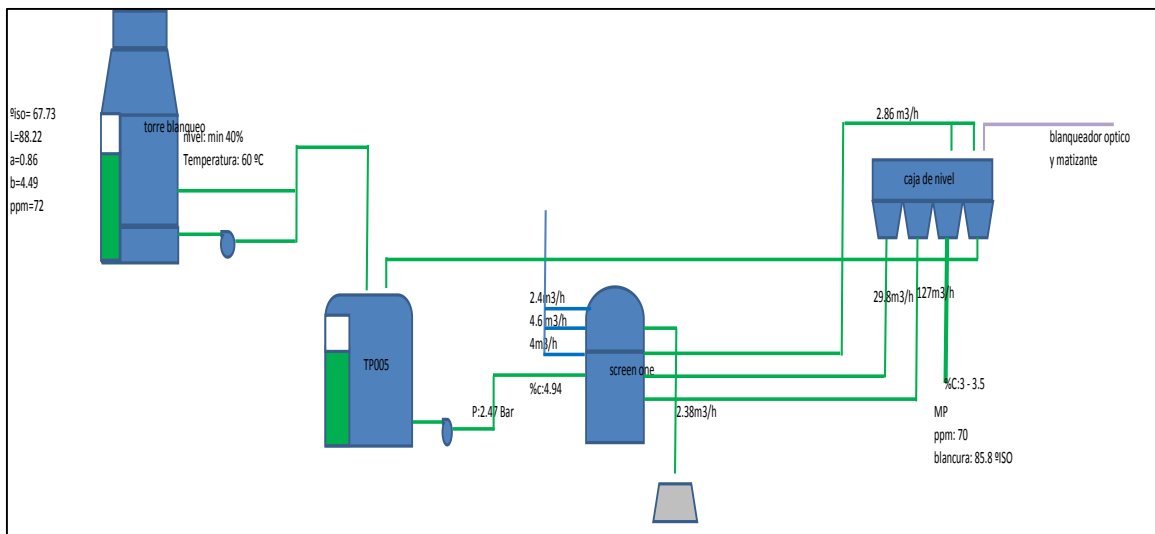


Figura 12-1 Blanqueamiento Oxidativo.

Fuente: Familia Sancela del Ecuador S.A

1.12.2. *Blanqueamiento reductivo*

La etapa de blanqueamiento reductivo, busca reducir los problemas de tonalidad generados por las tintas que no se degradan con el blanqueamiento oxidativo.

Hidrosulfito de sodio y FAS (ácido Formamidinsulfínico o Dióxido de Tiourea en medio básico) son usados en algunos casos para blanquear. Ellos están también usados por decolorantes teñidos o pulpas destinadas resultando desde mezclas que contienen papeles teñidos.

Todos estos químicos pueden ser clasificados en dos categorías:

- Los reactivos degradantes, peróxido de hidrogeno, hidrosulfito de sodio y FAS pertenecen a esta categoría. Su acción es limitada para la destrucción de los grupos carbonilo. El rendimiento de la pulpa no es afectado sustancialmente.
- Los agentes degradantes que son usados principalmente para el blanqueo de pulpas químicas. Cloro, dióxido de cloro, oxígeno, hipoclorito de sodio y ozono pertenecen a esta categoría. Ellos pueden destruir los grupos fenólicos y los dobles enlaces carbono-carbono. El rendimiento de la pulpa es afectado fuertemente.

1.13. Blanqueo oxidativo en procesos con papel reciclado.

1.13.1. Peróxido de hidrógeno

Los reactivos más usados en el blanqueo de pulpas de generadas a partir de papel reciclado son el peróxido de hidrógeno como oxidante y el hidrosulfito de sodio como reductor, siendo este último el agente blanqueante más económico.

El peróxido de hidrógeno reacciona con los grupos carbonilo (y particularmente con grupos o-quininas) para pulpas mecánicas, esta transformaciones en di ácidos induce a la reducción de matiz amarillo y un incremento del brillo.

El peróxido de hidrogeno tiene un efecto pequeño en múltiples enlaces y grupos aromáticos y es general considerado como tener efectos pequeños para decolorar pulpas teñidas.

La reacción de blanqueo es activada por el incremento de pH, pero también un pH elevado lleva a un consumo total del peróxido de hidrogeno y la reversión del brillo. Es considerado óptimo mantener el peróxido residual del 15% - 20% de la carga para evitar la reversión del brillo.

Peróxido de hidrogeno es usado en casi todas las plantas de papeles de residuo reciclados, donde el brillo es considerado como especificación de la pulpa.

Peróxido de hidrogeno puede ser usado en varios pasos del proceso:

- Nivel de pulpeado por debajo (5-6%) o una consistencia media de (15-20%)
- Torre de remojo después del pulpeado y antes de la remoción de la tinta.
- Amasado o dispersión después del destintado.
- Post blanqueo con la tecnología similar a la usada para el blanqueo de pulpas mecánicas.

El Blanqueo con peróxido requiere de un medio alcalino. En el blanqueo de pulpas mecánicas esto resulta en un incremento en la solubilización de las sustancias de la madera, visible en un aumento del efluente COD, porque el blanqueo a muy alto brillo requiere una alta entrada de sosa caustica para la activación, el resultante COD tendrá una carga muy alta.

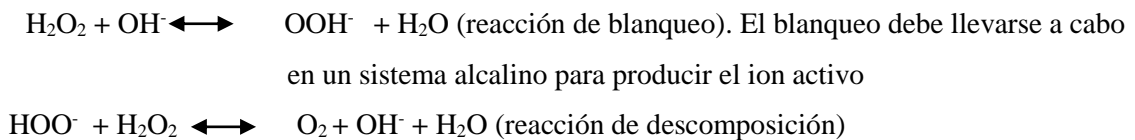
Como alternativa para la aplicación de Sosa caustica otros compuestos como: Carbonato de sodio y oxido de magnesio han sido recomendados. Dentro de un rango estrecho el carbonato de sodio es capaz de reemplazar a la sosa caustica por peso en cantidades equivalentes.

El efecto amortiguador afecta a los resultados de la ceniza de sosa en un menor rendimiento del peróxido añadido. Sin embargo es imposible hacer uso del más alto residual.

Activación térmica, aumenta el tiempo de retención o una entrada de ceniza de sosa no se ha traducido en un mayor brillo. La razón para esta descomposición del intermedio generado ácido per carbónico da una temperatura normal de blanqueo. (Fig. 13-1)

Las condiciones alcalinas para este proceso convencional causa una generación adicional de compuestos disueltos. La acción de blanqueo involucra al anión per hidroxilo, OOH^- es generalmente aceptado ese anión generado desde el H_2O_2 y OH^- es responsable del efecto de blanqueo.

Hay una reacción de descomposición de este per anión en un elevado pH, que genera oxígeno, este álcali causa reacciones de condensación entre compuestos de lignina y carbohidratos, con potencialmente reacciones de productos coloreadas.



Estas condiciones alcalinas son por una parte requeridas para el blanqueo, condiciones también alcalinas son por otra parte negativa

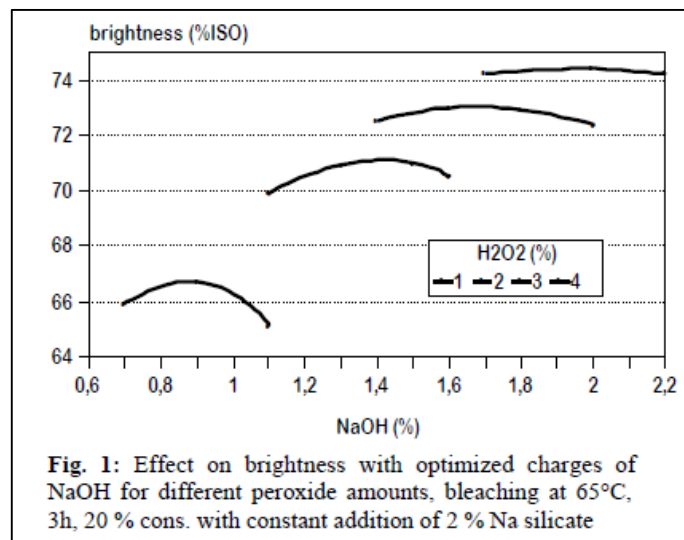
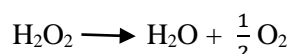


Figura 13-1 Efecto de brillo con Peróxido
Fuente: GALLAND G Y VERNAC Y. BLEACHING OF RECYCLED PULP

Sin embargo, una de las desventajas que presenta el uso del peróxido de hidrógeno en el blanqueo de este tipo de pulpas es su tendencia a la descomposición, disminuyendo la capacidad de blanqueo. Valores altos de pH y temperatura favorecen el equilibrio hacia el anión per hidroxilo pero también aceleran la descomposición del peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno según se muestra en la siguiente ecuación:



La presencia de ciertos iones de metales de transición en la pulpa mecánica puede tener una influencia negativa durante el blanqueo alcalino con peróxido de hidrógeno. Los iones metálicos catalizan la descomposición del peróxido de hidrógeno, traduciéndose en una menor eficiencia del blanqueo.

Los iones de metales como el hierro, manganeso y cobre son los que se encuentran en mayor proporción en el blanqueo, ya que están presentes en la madera, incorporados al árbol a través de su nutrición y además son generados en el proceso a través de los equipos y el agua de proceso utilizados.

Es por esta razón que se hace necesario utilizar aditivos que mejoren la estabilidad del peróxido de hidrógeno en condiciones de blanqueo.

1.13.2. Aditivos más utilizados

❖ Silicato de sodio

Funciona como estabilizador del peróxido de hidrógeno, minimizando la catálisis de descomposición por efecto de los iones metálicos. Esto se debería a la formación de silicatos de metales pesados o la adsorción de éstos metales en floculos de silicatos de calcio y magnesio. Además es fuente de alcalinidad y un agente tampón muy efectivo.

❖ Agentes quelantes

Los procedimientos de control de metales pesados involucran técnicas que previenen el contacto entre el metal y el peróxido de hidrógeno. Estos metales son acomplejados por los agentes quelantes. Los quelantes mas recomendados incluyen productos tales como la sal pentasódica dietilentetraminpentacética (DTPA) y la sal tetrasódica etilendiamintetracética (EDTA). Se usará como agente quelante el DTPA, ya que ha demostrado ser más eficiente.

❖ Sulfato de magnesio

El magnesio actúa como estabilizante en el almacenamiento del licor de blanqueo, probablemente por formación de floculos insolubles que adsorben o coprecipitan los iones de metales pesados.

1.13.3. Condiciones de uso

Peróxido de hidrogeno es extensamente usado para el blanqueo de pulpas mecánicas, las condiciones convencionales para su uso están dadas en la siguiente tabla.

Tabla 1-1 Condiciones convencionales para el uso de peróxido de hidrógeno.

Consistencia de la pulpa	10-25%
Temperatura	50-70°C
Tiempo	2-4 h
Químicos:	
Sosa Caustica	1-2%
Agentes Quelantes	0,2
Peróxido de Hidrógeno	1-6%

Fuente: GALLAND G Y VERNAC Y. BLEACHING OF RECYCLED PULP

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Muestreo

Se utiliza el Muestreo sistemático aleatorio, que es aplicable cuando los elementos de la población sobre la que se realiza el muestreo están ordenados. Este procedimiento de muestreo se basa en tomar muestras de una manera directa y ordenada.

Se escogió puntos estratégicos y ordenados del proceso de Dispersión y Blanqueo Oxidativo, las muestras se tomaron durante una catorcena de producción para la referencia 5019758, una a las 10:00 a.m. y otra a las 2:00 p.m.

Además se tomó datos en el producto terminado para observar la tendencia de los procesos, así como en las variables que los operadores de cada turno controlan.

2.2. Metodología

2.2.1. Métodos y técnicas

2.2.1.1. Métodos

Se utilizó método experimental, se realizan ensayos de consistencias para determinar la cantidad de fibra presente en cada punto, y para así poder realizar la elaboración de las hojas de mano “Handsheets” según la norma TAPPI T205 m-58 Forming Hand Sheets for Physical Test of Pulp. Además se verifica cuáles son las variables más críticas que inciden directamente en el proceso.

❖ Inductivo

Este método permite mediante el análisis de los resultados obtenidos de los ensayos realizados durante la catorcena, se evalúa mediante evidencias físicas y datos comparativos de las variables involucradas, cual es la tendencia que tienen los procesos de Dispersión y Blanqueo Oxidativo en la empresa Familia Sancela del Ecuador.

❖ Analítico

Se realiza un seguimiento de las variables más influyentes en los procesos, variables físicas y variables químicas como pH, temperatura, peróxido residual.

❖ Experimental

Determinando las variables críticas del proceso se concreta que para dispersión es la consistencia de la pasta y el flujo de agua de dilución, y para el blanqueo oxidativo son la temperatura, el parámetro de alcalinidad, tiempo de contacto de la pasta con los químicos y la consistencia.

2.2.1.2. Técnicas

Tabla 1-2 Técnicas utilizadas para dispersión y blanqueo oxidativo

PARÁMETRO	TÉCNICA	NORMA
Ph	Electrometría, indicadores	UNE 77035:19883
Consistencias	Valoración	PROCEDIMIENTO INTERNO FAMILIA
Peróxido residual	Titulación	PROCEDIMIENTO INTERNO FAMILIA
PPM	Valoración	TAPPI T 213 os-77
Blancuras	Valoración	TAPPI T 452:2002
Hojas de mano	Valoración	TAPPI T205 m-58

Fuente: FAMILIA SANCELA S.A

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

2.3. Datos experimentales

2.3.1. Diagnóstico

Se empiezan con la caracterización inicial de los procesos de dispersión y blanqueo oxidativo en el molino 5 para la referencia 5019758, para determinar la tendencia de blancura y puntos de tinta, controlando las variables más representativas durante los procesos.

La receta para la referencia 5019758 es: 7% celulosa fibra corta, 86% archivo color, 6% archivo tipo C, 1% merma.

Los puntos claves para la toma muestras de pasta son: tanque N°2, entrada y salida de la celda de destintado, tornillo prensa, entrada y salida de la torre de blanqueo oxidativo.

Se toma dos muestras de cada punto; una en la mañana y otra en la tarde durante la primera y segunda catorcena de enero del 2015, por 8 días seguidos.

2.3.1.1. Procedimiento para los ensayos de caracterización.

Primero se toma dos muestras de cada punto, se realizan ensayos de consistencias siguiendo el procedimiento del Anexo C para el cálculo de consistencias de cada punto, para determinar la cantidad de fibra presente.

Tabla 2-2 Estándares de consistencias en la pasta.

Estándar de consistencias	%
T2 (Tanque 2)	3,0 - 3,5
EC (Entrada Celda)	1,2 - 1,8
SC (Salida Celda)	> EC
TR (Tornillos)	3,0 - 4,0
KN (Kneader)	25-35
ET (Entrada Torre)	12,0 - 15,0
ST (Salida Torre)	3,0 - 4,5

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Se mide el pH (Anexo A.) a la entrada de la torre de Blanqueo debe tener un valor a la entrada de 9,5 a 9,0; a la salida debe tener un valor menor al pH de entrada.

Después de calcular las consistencias se elaboran las hojas de mano según el procedimiento de la norma TAPPI T205 m-58, y se las deja secar a temperatura ambiente en un lugar que no le dé luz ya que podría amarillarse. La medición de la blancura se hace al día siguiente una vez que las hojas estén completamente secas. (Procedimiento para la elaboración y medición de hojas (Anexo G)

Con la muestra de la salida de la torre se hace el peróxido residual siguiendo el procedimiento para la determinación de peróxido residual. (Anexo B.)

2.4. Datos

2.4.1. Datos tomados de la cabina de máquina de molino 5.

Tabla 3-2 Datos de variables de la máquina

Dosificaciones	14.01.2015	15.01.2015	16.01.2015	19.01.2015	20.01.2015	21.01.2015	22.01.2015	23.01.2015	Promedios
Peróxido (ml/min)	640	640	630	630	630	630	630	630	632,5
Sosa (ml/min)	110	110	110	115	110	110	115	120	112,5
Estabilizador (ml/min)	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Blanqueador Óptico (ml/min)	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Kneader									
Consistencia (%) (25-35)	25,86	26,06	25,51	22,36	25	25,21	25,21	24,73	24,99
T° (°C) (70 - 80 °C)	70,51	71,15	68,29	71	72,11	72,11	72,11	68,67	70,74
PH	9,25	9,26	9,22	9,3	9,25	9,3	9,3	9,3	9,27
Potencia ()	110	110	110	110	110	110	105	110	109,38
Torre de Blanqueo									
Consistencia (%)	12,6	12,68	10,71	12,35	11,02	11,32	11,06	12,82	11,82
T° (°C)	49,77	47,96	47,89	49,22	49,33	48,66	51,65	58,67	50,39
PH Entrada	7,5	7,9	7,92	8,34	7,9	8,46	8,53	8,21	8,10
PH Salida	7,1	7,25	7,25	7,84	7,77	8,31	8,25	8	7,72
Peróxido Residual	0,17	0,136	0,17	0,153	0,119	0,187	0,17	0,238	0,17
Nivel	60,6	54,4	60,1	50	60,56	60,87	60,79	40	55,92
Pasta Pulper									
PH	7,49	7,52	7,47	7,15	7,34	7,56	7,2	7,3	7,38
Consistencia (%)	17,8	18,01	18,16	17,12	18,2	18,2	18,2	17,99	17,96

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

2.4.2. *Datos de blancura medidos en las hojas de mano*

Tabla 4-2 Datos de blancuras del 14.01.2015

14.01.2015		Blancuras			Blancuras		
	Consistencias	M1	a*	b*	M2	a*	b*
T2 (Tanque 2)	2,61	65,02	1,62	-1,64	67,22	2,12	-4,05
EC (Entrada Celda)	1,43	66,32	1,96	-3,5	66,48	2,06	-3,35
SC (Salida Celda)	1,31	68,1	2,13	-3,14	69,63	2,23	-3,73
TR (Tornillos)	3,43	72,92	2,2	-4,64	73,24	2,1	-4,59
ET (Entrada Torre)	11,22	67,01	1,65	-3,51	70,67	7,91	-3,83
ST (Salida Torre)	3,1	74,53	2,11	-4,12	74,29	2,18	-4,29

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Tabla 5-2 Datos de blancuras del 15.01.2015

15.01.2015		Blancuras			Blancuras		
	Consistencias	M1	a*	b*	M2	a*	b*
T2 (Tanque 2)	3,04	68,83	2,3	-4,72	67,85	2,15	-4,35
EC (Entrada Celda)	1,46	69,94	2,26	-4,63	66,56	2,08	-3,78
SC (Salida Celda)	1,18	73,02	2,33	-5,09	71,05	2,12	-4,18
TR (Tornillos)	2,76	73,81	2,34	-4,94	73,16	2,09	-4,42
ET (Entrada Torre)	8,6	75,05	2,1	-4,25	72,82	2,25	-4,14
ST (Salida Torre)	3,34	73,65	2,22	-3,56	74,52	2,35	-4,48

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Tabla 6-2 Datos de blancuras del 16.01.2015

16.01.2015		Blancuras			Blancuras		
	Consistencias	M1	a*	b*	M2	a*	b*
T2 (Tanque 2)	3,31	69,93	2,35	-4,7	66,58	2,28	-4,22
EC (Entrada Celda)	1,78	69,66	2,28	-4,08	68,74	2,24	-4,46
SC (Salida Celda)	1,55	73,12	2,32	-4,68	73,31	2,28	-5,32
TR (Tornillos)	4,2	72,42	2,19	-4,93	72,59	2,21	-3,82
ET (Entrada Torre)	10,53	76,35	2,46	-4,74	74,52	2,21	-5,17
ST (Salida Torre)	2,99	74,9	2,33	-4,68	75,1	2,3	-5,14

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Tabla 7-2 Datos de blancuras del 19.01.2015

19.01.2015		Blancuras			Blancuras		
	Consistencias	M1	a*	b*	M2	a*	b*
T2 (Tanque 2)	2,9	61,05	1,8	-2,41	66,35	2,18	-3,22
EC (Entrada Celda)	1,59	63,39	1,58	-1,68	67,22	1,87	-3,03
SC (Salida Celda)	1,58	65,9	1,66	-1,77	72,45	2,14	-3,62
TR (Tornillos)	3,94	66,39	1,71	-0,66	70,04	1,92	-2,06
ET (Entrada Torre)	9,67	70,02	1,56	-1,32	75,09	2,01	-3,22
ST (Salida Torre)	4	72,39	2,11	-3,75	72,8	2,23	-2,75

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Tabla 8-2 Datos de blancuras del 20.01.2015

20.01.2015		Blancuras			Blancuras		
	Consistencias	M1	a*	b*	M2	a*	b*
T2 (Tanque 2)	3,34	63,36	1,86	-2,56	66,18	2,24	-3,31
EC (Entrada Celda)	1,59	63,52	1,61	-1,8	67,12	1,92	-3,07
SC (Salida Celda)	1,39	66,01	1,71	-1,78	71,51	2,12	-3,32
TR (Tornillos)	4,026	70,23	1,96	-2,11	66,42	1,74	-0,78
ET (Entrada Torre)	10,69	75,25	2,02	-3,29	70,03	1,58	-1,34
ST (Salida Torre)	6,96	72,49	2,14	-3,88	72,66	2,26	-2,78

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Tabla 9-2 Datos de blancuras del 21.01.2015

21.01.2015		Blancuras			Blancuras		
	Consistencias	M1	a*	b*	M2	a*	b*
T2 (Tanque 2)	4,59	66,47	2,14	-3,4	67,02	2,06	-4,42
EC (Entrada Celda)	1,4	66,59	2,04	-4,1	66,34	2,1	-3,92
SC (Salida Celda)	1,38	69,37	2,08	-4,3	68,94	2,26	-4,19
TR (Tornillos)	3,64	70,21	2,15	-3,78	70,93	2,28	-4,9
ET (Entrada Torre)	13,15	71,94	2,13	-3,67	70,2	2,35	-3,83
ST (Salida Torre)	3,32	74,04	2,43	-4,47	72,46	2,33	-3,4

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Tabla 10-2 Datos de blancuras del 22.01.2015

22.01.2015		Blancuras			Blancuras		
	Consistencias	M1	a*	b*	M2	a*	b*
T2 (Tanque 2)	3,28	67,52	2,38	-4,76	66,11	1,88	-2,61
EC (Entrada Celda)	1,56	66,82	2,21	-4,27	66,68	2,09	-3,58
SC (Salida Celda)	1,36	70,45	2,31	-4,55	69,51	2,27	-3,69
TR (Tornillos)	3,18	71,48	2,31	-4,15	71,57	2,23	-4,15
ET (Entrada Torre)	11,53	73,36	2,28	-4,43	73,22	2,19	-3,7
ST (Salida Torre)	2,67	73,99	2,31	-4,34	73,54	2,37	-3,38

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Tabla 11-2 Datos de blancuras del 23.01.2015

23.01.2015		Blancuras			Blancuras		
	Consistencias	M1	a*	b*	M2	a*	b*
T2 (Tanque 2)	3,125	69,43	1,94	-3,94	65,98	1,92	-3,34
EC (Entrada Celda)	2,09	69,93	1,79	-3,07	66,68	1,76	-3,14
SC (Salida Celda)	1,53	69,83	1,87	-3,35	68,26	1,64	-3,32
TR (Tornillos)	3,54	68,96	2	-2,38	72,62	1,89	-3,24
ET (Entrada Torre)	13,9	73,6	1,92	-3,63	73,11	1,81	-2,86
ST (Salida Torre)	4,34	74,72	2,09	-3,4	74,34	1,9	-3,07

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

2.4.2.1. Gráficas de la tendencia de blancuras con coordenadas a* Y b*

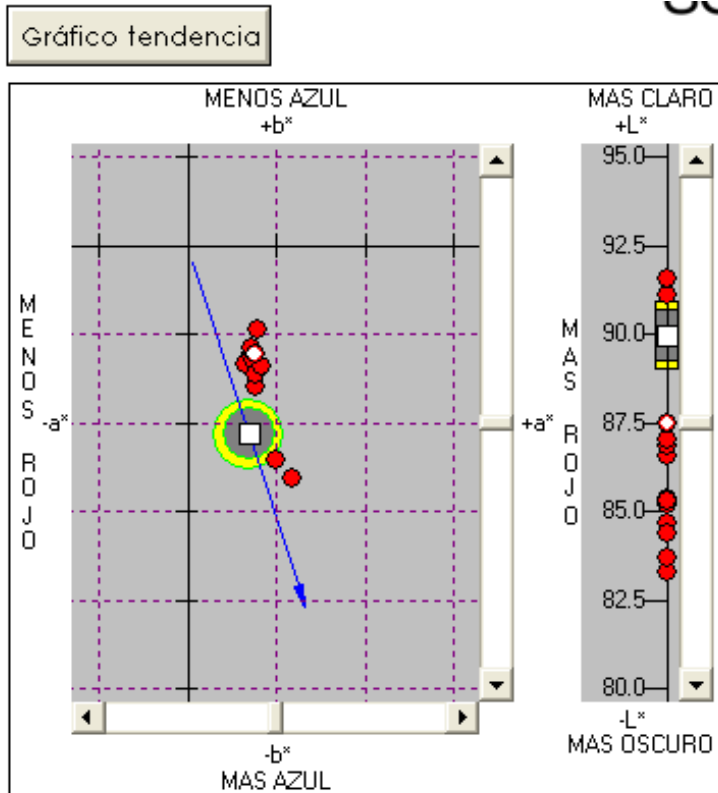


Figura. 1-2 Tendencia de Blancura
Fuente: FAMILIA SANCELA S.A

Tabla 12-2 Promedios de blancuras en las hojas de mano

	Promedio Blancura ISO	Promedio a*	Promedio b*
T2 (Tanque 2)	66,56	2,08	-3,60
EC (Entrada Celda)	67,00	1,99	-3,47
SC (Salida Celda)	70,03	2,09	-3,75
TR (Tornillos)	71,06	2,08	-3,47
ET (Entrada Torre)	72,64	2,40	-3,56
ST (Salida Torre)	73,78	2,23	-3,84

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

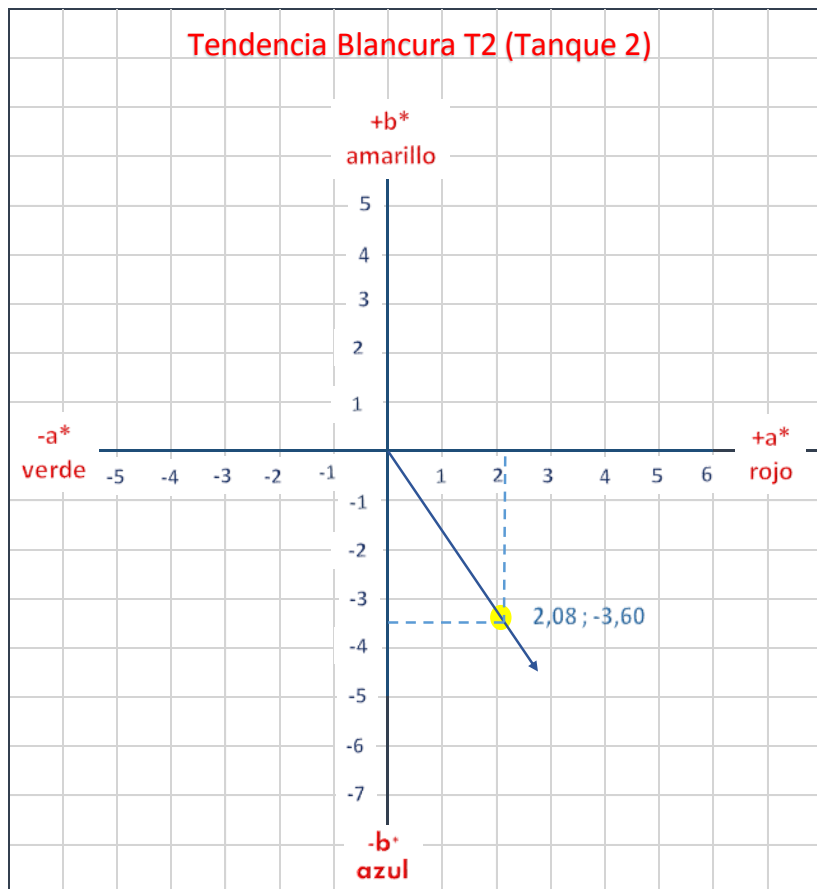


Gráfico 1-2 Tendencia Blancura T2.
Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

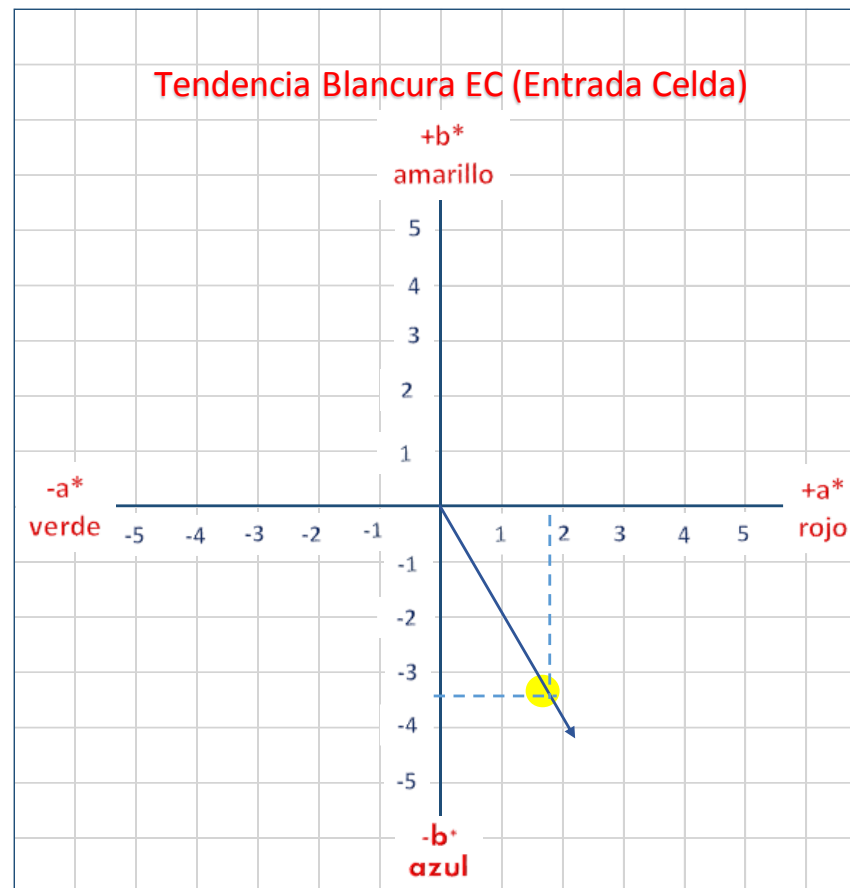


Gráfico. 2-2 Tendencia Blancura EC.
Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

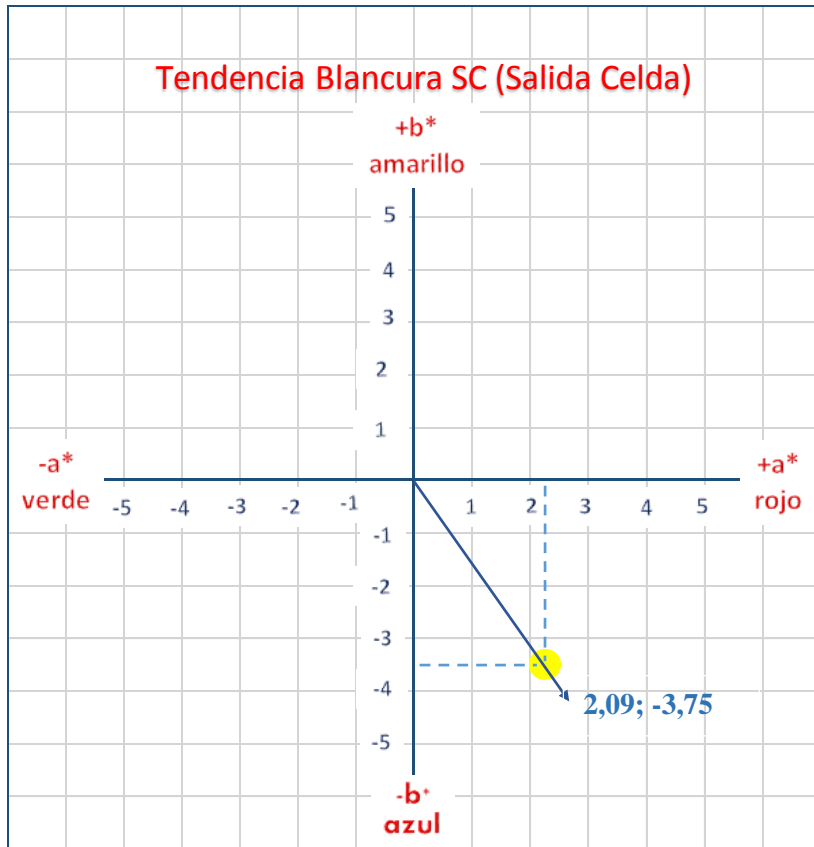


Gráfico. 3-2 Tendencia Blancura SC.
Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

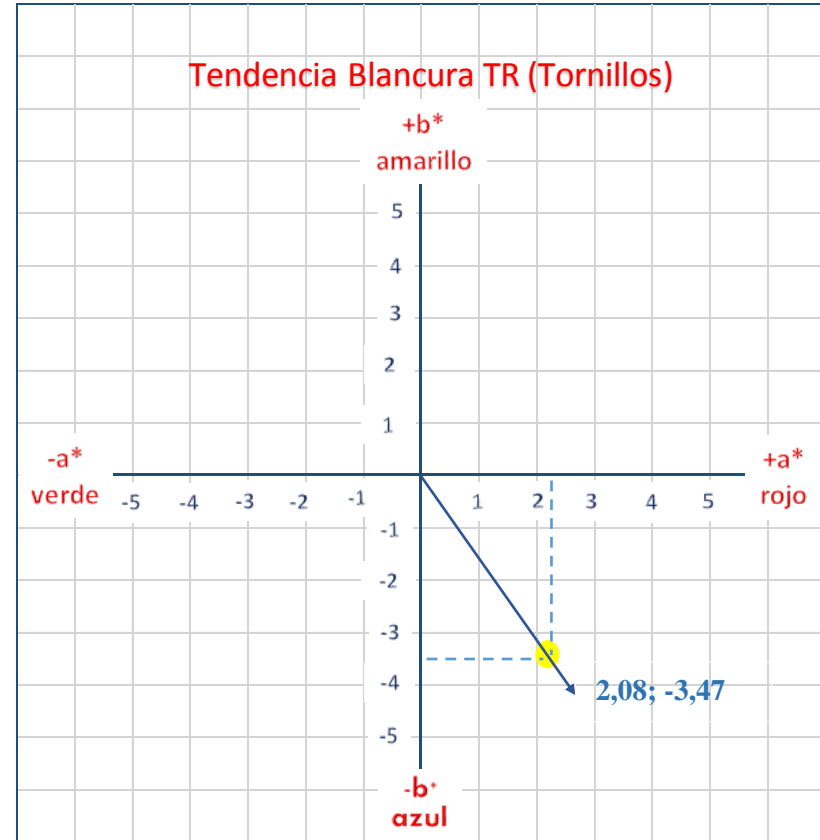


Gráfico. 4-2 Tendencia Blancura TR.
Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

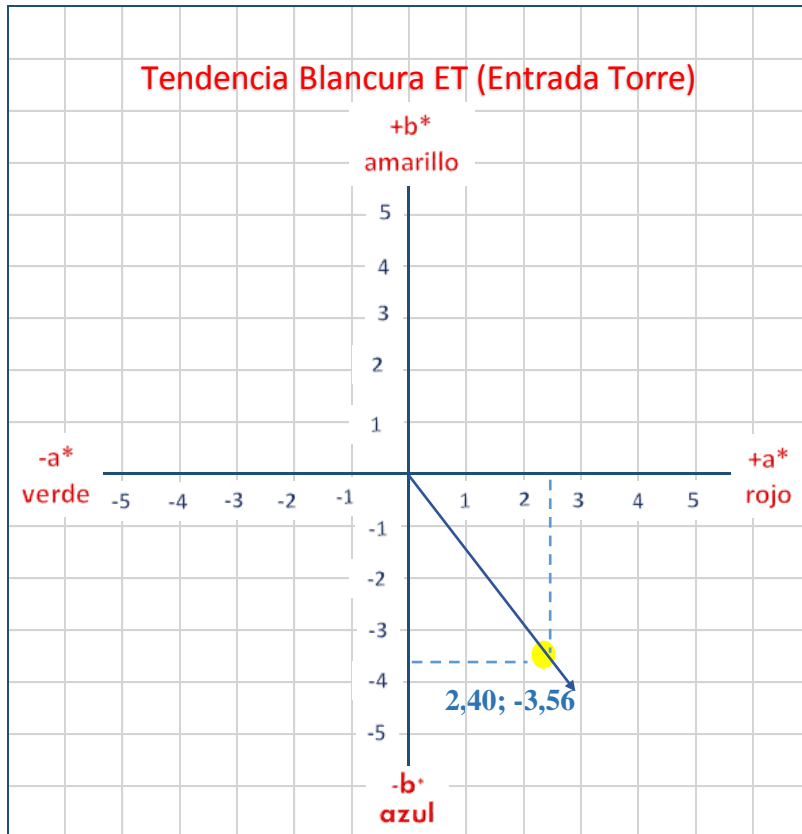


Gráfico. 5-2 Tendencia Blancura ET.
Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

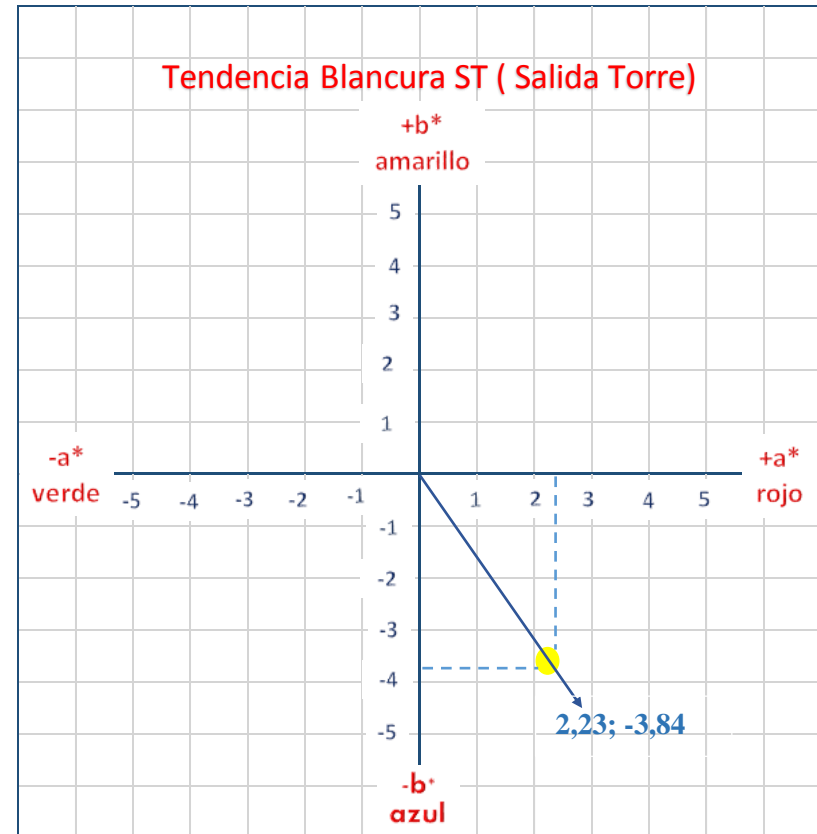


Gráfico. 6-2 Tendencia Blancura ST.
Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

2.5. Datos adicionales

2.5.1. Datos de blancuras en producto terminado de papel tissue de la referencia 5019758

Tabla 13-2 Datos de Blancura tomados para la referencia 5019758 en producto terminado durante los días de realización de los ensayos.

SEGUNDA CATORCENA DE ENERO										
13/01/2015	14/01/2015	15/01/2015	16/01/2015	17/01/2015	18/01/2015	19/01/2015	20/01/2015	21/01/2015	22/01/2015	23/01/2015
86,5	86,89	87,6	85,39	86,53	88,29	86,26	86,38	81,81	87,71	87,26
85,84	84,85	86,76	84,15	86,17	87,27	86,15	87,27	85,68	84,9	86,14
85,22	86,58	86,34	83,32	86	89,11	84,87	88,15	86,19	85	86,39
87,16	86,4	85,23	85,63	85,49	87,4	85,02	87,17	86,31	86,7	87,29
85,86	86,5	85,74	86,2	86,49	87,34	84,15	85,82	86,14	85,85	86,94
85,63	86,79	84,79	86,68	87,35	86,64	84,49	84,82	84,78	84,72	86,28
85,48	86,01	85,32	87,37	86,61	88	85,11	84,06	83,4	85,41	85,06
86,32	86,74	88,29	88,09	85,68	87,46	84,98	83,92	87,2	84,84	84,23
85,6	85,44	87,76	87,86	86,78	86,51	85,17	85,14	87,32	87,07	84,19
85,31	85,99	86,12	87,26	86,9	87,34	85,16	85,11	85,18	84,1	84,97
84,79	85,34	85,17	85,79	85,95	87,61	85,87	83,88	85,43	84,58	85,24
85,78	86,39	85,38	87	87,27	88,14	86,87	88,86	85,66	83,14	84,88
87,15	86,81	84,95	87,43	88,66	88,22	87,87	88,15	84,4	84,26	85,08
87,16	87,01	84,97	86,52	86,16	85,81	86,6	88,7	84,98	87,24	87,02
86,65	87,05	85,04	86	84,28	85,95	85,34	88,36	87,11	85,34	85,91
84,27	87,44	85,2	84,57	86,08	86,28	84,86	87,3	86,57	86,23	85,91
85,17	88,54	85,57	86	85,95	86,48	85,5	86,94	87,87	86,59	86,41

84,7	88,71	85,22	84,1	86,64	87,53	86,28	87,65	87,7	85,64	85,88
86,27	89,02	85,01	85,86	87,04	86,04	86,81	87,63	89,15	86,01	83,44
84,77	87,95		86,6	86,8	85,9	86,39	89,11	87,16	85,97	84,83
85,13	85,09		86,6	86,82	85,02	87,67	89,28	86,51	86,52	84,48
85,96	85,35		86,16	85,03	84,59	88,81	90,21	85,53	86,9	86,46
87,56	84,47		85,61	83,93	84,86	89,2	91,4	85,61	85,8	84,06
89,87	84,71		86,16	83,49	83,14	89,13	88,03	86,7	86,98	85,03
	84,84			85,12	83,83	89,75	84,66	86,23	87,21	86,74
	85,38			89,13	85,1	88,38	84,02	87,01	86,7	
	85,74				86,83	87,62	84,19		86,42	
	86,24				89,01		84,73		86,49	
	85,97				89,2		86,05		86,29	
	84,41						87,13			
	84,46						85,86			
	84,86									

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

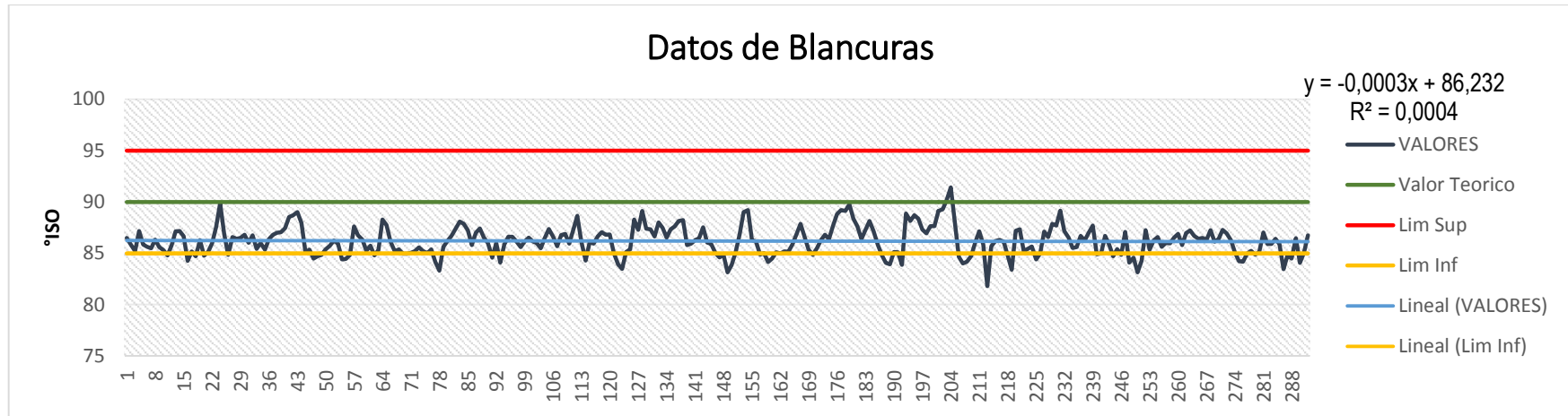


Gráfico. 3-2 Gráfica de blancuras en producto terminado de papel tissue de la referencia 5019758.

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Promedio	86,18
Valor Max	91,40
Valor Min	81,81
Desviación	574,04

2.5.2. Datos de PPM en producto terminado de papel tissue de la referencia 5019758

Tabla 14-2 Datos de ppm tomados para la referencia 5019758 en producto terminado durante los días de realización de los ensayos.

SEGUNDA CATORCENA DE ENERO										
13/01/2015	14/01/2015	15/01/2015	16/01/2015	17/01/2015	19/01/2015	20/01/2015	21/01/2015	22/01/2015	23/01/2015	24/01/2015
170,00	190,00	95,00	134,00	200,00	65,00	150,00	115,00	105,00	190,00	65,00
125,00	160,00	105,00	150,00	95,00	85,00	100,00	60,00	95,00	140,00	75,00
120,00	125,00	160,00	140,00	105,00	110,00	120,00	100,00	160,00	85,00	110,00
110,00	120,00	110,00	120,00	100,00	80,00	130,00	140,00	150,00	138,00	180,00
130,00	140,00	120,00	115,00	110,00	111,00	140,00	100,00	135,00	118,00	150,00
135,00	140,00	145,00	130,00	90,00	94,00	140,00	85,00	100,00	100,00	220,00
90,00	135,00	115,00	135,00	110,00	80,00	115,00	90,00	55,00		150,00
130,00	135,00	150,00	105,00	115,00	85,00	100,00	105,00	170,00		220,00
150,00	85,00		180,00	80,00	80,00	100,00	140,00	90,00		150,00
115,00	105,00		140,00	86,00	95,00	80,00	130,00	70,00		
130,00			125,00	128,00	90,00	115,00		150,00		
132,00			140,00	125,00	80,00			110,00		
107,00			145,00		118,00			135,00		
			120,00		78,00					
			135,00		75,00					
			130,00		100,00					
					80,00					
					80,00					

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

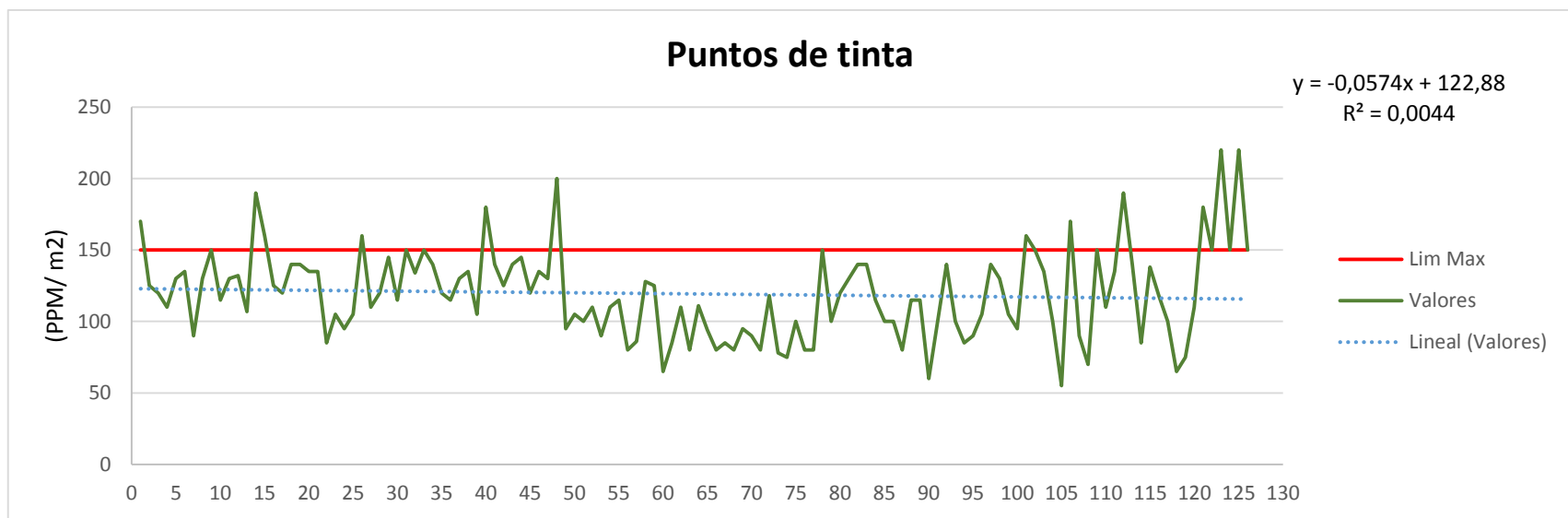


Gráfico. 4-2 Gráfica de Datos de PPM en producto terminado de papel tissue para la referencia 5019758

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Promedio	119,24
Valor Max	220,00
Valor Min	55,00
Desviación	125608,86

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Análisis de los proceso de dispersión y blanqueo oxidativo.

3.1.1. Análisis del proceso de dispersión.

Una vez acabado la etapa de caracterización, con los datos obtenidos de todas las variables se determinó cuáles son las variables críticas para los procesos de dispersión y blanqueo oxidativo y los rangos en que operan estas variables.

Tabla 1-3 Variables críticas para el proceso de dispersión

Dispersión	Rangos	Unidades
Consistencia	25-35	%
Temperatura	70-80	°C

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Se analizaron los datos tomados en la máquina, Tabla 3-2, se tiene que las consistencias en el Kneader están en un promedio de 24,99% el estándar es de (25-35) %, por lo que el Tornillo Prensa no está eliminando la cantidad de agua necesaria, así que se cierran los dientes del cono de compresión para alcanzar la consistencia requerida.

La temperatura está en un promedio de 70,74 °C el estándar es de 70-80 °C, no se puede incrementar la temperatura ya que se utiliza vapor recuperado del termocompresor.

3.2. Análisis del proceso de blanqueo oxidativo.

Tabla 2-3 Variables críticas para el proceso de blanqueo oxidativo.

Blanqueo Oxidativo	Rangos	Unidades
Temperatura	50-70	°C
Consistencia	12-15	%
Parámetro de Alcalinidad	0,2-0,6	-
Tiempo	30-60	min

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Analizando los datos tomados en la máquina Tabla 3-2, se tiene; una consistencia promedio de 11,82%, el estándar a la entrada de la torre de blanqueo es de (12-15) % según la Tabla 2-2, esto nos indica que el flujo de agua del tanque de dilución esta elevado, así que se baja el “set point” del flujo de agua de la salida de la torre de calentamiento de 15 m³/h a 9.6 m³/h,

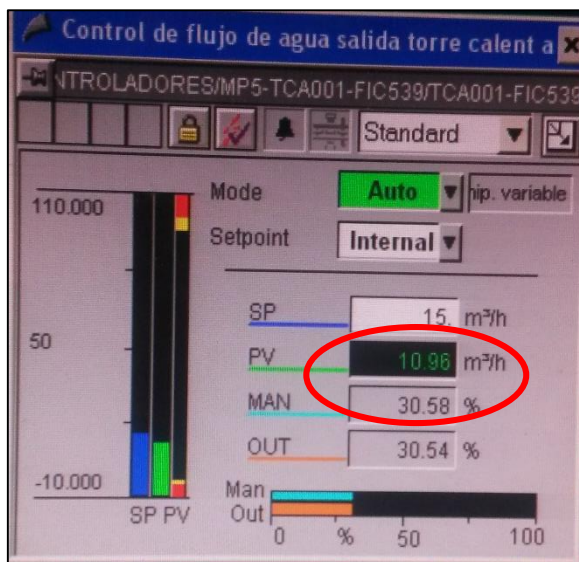


Figura 1-3 Flujo de agua de la salida de la torre (antes).

Fuente: Familia Sancela S.A

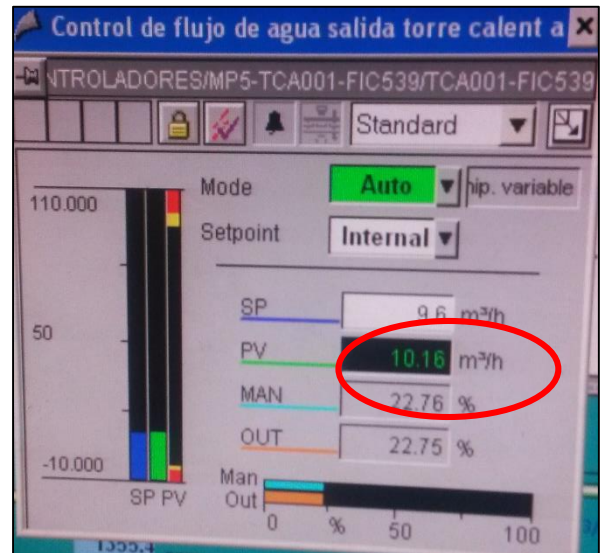


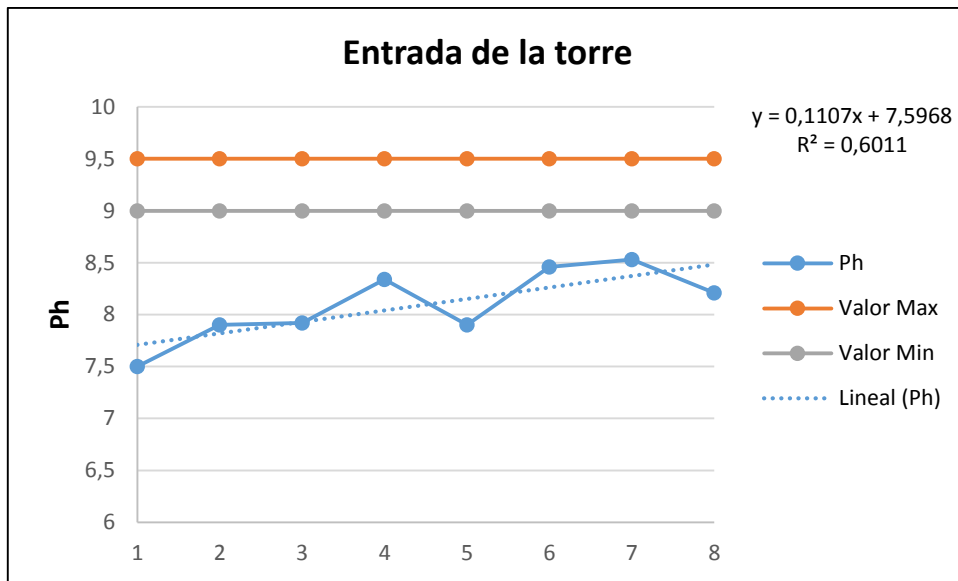
Figura 2-3 Flujo de agua de la salida de la torre (después).

Fuente: Familia Sancela S.A

La temperatura promedio es de 50,39°C según la Tabla 3-2, pero se implementó una torre de calentamiento que suministra la temperatura a la torre de Blanqueo por lo que la temperatura se puede incrementar hasta los 70 °C.

Los pH tomados a la entrada de la torre de Blanqueo tienen un promedio de 8,10 en la Tabla 3-2, el estándar es de (9,5 - 9,0); se necesita incrementar el pH (Graf 1-3), y esto se lograría subiendo la dosificación de sosa basándose, en un parámetro de alcalinidad que según investigaciones realizadas para Blanqueo Oxidativo de pastas de papel reciclado la dosificación de sosa y

peróxido deben estar entre (0,6- 0,9), esto quiere decir que los Kg de químico/ tn de papel de sosa dividido para los Kg de químico/ tn de papel de peróxido debe estar entre los valores mencionados.



Gráfica 1-3 Gráficas de pH a la entrada de la torre de Blanqueo
Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

También se requiere aumentar el tiempo de reacción entre la pasta y los químicos, aproximadamente el tiempo que reacciona en la de Blanqueo es de 30-40 min se tiene que aumentar el tiempo pero al subir la consistencia hay más fibra que reaccione con los químicos.

3.3. Diseño experimental para minimizar la variabilidad de blancura.

Una vez establecidas los parámetros de las variables críticas del proceso de Blanqueo Oxidativo se va a realizar ensayos en el laboratorio, siguiendo un modelo de diseño experimental factorial 2^k .

Para obtener las diferencias significativas entre varios tratamientos o factores que afectan el resultado de una variable, estas variables o factores van hacer cualquier variable de interés que queramos estudiar que tenga un posible efecto sobre una variable de respuesta.

Un diseño experimental es una prueba o serie de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causa de los cambios en la respuesta de salida.

Para esto se va a realizar el diseño experimental en un software llamado Statgraphics- Centurión XVI Versión 16.1.15, que contiene un conjunto de procedimientos que soportan el análisis de muchos tipos de experimentos.

Estos procedimientos habilitan el análisis para construir un conjunto de corridas experimentales que pueden calcular la cantidad de rendimiento máximo de información acerca de un proceso con el número de mínimo de corridas.

Se va a realizar dos diseños experimentales uno con los parámetros que se obtuvo durante la caracterización y otro con los parámetros que se establecieron mediante investigaciones en Blanqueo para pastas de papel reciclado y para así obtener cuales son los parámetros más óptimos con los que se obtiene una mejor blancura.

3.3.1. *Diseño experimental con los parámetros obtenidos durante la caracterización.*

Tabla 3-3 Cuadro de parámetros obtenidos en la caracterización.

VARIABLES PARA DISEÑO EXPERIMENTAL		
Factores	Parámetro	Unidades
Temperatura	50-70	°C
Parámetro de Alcalinidad	0,2-0,4	-
Consistencia	12-15	%
Tiempo de residencia	30-60	min
Respuesta		
Blancura ISO		°ISO

Elaborado por: Vanessa Figueroa, Junio 2015

Para el diseño en Statgraphics se ha creado un diseño Factorial 2^4 el cual estudiará los efectos de 4 factores experimentales (temperatura, parámetro de alcalinidad, consistencia, tiempo de residencia) en 16 corridas y una respuesta (blancura). El diseño deberá ser ejecutado en un solo bloque. El orden de los experimentos no ha sido aleatorizado

Tabla 4-3 Diseño experimental obtenido en Statgraphics

N° de Corridas	Temperatura	Parámetro	Consistencia	Tiempo
1	50	0,2	12	30
2	70	0,2	12	30
3	50	0,4	12	30
4	70	0,4	12	30
5	50	0,2	15	30
6	70	0,2	15	30
7	50	0,4	15	30
8	70	0,4	15	30
9	50	0,2	12	60

10	70	0,2	12	60
11	50	0,4	12	60
12	70	0,4	12	60
13	50	0,2	15	60
14	70	0,2	15	60
15	50	0,4	15	60
16	70	0,4	15	60

Elaborado por: Vanessa Figueroa, Junio 2015

3.3.2. *Diseño experimental con los parámetros obtenidos en la investigación bibliográfica.*

Tabla 5-3 Cuadro de parámetros obtenidos en la investigación bibliográfica.

VARIABLES PARA DISEÑO EXPERIMENTAL		
Factores	Parámetro	Unidades
Temperatura	70-90	°C
Parámetro de Alcalinidad	0,4-0,6	-
Consistencia	12-15	%
Tiempo de residencia	60-90	min
Respuesta		
Blancura ISO		°ISO

Elaborado por: Vanessa Figueroa, Junio 2015

Para el diseño en Statgraphics se ha creado un diseño Factorial 2^4 el cual estudiará los efectos de 4 factores experimentales (temperatura, parámetro de alcalinidad, consistencia, tiempo de residencia) en 16 corridas y una respuesta (blancura). El diseño deberá ser ejecutado en un solo bloque. El orden de los experimentos no ha sido aleatorizado.

Tabla 6-3 Diseño experimental obtenido en Statgraphics

Nº de Corridas	Temperatura	Parámetro	Consistencia	Tiempo
1	70	0,4	12	60
2	90	0,4	12	60
3	70	0,6	12	60
4	90	0,6	12	60
5	70	0,4	15	60
6	90	0,4	15	60
7	70	0,6	15	60
8	90	0,6	15	60

9	70	0,4	12	90
10	90	0,4	12	90
11	70	0,6	12	90
12	90	0,6	12	90
13	70	0,4	15	90
14	90	0,4	15	90
15	70	0,6	15	90
16	90	0,6	15	90

Elaborado por: Vanessa Figueroa, Junio 2015

3.4. Cálculos

3.4.1. Cálculo de flujos volumétricos

Los flujos volumétricos se calculan con los flujos másicos y la consistencia.

$$3,0 \frac{tn}{h} \times \frac{100m^3}{35 tn} = 8,57 \frac{m^3}{h} \text{ Flujo Volumétrico de la pasta del Kneader}$$

$$3,0 \frac{tn}{h} \times \frac{100m^3}{12,6 tn} = 23,57 \frac{m^3}{h} \text{ Flujo Volumétrico a la entrada de la Torre}$$

3.4.2. Cálculo del flujo de agua a la salida de la torre de calentamiento

El flujo de agua a la salida de la torre de calentamiento es la diferencia de Flujo Volumétrico a la entrada de la Torre menos Flujo Volumétrico de la pasta del Kneader.

$$23,57 \frac{m^3}{h} - 8,57 \frac{m^3}{h} = 15 \frac{m^3}{h}$$

3.4.3. Cálculo de la cantidad de fibra presente en la torre de blanqueo oxidativo.

Tabla 7-3 Datos del flujo de salida de la torre de calentamiento (antes)

	PASTA DEL KNEADER	FLUJO DE AGUA A LA SALIDA DE LA TORRE DE CALENTAMIENTO	PASTA A LA ENTRADA DE LA TORRE
Flujo Volumétrico (m ³ /h)	8,57	15	23,57
Consistencia (%)	35	0,001	12,6
Flujo másico (tn/h)	3,0	0,0001	3,0

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

3.4.3.1. Cálculo del volumen de la torre de blanqueo oxidativo

La capacidad de la torre de blanqueo oxidativo es de 20m^3 , se hace relación con el promedio del nivel de la Torre de Blanqueo Oxidativo de la Tabla 3-2.

$$\frac{55,92\% \times 20\text{ m}^3}{100\%} = 11,184\text{ m}^3$$

Una vez obtenido el volumen se multiplica por la consistencia Tabla 7-3.

$$11,184\text{ m}^3 \times \frac{12,6\text{ tn}}{100\text{ m}^3} = 1,409\text{ tn de fibra en la Torre.}$$

3.4.4. Cálculo del parámetro de alcalinidad.

El valor teórico para el parámetro de alcalinidad según ensayos realizados en Blanqueo de pulpas mecánicas con peróxido de hidrógeno es de (0,6-0,9).

(Ecuación 1). Parámetro de Alcalinidad

$$(0,6 - 0,9) = \frac{\frac{\text{Kg NaOH}}{\text{tn de papel}}}{\frac{\text{Kg H}_2\text{O}_2}{\text{tn de papel}}}$$

Esto nos quiere decir que para 0,6 de parámetro de alcalinidad se tendrá:

$$1\text{ Kg H}_2\text{O}_2 = 1,667\text{ Kg NaOH} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$1\text{ Kg NaOH} = 0,6\text{ Kg H}_2\text{O}_2 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Y así con los demás valores de (0,7; 0,8; 0,9).

La dosificación según la carta de dosificación de químicos para la referencia 5019758 es:

Tabla 8-3 Dosificaciones y densidades de químicos para la referencia 5019758

	Sosa Caustica al 50%		Peróxido de Hidrógeno al 50 %		Estabilizador de peróxido	
Dosificación	4,5 Kg/tn	99ml/min	21 Kg/tn	566 ml/min	0,55 Kg/tn	15ml
Densidad	1,517 Kg/m ³	1,517 g/cm ³	1,2 Kg/m ³	1,2 g/cm ³	1,22 Kg/m ³	1,22 g/cm ³

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Actualmente se dosifica:

Tabla 9-3 Dosificación actual

Dosificación Actual		
Químico	Flujo	Unidades
Peróxido	640	ml/min
Sosa	110	ml/min
Estabilizador	15	ml/min

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Tabla 10-3 Toneladas de papel producido para la referencia 5019758

Toneladas de papel producido		Unidades
Valor Teórico	50,5	kg/día
Valor Real	51,463	kg/día
5019758	47,126	kg/día

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

3.4.4.1. *Cálculo del parámetro de alcalinidad con la dosificación actual en la empresa.*

➤ **Calculo de los Kg de NaOH / tn de papel.**

Se transforma el flujo de dosificación actual de sosa, Tabla 9-3 y posteriormente a Kg NaOH / tn utilizando el valor teórico de papel producido de la Tabla 10-3

$$110 \frac{ml}{min} \times 1,517 \frac{g}{ml} \times \frac{1 Kg}{1000g} \times \frac{1440 min}{1 dia} \times \frac{1 dia}{50,5 tn de papel} = 4,758 \frac{Kg NaOH}{tn de papel}$$

➤ **Calculo de los Kg de H₂O₂ / tn de papel.**

Se transforma el flujo de dosificación actual de peróxido, Tabla 9-3 y posteriormente a Kg H₂O₂ / tn utilizando el valor teórico de papel producido de la Tabla 10-3.

$$640 \frac{ml}{min} \times 1,2 \frac{g}{ml} \times \frac{1 Kg}{1000g} \times \frac{1440 min}{1 dia} \times \frac{1 dia}{50,5 tn de papel} = 21,899 \frac{Kg H_2O_2}{tn de papel}$$

Una vez obtenidos los Kg NaOH / tn y los Kg H₂O₂ / tn hago una división para obtener con que parámetro de alcalinidad se está trabajando.

$$\frac{4,758 \frac{Kg NaOH}{tn de papel}}{21,899 \frac{Kg H_2O_2}{tn de papel}} = 0,2$$

3.4.4.2. Cálculo para la obtención del parámetro de alcalinidad a los diferentes estándares.

Actualmente se está trabajando con un parámetro de alcalinidad de 0,2; razón por la cual se quiere probar aumentando el flujo de sosa a los diferentes valores de los parámetros, manteniendo el flujo de peróxido, ya que es el causante del blanqueo en la fibra. Basándonos en la **(Ecuación 3)**

$$1 \text{ Kg NaOH} = 0,6 \text{ Kg H}_2\text{O}_2 \quad \text{Para 0,6 de parámetro}$$

Y así con los demás valores, pero calculamos desde 0,2 hasta 0,9 para establecer con qué relación es la más óptima.

Con el parámetro de 0,2 nos indica que:

$$1 \text{ Kg NaOH} = 0,2 \text{ Kg H}_2\text{O}_2 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Como ya obtuvimos los Kg H₂O₂/ tn de la dosificación actual, solo se multiplica por 0,2 o 0,3,...0,9 y se obtiene los valores de Kg NaOH / tn.

$$21,899 \frac{\text{Kg H}_2\text{O}_2}{\text{tn}} \times 0,2 = 4,380 \frac{\text{Kg NaOH}}{\text{tn}}$$

Tabla 11-3 Valores de dosificación de químicos en Kg/tn

PARAMETRO DE ALCALINIDAD								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Kg NaOH/tn	4,380	6,570	8,760	10,950	13,140	15,330	17,520	19,709
Kg H ₂ O ₂ / tn	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Transformando a los Kg H₂O₂/ tn a g H₂O₂/min se tiene:

$$21,899 \frac{\text{Kg H}_2\text{O}_2}{\text{tn}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{50,5 \text{ tn}}{1 \text{ dia}} \times \frac{1 \text{ dia}}{1440 \text{ min}} = 768 \frac{\text{g H}_2\text{O}_2}{\text{min}}$$

Para obtener los g NaOH / min se multiplica el valor de los g NaOH / min por el valor del parámetro de alcalinidad (0,2; 0,3... 0,9).

$$768 \frac{\text{g H}_2\text{O}_2}{\text{min}} \times 0,2 = 153,6 \frac{\text{g NaOH}}{\text{min}}$$

Tabla 12-3 Valores de dosificación de químicos en g/min

PARAMETRO DE ALCALINIDAD								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
g NaOH/min	153,600	230,400	307,200	384,000	460,800	537,600	614,400	691,200
g H ₂ O ₂ / min	768,000	768,000	768,000	768,000	768,000	768,000	768,000	768,000

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Una vez obtenidos los valores de los flujos de sosa y peróxido se fija como estándar de trabajo un parámetro de (0,2-0,6).

El primer diseño de experimentos el factor del parámetro de alcalinidad se estableció los rangos de 0,2 y 0,4; el segundo diseño de experimentos el factor de parámetro de alcalinidad se estableció el rango de 0,4 y 0,6 ya que con los valores de 0,7; 0,8; 0,9 obtendríamos un pH muy alto. Como se observa en la tabla N° 11 y N° 12 del Capítulo III los rangos de los factores para el diseño experimental, ocasionando amarillamiento en la fibra y descomposición del peróxido de hidrógeno.

3.4.5. Cálculos de los diseños experimentales.

Para la realización de los diseños experimentales la muestra se tomó del tornillo prensa, antes de la dosificación de químicos.

Las muestras se van a preparar para un volumen de 300 ml. Se deben registrar datos de: blancura en las hojas de mano, peróxido residual, pH en la pasta con los químicos que simularía al pH de la entrada de la torre de blanqueo; y después de sacarla del baño maría que fue el medio que se utilizó para calentar las muestras, esto simularía el pH de salida de la torre.

3.4.5.1. Diseño experimental con los parámetros obtenidos durante la caracterización.

- **Cálculo para la corrida N°1 del primer diseño experimental.**

Tabla 13-3 Parámetros para la corrida 1 del primer diseño experimental.

N° de Corridas	Temperatura °C	Parámetro	Consistencia %	Tiempo min
1	50	0,2	12	30

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

➤ Cálculo para la consistencia de inicial de la pasta

$$\% \text{ Cons Inicial} = \frac{\text{Peso muestra seca} - \text{Peso del papel filtro}}{\text{Peso inicial de la muestra}} \times 100 \quad (\text{Ecu} 5)$$

Donde:

Peso muestra seca: Peso de la muestra después del secado (g)

Peso del papel filtro: Peso del papel filtro vacío (g)

Peso inicial de la muestra: Peso de la muestra antes de filtrar (g)

Datos para las consistencias iniciales.

Tabla 14-3 Consistencia inicial de la pasta para la corrida 1 del primer diseño experimental.

Nº	P papel filtro	P muestra in	P muestra seca	% Consistencia
1	1,7	10,5	5,042	31,829
2	1,6	10,2	4,624	29,647
3	1,7	10,6	4,782	29,075
Promedio				30,184

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para la dilución de la consistencia inicial.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2 \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

C₁: Consistencia inicial de la pasta. (%)

V₁: Volumen inicial de la pasta. (ml)

C₂: Consistencia a la que se desea diluir la pasta. (%)

V₂: Volumen en el que se va a preparar la dilución. (ml)

$$C_1 = 30,184 \% \quad C_2 = 12\%$$

$$V_1 = ? \quad V_2 = 300 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{C_2 * V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{12 * 300 \text{ ml}}{30,184} = \mathbf{119,270 \text{ ml}}$$

$$P_1 = 119,270 \text{ ml} * \frac{1 \text{ g}}{\text{ml}} = \mathbf{119,270 \text{ g}}$$

Transformo a (g) con la densidad del agua

Los 119,270 g de fibra los diluyo en 180,0 ml de H₂O para completar el volumen de 300 ml.

Calculo para la comprobación de la consistencia inicial.

Tabla 15-3 Comprobación de la consistencia inicial de la pasta para la corrida 1 del primer diseño de experimentos.

N°	P papel filtro	P muestra in	P muestra seca	% Consistencia
1	1,7	10,1	2,864	11,525
2	1,6	10	2,814	12,140
3	1,6	10,1	2,862	12,495
Promedio				12,053

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para las dosificaciones a 0,2 de parámetro de alcalinidad.

Cálculo para las toneladas producidas por minuto utilizando el valor teórico de toneladas producidas por día. Tabla 10-3.

$$\frac{50,5 \text{ tn de papel}}{\text{día}} * \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ tn de papel}} * \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min}} = 35,069 \frac{\text{Kg}}{\text{min}} \text{ pasta de papel}$$

Cálculo para la dosificación de NaOH

Se calcula con los g NaOH / min según la Tabla 12-3, con los g de pasta requeridos para los 300 ml. Los g NaOH / min se transforma a ml NaOH / min con la densidad según la Tabla 8.3.

$$153,6 \frac{\text{g NaOH}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ ml}}{1,517 \text{ g NaOH}} = 101 \text{ ml NaOH/min}$$

$$\frac{101 \text{ ml NaOH}}{35.069 \text{ kg de pasta}} * 0,119279 \text{ Kg de pasta} = \mathbf{0,3 \text{ ml NaOH}}$$

Cálculo para la dosificación de H₂O₂

Se calcula con los g H₂O₂ / min según la Tabla 12-3, con los g de pasta requeridos para los 300 ml. Los g H₂O₂ / min se transforma a ml H₂O₂ / min con la densidad según la Tabla 8-3.

$$768 \frac{\text{g H}_2\text{O}_2}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ ml}}{1,2 \text{ g H}_2\text{O}_2} = 640 \frac{\text{ml H}_2\text{O}_2}{\text{min}}$$

$$\frac{640 \text{ ml H}_2\text{O}_2}{35,069 \text{ Kg de pasta}} * 0,119270 \text{ Kg de pasta} = \mathbf{2,1 \text{ ml H}_2\text{O}_2}$$

Cálculo para la dosificación de Estabilizador.

Se calcula con los ml de Estabilizador / min según la Tabla 9-3, con respecto a las toneladas de papel producidas por minuto y con los g de pasta requeridos para los 300 ml.

$$\frac{15 \text{ ml Estabilizador}}{35,069 \text{ Kg de pasta}} * 0,119270 \text{ Kg de pasta} = \mathbf{0,05 \text{ ml Estabilizador}}$$

Tabla 16-3 Dosificaciones para 0,2 de parámetro de alcalinidad.

Químico	Dosificación	Unidades
Estabilizador	0,05	ml
NaOH	0,3	ml
H ₂ O ₂	2,1	ml

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo de la consistencia Final.

Tabla 17-3 Consistencia final para la corrida 1 del primer diseño experimental

N°	P papel filtro	P muestra in	P muestra seca	% Consistencia
1	1,6	10	2,717	11,170
2	1,7	10,3	2,872	11,379
3	1,7	10,2	2,804	10,824
Promedio				11,124

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para la preparación de las hojas de mano.

Sin químico

Se calcula con la consistencia inicial de la pasta haciendo relación que está contenida en 100 ml, y para 2 gr que deben pesar las hojas para la medición de la blancura, así se obtiene el volumen de pasta que se necesita para preparar una hoja de 2g, asumiendo que la densidad es 1 g/ml se transforma a gramos, esa es la cantidad que se pesa para preparar la hoja.

$$\frac{2 \text{ g} \times 100 \text{ ml}}{30,184 \text{ g}} = \mathbf{6,626 \text{ ml}}$$

$$6,626 \text{ ml} * \frac{1 \text{ g}}{\text{ml}} = \mathbf{6,626 \text{ gr de pasta.}}$$

Después del blanqueo

Se calcula con la consistencia final de la pasta haciendo relación que está contenida en 100 ml, y para 2 gr que deben pesar las hojas para la medición de la blancura, así se obtiene el volumen de pasta que se necesita para preparar una hoja de 2g, asumiendo que la densidad es 1 g/ml se transforma a gramos, esa es la cantidad que se pesa para preparar la hoja.

$$\frac{2 \text{ g} \times 100 \text{ ml}}{11,124 \text{ g}} = \mathbf{17,979 \text{ ml}}$$

$$17,979 \text{ ml} * \frac{1 \text{ g}}{\text{ml}} = 17,979 \text{ gr de pasta.}$$

- **Cálculo para la corrida N°16 del primer diseño de experimentos.**

Tabla 18-3 Parámetros para la corrida 16 del primer diseño experimental.

N° de Corridas	Temperatura °C	Parámetro	Consistencia %	Tiempo min
16	70	0,4	15	60

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para la consistencia de inicial de la pasta

$$\% \text{ Cons Inicial} = \frac{\text{Peso muestra seca} - \text{Peso del papel filtro}}{\text{Peso inicial de la muestra}} \times 100 \quad (\text{Ecu} 5)$$

Donde:

Peso muestra seca: Peso de la muestra después del secado (g)

Peso del papel filtro: Peso del papel filtro vacío (g)

Peso inicial de la muestra: Peso de la muestra antes de filtrar (g)

Datos para las consistencias iniciales.

Tabla 19-3 Consistencia inicial de la pasta para la corrida 16 del primer diseño experimental

N°	P papel filtro	P muestra in	P muestra seca	% Consistencia
1	1,7	10,6	4,874	29,943
2	1,6	10,6	4,651	28,783
3	1,6	10,4	4,691	29,721
Promedio				29,483

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para la dilución de la consistencia inicial.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2 \quad (\text{Ecu} 6)$$

Donde:

C₁: Consistencia inicial de la pasta. (%)

V₁: Volumen inicial de la pasta. (ml)

C₂: Consistencia a la que se desea diluir la pasta. (%)

V₂: Volumen en el que se va a preparar la dilución. (ml)

$$C_1 = 29,483\% \quad C_2 = 15\%$$

$$V_1 = \text{¿} \quad V_2 = 300 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{C_2 * V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{15 * 300 \text{ ml}}{29,483} = 152,633 \text{ ml}$$

$$P_1 = 152,633 \text{ ml} * \frac{1 \text{ g}}{\text{ml}} = 152,633 \text{ g}$$

Transformo a (g) con la densidad del agua

Los 152,633 g de fibra los diluyo en 147,0 ml de H₂O para completar el volumen de 300 ml.

Cálculo para la comprobación de la consistencia inicial.

Tabla 20-3 Comprobación de la consistencia inicial de la pasta para la corrida 16 del primer diseño de experimentos.

Nº	P papel filtro	P muestra in	P muestra seca	% Consistencia
1	1,6	10,4	3,02	13,654
2	1,7	10,2	3,245	15,147
3	1,6	10,1	3,123	15,079
Promedio				14,627

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para las dosificaciones a 0,4 de parámetro de alcalinidad.

Cálculo para las toneladas producidas por minuto.

Cálculo para las toneladas producidas por minuto utilizando el valor teórico de toneladas producidas por día. Tabla 10-3.

$$\frac{50,5 \text{ tn de papel}}{\text{día}} * \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ tn de papel}} * \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min}} = 35,069 \frac{\text{Kg}}{\text{min}} \text{ pasta de papel}$$

Cálculo para la dosificación de NaOH

Se calcula con los g NaOH / min según la Tabla 12-3, con los g de pasta requeridos para los 300 ml. Los g NaOH / min se transforma a ml NaOH / min con la densidad según la Tabla 8.3.

$$307,2 \frac{\text{g NaOH}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ ml}}{1,517 \text{ g NaOH}} = 202 \text{ ml NaOH/min}$$

$$\frac{202 \text{ ml NaOH}}{35.069 \text{ kg de pasta}} * 0,152633 \text{ Kg de pasta} = \mathbf{0,9 \text{ ml NaOH}}$$

Cálculo para la dosificación de H₂O₂

Se calcula con los g H₂O₂ / min según la Tabla 12-3, con los g de pasta requeridos para los 300 ml. Los g H₂O₂ / min se transforma a ml H₂O₂ / min con la densidad según la Tabla 8-3.

$$768 \frac{\text{g H}_2\text{O}_2}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ ml}}{1,2 \text{ g H}_2\text{O}_2} = 640 \frac{\text{ml H}_2\text{O}_2}{\text{min}}$$

$$\frac{640 \text{ ml H}_2\text{O}_2}{35,069 \text{ Kg de pasta}} * 0,152633 \text{ Kg de pasta} = \mathbf{2,8 \text{ ml H}_2\text{O}_2}$$

Cálculo para la dosificación de Estabilizador.

Se calcula con los ml de Estabilizador / min según la Tabla 9-3, con respecto a las toneladas de papel producidas por minuto y con los g de pasta requeridos para los 300 ml.

$$\frac{15 \text{ Kg Estabilizador}}{35,069 \text{ Kg de pasta}} * 0,152633 \text{ Kg de pasta} = \mathbf{0,07 \text{ ml Estabilizador}}$$

Tabla 21-3 Dosificaciones para 0,4 de parámetro de alcalinidad.

Químico	Dosificación	Unidades
Estabilizador	0,07	ml
NaOH	0,9	ml
H ₂ O ₂	2,8	ml

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo de la consistencia Final.

Tabla 22-3 Consistencia final para la corrida 16 del primer diseño experimental

N°	P papel filtro	P muestra in	P muestra seca	% Consistencia
1	1,6	10,6	3,044	13,623
2	1,7	10,1	3,129	14,149
3	1,6	10,1	2,734	11,228
Promedio				13,000

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para la preparación de las hojas de mano.

Sin químico

Se calcula con la consistencia inicial de la pasta haciendo relación que está contenida en 100 ml, y para 2 gr que deben pesar las hojas para la medición de la blancura, así se obtiene el volumen de pasta que se necesita para preparar una hoja de 2g, asumiendo que la densidad es 1 g/ml se transforma a gramos, esa es la cantidad que se pesa para preparar la hoja.

$$\frac{2 \text{ g} \times 100 \text{ ml}}{29,483} = \mathbf{6,784 \text{ ml}}$$

$$6,784 \text{ ml} * \frac{1 \text{ g}}{\text{ml}} = 6,784 \text{ gr de pasta.}$$

Después del blanqueo

Se calcula con la consistencia final de la pasta haciendo relación que está contenida en 100 ml, y para 2 gr que deben pesar las hojas para la medición de la blancura, así se obtiene el volumen de pasta que se necesita para preparar una hoja de 2g, asumiendo que la densidad es 1 g/ml se transforma a gramos, esa es la cantidad que se pesa para preparar la hoja.

$$\frac{2 \text{ g} \times 100 \text{ ml}}{13,000} = 15,385 \text{ ml}$$

$$15,385 \text{ ml} * \frac{1 \text{ g}}{\text{ml}} = 15,385 \text{ gr de pasta.}$$

Se sigue el mismo procedimiento con las demás corridas del diseño experimental.

3.4.5.2. *Diseño experimental con los parámetros obtenidos durante la investigación bibliográfica de blanqueo para pulpas con papel reciclado.*

- **Cálculo para la corrida N°1 del segundo diseño de experimentos.**

Tabla 23-3 Parámetros para la corrida 1 del segundo diseño experimental.

N° de Corridas	Temperatura °C	Parámetro	Consistencia %	Tiempo min
1	70	0,4	12	60

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para la consistencia de inicial de la pasta

$$\% \text{ Cons Inicial} = \frac{\text{Peso muestra seca} - \text{Peso del papel filtro}}{\text{Peso inicial de la muestra}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

Peso muestra seca: Peso de la muestra después del secado (g)

Peso del papel filtro: Peso del papel filtro vacío (g)

Peso inicial de la muestra: Peso de la muestra antes de filtrar (g)

Datos para las consistencias iniciales.

Tabla 24-3 Consistencia inicial de la pasta para la corrida 1 del segundo diseño experimental.

N°	P papel filtro	P muestra in	P muestra seca	% Consistencia
1	1,7	10,6	4,874	29,943
2	1,6	10,6	4,651	28,783
3	1,6	10,4	4,691	29,721
Promedio				29,483

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para la dilución de la consistencia inicial.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2 \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

C₁: Consistencia inicial de la pasta. (%)

V₁: Volumen inicial de la pasta. (ml)

C₂: Consistencia a la que se desea diluir la pasta. (%)

V₂: Volumen en el que se va a preparar la dilución. (ml)

$$C_1 = 29,483\% \quad C_2 = 12\%$$

$$V_1 = ? \quad V_2 = 300 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{C_2 * V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{12 * 300 \text{ ml}}{29,483} = 122,106 \text{ ml}$$

$$P_1 = 122,106 \text{ ml} * \frac{1 \text{ g}}{\text{ml}} = 122,106 \text{ g}$$

Transformo a (g) con la densidad del agua

Los 122,106 g de fibra los diluyo en 177,0 ml de H₂O para completar el volumen de 300 ml.

Cálculo para la comprobación de la consistencia inicial.

Tabla 25-3 Comprobación de la consistencia inicial de la pasta para la corrida 1 del segundo diseño de experimentos.

N°	P papel filtro	P muestra in	P muestra seca	% Consistencia
1	1,6	10,1	2,688	10,772
2	1,7	10,3	2,975	12,379
3	1,6	10,2	2,956	13,294
Promedio				12,148

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para las dosificaciones a 0,4 de parámetro de alcalinidad.

Cálculo para las toneladas producidas por minuto utilizando el valor teórico de toneladas producidas por día. Tabla 10-3.

$$\frac{50,5 \text{ tn de papel}}{\text{día}} * \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ tn de papel}} * \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min}} = 35,069 \frac{\text{Kg}}{\text{min}} \text{ pasta de papel}$$

Cálculo para la dosificación de NaOH

Se calcula con los g NaOH / min según la Tabla 12-3, con los g de pasta requeridos para los 300 ml. Los g NaOH / min se transforma a ml NaOH / min con la densidad según la Tabla 8.3.

$$307,2 \frac{\text{g NaOH}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ ml}}{1,517 \text{ g NaOH}} = 202 \text{ ml NaOH/min}$$
$$\frac{202 \text{ ml NaOH}}{35.069 \text{ kg de pasta}} * 0,122106 \text{ Kg de pasta} = \mathbf{0,7 \text{ ml NaOH}}$$

Cálculo para la dosificación de H₂O₂

Se calcula con los g H₂O₂ / min según la Tabla 12-3, con los g de pasta requeridos para los 300 ml. Los g H₂O₂ / min se transforma a ml H₂O₂ / min con la densidad según la Tabla 8-3.

$$768 \frac{\text{g H}_2\text{O}_2}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ ml}}{1,2 \text{ g H}_2\text{O}_2} = 640 \frac{\text{ml H}_2\text{O}_2}{\text{min}}$$
$$\frac{640 \text{ ml H}_2\text{O}_2}{35,069 \text{ Kg de pasta}} * 0,122106 \text{ Kg de pasta} = \mathbf{2,2 \text{ ml H}_2\text{O}_2}$$

Cálculo para la dosificación de Estabilizador.

Se calcula con los ml de Estabilizador / min según la Tabla 9-3, con respecto a las toneladas de papel producidas por minuto y con los g de pasta requeridos para los 300 ml.

$$\frac{15 \text{ ml Estabilizador}}{35,069 \text{ Kg de pasta}} * 0,122106 \text{ Kg de pasta} = \mathbf{0,05 \text{ ml Estabilizador}}$$

Tabla 26-3 Dosificaciones para 0,4 de parámetro de alcalinidad.

Químico	Dosificación	Unidades
Estabilizador	0,05	ml
NaOH	0,7	ml
H ₂ O ₂	2,2	ml

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo de la consistencia Final.

Tabla 27-3 Consistencia final para la corrida 1 del segundo diseño experimental

N°	P papel filtro	P muestra in	P muestra seca	% Consistencia
1	1,5	10,2	2,393	8,755
2	1,7	10,1	2,929	12,168
3	1,6	10,2	2,834	12,098
Promedio				11,007

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para la preparación de las hojas de mano.

Sin químico

Se calcula con la consistencia inicial de la pasta haciendo relación que está contenida en 100 ml, y para 2 gr que deben pesar las hojas para la medición de la blancura, así se obtiene el volumen de pasta que se necesita para preparar una hoja de 2g, asumiendo que la densidad es 1 g/ml se transforma a gramos, esa es la cantidad que se pesa para preparar la hoja.

$$\frac{2 \text{ g} \times 100 \text{ ml}}{29,483} = 6,784 \text{ ml}$$

$$6,784 \text{ ml} * \frac{1 \text{ g}}{\text{ml}} = 6,784 \text{ gr de pasta.}$$

Después del blanqueo

Se calcula con la consistencia final de la pasta haciendo relación que está contenida en 100 ml, y para 2 gr que deben pesar las hojas para la medición de la blancura, así se obtiene el volumen de pasta que se necesita para preparar una hoja de 2g, asumiendo que la densidad es 1 g/ml se transforma a gramos, esa es la cantidad que se pesa para preparar la hoja.

$$\frac{2 \text{ g} \times 100 \text{ ml}}{11,007} = 18,170 \text{ ml}$$

$$18,170 \text{ ml} * \frac{1 \text{ g}}{\text{ml}} = 18,170 \text{ gr de pasta.}$$

- **Cálculo para la corrida N°16 del segundo diseño de experimentos.**

Tabla 28-3 Parámetros para la corrida 16 del segundo diseño experimental.

N° de Corridas	Temperatura °C	Parámetro	Consistencia %	Tiempo min
16	90	0,6	15	90

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para la consistencia de inicial de la pasta

$$\% \text{ Cons Inicial} = \frac{\text{Peso muestra seca} - \text{Peso del papel filtro}}{\text{Peso inicial de la muestra}} \times 100 \quad (\text{Ecu} 5)$$

Donde:

Peso muestra seca: Peso de la muestra después del secado (g)

Peso del papel filtro: Peso del papel filtro vacío (g)

Peso inicial de la muestra: Peso de la muestra antes de filtrar (g)

Datos para las consistencias iniciales.

Tabla 29-3 Consistencia inicial de la pasta para la corrida 16 del segundo diseño experimental.

N°	P papel filtro	P muestra in	P muestra seca	% Consistencia
1	1,6	10,4	4,618	29,019
2	1,6	10,6	4,687	29,123
3	1,6	10,6	4,713	29,368
Promedio				29,170

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para la dilución de la consistencia inicial.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2 \quad (\text{Ecu} 6)$$

Donde:

C₁: Consistencia inicial de la pasta. (%)

V₁: Volumen inicial de la pasta. (ml)

C₂: Consistencia a la que se desea diluir la pasta. (%)

V₂: Volumen en el que se va a preparar la dilución. (ml)

$$C_1 = 29,170\% \quad C_2 = 15\%$$

$$V_1 = i \quad V_2 = 300 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{C_2 * V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{15 * 300 \text{ ml}}{29,170} = \mathbf{154,268 \text{ ml}}$$

Transformo a (g) con la densidad del

$$P_1 = 154,268 \text{ ml} * \frac{1 \text{ g}}{\text{ml}} = \mathbf{154,268 \text{ g}} \text{ agua}$$

Los 154,268g de fibra los diluyo en 145,0 ml de H₂O para completar el volumen de 300 ml.

Calculo para la comprobación de la consistencia inicial.

Tabla 30-3 Comprobación de la consistencia inicial de la pasta para la corrida 16 del segundo diseño de experimentos.

N°	P papel filtro	P muestra in	P muestra seca	% Consistencia
1	1,6	10,6	3,291	15,953
2	1,6	10,7	3,27	15,607
3	1,6	10,4	3,219	15,567
Promedio				15,709

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para las dosificaciones a 0,6 de parámetro de alcalinidad.

Cálculo para las toneladas producidas por minuto utilizando el valor teórico de toneladas producidas por día. Tabla 10-3.

$$\frac{50,5 \text{ tn de papel}}{\text{dia}} * \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ tn de papel}} * \frac{1 \text{ dia}}{1440 \text{ min}} = 35,069 \frac{\text{Kg}}{\text{min}} \text{ pasta de papel}$$

Cálculo para la dosificación de NaOH

Se calcula con los g NaOH / min según la Tabla 12-3, con los g de pasta requeridos para los 300 ml. Los g NaOH / min se transforma a ml NaOH / min con la densidad según la Tabla 8.3.

$$460,8 \frac{\text{g NaOH}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ ml}}{1,517 \text{ g NaOH}} = 303,8 \text{ ml NaOH/min}$$

$$\frac{303,8 \text{ ml NaOH}}{35.069 \text{ kg de pasta}} * 0,154268 \text{ Kg de pasta} = \mathbf{1,3 \text{ ml NaOH}}$$

Cálculo para la dosificación de H₂O₂

Se calcula con los g H₂O₂ / min según la Tabla 12-3, con los g de pasta requeridos para los 300 ml. Los g H₂O₂ / min se transforma a ml H₂O₂ / min con la densidad según la Tabla 8-3.

$$768 \frac{\text{g H}_2\text{O}_2}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ ml}}{1,2 \text{ g H}_2\text{O}_2} = 640 \frac{\text{ml H}_2\text{O}_2}{\text{min}}$$

$$\frac{640 \text{ ml H}_2\text{O}_2}{35,069 \text{ Kg de pasta}} * 0,154268 \text{ Kg de pasta} = \mathbf{2,8 \text{ ml H}_2\text{O}_2}$$

Cálculo para la dosificación de Estabilizador.

Se calcula con los ml de Estabilizador / min según la Tabla 9-3 con respecto a las toneladas de papel producidas por minuto y con los g de pasta requeridos para los 300 ml.

$$\frac{15 \text{ ml Estabilizador}}{35,069 \text{ Kg de pasta}} * 0,154268 \text{ Kg de pasta} = \mathbf{0,07 \text{ ml Estabilizador}}$$

Tabla 31-3 Dosificaciones para 0,2 de parámetro de alcalinidad.

Químico	Dosificación	Unidades
Estabilizador	0,07	ml
NaOH	1,3	ml
H ₂ O ₂	2,8	ml

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo de la consistencia Final.

Tabla 32-3 Consistencia final para la corrida 16 del segundo diseño experimental

N°	P papel filtro	P muestra in	P muestra seca	% Consistencia
1	1,7	10,3	3,326	15,786
2	1,7	10,7	3,334	15,271
3	1,7	10,3	3,076	13,359
Promedio				14,806

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo para la preparación de las hojas de mano.

Sin químico

Se calcula con la consistencia inicial de la pasta haciendo relación que está contenida en 100 ml, y para 2 gr que deben pesar las hojas para la medición de la blancura, así se obtiene el volumen de pasta que se necesita para preparar una hoja de 2g, asumiendo que la densidad es 1 g/ml se transforma a gramos, esa es la cantidad que se pesa para preparar la hoja.

$$\frac{2 \text{ g} \times 100 \text{ ml}}{29,170} = \mathbf{6,856 \text{ ml}}$$
$$6,856 \text{ ml} * \frac{1 \text{ g}}{\text{ml}} = \mathbf{6,856 \text{ gr de pasta.}}$$

Después del blanqueo

Se calcula con la consistencia final de la pasta haciendo relación que está contenida en 100 ml, y para 2 gr que deben pesar las hojas para la medición de la blancura, así se obtiene el volumen de

pasta que se necesita para preparar una hoja de 2g, asumiendo que la densidad es 1 g/ml se transforma a gramos, esa es la cantidad que se pesa para preparar la hoja.

$$\frac{2 \text{ g} \times 100 \text{ ml}}{14,806} = \mathbf{13,508 \text{ ml}}$$

$$13,508 \text{ ml} * \frac{1 \text{ g}}{\text{ml}} = \mathbf{13,508 \text{ gr de pasta.}}$$

Se sigue el mismo procedimiento con las demás corridas de los diseños experimentales.

3.5. Resultados

3.5.1. Datos tomados de los diseños experimentales

3.5.1.1. Datos tomados del diseño experimental con los parámetros obtenidos durante la caracterización.

Tabla 33-3 Diseño experimental con los parámetros obtenidos durante la caracterización.

Nº de Corridas	Cons Tor. Prensa	Cons Ent. Torre	Cons Sal Torre	pH Ent. Torre	pH Sal Torre	Peróxido Residual	T °C
1	30,184	11,124	12,053	10,9	10,52	0,221	51
2	31,482	12,093	11,964	10,831	10,554	0,102	68
3	31,482	11,89	10,24	11,6	11,4	0,255	54
4	31,482	11,026	10,877	11,482	10,909	0,034	69,9
5	31,482	15,396	14,736	11	10,42	0,34	55
6	31,482	15,209	14,81	10,928	10,629	0,136	69
7	31,482	14,531	13,69	11,6	11,1	0,221	52
8	31,482	14,865	14,472	11,353	10,751	0,051	70
9	34,26	11,251	10,942	11,071	10,526	0,459	52
10	29,483	11,963	10,31	11,883	11,42	0,085	68
11	34,26	12,399	11,566	11,701	11,017	0,119	54
12	29,483	11,517	11,218	11,923	11,654	0,102	68
13	34,26	14,477	13,295	10,985	10,217	0,323	51
14	29,483	14,596	13,859	11,861	11,82	0,102	68
15	34,26	14,643	13,695	11,544	11,266	0,034	52,8
16	29,483	14,627	13	12,097	11,871	0,102	65,3

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

3.5.1.2. *Datos tomados del diseño experimental con los parámetros obtenidos de la investigación bibliográfica para blanqueo de pastas de papel reciclado.*

Tabla 34-3 Diseño experimental con los parámetros obtenidos de la investigación bibliográfica para blanqueo de pastas de papel reciclado.

N° de Corridas	Cons Tor Prensa	Cons Ent Torre	Cons Sal Torre	pH Ent Torre	pH Sal Torre	Peróxido Residual	T °C
1	29,483	12,148	11,007	12,114	11,712	0,153	68
2	29,17	12,354	11,918	11,442	11,158	0,119	89
3	29,483	11,288	10,357	12,434	11,945	0,102	67
4	29,17	11,841	11,243	12,93	12,674	0,102	87
5	29,483	14,408	13,03	12,203	11,821	0,136	67
6	29,17	14,28	13,782	12,03	11,296	0,068	87
7	29,483	15,216	14,189	12,478	11,953	0,119	68
8	29,17	15,097	14,845	11,678	11,061	0,051	89
9	28,82	11,565	10,445	11,808	11,409	0,102	67
10	29,17	12,392	11,989	12,422	10,866	0,068	88
11	28,82	11,722	11,452	12,17	11,771	0,068	66
12	29,17	12,466	11,332	12,637	11,99	0,051	88
13	28,82	14,436	13,352	11,945	11,65	0,102	67
14	29,17	15,427	14,682	11,861	10,763	0,051	88
15	28,82	14,671	13,907	12,341	11,937	0,153	66
16	29,17	15,709	14,806	12,725	11,878	0,051	87

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

3.5.2. Blancuras tomadas de los diseños experimentales

3.5.2.1. Blancuras tomadas del diseño experimental con los parámetros obtenidos durante la caracterización.

Tabla 35-3 Blancuras del diseño experimental con los parámetros obtenidos durante la caracterización.

N°	SIN QUÍMICO							DESPUES DEL BLANQUEO							%Gan Blan
	Blancura ISO	a*	b*	Blancura ISO	a*	b*	Promedio	Blancura ISO	a*	b*	Blancura ISO	a*	b*	Promedio	
1	72,37	2,3	-4,37	72,28	2,31	-4,33	72,33	75,43	2,13	-4,36	75,68	2,19	-4,46	75,56	3,23
2	71,23	2,43	-5,05	72,12	2,4	-5,22	71,68	76,98	2,45	-5,42	77,04	2,48	-5,41	77,01	5,33
3	71,23	2,43	-5,05	72,12	2,4	-5,22	71,68	76,84	2,34	-5,29	76,9	2,38	-5,24	76,87	5,19
4	71,23	2,43	-5,05	72,12	2,4	-5,22	71,68	77,46	2,41	-5,44	77,85	2,35	-5,42	77,66	5,98
5	71,23	2,43	-5,05	72,12	2,4	-5,22	71,68	75,82	2,36	-5,12	75,97	2,34	-5,01	75,90	4,22
6	71,23	2,43	-5,05	72,12	2,4	-5,22	71,68	76,86	2,4	-5,44	76,81	2,41	-5,43	76,84	5,16
7	71,23	2,43	-5,05	72,12	2,4	-5,22	71,68	76,18	2,35	-5,26	76,17	2,37	-5,29	76,18	4,50
8	71,23	2,43	-5,05	72,12	2,4	-5,22	71,68	77,1	2,3	-5,44	77,18	2,32	-5,43	77,14	5,46
9	72,43	2,43	-4,57	73,54	2,52	-4,9	72,99	79,01	2,44	-5,21	79,02	2,52	-5,33	79,02	6,03
10	75,05	2,61	-6,72	74,26	2,71	-6,28	74,66	78,3	2,43	-6,21	78,38	2,42	-6,17	78,34	3,69
11	72,43	2,43	-4,57	73,54	2,52	-4,9	72,99	80,43	2,63	-5,82	80,85	2,65	-5,9	80,64	7,65
12	75,05	2,61	-6,72	74,26	2,71	-6,28	74,66	80,24	2,39	-6,51	80,58	2,39	-6,58	80,41	5,76
13	72,43	2,43	-4,57	73,54	2,52	-4,9	72,99	78,92	2,44	-5,23	79,02	2,47	-5,32	78,97	5,98
14	75,05	2,61	-6,72	74,26	2,71	-6,28	74,66	79,31	2,34	-6,19	78,75	2,36	-6,09	79,03	4,38
15	72,43	2,43	-4,57	73,54	2,52	-4,9	72,99	80,81	2,67	-5,99	80,98	2,61	-6,02	80,90	7,91
16	75,05	2,61	-6,72	74,26	2,71	-6,28	74,66	81,06	2,23	-6,48	80,37	2,27	-6,53	80,72	6,06

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

3.5.2.2. *Blancuras tomadas del diseño experimental con los parámetros obtenidos de la investigación bibliográfica para blanqueo de pastas de papel reciclado.*

Tabla 36-3 Blancuras tomadas del diseño experimental con los parámetros obtenidos de la investigación bibliográfica para blanqueo de pastas de papel reciclado.

N°	SIN QUIMICO							DESPUES DEL BLANQUEO							%Gan Blan
	Blancura ISO	a*	b*	Blancura ISO	a*	b*	Promedio	Blancura ISO	a*	b*	Blancura ISO	a*	b*	Promedio	
1	75,05	2,61	-6,72	74,26	2,71	-6,28	74,66	80,05	2,4	-6,44	80,48	2,39	-6,47	80,27	5,61
2	68,68	1,63	-2,38	68,74	1,62	-2,37	68,71	73,14	0,9	-0,48	77,66	1,47	-2,46	75,40	6,69
3	75,05	2,61	-6,72	74,26	2,71	-6,28	74,66	81,24	2,21	-6,68	81,81	2,21	-6,82	81,53	6,87
4	68,68	1,63	-2,38	68,74	1,62	-2,37	68,71	78,57	1,54	-2,4	78,34	1,49	-2,28	78,46	9,74
5	75,05	2,61	-6,72	74,26	2,71	-6,28	74,66	80,74	2,3	-6,66	80,29	2,23	-6,54	80,52	5,86
6	68,68	1,63	-2,38	68,74	1,62	-2,37	68,71	76,9	1,61	-2,44	76,72	1,63	-2,45	76,81	8,10
7	75,05	2,61	-6,72	74,26	2,71	-6,28	74,66	80,89	2,03	-6,62	81,36	2,06	-6,77	81,13	6,47
8	68,68	1,63	-2,38	68,74	1,62	-2,37	68,71	75,79	1,54	-2,3	76,32	1,42	-2,12	76,06	7,35
9	73,59	2,51	-5,36	73,36	2,52	-5,15	73,48	81,84	2,54	-6,4	81,91	2,56	-6,37	81,88	8,40
10	68,68	1,63	-2,38	68,74	1,62	-2,37	68,71	78,77	1,72	-3,15	78,58	1,72	-3,14	78,68	9,96
11	73,59	2,51	-5,36	73,36	2,52	-5,15	73,48	82,79	2,37	-6,48	82,19	2,36	-6,32	82,49	9,02
12	68,68	1,63	-2,38	68,74	1,62	-2,37	68,71	78,05	1,61	-2,59	77,97	1,62	-2,58	78,01	9,30
13	73,59	2,51	-5,36	73,36	2,52	-5,15	73,48	82,25	2,46	-6,28	81,74	2,42	-6,1	82,00	8,52
14	68,68	1,63	-2,38	68,74	1,62	-2,37	68,71	76,68	1,74	-2,48	76,38	1,75	-2,4	76,53	7,82
15	73,59	2,51	-5,36	73,36	2,52	-5,15	73,48	82,16	2,29	-6,08	82,17	2,31	-6,31	82,17	8,69
16	68,68	1,63	-2,38	68,74	1,62	-2,37	68,71	76,03	1,67	-2,18	76,3	1,68	-2,2	76,17	7,45

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

3.5.3. Resultados en el programa Statgraphics.

3.5.3.1. Resultados para el diseño experimental con los parámetros obtenidos durante la caracterización.

Se ingresan los datos promedio de Blancura ISO medidos en el equipo DATA COLOR EXPECTRUM de los ensayos realizados para la obtención de blancuras.

	BLOQUE	Temperatura °C	Parametro de Alcalinidad	Consistencia %	Tiempo de Residencia min	Blancura ISO *ISO	Col_7	Col_8
1	1	50	0,2	12	30	75,56		
2	1	70	0,2	12	30	77,01		
3	1	50	0,4	12	30	76,87		
4	1	70	0,4	12	30	77,66		
5	1	50	0,2	15	30	75,90		
6	1	70	0,2	15	30	76,84		
7	1	50	0,4	15	30	76,18		
8	1	70	0,4	15	30	77,14		
9	1	50	0,2	12	60	79,02		
10	1	70	0,2	12	60	78,34		
11	1	50	0,4	12	60	80,64		
12	1	70	0,4	12	60	80,41		
13	1	50	0,2	15	60	78,97		
14	1	70	0,2	15	60	79,03		
15	1	50	0,4	15	60	80,90		
16	1	70	0,4	15	60	80,72		
17								
18								
19								

Figura. 2-3 Diseño experimental de caracterización en Statgraphics

Fuente: STATGRAPHICS

Corriendo el programa mediante la opción analizar los datos se tiene:

En el análisis de Varianza los Valores-P tanto en los efectos individuales como en las interacciones se tiene valores menores a α , por lo tanto dichos efectos individuales e interacciones son significativas, influye significativamente en la variable de respuesta.

En los efectos individuales se tiene D, B, A ya que tienen un alto valor en la suma de cuadrados; en las interacciones los valores mayores en la suma de cuadrados tienen la interacción AD y BD.

Tabla 37-3 Análisis de varianza para blancura ISO para la caracterización.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	0,604506	1	0,604506	8,65	0,0322
B: Parametro de Alcalinidad	6,06391	1	6,06391	86,74	0,0002
C: Consistencia	0,00180625	1	0,00180625	0,03	0,8786

D:Tiempo de Residencia	38,6573	1	38,6573	552,99	0,0000
AB	0,0115563	1	0,0115563	0,17	0,7011
AC	0,0126562	1	0,0126562	0,18	0,6882
AD	1,67056	1	1,67056	23,90	0,0045
BC	0,131406	1	0,131406	1,88	0,2287
BD	1,42206	1	1,42206	20,34	0,0063
CD	0,316406	1	0,316406	4,53	0,0867
Error total	0,349531	5	0,0699062		
Total (corr.)	49,2417	15			

Fuente: STATGRAPHICS

R-cuadrada = 99,2902 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 97,8705 porciento

Error estándar del est. = 0,264398

Error absoluto medio = 0,119063

Estadístico Durbin-Watson = 2,04671 (P=0,2318)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,164561

El valor crítico seleccionado de $\alpha = 0,05$. El valor crítico para cada uno de los cocientes de F es:

$$f_{0,05;3,5} = 5,4095$$

El Valor de f lo podemos sacar utilizando el programa Gretl:

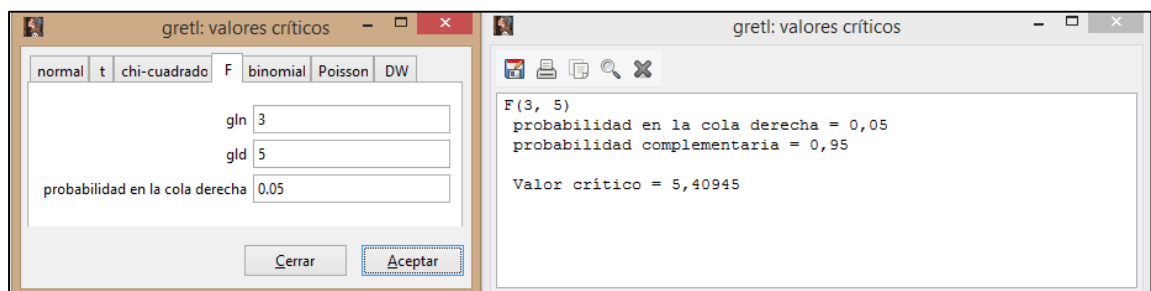


Figura. 3-3 Valor crítico en Programa Gretl

Fuente: Gretl

$$F_0 A = \frac{CMA}{CME} = \frac{0,605}{0,069} = 8,77 > f_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 B = 86,74 > F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 C = 0,03 < F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 D = 552,99 > F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 AB = 0,17 < F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 AC = 0,18 < F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 AD = 23,90 > F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 BC = 1,88 < F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 BD = 20,34 > F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 CD = 4,53 < F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

Análisis de gráficas.

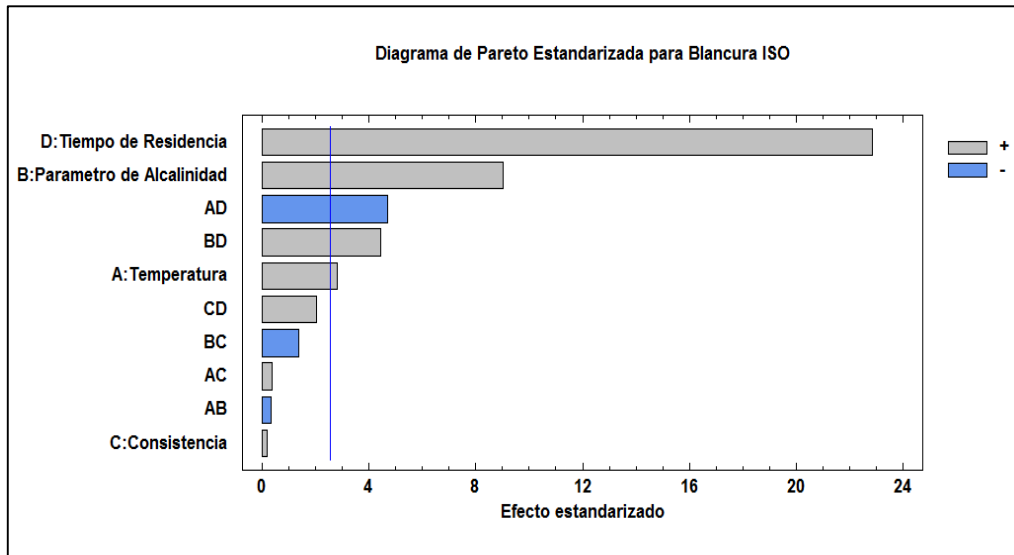


Gráfico 2-3 Gráfica de Pareto
Fuente: STATGRAPHICS

En el diagrama de Pareto se deduce que los efectos individuales más significativos son: D, B, A; las interacciones más significativas son AD y BD, ya que son los que caen dentro del diagrama.

Gráfico de efectos principales:

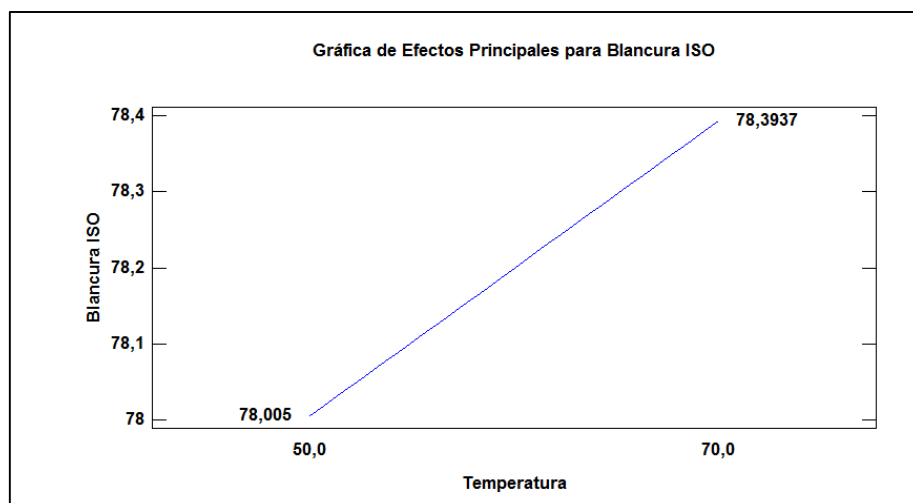


Gráfico 3-3 Gráfica de Temperatura
Fuente: STATGRAPHICS

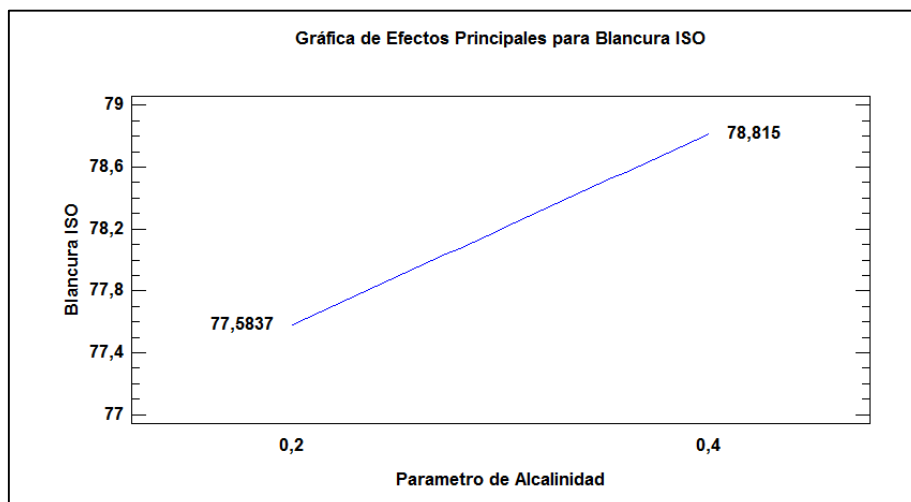


Gráfico 4-3 Gráfica Parámetro de Alcalinidad
Fuente: STATGRAPHICS

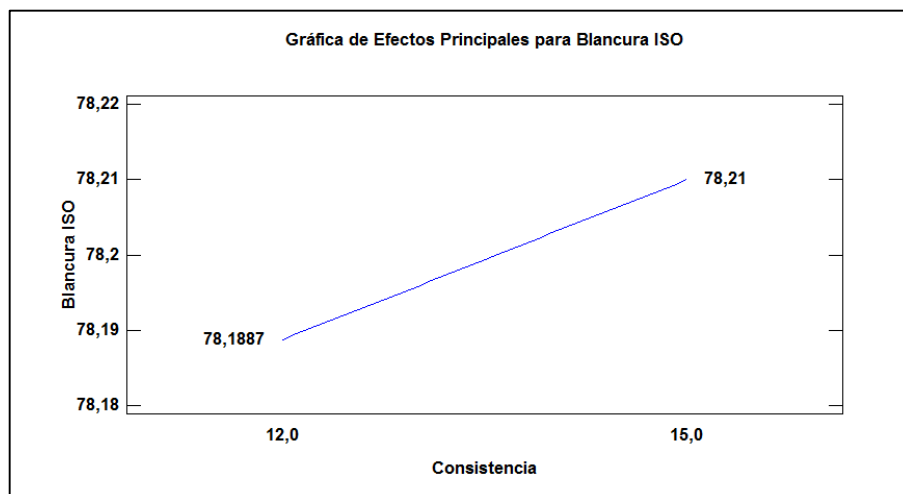


Gráfico 5-3 Gráfica de Consistencia
Fuente: STATGRAPHICS

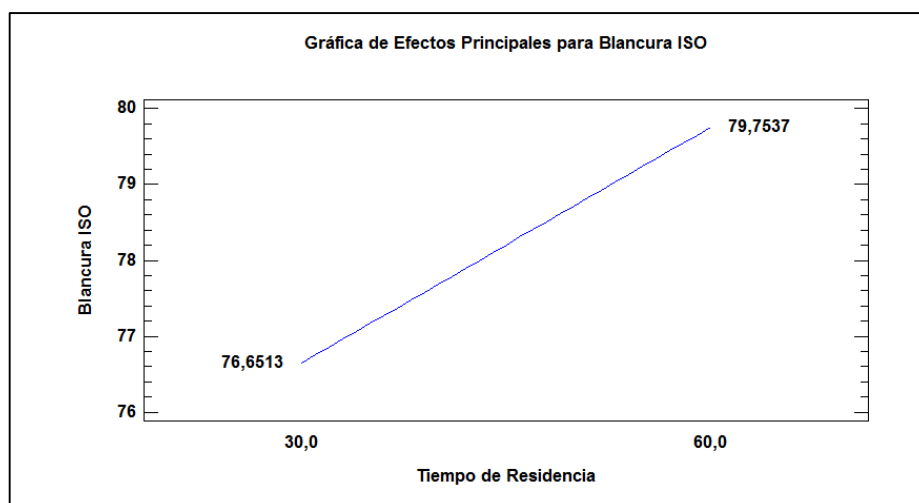


Gráfico 6-3 Gráfica del Tiempo de residencia
Fuente: STATGRAPHICS

Estimaciones de los efectos

Tabla 38-3 Efectos estimados para blancura ISO

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>V.I.F.</i>
Promedio	78,2025	0,0678924	
A: Temperatura	0,3825	0,135785	1,0
B: Parametro de Alcalinidad	1,225	0,135785	1,0
C: Consistencia	0,0275	0,135785	1,0
D: Tiempo de Residencia	3,1025	0,135785	1,0
AB	-0,0475	0,135785	1,0
AC	0,05	0,135785	1,0
AD	-0,64	0,135785	1,0
BC	-0,1875	0,135785	1,0
BD	0,6025	0,135785	1,0
CD	0,275	0,135785	1,0

Errores estándar basados en el error total con 5 g.l.

Fuente: STATGRAPHICS

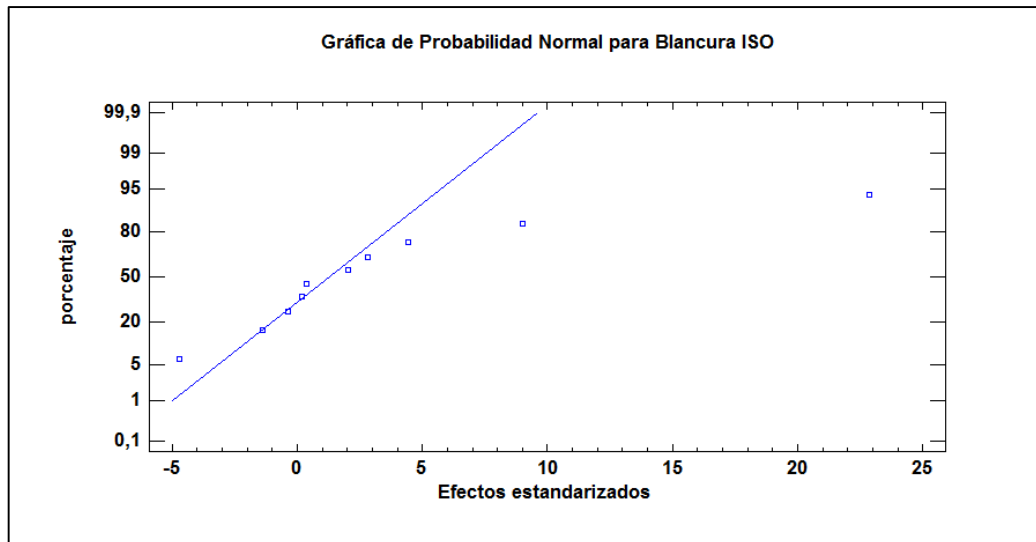


Gráfico 7-3 Gráfica de la probabilidad normal de las estimaciones de los efectos
Fuente: STATGRAPHICS

La recta indica la media, los puntos dispersos son los datos en el cual en este supuesto modelo estadístico vamos a probar que si la mayoría de los puntos caen cercanos a la recta es porque el modelo tiene mucha confiabilidad.

Excluyendo los efectos de interacción.

Se excluye los efectos individuales C, los efectos de interacciones CD, BC, AC, AB al no ser significativos.

Tabla 39-3 Análisis de varianza para blancura ISO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Temperatura	0,585225	1	0,585225	7,02	0,0244
B:Parametro de Alcalinidad	6,0025	1	6,0025	71,98	0,0000
D:Tiempo de Residencia	38,502	1	38,502	461,70	0,0000
AD	1,6384	1	1,6384	19,65	0,0013
BD	1,45202	1	1,45202	17,41	0,0019
Error total	0,833925	10	0,0833925		
Total (corr.)	49,0141	15			

Fuente: STATGRAPHICS

R-cuadrada = 98,2986 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 97,4479 porciento

Error estándar del est. = 0,288778

Error absoluto medio = 0,192656

Estadístico Durbin-Watson = 1,12882 (P=0,0522)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,372589

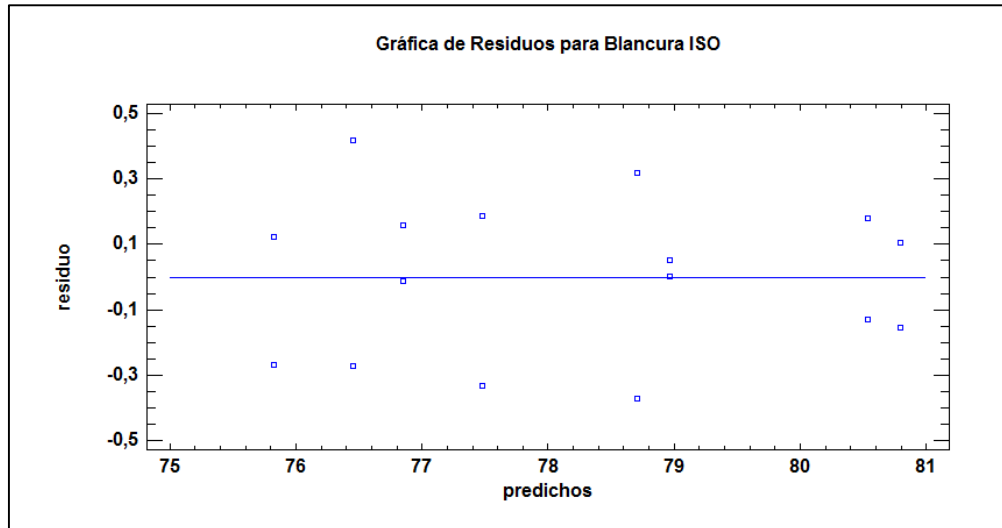


Gráfico 8-3 Gráfica de los Residuos vs el Rendimiento Predicho

Fuente: STATGRAPHICS

Modelo de regresión ajustado y optimizado

Tabla 40-3 Coef. De regresión para blancura ISO

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
Constante	67,515
A:Temperatura	0,115125
B:Parametro de Alcalinidad	-2,9125
D:Tiempo de Residencia	0,171167
AD	-0,00213333
BD	0,200833

Fuente: STATGRAPHICS

Blancura ISO = 67,515 + 0,115125*Temperatura - 2,9125*Parámetro de Alcalinidad + 0,171167*Tiempo de Residencia - 0,00213333*Temperatura*Tiempo de Residencia + 0,200833*Parámetro de Alcalinidad*Tiempo de Residencia

Reemplazando con los valores óptimos se tiene:

$$\text{Blancura ISO} = 67,515 + 0,115125*(70) - 2,9125*(0,4) + 0,171167*(60) - 0,00213333*(70)*(60) + 0,200833*(0,4)*(60)$$

Blancura ISO = 80,54 °ISO

3.5.3.2. Resultado para el diseño experimental con los parámetros obtenidos de la investigación bibliográfica para blanqueo de pastas de papel reciclado.

Se ingresan los datos promedio de la Blancura ISO medidos en el equipo DATA COLOR EXPECTRUM de los ensayos realizados para la obtención de blancuras.

	BLOQUE	Temperatura °C	Parametro de Alcalinidad	Consistencia %	Tiempo de residencia min	Blancura ISO °ISO	Col_7	Col_8
1	1	70	0,4	12	60	80,27		
2	1	90	0,4	12	60	75,40		
3	1	70	0,6	12	60	81,53		
4	1	90	0,6	12	60	78,46		
5	1	70	0,4	15	60	80,52		
6	1	90	0,4	15	60	76,81		
7	1	70	0,6	15	60	81,13		
8	1	90	0,6	15	60	76,06		
9	1	70	0,4	12	90	81,88		
10	1	90	0,4	12	90	78,68		
11	1	70	0,6	12	90	82,49		
12	1	90	0,6	12	90	78,01		
13	1	70	0,4	15	90	82		
14	1	90	0,4	15	90	76,53		
15	1	70	0,6	15	90	82,17		
16	1	90	0,6	15	90	76,17		
17								
18								
19								

Figura. 4-3 Diseño experimental con los parámetros obtenidos de la investigación bibliográfica para blanqueo de pastas de papel reciclado

Fuente: Statgraphics

Corriendo el programa mediante la opción analizar los datos se tiene:

En el análisis de Varianza los Valores-P en los efectos individuales se tiene valores menores a α , en este caso solo un efecto individual tiene dicho valor por lo tanto es significativo, influyen significativamente en la variable de respuesta.

En los efectos individuales A tiene un alto valor en la suma de cuadrados.

Tabla 41-3 Análisis de varianza para blancura ISO

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	80,4161	1	80,4161	120,00	0,0001
B:Parametro de Alcalinidad	0,965306	1	0,965306	1,44	0,2838

C:Consistencia	1,77556	1	1,77556	2,65	0,1645
D:Tiempo de residencia	3,75391	1	3,75391	5,60	0,0642
AB	0,117306	1	0,117306	0,18	0,6930
AC	1,33981	1	1,33981	2,00	0,2165
AD	0,369056	1	0,369056	0,55	0,4914
BC	1,31676	1	1,31676	1,96	0,2199
BD	1,22656	1	1,22656	1,83	0,2340
CD	0,581406	1	0,581406	0,87	0,3944
Error total	3,35063	5	0,670126		
Total (corr.)	95,2123	15			

Fuente: STATGRAPHICS

R-cuadrada = 96,4809 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 89,4427 porciento

Error estándar del est. = 0,818612

Error absoluto medio = 0,376406

Estadístico Durbin-Watson = 2,49695 (P=0,5644)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,278841

El valor crítico seleccionado de $\alpha = 0,05$. El valor crítico para cada uno de los cocientes de F es:

$$f_{0,05;3,5} = 5,4095$$

El Valor de f lo podemos sacar utilizando el programa Gretl:

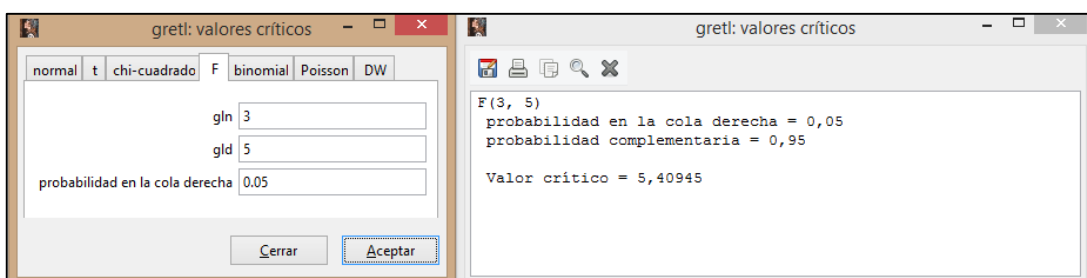


Figura. 5-3 Valor crítico en Programa Gretl

Fuente: Gretl

$$F_0 A = \frac{CMA}{CME} = \frac{80,4161}{0,670126} = 120,001 > f_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 B = 1,44 < F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 C = 2,65 < F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 D = 5,60 > F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 \text{ AB} = 0,18 < F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 \text{ AC} = 2,00 < F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 \text{ AD} = 0,55 < F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 \text{ BC} = 1,96 < F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 \text{ BD} = 1,83 < F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

$$F_0 \text{ CD} = 0,87 < F_{0,05;3,5} \sim F(3,5)$$

Análisis de gráficas.

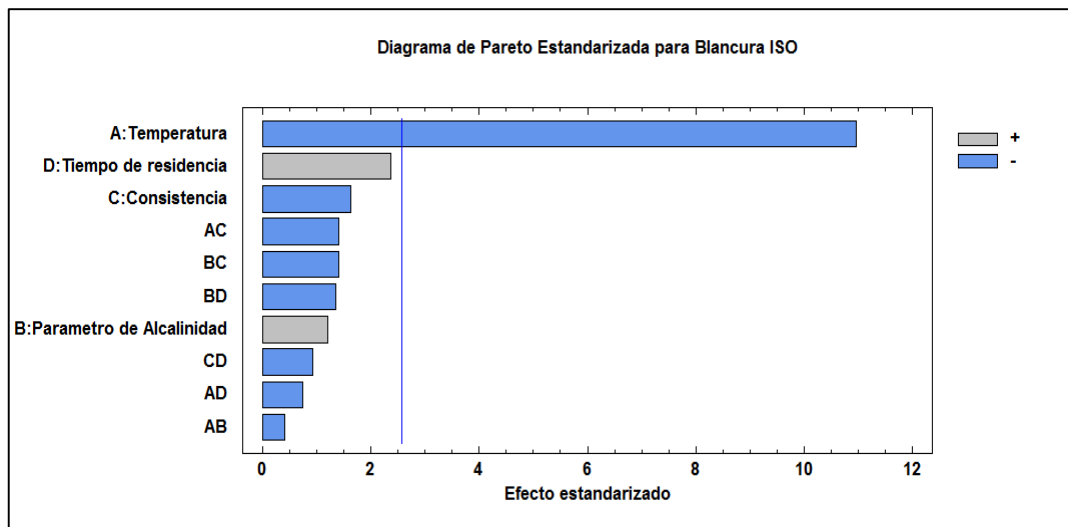


Gráfico 9-3 Gráfica de Pareto

Fuente: STATGRAPHICS

En el diagrama de Pareto se deduce que el efecto individual más significativo es: A; ya que es el que cae dentro del diagrama.

Gráfico de efectos principales

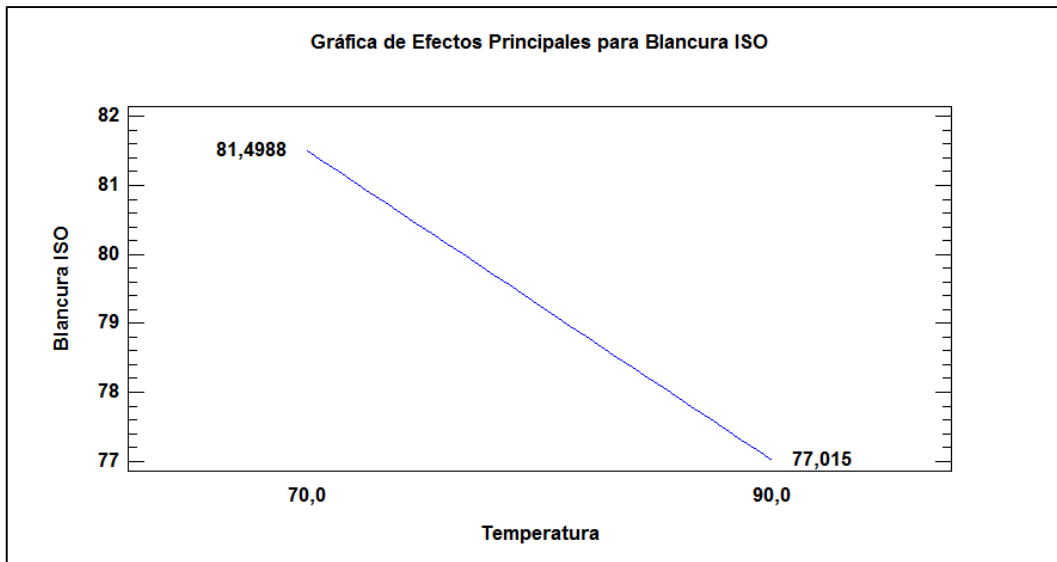


Gráfico 10-3 Gráfica de la Temperatura
Fuente: STATGRAPHICS

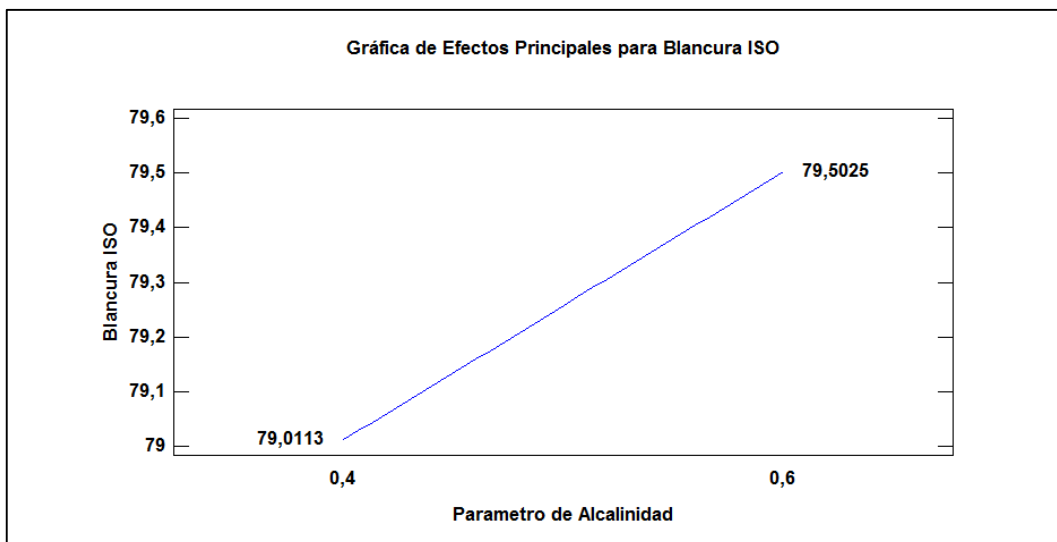


Gráfico 11-3 Gráfico de Parámetro de Alcalinidad
Fuente: STATGRAPHICS

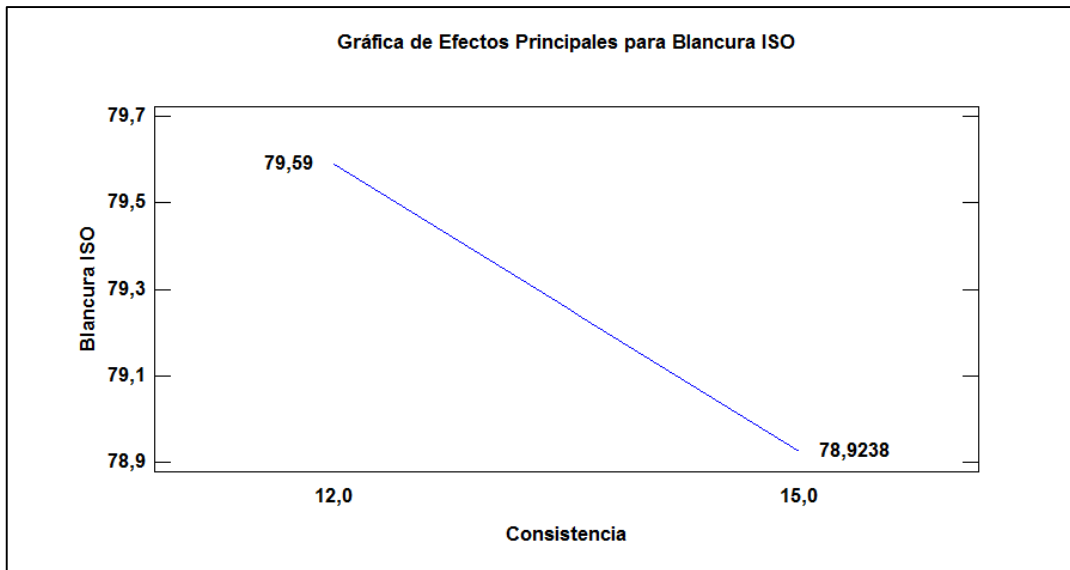


Gráfico 12-3 Gráfico de Consistencia
Fuente: STATGRAPHICS

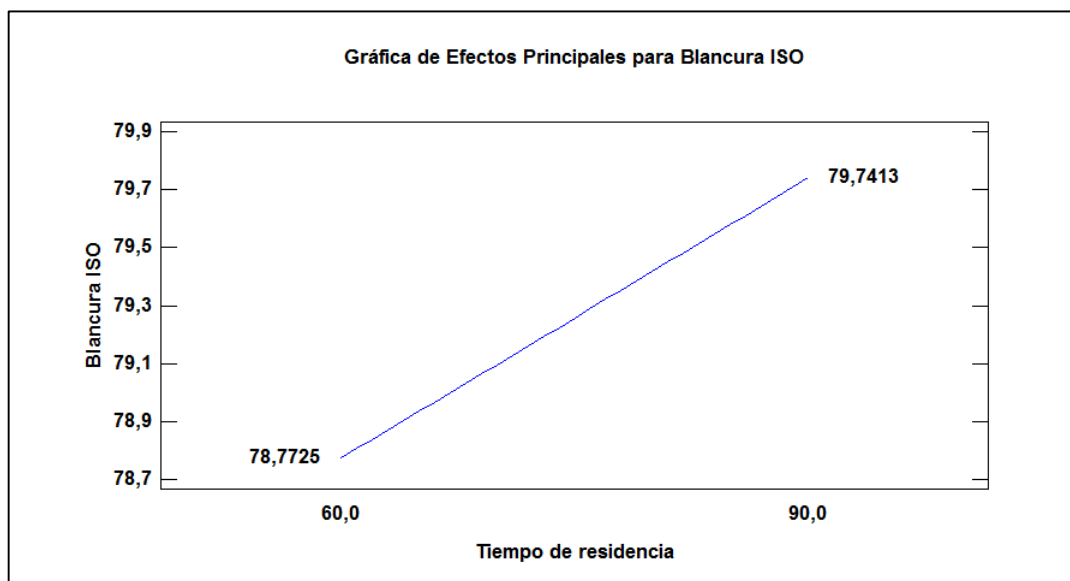


Gráfico 13-3 Gráfica de Tiempo de Residencia
Fuente: STATGRAPHICS

Estimaciones de los efectos

Tabla 42-3 Efectos estimados para blancura ISO

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>V.I.F.</i>
Promedio	79,2569	0,204653	
A:Temperatura	-4,48375	0,409306	1,0
B:Parametro de Alcalinidad	0,49125	0,409306	1,0
C:Consistencia	-0,66625	0,409306	1,0
D:Tiempo de residencia	0,96875	0,409306	1,0
AB	-0,17125	0,409306	1,0
AC	-0,57875	0,409306	1,0
AD	-0,30375	0,409306	1,0
BC	-0,57375	0,409306	1,0
BD	-0,55375	0,409306	1,0
CD	-0,38125	0,409306	1,0

Errores estándar basados en el error total con 5 g.l.

Fuente: STATGRAPHICS

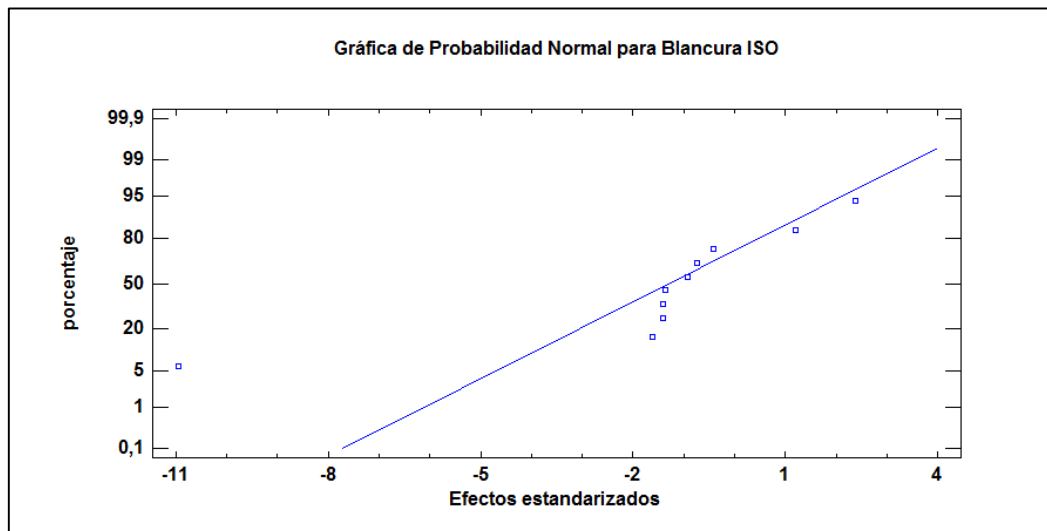


Gráfico 14-3 Gráfica de la probabilidad normal de las estimaciones de los efectos

Fuente: STATGRAPHICS

La recta indica la media, los puntos dispersos son los datos en el cual en este supuesto modelo estadístico vamos a probar que si la mayoría de los puntos caen cercanos a la recta es porque el modelo tiene mucha confiabilidad.

Excluyendo los efectos de interacción.

Se excluye los efectos individuales C, B, D los efectos de interacciones AB, AC, AD, BC, BD, CD al no ser significativos.

Tabla 43-3 Análisis de varianza para blancura ISO

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	80,4161	1	80,4161	76,09	0,0000
Error total	14,7963	14	1,05688		
Total (corr.)	95,2123	15			

Fuente: STATGRAPHICS

R-cuadrada = 84,4597 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 83,3497 por ciento

Error estándar del est. = 1,02805

Error absoluto medio = 0,835156

Estadístico Durbin-Watson = 1,38154 (P=0,1483)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,234079

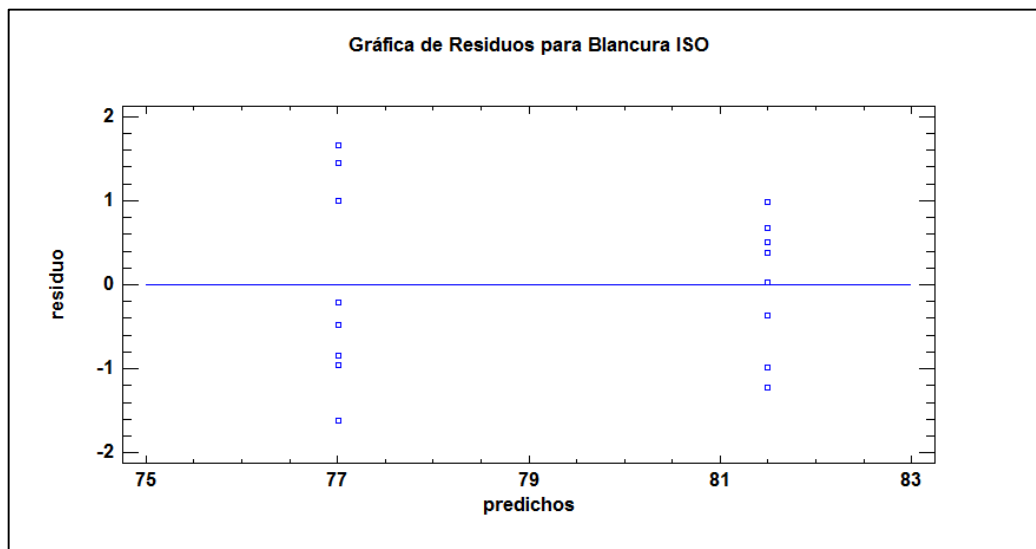


Gráfico 15-3 Gráfica de los residuos vs el rendimiento predicho

Fuente: STATGRAPHICS

Modelo de regresión ajustado y optimizado

Tabla 44-3 Coef. de regresión para blancura ISO

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
constante	97,1919
A:Temperatura	-0,224188

Fuente: STATGRAPHICS

$$\text{Blancura ISO} = 97,1919 - 0,224188 * \text{Temperatura}$$

Reemplazando con los valores óptimos se tiene:

$$\text{Blancura ISO} = 97,1919 - 0,224188 * (70)$$

$$\text{Blancura ISO} = 81,50 \text{ } ^\circ\text{ISO}$$

3.6. Resultados de la implementación en el proceso real de blanqueo oxidativo.

Los parámetros adoptados para implementar tras haber analizado los resultados en Statgraphics son:

Tabla 45-3 Variables para implementación del proceso.

Variables	Rango	Unidades
Temperatura	70	°C
Parámetro de Alcalinidad	0,4	-
Tiempo de residencia	60	Min
Consistencia	15	%

Fuente: STATGRAPHICS

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Se grafica los promedios de las coordenadas de la corrida 16 que corresponde a los parámetros obtenidos por el programa Statgraphics según la Tabla 34-3, para observar la tendencia de la blancura con las coordenadas a* y b* antes del blanqueo y después del blanqueo.

ANTES DEL BLANQUEO		
Promedio Blancura ISO	Promedio a*	Promedio b*
74,66	2,66	-6,50

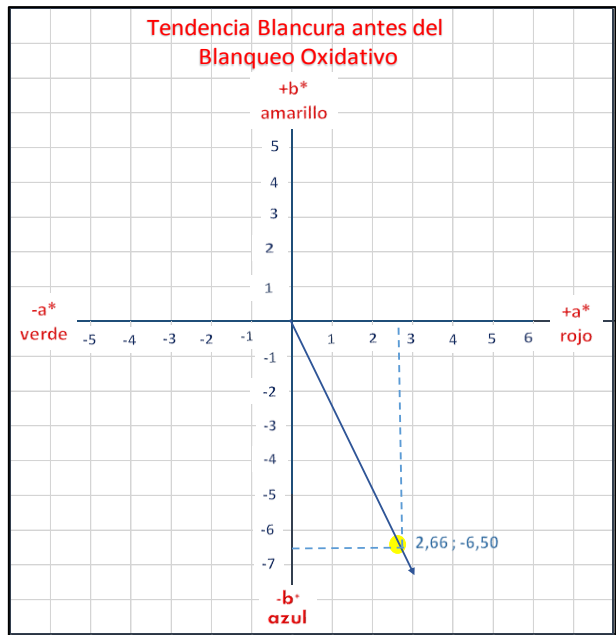


Gráfico 16-3 Tendencia Blancura antes del Blanqueo Oxidativo
 Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Tiene tendencia a la coordenada $-b^*$, a la tonalidad azul que a la vista se percibe un color más blanco.

DESPUES DEL BLANQUEO		
Promedio Blancura ISO	Promedio a^*	Promedio b^*
80,72	2,66	-6,51

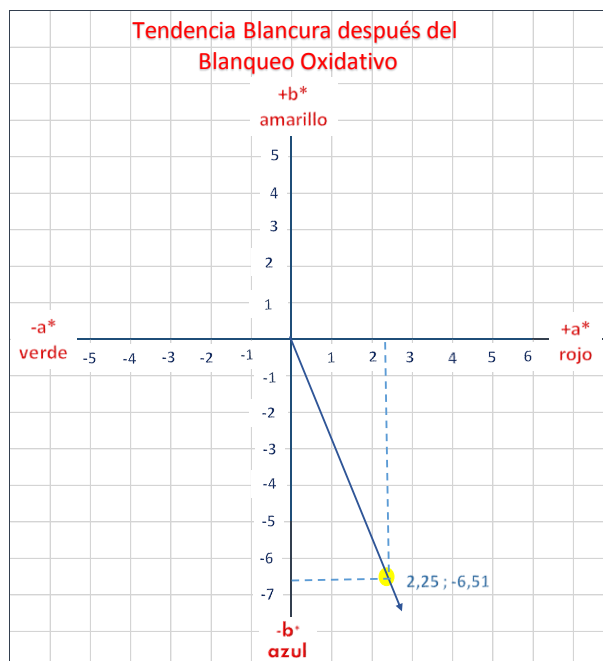


Gráfico 17-3 Tendencia Blancura después del Blanqueo Oxidativo
 Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Después de la reacción de blanqueo oxidativo la tendencia hacia la coordenada $-b^*$ aumenta, y el valor hacia la coordenada $+a^*$ disminuye, teniendo un valor de ganancia de blancura 6,06%.

3.6.1. Variables controladas durante la implementación.

Tabla 46-3 Datos de consistencias durante la implementación

Fecha	HORA	CONSISTENCIAS				Peróxido
		Tornillo Prensa	Kneader	Ent Torre	Sal Torre	Residual
01.06.2015	10:30	32,356	31,123	15,575	5,007	0,068
02.06.2016	10:30	31,087	30,32	13,608	2,634	0,085
03.06.2017	10:00	33,835	32,099	11,207	3,691	0,068
04.06.2018	10:00	34,984	30,17	13,765	3,966	0,136
05.06.2019	11:00	35,813	31,14	10,981	3,441	0,085
Promedio	-	33,615	30,9704	13,0272	3,7478	0,0884

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Tabla 47-3 Datos cabina pp5 durante la implementación.

Dosificaciones	Fechas					Prom
	01.06.2015	02.06.2015	03.06.2015	04.06.2015	05.06.2015	
Peróxido (ml/min)	640	640	640	640	640	640
Sosa (ml/min)	205	210	210	210	210	209,00
Estabilizador (ml/min)	15	15	15	15	15	15
Blanqueador Óptico(ml/min)	140	140	140	70	70	112
Kneader						
Consistencia (%) (25-35)	27,32	29,63	17,69	29,34	26,38	26,07
T° (°C) (70 - 80 °C)	74	69,45	70,41	70,75	71,6	71,24
PH	9,2	9,71	9,71	9,86	9,7	9,636
Potencia ()	110	110	110	110	110	110
Torre de Blanqueo						
Consistencia (%)	14,67	14,65	14,87	14,87	14,36	14,68
T° (°C)	73,78	65,27	71,23	75,85	79,67	73,16
Peróxido Residual	0,068	0,085	0,068	0,136	0,085	0,09
Nivel	60	57,45	61,08	68,94	62,57	62,01

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Tabla 48-3 Seguimiento de pH durante la implementación

Fecha	HORA	PH		
		Kneader	Ent Torre	Sal Torre
01.06.2015	12:30	9,402	8,853	8,408
01.06.2015	13:30	9,456	9,145	8,29
01.06.2015	14:30	MP	MP	MP
01.06.2015	15:30	9,483	9,108	8,344
01.06.2015	16:30	9,591	9,02	8,04
02.06.2015	10:30	9,76	9,255	8,207
02.06.2015	12:00	10,192	9,751	8,444
02.06.2015	13:00	9,811	9,475	8,33
02.06.2015	14:00	9,756	9,722	8,372
02.06.2015	15:00	9,696	9,659	8,372
02.06.2015	16:00	MP	MP	MP
03.06.2015	10:00	9,918	9,515	8,743

03.06.2015	12:00	10,339	10,108	9,007
03.06.2015	13:00	10,228	9,988	8,859
03.06.2015	14:00	10,174	9,851	8,723
03.06.2015	15:00	9,983	9,703	8,753
03.06.2015	16:00	9,704	9,33	8,66
04.06.2015	10:00	9,81	9,369	8,452
04.06.2015	11:00	9,715	9,168	8,229
04.06.2015	12:00	10	9,743	8,479
04.06.2015	13:00	9,9	9,505	8,257
04.06.2015	14:00	9,727	9,718	8,278
05.06.2015	11:00	10,105	9,908	8,617
05.06.2015	12:00	9,913	9,636	8,513
05.06.2015	13:00	9,796	9,49	8,351
05.06.2015	14:00	9,872	9,648	8,309
05.06.2015	15:00	9,902	9,798	8,379
05.06.2015	16:00	10,289	9,691	8,442
Promedios		9,866	9,545	8,456

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

3.6.1.1. Cálculo de flujos volumétricos

Los flujos volumétricos se calculan con los flujos másicos y la consistencia.

$$3,0 \frac{tn}{h} \times \frac{100m^3}{35 tn} = 8,57 \frac{m^3}{h} \text{ Flujo Volumétrico de la pasta del Kneader}$$

$$3,0 \frac{tn}{h} \times \frac{100m^3}{16,5 tn} = 18,17 \frac{m^3}{h} \text{ Flujo Volumétrico a la entrada de la Torre}$$

3.6.1.2. Cálculo del flujo de agua a la salida de la torre de calentamiento

El flujo de agua a la salida de la torre de calentamiento es la diferencia de Flujo Volumétrico a la entrada de la Torre menos Flujo Volumétrico de la pasta del Kneader.

$$18,17 \frac{m^3}{h} - 8,57 \frac{m^3}{h} = 9,6 \frac{m^3}{h}$$

3.6.1.3. Cálculo de la cantidad de fibra presente en la torre de blanqueo oxidativo.

Tabla 49-3 Datos con un flujo de 9,6 m³/h.

	PASTA DEL KNEADER	FLUJO DE SALIDA DE LA TORRE DE CALENTAMIENTO	PASTA A LA ENTRADA DE LA TORRE
Flujo Volumétrico (m ³ /h)	8.57	9,6	18,17
Consistencia (%)	35	0,001	16,5
Flujo másico (tn/h)	3.0	0,0001	3,0

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Cálculo del Volumen de la Torre de Blanqueo oxidativo

La capacidad de la torre de blanqueo oxidativo es de 20m³, se hace relación con el promedio del nivel de la Torre de Blanqueo Oxidativo de la Tabla 45-3.

$$\frac{62,01 \% \times 20 m^3}{100 \%} = 12,402 m^3$$

Una vez obtenido el volumen se multiplica por la consistencia Tabla 48-3, de la entrada de la Torre de Blanqueo Oxidativo.

$$12,402 m^3 \times \frac{16,5 tn}{100 m^3} = 2,046 tn \text{ de fibra en la Torre.}$$

3.6.1.4. *Medición de blancura en las hojas de mano elaboradas con la pasta.*

Tabla 50-3 Blancuras en pasta durante la implementación

	SIN QUIMICO						
	TORNILLO PRENSA						
FECHA	Blancura ISO	a*	b*	Blancura ISO	a*	b*	Promedio
01.06.2015	70,34	2,1	-2,96	70,57	2,03	-2,78	70,46
	70,89	2,15	-4	71,41	2,16	-4,01	71,15
02.06.2015	71,15	2,03	-2,94	70,46	2	-2,77	70,81
	70,18	2,07	-2,89	71,67	2,23	-2,99	70,93
03.06.2015	68,65	2,08	-2,82	68,97	2,12	-2,89	68,81
	70,87	2,5	-3,4	70,51	2,48	-3,41	70,69
04.06.2015	67,63	1,77	-2,68	66,08	1,76	-2,29	66,86
	70,98	2,19	-4,09	71,8	2,21	-4,2	71,39
05.06.2015	67,04	1,39	-2,07	65,88	1,4	-1,66	66,46
	67,91	1,98	-3,67	68,18	1,98	-3,87	68,05

CON QUÍMICO														
ENTRADA DE LA TORRE							SALIDA DE LA TORRE							
Blancura ISO	a*	b*	Blancura ISO	a*	b*	Promedio	Blancura ISO	a*	b*	Blancura ISO	a*	b*	Promedio	%Gan Blan
74,77	2,06	-3,71	74,61	2,04	-3,6	74,7	76,5	2,1	-4,34	76	2,09	-4,18	76,42	5,96
76,22	1,93	-3,81	76,69	1,98	-3,9	76,5	77,46	2,1	-3,85	78	2,1	-3,96	77,52	6,36
74,16	2,07	-3,52	74,64	2,08	-3,6	74,4	76,52	2,2	-4,08	77	2,26	-4,18	76,78	5,97
76,18	2,17	-3,89	75,5	2,15	-3,7	75,8	77,33	2,2	-4,01	77	2,22	-3,79	77,11	6,18
72,67	2,27	-3,4	75,76	2,2	-4,1	74,2	76,57	2,3	-4	77	2,3	-4,11	76,73	7,91
75,12	2,66	-4	74,45	-2,6	-3,9	74,8	76,21	3	-4,22	76	3,01	-4,32	76,26	5,57
72,88	1,57	-3,1	73	1,56	-3	72,9	74,75	1,7	-3,2	75	1,7	-3,19	74,86	8,01
75,72	2,05	-4,51	76,04	2	-4,4	75,9	77,39	2,2	-4,62	78	2,18	-4,61	77,78	6,39
70,92	1,14	-2,09	71,71	1,18	-2,3	71,3	71,51	1,2	-1,71	72	1,17	-1,66	71,77	5,31
69,46	1,41	-2,9	69,2	1,38	-2,8	69,3	71,33	1,5	-2,13	71	1,53	-2,28	71,32	3,27

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

3.6.1.5. Gráficas de tendencia de blancura con la coordenadas a^* Y b^* .

Tabla 51-3 Promedios de blancura en la pasta durante la implementación.

	BLANCURA ISO	a^*	b^*
TORNILLO PRENSA	69,56	2,03	-3,12
ENTRADA DE LA TORRE	73,99	1,66	-3,51
SALIDA DE LA TORRE	75,65	2,06	-3,62

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

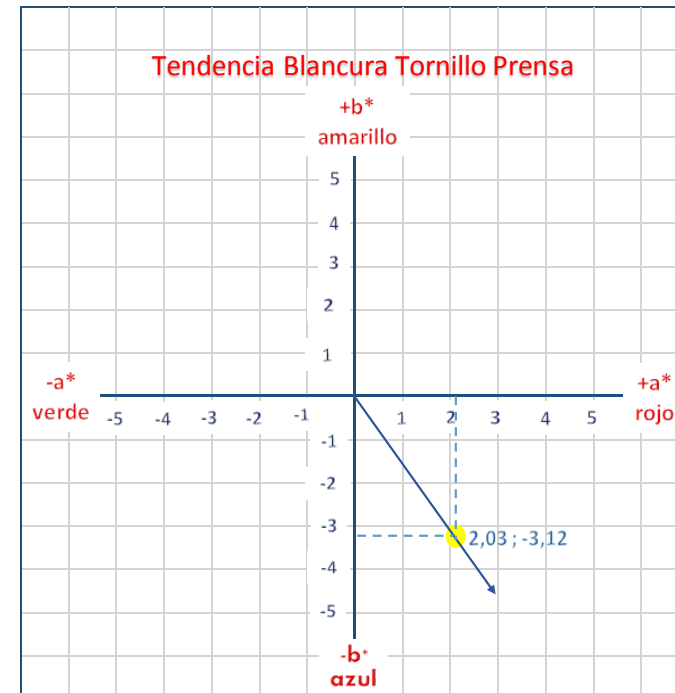


Gráfico 18-3 Tendencia de blancura en el tornillo prensa
Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

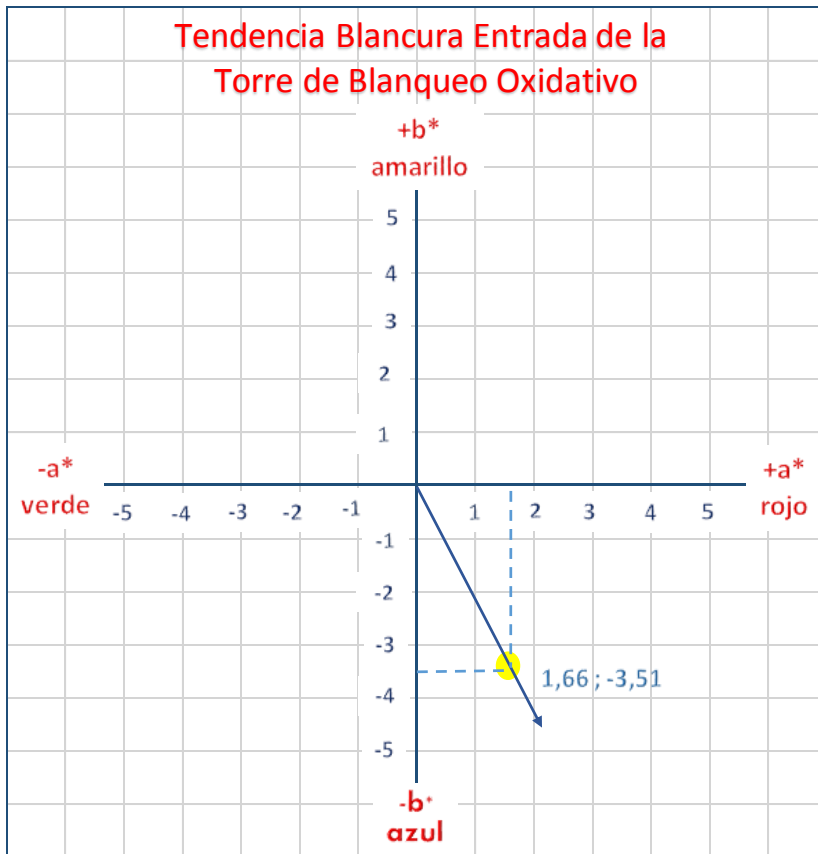


Gráfico 20-3 Tendencia de blancura a la Entrada de la Torre de Blanqueo Oxidativo.

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

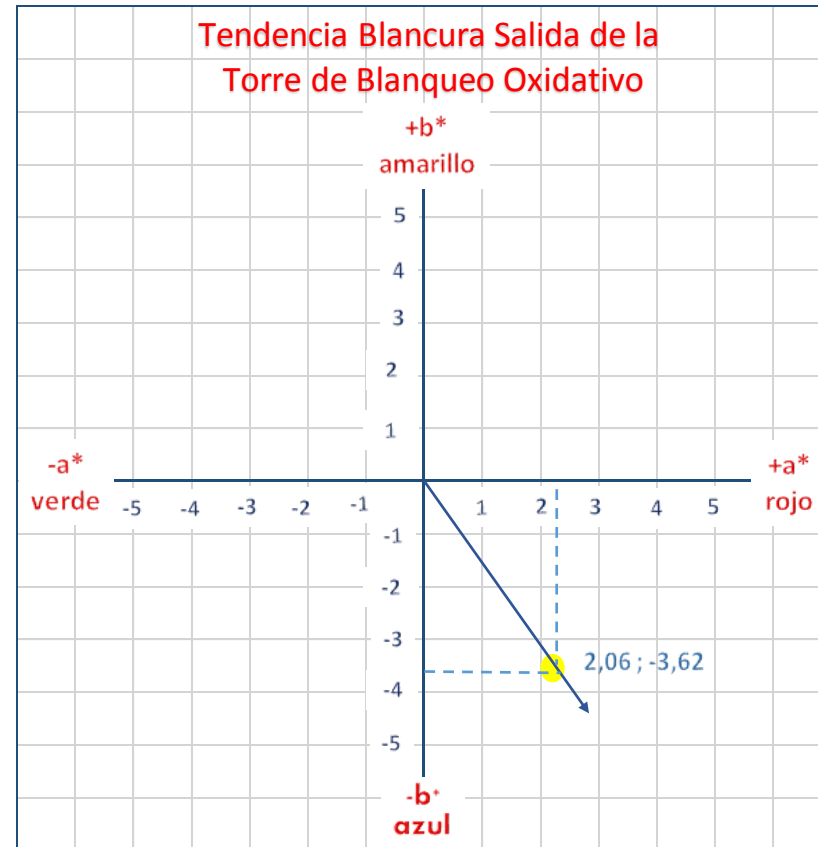


Gráfico 19-3 Tendencia de blancura a la Salida de la Torre de Blanqueo Oxidativo.

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

3.6.1.6. *Medición de blancura y puntos de tinta en producto terminado.*

Tabla 52-3 Datos de blancura en producto terminado durante los días de la implementación.

BLANCURAS				
01.06.2015	02.06.2016	03.06.2017	04.06.2018	05.06.2019
86,06	84,19	89,69	81,67	83,08
86,34	83,14	89,17	83,72	84,33
85,87	85,23	89,35	84,03	85,43
85,44	86,28	89,42	85,49	84,91
85,97	86,45	88,2	84,04	81,24
83,65	86,09	88,4	83,9	81,6
83,9	84,86	88,04	83,08	83,87
85,23	84,24	83,36	83,4	82,15
85,74	83,4	83,38	82,99	83,05
85,75	84,51	85,49	82,45	81,17
86,21	85,2	86,37	83,44	79,39
86,84	86,01	87,46	84,66	82,67
87,25	86,32	88,59	84,37	82,48
87,27	86,72	89,38	84,45	86,13
87,09	87,84	87,34	83,67	86,03
86, 82	89,37	87,35	84,43	86,98
86,35	89,45	87,46	84,08	84,13

86,55	89,22	88,67	84,41	81,85
85,96	88,69	89,59	84,74	
86,28	89,75	88,69	84,49	
85,53	88,79	89,21	84,98	
83,97	89,32	88,8	85,43	
84,05	88,74	88,89	85,49	
83,88	88,91	88,86	85,07	
83,66	88,41	87,99	85,5	
	88,41	87,1	84,69	
	87,5	84,6	83,57	
	88,43	83,76	82,22	
	88,43	84,78		
		86,29		
		81,29		
		81,86		

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

NOTA: Los datos de color amarillo son de la referencia 5036934, ya que se cambió de referencia y las blancuras bajan porque se cambia la materia prima.

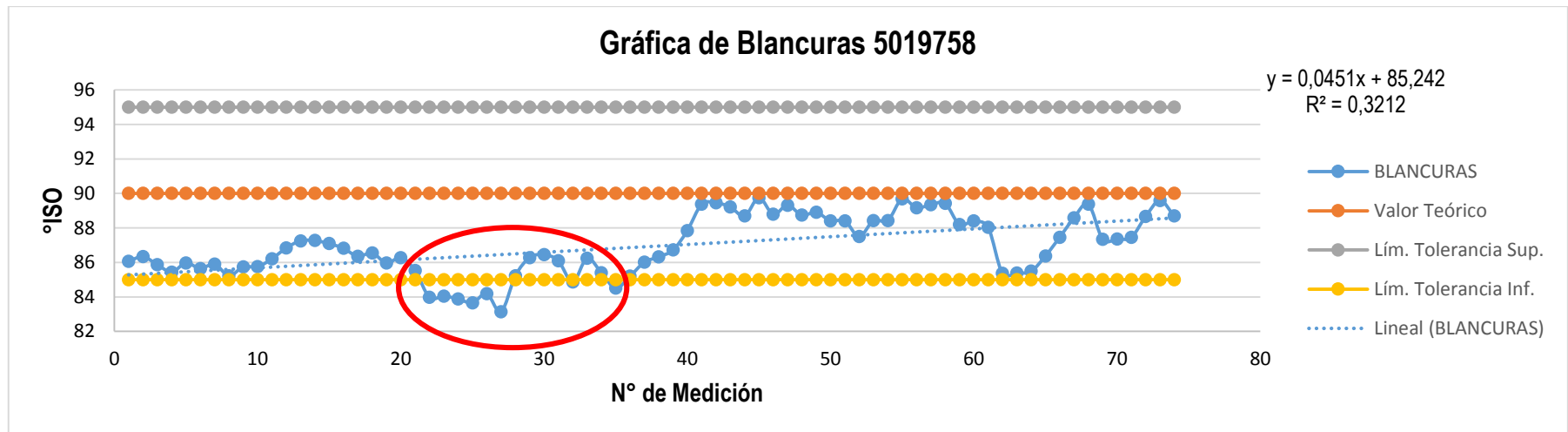


Gráfico 21-3 Datos de Blancura en producto Terminado durante los días de la implementación.
Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Promedio	88,14
Valor Max	89,75
Valor Min	85,36
Desviación	213,56

Tabla 53-3 Datos de ppm en producto terminado durante los días de la implementación.

PPM				
01.06.2015	02.06.2016	03.06.2017	04.06.2018	05.06.2019
135,00	72,00	86,00	120,00	175,00
128,00	95,00	108,00	110,00	200,00
85,00	150,00	85,00	120,00	175,00
155,00	108,00	75,00	148,00	140,00
130,00	135,00	96,00	150,00	125,00
220,00	125,00	120,00	128,00	125,00
145,00	85,00	130,00	95,00	130,00
120,00	65,00	70,00	110,00	220,00
132,00	110,00	68,00	115,00	140,00
150,00	78,00	88,00	94,00	130,00
98,00		70,00		125,00
120,00		84,00		
108,00				
60,00				

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

NOTA: Los datos de los días 4 y 5 son de la referencia 5036934 por lo que no se consideran para la gráfica de PPM.

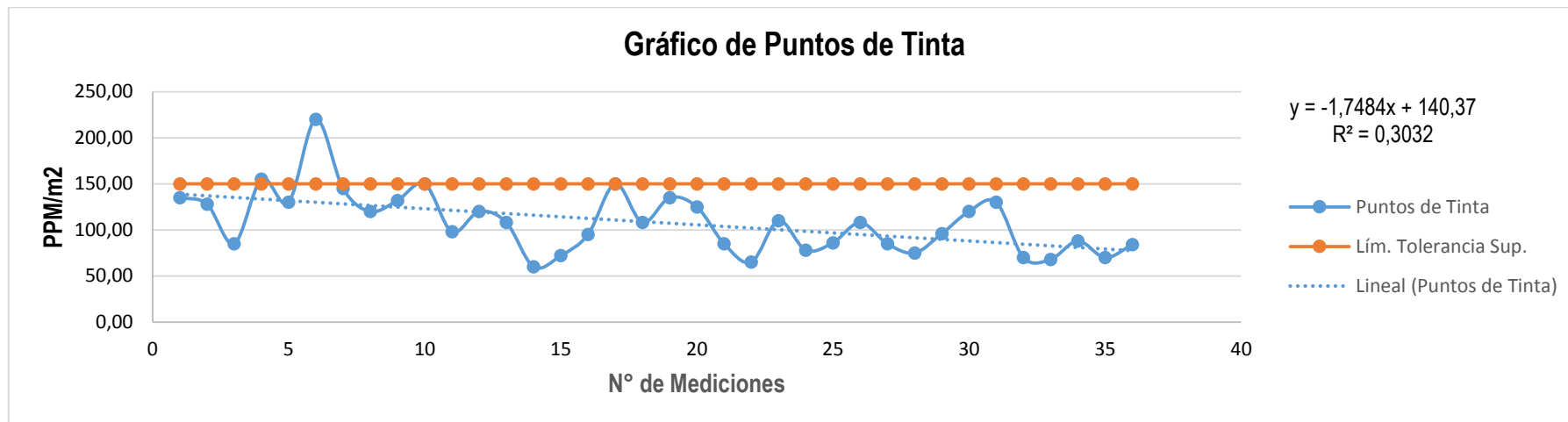


Gráfico 22-3 Gráfico de Puntos de Tinta durante los días de la implementación.

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Promedio	108,03
Valor Max	220,00
Valor Min	60,00
Desviación	39162,97

3.6.1.7. *Cálculo para la dosificación de químicos en el proceso.*

En la Tabla 12-3, se muestran las dosificaciones para un parámetro de 0,4 en g de químico / min; con las densidades Tabla 8-3; transformamos a ml de químico/ min.

Cálculo para la dosificación de NaOH

$$307,2 \frac{\text{g NaOH}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ ml}}{1,517 \text{ g NaOH}} = 202 \frac{\text{ml NaOH}}{\text{min}}$$

Que corresponden a $8,760 \frac{\text{Kg NaOH}}{\text{tn}}$ según la Tabla 11-3

Cálculo para la dosificación de H₂O₂

$$768 \frac{\text{g H}_2\text{O}_2}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ ml}}{1,2 \text{ g H}_2\text{O}_2} = 640 \frac{\text{ml H}_2\text{O}_2}{\text{min}}$$

Que corresponden a $21,9 \frac{\text{Kg H}_2\text{O}_2}{\text{tn}}$ según la Tabla 11-3

3.6.1.8. *Costos de las dosificaciones de químicos.*

Tabla 54-3 Precios de químicos

Químico	Precio × 100 Kg	Precio × Kg
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO 50%	\$ 44	\$ 0,44
SOSA CAÚSTICA 50%	\$ 69,12	\$ 0,6912
ESTABILIZADOR CARTÁN RCF	\$ 423,93	\$ 4,2393

Elaborado por: Vanessa Figueroa, junio 2015

Dosificación actual de los químicos.

- Costo del Peróxido de Hidrogeno

$$21,899 \frac{\text{Kg H}_2\text{O}_2}{\text{tn}} \times \$ 0,44 = \frac{\$ 9,64}{\text{tn}}$$

- Costo de la Sosa Cáustica

$$4,380 \frac{\text{Kg NaOH}}{\text{tn}} \times \$ 0,6912 = \frac{\$ 3,03}{\text{tn}}$$

Costos de la dosificación propuesta de los químicos.

- Costo del Peróxido de Hidrógeno

$$21,899 \frac{Kg H_2O_2}{tn} \times \$ 0,44 = \frac{\$ 9,64}{tn}$$

- Costo de la Sosa Cáustica o Hidróxido de sodio.

$$8,760 \frac{Kg NaOH}{tn} \times \$ 0,6912 = \frac{\$ 6,05}{tn}$$

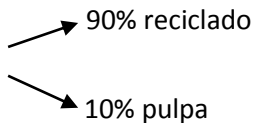
Comparación de costos

TONELADAS DE PAPEL PRODUCIDAS AL MES: 600 tn de papel

CANTIDAD DE FIBRA PERDIDA: 32%

$$\mathbf{RENDIMIENTO} = 1 - 0,32\% = 0,68 \%$$

$$\frac{600 \text{ tn}}{0,68} = 882,35 \text{ tn de materia prima}$$

De las 882,35 tn de materia prima 

$$882,35 \text{ tn} \times 0,10 \text{ pulpa} = 88,2 \text{ pulpa}$$

$$882,35 \text{ tn} \times 0,12 \text{ pulpa} = 105,84 \text{ pulpa}$$

El sobreconsumo de pulpa seria:

$$105,84 - 88,2 = 17,682 \text{ pulpa}$$

Costo por tonelada de pulpa: \$ 785

$$17,682 \text{ pulpa} \times \$ 785 = \mathbf{\$ 13880,37}$$

COSTO EXTRA DE HIDRÓXIDO DE SODIO: \$ 3,02

$$600 \text{ tn} \times \$ 3,02 = \mathbf{\$ 1812}$$

Hay un ahorro de \$12068.37 al implementar esta optimización

3.7. Análisis y discusión de resultados

En el diseño experimental de los parámetros obtenidos durante la caracterización una vez corridos los promedios de blancura en el programa Statgraphics, mediante el Gráfico 2-3; la Gráfica de Pareto y los gráficos de los Efectos Principales se puede asegurar que el efecto individual más significativo en la mejora de Blancura ISO es el Tiempo de Residencia.

Al tener mayor tiempo de residencia se prolonga el contacto de los químicos con la fibra. Según la Tabla 34-3, a medida que la Blancura ISO aumenta paralelamente las coordenadas a^* y b^* también aumentan, a^* tiene valores positivos revelando una tendencia cromática hacia el rojo, b^* tienen valores negativos tendiendo a la tonalidad cromática azulada. Las mayores ganancias de blancura son 6,06; 7,75 y 7,91%, el peróxido residual en la Tabla 32-3; tiene valores menores, todo esto para las corridas con más tiempo.

Otro efecto individual que también es significativo es el Parámetro de Alcalinidad aunque menor al Tiempo de Residencia, al dosificar mayor flujo de sosa cáustica se tiene un mejor medio alcalino para la formación del anión per hidroxilo, también se incrementa el valor del pH a la entrada de la torre de blanqueo.

A mayores valores de pH, hay más del anión per hidroxilo pero también más la descomposición del peróxido de oxígeno y agua, por lo cual se debe controlar el pH para que no sea muy elevado. La consistencia, resulto no ser tan significativa en la ganancia de blancura ISO pero es igual importancia, para el blanqueo oxidativo; se debe tener en cuenta que para las corridas se utilizó un rango de (12-15%), se debe controlar que no baje de estos parámetros; caso contrario no existirá mucha fibra para que reaccione con los químicos.

El programa Statgraphics nos da una ecuación con los parámetros más óptimos con que se obtendría una mejor blancura, reemplazando con los parámetros se obtendría una blancura de 80,54 °ISO en la pasta.

El Diseño experimental de los parámetros obtenidos de la investigación bibliográfica para blanqueo de pastas de papel reciclado, una vez corrido el programa Statgraphics, Gráfico 9-3, Gráfica de Pareto y las gráficas de los Efectos Principales se puede asegurar que el efecto individual más significativo en la obtención de la Blancura ISO es la Temperatura.

Según la Tabla 35-3, a^* tiene valores positivos revelando una tendencia cromática hacia el rojo, b^* tienen valores ligeramente negativos tendiendo a la tonalidad cromática azulada, las mayores ganancias de blancura son 9,96 y 9,74%.

Otro efecto individual significativo es el Parámetro de Alcalinidad aunque menor a la Temperatura, pero en la realización de los ensayos se observó que las pastas a las que se dosificó un parámetro de 0,6; tras haber reaccionado por un tiempo de 90 min, se tornaron amarillentas. Un Parámetro de Alcalinidad de 0,6 no sería recomendable, ni un tiempo muy extenso, así que estos parámetros no son óptimos para el proceso, aunque se obtuvieron valores altos en la ganancia de blancura pero la coordenada b^* es ligeramente negativa.

La ecuación proporcionada por el programa Statgraphics da los parámetros más óptimos para una mejor blancura, reemplazando con los valores se obtendría una blancura de 81,50 °ISO en la pasta. Por lo cual según el primer diseño las condiciones más óptimas para la blancura son: 70°C de temperatura, una consistencia del 15%; 0,4 de parámetro de alcalinidad y 60 min de tiempo de residencia.

Estos parámetros se aplicó al proceso de blanqueo oxidativo durante una semana para verificar si tienen el mismo efecto en el proceso real; los parámetros son los siguientes: 70 °C de temperatura, 15% de consistencia, un parámetro de 0,4 (640ml de H₂ O₂ y 202 ml de NaOH) por un tiempo de 60 min de contacto entre la pasta con los químicos.

Las blancuras en el producto final deben subir más ya que se añade la pasta de celulosa y el Blanqueador óptico que es un tipo de matizante que también ayuda a incrementar la blancura.

En la Tabla 49-3 se muestra las Blancuras ISO en pasta, la mayor ganancia de blancura es de 6,18 y 7,91%, las coordenadas a* presentan un valores positivos tendiendo a la tonalidad cromática roja y b* tiene valores ligeramente negativos pero tiende a la tonalidad azulada.

Luego de la implementación se tiene en el producto terminado para la referencia 5019758 un promedio de blancura ISO de 88,14; estándar (95±5)

CONCLUSIONES

- La caracterización del estado actual para comprender los procesos de dispersión y blanqueo oxidativo: el análisis de Puntos de tinta en el producto terminado tienen un promedio de 119,24 el límite máximo permisible es de 150, la consistencia en el Kneader tiene un promedio de 24,99% el estándar es (25 -35) %; la blancura tiene un valor promedio de 86,18 °ISO el estándar es (95±5), la consistencia a la entrada de la torre de blanqueo es de 11,82% el estándar (12-15) % y un pH de 8,10 el estándar (9,5- 9).
- En base a la caracterización se determinó las variables críticas que afectan a los procesos de dispersión y blanqueo oxidativo: para el proceso de dispersión: temperatura y consistencia; para el Blanqueo Oxidativo: temperatura, tiempo de retención, consistencia, parámetro de alcalinidad.
- Para la disminución de los puntos de tinta se cerró los dientes del cono de compresión en el Tornillo Prensa, para alcanzar la consistencia requerida. Después de la realización de los ensayos para minimizar la variabilidad de blancura se implementó al proceso los siguientes parámetros: 70 °C, consistencia de 15%, tiempo de residencia de 60 min; parámetro de alcalinidad de 0,4 (es decir con una dosificación de 202 ml NaOH/ min y 640 ml H₂O₂ / min).
- Al implementar los parámetros óptimos en el proceso de dispersión y blanqueo oxidativo los puntos de tinta en el papel tissue tienen un promedio de 108,03; límite máximo permisible según las especificaciones internas de la empresa es 150, se aumentó la dosificación de NaOH obteniéndose una blancura promedio en el papel tissue de 88,14 °ISO el estándar es (95±5).

RECOMENDACIONES

- Una alternativa para mejorar la tonalidad de blancura es implementar el blanqueo reductivo con hidrosulfito de sodio, después del blanqueo oxidativo.
- Controlar los Setpoints de tanque de dilución y la dosificación de los flujos de químicos, para evitar que la pasta tenga una consistencia baja y la variación de flujos de químicos.
- La materia prima que se utiliza es muy importante se debe evitar cualquier tipo de contaminantes porque estos afectan la blancura.
- La ganancia de blancura depende el comportamiento real del proceso, varía mucho de acuerdo con la materia prima que se utilice.

BIBLIOGRAFÍA

BECERRA AGUILAR, Bruno. *La máquina papelera: Formación y Vacío, Prensado y Secado.* 2ª ed. Pereira- Colombia, 2004, pp. 41-42.

ESTADOS UNIDOS. **TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY TAPPI.** *Brightness of Pulp, Paper, and Paperboard (Directional Reflectance at 457 nm)* TAPPI T 452:2002. Atlanta. EE.UU 2002. pp. 3-4

ESTADOS UNIDOS. **TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY TAPPI.** *Dirt in Pulp.* TAPPI T 213 om-01. Atlanta. EE.UU 2001. pp. 5-6

ESTADOS UNIDOS. **TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY TAPPI.** *Dirt in Paper and Paperboard.* TAPPI T 437 om-96. Atlanta. EE.UU 1996. pp. 10-11

FLECHAS ALARCÓN, Carlos Santiago. *Evaluación de Parámetros de Calidad y Planteamiento de Opciones que Conduzcan a la Optimización en el Proceso de Preparación de Pasta de Papel "Tissue" en la Planta de Grupo Familia S.A Cajicá.* [En línea] (Tesis Pregrado). Ingeniero Químico. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Bucaramanga-Colombia. 2010. pp 28-30. [Consulta: 28 de noviembre 2014]. Disponible en: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6690/2/136442.pdf>

FLORES ROZAS Gaspar, MELO SANHUEZA Roberto. [En línea]. *Blanqueo de pulpas de alto rendimiento con peróxido a presión.* [Consulta: 28 de noviembre 2014]. Disponible en: http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/07_RM.pdf

FUENTES LÓPEZ, Jhonattan. *Estudio de Secuencias de Blanqueo de Fibras Recicladas con Agentes Reductores Generados in – situ .* [En línea] (Tesis Pregrado). Ingeniero Químico. Universidad de Colombia. Facultad de Minas. Escuela de Procesos y Energía. Medellín-Colombia. 2008. pp. 24,25 [Consulta: 01 de junio 2014]. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/873/1/98773220_2009.pdf

GALLAND G, VERNAC Y. Bleaching of recycled pulp. *2nd Advanced Training Course on Deinking Technology.* Volumen 20. DV-160. 1995. Centre Technique du Papier. pp. 1-2

SUESS H.U, GROSSO M. *Historia del blanqueo de pulpas*. [En línea]. 2006 [Consulta: 01 de junio 2014]. Disponible en: <http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2006/4/el-futuro-de-la-produccion-de.pdf>

LACHENAL, Dominique. “Bleaching of recycled fibres Basic principles”. *2nd Advanced Training Course on Deinking Technology*, Volumen 19, DV-159, (1995), (Centre Technique du Papier), pp. 1-2-4-5-14-15.

LEÓN NIETO, Cindy Milena. FUENTES MEDINA, Michel Enrique. *Diseño de un Proceso para la Fabricación de Papel Reciclado Ecológico a Escala de Laboratorio usando Peróxido de Hidrógeno*. [En línea] (Tesis Pregrado). Ingeniero Químico. Universidad de Cartagena. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Química. Cartagena de Indias-Colombia. 2012. pp. 36- 40. [Consulta: 12 de junio 2015]. Disponible en: <http://190.25.234.130:8080/jspui/bitstream/11227/112/1/TESIS%20DE%20GRADO.pdf>

SINS, Véronique; GALLAND, Gérard. “Hot dispersion of deinked pulp”. *2nd Advanced Training Course on Deinking Technology*, Volumen 18, DV-158, (1995), (Centre Technique du Papier), pp. 1-2-8-9.

WONG D.F, SCHIMIDT J.A, HEITHER C. *Magnesium-based alkalis for hydrogen peroxide bleaching of mechanical pulps*. [En línea]. 2006. [Consulta: 01 de junio 2015]. Disponible en: http://h2o2.evonik.com/sites/dc/Downloadcenter/Evonik/Product/H2O2/227_Document.pdf

ANEXOS

ANEXO A. PROCEDIMIENTO INTERNO PARA LA DETERMINACIÓN DE PH

1. OBJETIVO

Determinar el pH de suspensiones fibrosas o pastas.

2. ALCANCE

Aplica para las muestras tomadas en el proceso de fabricación de papel.

3. DEFINICIONES

No aplica

4. RESPONSABILIDADES

Son responsables del cumplimiento del chequeo para determinar el PH el Personal Gestión de Calidad, operadores de la MP2, MP5, PPP2, PPP5 y Planta de Tratamiento de Agua.

5. GENERALIDADES

No aplica

6. PROCEDIMIENTO

6.1.1 Recoger la muestra del sitio correspondiente.

6.1.2 Lavar el electrodo varias veces con agua destilada.

6.1.3 Introducir el electrodo en la muestra y proceder a realizar la medición.

6.1.4 Dejar el electrodo en la muestra hasta que la lectura se estabilice, es decir aproximadamente 2 a 3 minutos

6.1.5 Registrar el resultado de PH en SAP transacción QE51N

6.1.6 Lavar el electrodo varias veces con agua destilada, para dejarlo listo para una nueva lectura.

6.2. EQUIPOS

6.2.1 LABORATORIO GESTION DE CALIDAD

- Peachímetro Mettler Toledo S47

6.2.2 LABORATORIO PLANTA DE PREPARACIÓN DE PASTA PPP5

- Peachímetro Hanna

6.2.3 LABORATORIO PLANTA DE PREPARACIÓN DE PASTA PPP2

- Peachímetro Hanna

7. CONTROL DE CAMBIOS

7.1 El ítem 6 de procedimiento se elimina “ y se procede a anotar el valor de pH” y se incrementa

7.2 Se incrementa el ítem 6.1.5 Registrar el resultado en SAP

7.3 Se incrementa la numeración de los pasos del procedimiento

ANEXO B. PROCEDIMIENTO INTERNO PARA LA DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO POR TITULACIÓN

1. OBJETIVO

Determinar la concentración del peróxido de hidrógeno por titulación.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica para la determinación de la concentración del peróxido de hidrógeno por titulación.

3. DEFINICIONES

PRINCIPIO DEL MÉTODO

Determinación indirecta de la concentración del peróxido de hidrógeno por medio de una titulación con tiosulfato sódico.

4. RESPONSABILIDADES

Son responsables del cumplimiento del chequeo de concentración del peróxido de hidrógeno por titulación el Jefe y Personal Gestión de Calidad

5. GENERALIDADES

No aplica

6. PROCEDIMIENTO

6.1 EQUIPOS Y MATERIALES

Pipetas volumétricas de 10 ml

Pipetas graduadas

Balón volumétrico de 1000 ml

Erlenmeyer de 250 ml

Bureta de 50 ml

Balanza

6.2 REACTIVOS

Agua destilada

Ácido Sulfúrico 1 N.

Yoduro de Potasio (KI.) 1 g.

Molibdato de Amonio al 2%.

Tiosulfato Sódico 0,1 N.

Almidón 0,5 % ó 1 %.

6.3 PROCEDIMIENTO

6.3.1 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Medir con pipeta volumétrica 10 ml del peróxido de hidrógeno, pasar a un balón volumétrico de 1000 ml enjuagando varias veces la pipeta con agua destilada. Tapar el balón cada que se vaya a agitar y completar el volumen del balón a 1000 ml (que no sobre pase el menisco o línea de enrase del balón volumétrico).

Tomar dos erlenmeyer de 250 ml y agregar a cada uno 40 ml de Ácido Sulfúrico 1N (medir con pipeta graduada), 1 g de Yoduro potásico y 3 o 4 gotas de Molibdato de Amonio al 2%. La solución se torna de color rojizo.

6.3.2 PREPARACIÓN DEL REACTIVO

Purgar o enjuagar 3 veces la bureta, con la solución de Tiosulfato sódico al 0,1 N. luego llenar la bureta con cantidad conocida y suficiente de Tiosulfato sódico al 0,1 N para la titulación y anotar el volumen exacto que contiene la bureta.

6.3.3 TITULACIÓN

Abrir la llave de la bureta y dejar gotear la solución de Tiosulfato sódico 0,2 N sobre el erlenmeyer que contiene la muestra diluida del peróxido de hidrógeno y agitar suavemente la muestra. Cuando se comience a ver un cambio de color a azul opaco, añadir 4 o 5 gotas de Almidón.

Continuar la titulación y cuando se comience a perder el color azul, adicionar la solución gota a gota hasta que desaparezca completamente, cerrar la llave de la bureta rápidamente y anotar el valor de gastado Tiosulfato sódico 0,2 N.

Titular la otra muestra igual que la anterior, anotando la cantidad exacta de Tiosulfato sódico 0,2 N que queda en la bureta.

Nota: La solución con la que se está titulando debe adicionarse gota a gota cuando esté cerca al cambio de color esperado. Si se adiciona una gota mas la concentración obtenida no es la correcta y el chequeo de concentración debe repetirse nuevamente.

6.4 CÁLCULOS

$$\text{Peróxido g/L} = V \times N \times 17$$

V = Volumen de Tiosulfato sódico gastado.

N = Normalidad de Tiosulfato sódico

17 = Constante

7. CONTROL DE CAMBIOS

7.1 El ítem 4 de Responsabilidades se remplaza el perfil de

- Jefe y Personal de Normas y Procesos **por** Jefe y Personal de Gestión de Calidad.

ANEXO C. PROCEDIMIENTO INTERNO PARA LA DETERMINACIÓN DE CONSISTENCIAS

1. OBJETIVO

Determinar la consistencia de la pasta.

2. ALCANCE

Aplica para las muestras tomadas en el proceso de fabricación de papel.

3. DEFINICIONES

No aplica

4. RESPONSABILIDADES

Son responsables del cumplimiento del chequeo de consistencia el Personal Gestión de Calidad, operadores de la PPP5, PPP2 y Planta de Tratamiento de Agua.

5. GENERALIDADES

No aplica

6. PROCEDIMIENTO

6.1.1 Se pesa el papel de filtro cualitativo y se anota su peso.

6.1.2 Se coloca el papel de filtro dentro del embudo para consistencia y esta se humedece un poco con agua.

6.1.3 Se llena el recipiente aforado a 100cc a ras y se llena con la muestra seleccionada.

6.1.4 Se depositan los 100cc de la muestra en el embudo que contiene el papel de filtro, cerciorándose de que esté completamente limpio sin residuos de otras mediciones y se espera a que el agua sea extraída por succión.

6.1.5 Se saca el papel de filtro con la muestra del embudo y se lleva al horno a una temperatura de 135 ± 5 °C por un período de 15 minutos para eliminar el agua sobrante.

6.1.6 Se saca el papel de filtro del horno y se deja enfriar unos cinco minutos.

6.1.7 Se calcula el valor de consistencia así:

Consistencia = Peso Final (Muestra seca + papel) – Peso Inicial (peso papel)

Si la muestra es muy espesa se toman 10 g y estos se diluyen con agua, en un vaso para homogenizar la muestra, y se procede a filtrar. Se procede igual que para las soluciones diluidas.

6.1.8 Se calcula el valor de consistencia así:

**Consistencia = Peso Final (Muestra seca + papel) – Peso Papel x100
Peso Muestra (10g)**

6.1.9 Este resultado se debe anotar en la respectiva hoja de para el chequeo en planta.

6.1.10 Se debe comparar este valor con el estándar según el tipo de producto. Ver Hoja de Producto según la referencia del producto. Si este valor está por fuera de especificaciones el

inspector de calidad avisa al Team Leader de la máquina y al operario de la planta de destintado para aplicar los correctivos necesarios.

6.2 EQUIPOS

6.2.1 LABORATORIO GESTION DE CALIDAD

- Horno Memmert, 220 °C.
- Balanza Ohaus 2000G.

6.2.2 LABORATORIO PLANTA DE PREPARACIÓN DE PASTA PPP5

- Horno Memmert, 220 °C.
- Balanza Ohaus 2000G.

6.2.3 LABORATORIO PLANTA DE PREPARACIÓN DE PASTA PP2

- Horno Memmert, 220 °C.
- Balanza Ohaus 2000G.

7. CONTROL DE CAMBIOS

7.1 El ítem 6 de Procedimiento se reemplaza la palabra

- Supervisor por Team Leader

ANEXO D. PROCEDIMIENTO INTERNO PARA LA FORMACIÓN DE HOJAS Y DETERMINAR BLANCURA

COPIA NO CONTROLADA

1. OBJETIVO

Realizar manualmente, hojas del material analizado para poder determinar su blancura.

2. DEFINICIONES

NO APLICA

3. CONTENIDO

3.2. ALCANCE

Aplica al papel reciclado y a las pulpas.

3.2 RESPONSABILIDADES

Son responsables del cumplimiento del procedimiento para formar hojas y determinar la blancura, el Jefe y Personal de Gestión de Calidad

3.3 CONTENIDO

- Para formar dos hojas a partir de una misma muestra, tomar el equivalente a 6 ± 0.5 g. de fibra libre de humedad, diluir a 2000 ml con agua destilada a temperatura ambiente y desintegrar (desfibrar) por 5 minutos.
- Dividir la suspensión homogenizada en dos porciones de 1000 mL, luego formar la hoja en el embudo buchner (filtrado al vacío), antes colocar en el e embudo una malla de formación de hoja, similar a la que se tiene en las máquinas papeleras
- Finalmente prensar la hoja formada cubriéndole antes con una malla y/o papel absorbente a manera de cojín.
- Una vez prensada la hoja, despegar con cuidado la malla colocada inicialmente, poner sobre un papel filtro y dejar secar la muestra en la estufa.
- Una vez secada la hoja formada se procede a tomar la lectura de blancura en el Daticolor 400TM después de 2 horas y antes de las 24 horas, debido a que esta cambia a medida que pasa el tiempo.
- Colocar las muestras (hojas) con la superficie satinada hacia arriba en número tal que no haya paso de luz entre ellas, evitando contaminar el área de lectura con los dedos.

RESULTADO:

Se realizan varias lecturas y se reporta el promedio de la mismas en grados de blancura (°ISO)

ANTECEDENTES:

TAPPI T205 m-58 Forming Hand Sheets for Physical Test of Pulp.

4. CONTROL DE CAMBIOS

NO APLICA

ANEXO E. PROCEDIMIENTO INTERNO PARA LA DETERMINACIÓN DE PUNTOS NEGROS EN EL PAPEL

1. OBJETIVO

Determinar la cantidad de puntos negros en el papel en términos de área negra equivalente por estimación numérica de la suciedad.

2. ALCANCE

Aplica a la muestra de papel tomada para el chequeo.

3. DEFINICIONES

No aplica

4. RESPONSABILIDADES

Son responsables del cumplimiento del método de chequeo para la determinación de puntos negros en el papel, el Jefe y Personal Gestión de Calidad y Personal Operativo.

5. GENERALIDADES

No aplica

6. PROCEDIMIENTO

La muestra de papel es analizada por su cara suave, la cual es iluminada por una barra móvil que emite una luz fluorescente, esta crea una imagen óptica, la cual es reflejada por un lente y sistemas de espejos, hacia el sensor de detección con el que cuenta el escáner.

La imagen digital se crea línea por línea basándose en una gama de 256 grises. Esta es enviada al computador para ser sometida a un algoritmo de contraste de grises detectando así el contenido de suciedad o puntos negros presentes en la imagen de la muestra analizada.

Los puntos negros son definidos como la materia extraña y que tiene un contraste de color muy definido respecto al resto de la hoja y un área negra equivalente de 0.004 mm^2 o mayor.

El área negra equivalente (EBA) de una pequeña mancha de suciedad, se define como el área de un punto en un trasfondo blanco de la Carta de Suciedad estándar TAPPI 1942 que da la misma impresión visual en un trasfondo como lo hace la manchita de suciedad en el trasfondo particular donde está empotrado.

Este método de evaluación de la cantidad de puntos negros solo se debe aplicar a papeles blancos como el Familia Blanco ó similares. No utilice este método para evaluar papel coloreado.

6.1 EQUIPO

6.1.1 Escáner EPSON. Expresión 1680.

6.1.2 Software: Speck Check 2

6.2 Preparación de la muestra

6.2.1 Molinos

6.2.2. Una vez el rollo sale del molino, corte con una cuchilla una muestra de una hoja del ancho del rollo por 50 cm. de longitud.

6.2.3 Doble la muestra de papel tomada en mitades sucesivas, en sentido transversal hasta obtener 8 hojas.

6.2.4 Sobre una mesa coloque la muestra de papel doblada y sobre ella el molde patrón de 17 x 36.8 cm. y corte por el perímetro del molde.

6.2.5 Producto terminado

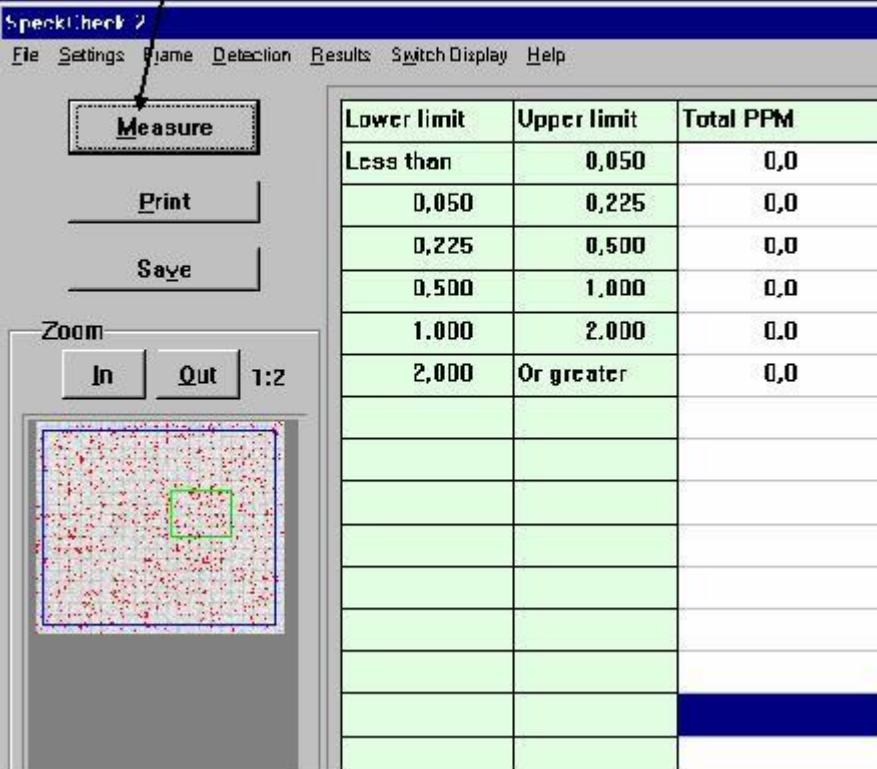
6.2.6 Tome la hoja de papel de tal manera que esta permita, cortar la muestra con un área mínima que ajuste al ancho del scanner.

6.3 PROCEDIMIENTO

6.3.1 Ubique una hoja de 1/16 del grupo de 8 hojas de papel en el scanner con el lado más suave contra la pantalla y contra el extremo superior, centrando la hoja transversalmente.

6.3.2 De un clic sobre la palabra **Measure** y permita que el scanner haga el conteo de puntos.

Medir muestra



The screenshot shows the 'Speckcheck 2' software interface. A menu bar at the top includes 'File', 'Settings', 'Frame', 'Detection', 'Results', 'Switch Display', and 'Help'. On the left side, there are three buttons: 'Measure', 'Print', and 'Save'. Below these is a 'Zoom' section with 'In', 'Out', and '1:2' buttons. The main window displays a speckled paper sample with a green rectangular measurement area. An arrow points from the 'Measure' button to the text 'Medir muestra' above it.

Lower limit	Upper limit	Total PPM
Less than	0,050	0,0
0,050	0,225	0,0
0,225	0,500	0,0
0,500	1,000	0,0
1,000	2,000	0,0
2,000	Or greater	0,0

6.3.3 Si el área no aparece bien delimitada o hay formación de arrugas en la hoja de papel, haga clic sobre la palabra **Results** y elija la opción **Delete last measurement** (Borrar la última medición). El programa pregunta si usted está seguro de hacerlo, presione **Yes**.

6.3.4 Reubique la hoja y presione nuevamente **Measure**. La lectura se realiza en el equipo, y aparece en pantalla el siguiente mensaje.

Lower limit	Upper limit	Total PPM	Total Count / sqm	Total Count
Less than	0,050	0,0	0	0
0,050	0,225	0,0	0	0
0,225	0,500	0,0	0	0
0,500	1,000	0,0	0	0
1,000	2,000	0,0	0	0
2,000	Or greater	0,0	0	0

6.3.5 Si el área está bien delimitada, baje la hoja escaneada y coloque la siguiente y así sucesivamente hasta terminar.

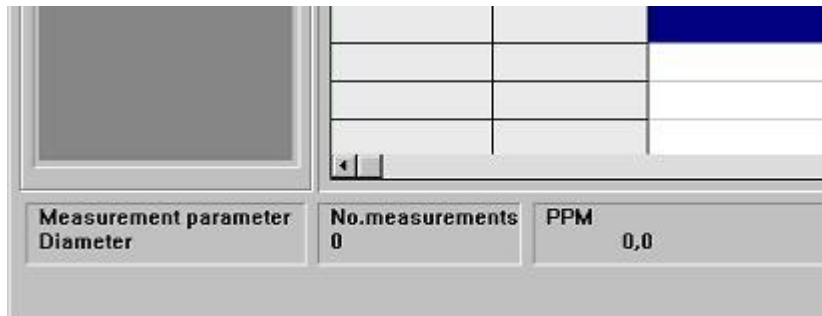
6.3.6 El número de hojas escaneadas aparece en la parte inferior de la pantalla.

Se realizan 8 mediciones. **No Measurements**

6.3.7 Si el área está bien delimitada, baje la hoja escaneada y coloque la siguiente y así sucesivamente hasta terminar.

6.3.8 El número de hojas escaneadas aparece en la parte inferior de la pantalla.

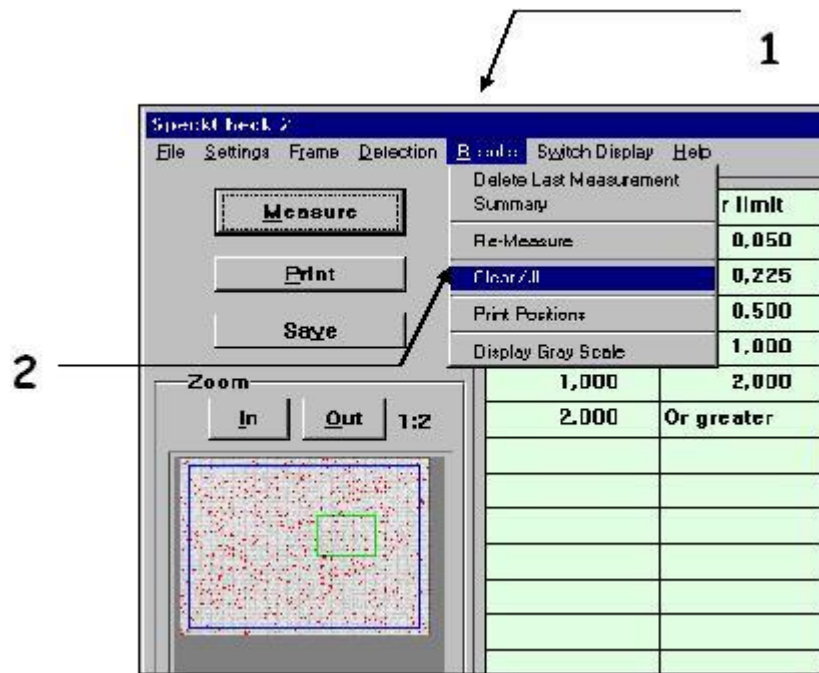
Se realizan 8 mediciones. **No Measurements**



6.3.9 Una vez terminado el grupo de hojas de la muestra imprima los resultados, haga clic sobre **Print**

6.3.10 No borre la información ingresada hasta que la impresora no termine de trabajar.

6.3.11 Una vez tenga la impresión, presione la palabra **Results** y de la orden **Clear all** (Borrar todo). El programa preguntará si usted está seguro de ello. Presione **Yes**.



6.3.12 Ahora el equipo queda listo para realizar un nuevo conteo de puntos de suciedad de otra muestra. Proceda de igual forma.

6.4 REPORTE DE RESULTADOS

6.4.1 Se reporta el total de puntos registrados en la tabla Summary Statistic en Item PPM

6.5. INFORMACIÓN ADICIONAL

6.5.1. Encendido de la PC y Entrada al Software Speck Check 2.

6.5.2. Encienda el regulador de voltaje. (posición on).

6.5.3 Encienda la CPU y luego el monitor.

6.5.4 Cuando el sistema lo indique presione simultáneamente las teclas **Control + ALT + Supr.**

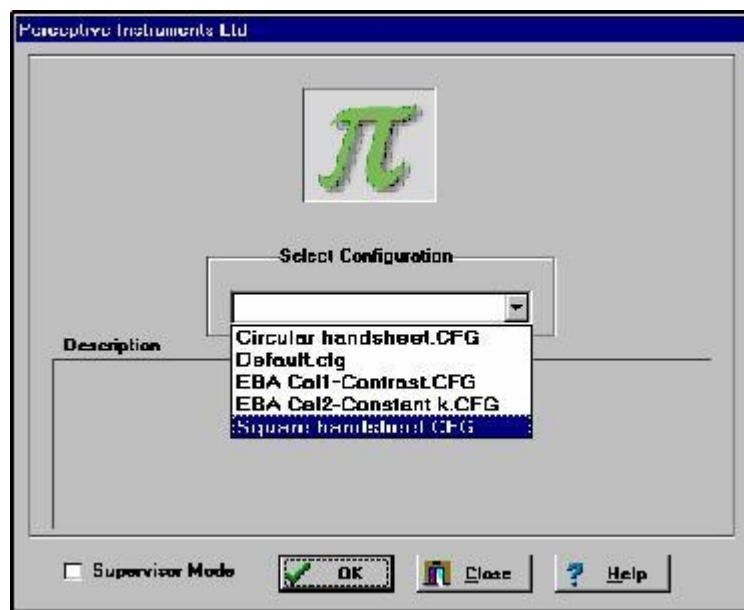
6.5.5 Ingrese la clave: (En el caso de disponerse de ella)

6.5.6 Estando ya en el menú principal, haga doble clic sobre el icono

Speck Chk2.

(Encienda el regulador de voltaje. en posición ON. Cuando disponga de el.

6.5.7 Cuando ya se haya abierto el programa, aparecerá la ventana **Perceptive Instruments Ltd.** Seleccione la configuración **Square handsheet CFG** moviendo el cursor hasta que esté resaltada de color azul. Haga clic sobre ella. De un clic en OK.



6.6. ANEXOS

6.1 Configuración del Programa

1.	video Mode:	Normal
2.	Shade Compensation:	Off
3.	Scan Resolution:	600
4.	Display Resolution:	x5
5.	Window X Start:	0.0
6.	Window Y Start:	0.0
7.	Window X Size:	3.4
8.	Window Y Size:	3.8
9.	Type of frame:	Rectangle
10.	Square frame Width:	6.1
11.	Square Frame Height:	7.2
12.	Save Calibration:	No
13.	Size file in use:	0.02 - 5 .siz
14.	Brightness Pre Scan:	On

6.2 Distribución de área negra por tamaño del punto negro.

6.2.1 La distribución del área negra por tamaño del punto negro la realiza el software sumando los rangos de acuerdo a la distribución que muestra en pantalla.

Tabla 1. Distribución de puntos negros por tamaño del punto negro mostrados en pantalla.

Lower limit	Upper limit	Total PPM	Total Count / sqm	Total Count
Less than	0,050	0,0	0	0
0,050	0,225	0,0	0	0
0,225	0,500	0,0	0	0
0,500	1,000	0,0	0	0
1,000	2,000	0,0	0	0
2,000	Or greater	0,0	0	0

6.2.2 Distribución de puntos negros por tamaño del punto negro realizado por el software.

6.2.3 La distribución de puntos negros aparece al final de la hoja del reporte entregado por el software.

6.7. REFERENCIAS

6.7.1. TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRIES. Dirt in Pulp. New York, TAAPI, 1977 (Standards and Suggest methods TAPPI T 213 os-77).

6.7.2 TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRIES. Equivalent Black Area (EBA) and Count of Visible Dirt in Pulp, Paper and Paperboard by Image Analysis. New York, TAAPI, 1999 (Standards and Suggest methods TAPPI T 563 pm-56).

7. CONTROL DE CAMBIOS

7.1 El ítem 4 de Responsabilidades se reemplaza el perfil de

- Jefe y Personal de Normas y Procesos **por** Jefe y Personal de Gestión de Calidad

T 213 om-01

SUGGESTED METHOD – 1936
OFFICIAL STANDARD – 1977
OFFICIAL TEST METHOD – 1985
REVISED – 1989
REVISED – 1997
REVISED – 2001
©2001 TAPPI

The information and data contained in this document were prepared by a technical committee of the Association. The committee and the Association assume no liability or responsibility in connection with the use of such information or data, including but not limited to any liability under patent, copyright, or trade secret laws. The user is responsible for determining that this document is the most recent edition published.

CAUTION:

This Test Method may include safety precautions which are believed to be appropriate at the time of publication of the method. The intent of these is to alert the user of the method to safety issues related to such use. The user is responsible for determining that the safety precautions are complete and are appropriate to their use of the method, and for ensuring that suitable safety practices have not changed since publication of the method. This method may require the use, disposal, or both, of chemicals which may present serious health hazards to humans. Procedures for the handling of such substances are set forth on Material Safety Data Sheets which must be developed by all manufacturers and importers of potentially hazardous chemicals and maintained by all distributors of potentially hazardous chemicals. Prior to the use of this method, the user must determine whether any of the chemicals to be used or disposed of are potentially hazardous and, if so, must follow strictly the procedures specified by both the manufacturer, as well as local, state, and federal authorities for safe use and disposal of these chemicals.

Dirt in pulp

1. Scope

1.1 This method (1,2) is adapted to the numerical estimation of dirt in pulp and recycled pulps in terms of equivalent black area.

1.2 The results will differ from those obtained by TAPPI T 246 "Foreign Particulate Matter in Pulp by Transmitted Light (w/d)" in that it is the contrasting color of foreign matter rather than its opaqueness that affects the result.

1.3 An automated procedure for dirt count can be found in TAPPI T 563 "Equivalent Black Area (EBA) and Count of Visible Dirt in Pulp, Paper, and Paperboard by Image Analysis." Both this procedure and T 563 are based on Equivalent Black Area (EBA) measurement.

2. Significance

2.1 This method provides a test for estimating the amount of dirt in pulps including recycled pulps to help the mill meet its needs for production of fine or other speck free papers.

2.2 The estimated equivalent black area of a gray or colored speck is smaller than its actual area, in inverse proportion to the intensity of its color contrast with its background. Thus, the equivalent black area of a black spot in a nonbleached pulp would be considerably smaller than its actual area because its appearance would not be as pronounced as it would be if it were in a white pulp.

3. Definitions

3.1 *Dirt* is defined as foreign matter in a sheet which, when examined by reflected, not transmitted light, has a marked contrasting color to the rest of the sheet and has an equivalent black area (see 3.2) of 0.04 mm² or more.

3.2 *Equivalent black area (EBA)* of a dirt speck is defined as the area of a round black spot on a white background of the TAPPI Dirt Estimation Chart which makes the same visual impression on its background as does the dirt speck on the particular background in which it is embedded.

4. Apparatus

4.1 *Dirt Estimation Chart*¹ (see Fig. 1). The actual chart is a photograph approximately 3 1/2 in. × 5 in. (89 mm × 127 mm) of a series of round black spots of various areas on a white background such that using an instrument and method in accordance with TAPPI T 432 "Brightness of Pulp, Paper, and Paperboard (Directional Reflectance at 457 nm)" the reflectance of the white background is $81.5 \pm 1.0\%$ and that of the black dots is $2.4 \pm 0.4\%$. In accordance with Graff's findings (2) all the round spots on the present chart, except those listed, are correct to within 10% or 0.005 mm^2 , whichever is the larger. For special accuracy, these designated areas should be changed to those given in parentheses: 1.00 (1.08); 0.80 (0.76); 0.60 (0.58); 0.40 (0.42); 0.30 (0.31); 0.25 (0.26); 0.20 (0.21); 0.15 (0.16); 0.10 (0.11); 0.09 (0.10). It is the same as for TAPPI T 437 "Dirt in Paper and Paperboard." Only the round spots are used for the analysis.

4.1.1 Plastic-covered cards, transparencies, xerographic copies, or printed charts will not give equivalent results and must not be used in this method.

4.1.2 Only the round spots are used for the analysis.

4.1.3 For highly precise work, the spot sizes can be measured microscopically and correction factors can be developed and used as indicated by Graff (2).

4.2 *Illumination*. Lighting arrangements to give about 535 lm/m^2 (about 50 fc) of white or daylight light on the specimens. Since the light affects equally the appearance of both the dirt specks and the comparison spots on the charts, the intensity of illumination is not critical. For grooved pulp sheets, care should be taken to position the light source so that the pulp ridges do not cast shadows.

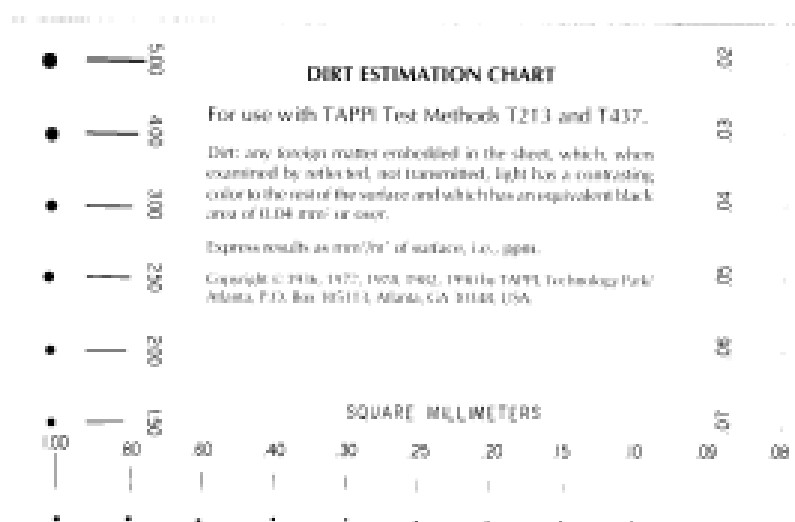


Fig. 1. Dirt Estimation Chart

5. Sampling and test specimens

5.1 Obtain a sample selected in accordance with a predetermined sampling procedure.

5.1.1 *Sheets*. Select at least 10, preferably 20 or more, sheets, each sheet (specimen) having an exposed area on each side of a least 1500 cm^2 . Sheets taken from the usual pulp bale are suitable.

5.1.2 *Disks*. Select a sufficient number of 75- or 100-mm (3- or 4-in.) diameter disks, one taken from each single bale of the shipment being tested for moisture with the boring method. Divide the disks into 10 groups, each

¹ Available for purchase from TAPPI.

group having a total exposed area of 570 or more cm^2 . With disks, the lesser area is allowable because of more extensive sampling.

5.1.3 *Sheet*. Take a sample and form into specimen sheets on a filter paper in a Büchner funnel or in a carefully cleaned sheet machine. Make a sufficient number of sheets with a grammage of at least $200\text{g}/\text{m}^2$ so that they have an exposed area of at least 4000 cm^2 on both sides together. It is essential to take special care to clean thoroughly all the sampling equipment and containers before use, and to use clean water. Dry the specimen sheets in any convenient manner, again taking great care to avoid contamination.

5.1.4 *Crumb*. Flash-dried or crumb-type pulp may be tested as slush pulp after slushing it with water. Provide just enough agitation to break up all stock lumps prior to forming sheets.

6. Procedure

6.1 Clean pulp

6.1.1 Examine both sides of the specimens in a dust-free place, preferably on a bench top covered with a large sheet of clean paper and after making sure that the hands are clean. View the pulp sheets at right angles to its general surface direction.

NOTE 1: This is particularly important for grooved pulp sheets since the sheet area is calculated by simple geometry and ignores the increased area of the sheets caused by the grooves. If the sheet and its dirt specks are viewed from an angle normal to the general surface direction of the sheet, the effect of the grooves tends to be canceled.

6.1.2 Carefully brush away any loose surface dirt specks. Check each remaining dirt speck that has an EBA of 0.04 mm^2 or larger. Record the EBA of each dirt speck in square millimeters. When estimating the EBA of a colored speck or a black speck on a white or colored sheet, proceed to select from the TAPPI Chart, with its white background, an appropriate black spot that is equally noticeable. If they have the noticeability or EBA, both the speck and the selected spot becomes indistinguishable at the same distance when moved away from the eyes or disappear together when observed through a film that scatters light slightly, that is, a film similar to a transparent glassine paper but more uniform.

NOTE 2: During the count, if an odd piece of dirt is encountered, which is obviously unusual, e.g., crushed insect or a blotch of dirt which is definitely determined as not being representative of the shipment (ascertained by looking over additional sheets), ignore it.

NOTE 3: A shive can be defined here as a dirt speck having an aspect ratio of at least 3 to 1. Shives may be counted as dirt specks if they are visible when viewed at an angle normal to the general direction of the pulp sheet, or they may be recorded separately if this information is needed.

6.2 Dirty pulp

6.2.1 If pulp is dirty and a variety of dirt specks are visible on the specimen sheets, the specks may be numerous enough to render tedious the examination of the required area of the sample. In such a case select a particular reference spot on the TAPPI Chart that has an EBA such that there will be on the average at least one such sized speck, or larger, to be found on each 500 cm^2 of the exposed surface of the specimens. (The size of reference spots selected might vary from 0.08 mm^2 for fairly clean pulp to 0.25 mm^2 or more for a dirty pulp.) Make a mask for a sheet of the pulp approximately the color and size of the specimen sheets, having an opening at its center, or a corner cut away, of one-fifth of its area.

6.2.2 Examine both sides of the specimens in a dust-free place. View the pulp sheet at right angles to its general surface direction. See Note 1.

6.2.3 Without using the mask, carefully brush away loose surface dirt. Then check each remaining dirt speck that has an EBA equal to or greater than that of the reference spot selected. Record the EBA of each speck in square millimeters.

6.2.4 Using the mask, check each dirt speck on the exposed pulp surface that is smaller than the reference spot and equal to or greater than 0.04 mm^2 . Record the EBA of each dirt speck in square millimeters.

7. Calculations

7.1 Clean pulp

7.1.1 Using simple geometry, measure the total area of both sides of the specimen sheets and record as square meters. Ignore the increased sheet area caused by grooves. Total the EBA of the dirt specks on both sides and record in

square millimeters. Calculate the total square millimeters of dirt per square meter of surface examined.

7.2 *Dirty pulp*

7.2.1 Using simple geometry, measure the total area of both sides of the specimen sheets and record as square meters. Calculate EBA of the dirt specks on both sides by totaling the EBA of the larger specks on the entire area examined and adding 5 times the EBA of the smaller specks observed in 6.2.4. Calculate the total square millimeters of dirt per square meter of surface examined.

8. Report

Report the average dirt in terms of the square millimeters of equivalent black area of dirt per square meter of surface examined, i.e., in parts per million, for both sides of the pulp sheets, to two significant figures. State the area and the number of specimen sheets examined.

9. Precision

9.1 The following estimates of precision are based on limited experience with three lots of pulp that had dirt levels ranging between 1 and 5 mm²/m². These lots were tested on pulp sheets in four different laboratories.

9.2 Repeatability (within a laboratory) = 15%.

9.3 Reproducibility (between laboratories) = 90%.

9.4 These data are for relatively clean pulps. The method rapidly loses precision as the dirt count increases.

The precision is poor because of differences in operator judgement. The technique is useful in spite of the poor precision because it is the best available method and because of the importance of the measurement.

10. Keywords

Dirt, Equivalent black area, Pulp

11. Additional information

11.1 Effective date of issue: September 3, 2001.

11.2 This method was revised in 1939, 1943, 1965, and 1977. It now contains a statement of precision.

11.3 This test will take about 1.5 h to check both sides of 20 fairly clean pulp sheets (dirt level about 3 mm²/m²) cut as in 5.1.1.

11.4 Related methods: TAPPI T 437, T 563, ISO 5350/1, ISO 5350/2.

References

1. Clark, James d'A., Von Hamburg, R. S., and Knoll, R. J., "The Estimation of Dirt and Shives in Pulp and Paper," *Paper Trade J.* **96** (3): 40 (1933).
2. Graff, J. H., and Nilson, E. K., "A Chart for the Estimation of Dirt in Pulp and Paper," *Tech. Assoc. Papers* **25**: 331 (1942); *Paper Trade J.* **114** (21): 61 (1942).

Your comments and suggestions on this procedure are earnestly requested and should be sent to the TAPPI Director of Quality and Standards. ■

T 437 om-96

SUGGESTED METHOD – 1938
 REVISED – 1978
 OFFICIAL TEST METHOD – 1985
 REVISED – 1990
 REVISED – 1998
 © 1998 TAPPI

The information and data contained in this document were prepared by a technical committee of the Association. The committee and the Association assume no liability or responsibility in connection with the use of such information or data, including but not limited to any liability or responsibility under patent, copyright, or trade secret laws. The user is responsible for determining that this document is the most recent edition published.

Dirt in paper and paperboard

1. Scope

This method (1-3) is suited for the visual estimation of dirt in paper or paperboard in terms of equivalent black area. For dirt in pulp, see TAPPI T 213 "Dirt in Pulp."

2. Definitions

2.1 Dirt in paper or paperboard is defined as any foreign matter embedded in the sheet, which, when examined by reflected, not transmitted, light has a contrasting color to the rest of the surface and has an equivalent black area of 0.04 mm² or over.

2.2 The equivalent black area of a dirt speck is defined as the area of a round black spot on the white background of the TAPPI Dirt Estimation Chart that makes the same visual impression on its background as does the dirt speck on the particular background in which it is embedded.

3. Significance

3.1 The method provides a measure of the apparent dirt area of a white or a colored sheet, affecting its aesthetic appearance.

3.2 The estimated equivalent black area of a gray or colored speck is smaller than its actual area, in inverse proportion to the intensity of its color contrast with its background. Thus the equivalent black area of a black spot in a brown paper would be considerably smaller than its actual area because its appearance would not be as pronounced as it would be if it were embedded in a white sheet.

3.3 This method differs from T 537 "Dirt Count in Paper and Paperboard (OCR)," where each dirt speck is counted, regardless of size, shape or color.

4. Apparatus

4.1 *Dirt estimation chart*¹, (see Fig. 1). The actual chart is a photograph approximately 3 1/2 in. x 5 in. (89 mm x 127 mm) of a series of round black spots of various areas on a white background such that using an instrument and method in accordance with TAPPI T 452 "Brightness of Pulp, Paper, and Paperboard (Directional Reflectance at 437 nm)" the reflectance of the white background is 81.5 ± 1.0% and that of the black dots is 2.4 ± 0.4%. In accordance with Graff's findings (4) all the round spots on the present chart are correct to within an average 10% or 0.005 mm².

¹ Available for purchase from TAPPI.

whichever is the larger. The dirt estimation chart is intended for use on this method only. The chart is sufficiently precise within the limits of human visual acuity. It is not intended for use as a calibration standard on high resolution image analyzers.

4.1.1 Plastic-covered cards, photocopies, or printed charts other than the TAPPI Dirt Estimation Chart print, do not give equivalent results (5). Transparent dirt estimation charts must not be used.

4.1.2 Only the round spots are used for analysis (see 11.5).

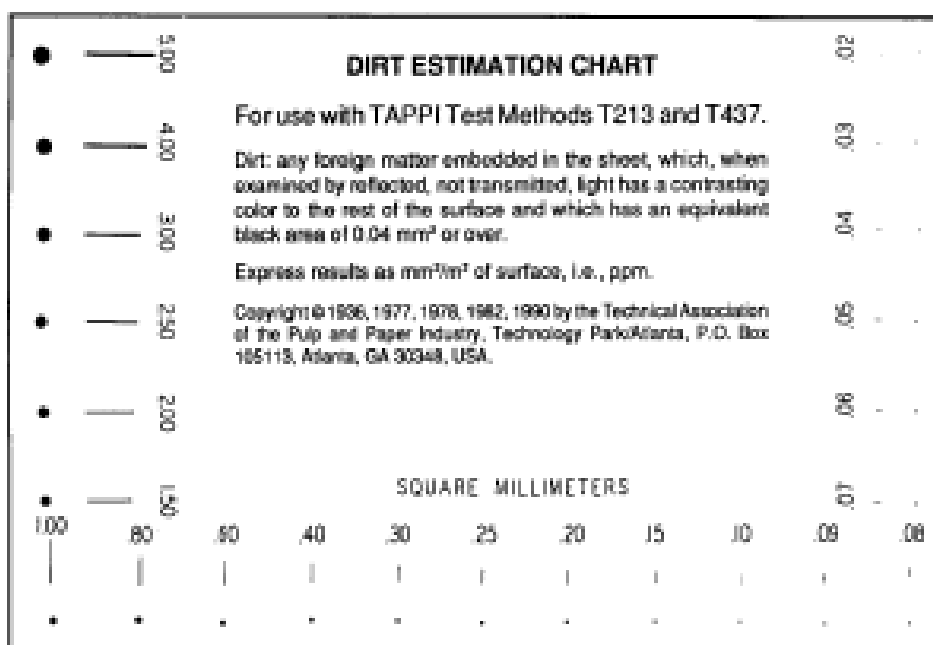


Fig. 1. Dirt Estimation Chart (Do not copy this chart to use; size of spots can be altered in copy machine).

4.1.3 For highly precise work, the spot sizes can be measured microscopically, and correction factors can be developed and used as indicated by Graff (4).

4.2 *Illuminant*, lighting arrangements to give about 540 lm/m² (50 fc) of white light or daylight on the specimens. Because the light affects equally the appearance of both the dirt specks and the comparison spots on the charts, the intensity of illumination is not critical.

4.3 *Common reading glass* (optional).

5. Test specimens

5.1 Sample the paper in accordance with TAPPI T 400 "Sampling and Accepting a Single Lot of Paper, Paperboard, Containerboard, or Related Product."

5.2 From each test unit, select ten or more sheets having a total exposed area (both sides) of at least 10 m². Keep the specimen sheets clean between two outer extra sheets.

NOTE 1: There may be instances where less than 10 m² is examined. This may be acceptable when the quantity of dirt in the paper or paperboard exceeds the minimum required to reach a chosen level of counting precision and the sample is representative of the manufacturing process. Choose a consistent target of counting precision (see Section 9.5) and measure enough paper surface to reach that precision. Because the equivalent black area is disproportionately influenced by larger specks, one should count at least twice as many specks as the minimum dictated by the counting precision to achieve comparable precision in ppm.

6. Procedure

6.1 Make sure that hands are clean before examining the paper. Examine both sides of the specimens in a dust-free place, preferably on a bench top covered with a large sheet of clean white paper.

6.2 If the paper is fairly clean, as is usually the case, all dirt spots with an equivalent black area of 0.04 mm^2 or more should be counted. If the paper is not clean, the specks may be numerous enough to make the examination of the required area of the sample tedious. In this case, select a particular reference spot on the dirt chart which has an estimated black area such that at least one such size speck or larger will be found on each 500 cm^2 of the exposed surface of the specimens. (The size of the reference spots selected might vary from 0.08 mm^2 for a clean paper to 0.25 mm^2 or more for a dirty paper.) Dirt of this size and larger will be counted on the entire sheet. Dirt smaller than this will be counted on a smaller area as described in 6.4.

6.3 With one hand hold the specimen and place an edge of one of the sides of the dirt chart against it with the other. Examine the dirt specks on that side. Ignore the specks which are smaller than the reference spot selected in 6.2, or if no reference spot was selected, ignore specks smaller than 0.04 mm^2 . Scratch each speck with a microscope pick in order to be sure that it is embedded dirt. Then estimate and record its equivalent black area.

NOTE 2: When estimating the equivalent black area of a colored speck or an irregularly shaped black spot on a white or colored sheet, proceed to select from the dirt chart with its white background an appropriate black spot that is equally noticeable. If the paper spot and selected chart spot have equivalent black area, both will become indistinguishable at the same distance when moved away from the eyes. They will also disappear together when observed through a film that scatters light slightly. Operators can easily train themselves to estimate the equivalent black area of specks more quickly and accurately than they can their actual area, especially if the specks have a shape different from those on the comparison chart. With the dirt chart in one hand and a specimen sheet in the other, they should be able to accurately gauge the equivalent black area of each speck on the specimen sheet as rapidly as they can mentally sum their areas. This is conveniently done by adding the equivalent black areas of the spots in units of hundredths of square millimeters.

6.4 Shives or specks which appear dark only at some particular angle of observation are not counted as dirt. However, if their number is noticeable, they should be recorded separately in the report, giving approximately their average actual area, their color or appearance, and the average number per square meter, for each side of the specimen.

6.5 If there are an unusual number of specks present in the sheet less than 0.04 mm^2 but over 0.02 mm^2 , which normally are too small to be regarded as "dirt", their total equivalent black area may be estimated by scanning the area of each of the specimens with a one-twentieth open mask and reporting the equivalent black area separately.

6.6 If a reference spot larger than 0.04 mm^2 was used as the lower limit for the count in 6.3, prepare a mask having an opening equal to one-fifth of the area of the sheet. Place the mask on the same side of the specimen sheet and examine the exposed one-fifth area for the specks smaller than the reference spot (but not less than 0.04 mm^2) and sum up or record these.

6.7 Turn the specimen sheet over. Examine and record the equivalent black area of the specks on the other surface in the same way.

7. Calculation

Measure the area to be examined on both sides of the specimen sheets and record as square meters. Total the equivalent black area of the dirt specks on each side and record in square millimeters. Calculate the total square millimeters of dirt per square meter of surface examined for wire and felt sides. If the mask is used, total the equivalent black area of the larger specks on the entire area and add five times the equivalent black area of the smaller specks observed. Calculate the total square millimeters of dirt per square meter of surface examined.

8. Report

8.1 For each test unit, report the average dirt in terms of square millimeters of equivalent black area of dirt per square meter of surface examined (parts per million) for each side, as may be required, to two significant figures.

8.2 State the area and the number of specimen sheets examined.

8.3 Note the presence of any unusual number of shives or tiny specks as described above.

9. Precision

9.1 The following estimates of precision are based on limited experience with 3 lots of paper that had dirt levels ranging between 0.24 and 569 ppm. These lots were tested in 6 different laboratories.

9.2 Repeatability (within a laboratory) = 65%.

9.3 Reproducibility (between laboratories) = 158%.

9.4 The precision is poor because of differences in operator judgement. The technique is useful in spite of the poor precision because it is the best available method and because of the importance of the measurement. Individuals should determine if these repeatabilities and reproducibilities are satisfactory for their specific purposes.

9.5 The size distribution of naturally occurring dirt particles is log-normal and is approximated by a Poisson like distribution where the counting precision P (see Appendix of Ref. 7) is given by:

$$P = 100\% / N^{0.7}$$

where N is the total accumulated speck count. This implies that the precision of the count is dependent on the number of specks counted. For example: If a judge examined two samples, of equal area, where Sample A has a total speck count of 100 ($P = \pm 10.0$) and Sample B has a total speck count of 107 ($P = \pm 9.7$), then the counts are different by less than one standard deviation (i.e. 1 sigma) and would not be considered significantly different at 66%, or higher, confidence.

10. Keywords

Dirt, dirt count, paper, paperboard, contraries, surfaces, reflectance, light.

11. Additional Information

11.1 Effective date of issue: March 14, 1996.

11.2 This method was revised in 1939, 1943, 1955, 1963, 1978, 1985 and 1996.

11.3 With progress of bleaching and stock cleaning, commercial papers often contain less than 1 ppm of dirt.

11.4 By the procedure described in this method, the equivalent black area of any size, color, or shape on any surface can be estimated quickly, accurately, and more objectively, for example, by using a reading glass held slightly out of focus and comparing the speck with the series of round spots on the standard black and white chart. It should be appreciated that one cannot accurately measure the actual area of a dirt speck by visual comparison without using a comparison chart which not only has the same size, but also has approximately the same shape as the speck. Even then, if other than black, care is needed (especially in the case of a speck having a low contrast with its background) not to underestimate its true area. The use of a transparent chart for measuring the actual area of a speck is no more helpful; it merely accentuates the difficulty of estimating the areas of those specks having little contrast with their background. By definition, it is not possible to use a transparent dirt chart or transmitted light to measure the equivalent black area of specks of various sizes, shapes, and colors, since not only these factors but also the contrast between the speck and its own background and the reference spot and its standard white background (the TAPPI chart) are equally important.

11.5 In examining the dirt chart, it will be noticed that none of the rectangles stand out as well as the round dots having the same area. If examined with a reading glass held out of focus, with the particular shape of the rectangles used in the chart, it will be seen that their equivalent black area is only about two-thirds that of the round dots of the same actual area. Furthermore, in the actual photographic chart, the rectangles adjacent to the 0.02- and 0.03-mm² dots are invisible because of their thinness in relation to the resolving power of the photographic emulsions used. If all the rectangles shown were made still more slender, e.g., like long, thin black fibers, and their actual areas were correctly depicted, the discrepancy between their equivalent black areas and their actual areas would be still greater. Thus, as a measure of "dirt" - apart from the influence of color and background - the true criterion is not the actual area of the dirt speck but its equivalent black area.

11.6 Related methods: ASTM P2019 "Standard Test Method for Dirt in Paper and Paperboard," APPITA P410 "Dirt in Paper," TAPPI T 213 "Dirt in Pulp," CPPA Tech. Sect. D36.P "Dirt in Paper."

References

1. Clark, J. d.A., von Hazmburg, R. S., and Knoll, R. J., "The Estimation of Dirt and Shives in Pulp and Paper," *Paper Trade J.* 96 (5): 40 (1933).
2. Clark, J. d.A., "Method of Estimating the Dirt in Pulp and Paper," *Tech. Assoc. Papers* 16 (1): 347 (1933); *Paper Trade J.* (June 29, 1933); *Paper Maker* 86 (4): TS 188 (1933).
3. Clark, J. d.A., "An Improved Measure of Dirt in Pulp and Paper," *Tappi* 42 (7): 173A (1959).
4. Graff, J. H., and Nihlen, E. K., "A Chart for the Estimation of Dirt in Pulp and Paper," *Tech. Assoc. Papers* 25: 331 (1942); *Paper Trade J.* 114 (21): 61 (1942).
5. "Dirt in Paper," proposed revision of TAPPI Tentative Standard T 437, *Tappi* 46 (3): 131A (1963).

6. Clark, J. d.A. "Pulp Technology and Treatment for Paper", Second Edition, Miller Freeman Publications, San Francisco, CA, 1985.
7. Trepanier, R. J., "User-Friendly System Analyzes Paper Formation, Dirt Speck Content, and Solid-Print Nonuniformity," *Tappi* 72 (12): 153 (1989) (Appendix).

Your comments and suggestions on this procedure are earnestly requested and should be sent to the TAPPI Technical Divisions Administrator. ■

T 452 om-98

SUGGESTED METHOD – 1941
TENTATIVE STANDARD – 1945
OFFICIAL STANDARD – 1977
OFFICIAL TEST METHOD – 1983
REVISED – 1987
REVISED – 1992
REVISED – 1998
© 1998 TAPPI

The information and data contained in this document were prepared by a technical committee of the Association. The committee and the Association assume no liability or responsibility in connection with the use of such information or data, including but not limited to any liability or responsibility under patent, copyright, or trade secret laws. The user is responsible for determining that this document is the most recent edition published.

Brightness of pulp, paper, and paperboard (directional reflectance at 457 nm)

1. Scope

1.1 This method is for the determination of the brightness of white, near-white, and naturally colored pulp, paper, and paperboard. Brightness is a commonly used industry term for the numerical value of the reflectance factor of a sample with respect to blue light of specific spectral and geometric characteristics. This method requires an instrument employing 45° illumination and 0° viewing geometry with the illuminating and viewing beams adjusted so that translucent materials are evaluated on an arbitrary but specific scale. The cone of light (see A.3.2 and A.3.5) used by this method is wider than that specified for the CIE Standard 4/30 geometry.

1.2 This procedure is applicable to all naturally-colored pulps, and papers and board made therefrom. The measurement is not suitable for paper or paperboard containing added coloring matter (such as yellow or green dyestuff) which appreciably absorbs light in that part of the spectrum extending from about 400 to 500 nm. Colored papers must be measured either spectrophotometrically or colorimetrically in order to obtain meaningful results (1).

1.3 This method gives:

1.3.1 A procedure for using the test instrument to measure the directional reflectance factor at 457 nm of a sample of paper or paperboard (2-5).

NOTE 1: The effective wavelength of the spectral band is 457 nm. The shape of the function is also important and is defined in Appendix A.

1.3.2 A description of a system of preparing, distributing and using reflectance standards by which an instrument can be maintained in continuous agreement, to within specified tolerances, with a master instrument.

1.3.3 A detailed description (Appendix A) of the significant spectral, geometric, and photometric characteristics of a master instrument, with a statement of the tolerances which must be met in its construction and maintained during its use.

1.3.4 A procedure described in Appendix C for separating the fluorescent component of brightness from the non-fluorescent component of brightness and measuring it quantitatively.

2. Summary of method

This method provides: (a) a scale for measurement of blue directional reflectance factor, (b) a method for verifying the calibration of each instrument used for reflectance testing so that the user can rely upon the test results, and

(c) criteria by which to judge whether any instrument (differing in optical, geometric, and photometric characteristics from the master instrument) may safely be employed in performing this reflectance test.

3. Significance

3.1 Blue-light reflectance measurements were originally designed to provide an indication of the amount of bleaching that has taken place in the manufacture of pulp. The higher the blue-light reflectance, generally the whiter the products will appear. The method provides a simple single-number index useful for comparing similar white materials; however, colored materials are better identified by using a standardized three-dimensional color space, see TAPPI T 524 "Color of Paper and Paperboard (45°/0° geometry)."

3.2 Because the instrument geometry of this method is different from that of TAPPI T 525 "Diffuse Brightness of Pulp (d/0)" and ISO 2470 "Measurement of Diffuse Blue Reflectance Factor (ISO Brightness)," there is no simple relationship between the two brightness scales (9).

4. Reflectance scale and standards

4.1 *Reflectance scale:* The standard brightness scale is based on the reflectance of magnesium oxide of 100.0%. This scale is rigorously maintained utilizing instrumental methods not dependent upon unstable physical standards such as magnesium oxide (6).

4.2 *Standards:* Sets of paper tabs and polished white opal glass standards¹ with calibration values based on the master instrument. Sets of at least five pads of paper and two opal glass standards shall be provided.

5. Apparatus

5.1 *Brightness tester,* a test instrument which embodies the geometric, photometric and spectral characteristics specified in Appendix A and in such adjustment that its calibration is correct to within the tolerances specified in 6.1.

NOTE 2: Agreement of the test instrument with the master instrument on one or two levels of standards is not sufficient proof that readings on the test instrument will agree with the master instrument throughout the range of application of this method. The test instrument will be in proper calibration if it reads all standards within ± 0.3 point of their assigned values.

5.2 *Standards,* a set of five pads of paper tabs and two opal glass standards as described in 4.2 and Appendix B.

5.3 *Backing weight,* 1-kg weight with flat bottom.

6. Calibration

6.1 *Obtain reflectance standards¹* at monthly intervals and calibrate the test instrument with them as soon as they are received. If the instrument readings on the standards differ from their assigned value by more than ± 0.3 point, adjust the instrument in accordance with the manufacturer's instructions so that the readings agree with the assigned values to within 0.3 point.

6.2 Check the test instrument readings at least monthly against the assigned values of all the standards. A check should be made with the opal glass standard at least daily. The frequency of these checks will depend on the amount of use of the instrument and the accuracy required. Care should be exercised that the paper standards do not become soiled through frequent use.

6.3 At intervals of one to three years, depending upon the conditions and frequency of use, the test instrument should be carefully inspected, tested, and adjusted to ensure that its geometric and spectral characteristics fall within prescribed limits, and that its photometric system is within the specified tolerances.

¹Names of suppliers of testing equipment and materials for this method may be found on the Test Equipment Suppliers list in the bound set of TAPPI Test Methods, or may be available from the TAPPI Technical Operations Department.

7. Test specimens

7.1 Sample preparation—paper and paperboard

7.1.1 Sample the material to be tested in accordance with TAPPI T 400 "Sampling and Accepting a Single Lot of Paper, Paperboard, Containerboard, or Related Product." From each test unit cut a representative portion of the paper or board into seven or more tabs at least 30 mm longer and 20 mm wider than the specimen aperture [nominally 51 mm (2 in.) by 38 mm (1½ in.) with the short dimension parallel to the machine direction]. Avoiding any water mark, dirt, or blamish, assemble the tabs in a pad with the top sides up. Use the top tab as a cover only; mark it near one corner to identify the sample and the top side. More than seven specimen tabs may be required for thin or transparent samples to ensure that the pad is completely opaque. (Only a few tabs will be required for paperboard.) The number of tabs in the pad should be such that the measured reflectance is not changed by doubling its thickness.

7.1.2 Do not touch test areas of the specimen with the fingers. Protect the test areas from contamination, excessive heat, or intense light.

7.2 Sample preparation—pulp. Prepare sheets from pulp samples in accordance with TAPPI T 218 "Forming Handsheets for Reflectance Tests of Pulp (Büchner Funnel Procedure)" or TAPPI T 272 "Forming Handsheets for Reflectance Testing of Pulp (Sheet Machine Procedure)."

8. Procedure

8.1 Without touching the test areas with the fingers, remove the protective cover tab and place it at the back of the pad. Place the pad over the specimen aperture of the instrument with the machine direction of the paper parallel to the plane determined by the axes of the incident and reflected rays of light and with the top side in contact with the instrument. If an orientation ("upstream/downstream") effect is suspected (as in the case of some lightweight coated grades), rotate the pad 180° and observe the reading. If the difference between upstream and downstream brightness exceeds 0.3, clearly record in the report the reading for each orientation.

8.2 Place the 1-kg backing weight on the pad. Measure and record the reflectance reading to 0.1 unit.

8.3 Move the lower tab to the back of the pad and measure the second tab. Repeat this procedure until five tabs have been measured.

9. Report

Report the average brightness of the sample to one decimal place, together with the minimum and maximum readings. State clearly and conspicuously any deviations from the standard procedure, and note any unusual features or characteristics of the sample.

10. Precision

10.1 The following estimates of repeatability and reproducibility were taken from the CTS Interlaboratory Program for Paper and Paperboard in 1996 and 1997. Only labs using instruments conforming to this method were selected. For each sample, 55 to 61 laboratories are included in the statistics. Each estimate is based on eight determinations per sample.

10.2 Within lab repeatability and between lab reproducibility, as defined in TAPPI T 1206, are estimates of the maximum difference (at 95% probability) which should be expected when comparing replicate measurements for materials similar to those described previously under similar test conditions. These estimates may not be valid for different materials or testing conditions.

10.3 The reader should be cautioned that these values are based on actual mill/laboratory brightness measurements with instruments or procedures which reportedly conform to the method. This information is given as a guide to the potential variation in directional brightness evaluation that may exist across the industry.

11. Keywords

Brightness, Reflectance, Pulp, Paper, Paperboard, Fluorescence, Directional reflectance, Directional brightness

12. Additional Information

12.1 Effective date of issue: February 24, 1998.

12.2 This method incorporates previous method TAPPI T 217 "Brightness of Pulp." This method was corrected in 1947 and revised in 1942, 1948, 1958, and withdrawn in 1977.

12.3 Related methods: Scandinavian SCAN P3:75, SCAN C11:75, SCAN G1:75, Canadian E.1; ISO 2469, 2470, and 3688. TAPPI T 325 "Diffuse Brightness of Pulp (d/0)," TAPPI T 334 "Brightness of Clay and Other Mineral Pigments (d/0 diffuse)," TAPPI T 646 "Brightness of Clay and Other Mineral Pigments (45/0)," TAPPI T 218 "Forming Handsheets for Reflectance Testing of Pulp (Büchner Funnel Procedure)," TAPPI T 272 "Forming Handsheets for Reflectance Testing of Pulp (Sheet Machine Procedure)."

12.4 Appendix C, Fluorescent component of brightness, was added in 1987.

Literature Cited

1. TAPPI T 442 "Spectral Reflectance Factor, Transmittance and Color of Paper and Pulp (Polychromatic Illumination)," TAPPI T 324 "Color of Paper and Paperboard (45°/0° Geometry)," and TAPPI T 327 "Color of Paper and Paperboard (d/0° Geometry)."
2. Instrumentation Studies XIII, *Paper Trade J.* 104 (18):47; (19):51; (20):45 (1937); XX, *Paper Trade J.* 105 (18):135; (19):27 (1937); XXI, *Paper Trade J.* 105 (25):46 (1937); XXII, *Paper Trade J.* 105 (27):42 (1937); XVIII, *Paper Trade J.* 107 (20):33 (1938); XXIX, *Paper Trade J.* 107 (25):29 (1938); XXXVII, *Paper Trade J.* 112 (1):13 (1941); LVIII, *Tappi* 33 (10):85 (1950); LXV, *Tappi* 34 (9):143A (1951); LXIV, *Tappi* 34 (8):126A (1951); LXXXVI, *Tappi* 35 (11):141A (1952); LXXXIV, *Tappi* 41 (9):196A (1958); LXXXV, *Tappi* 43 (2):230A (1950); LXXXVI, *Tappi* 43 (5):253A (1960); LXXXVII, *Tappi* 46 (1):179A (1963); Van den Akker, J. A., Nolan, P., and Wink, W. A., "The Physical Basis of Standardization of Brightness Measurement," *Paper Trade J.* 114 (5):34 (1942); Van den Akker, J. A., "Wavelength Calibration of Spectrophotometers," *J. Opt. Soc. Am.* 33 (5):257 (1943).
3. Davis, M. N., *Paper Trade J.* 101 (1):36 (1935).
4. Hunter, R. S., *J. Opt. Soc. Am.* 30:536 (1940).
5. Michelson, I. L., *Gen. Elec. Review*, 38 (4):194 (1935).
6. Van den Akker, J. A., Dearth, L. R., and Shillcock, W. M., "Evaluation of Absolute Reflectance for Standardization Purposes," *J. Opt. Soc. Am.* 46:378A (1956); 56:250 (1966).
7. Collaborative Reference Program for Paper (TAPPI), Report Nos. 10 through 48, October 1970 to June 1977.
8. Jordan, B. D. and O'Neill, M. A., "The Whiteness of Paper—Colorimetry and Visual Ranking," *Tappi* 74 (5): 93 (1991).
9. Popson, S. J. "Diffuse vs. Directional Brightness Measurement," *Technical Bulletin* No. 101.

Sample	UV Comp	Grand Mean	s_w	r	s_b	s_c	R
20# Bond	≈ 3%	83.055	0.220	0.61	0.650	0.682	1.89
50# Offset	≈ 3%	83.750	0.228	0.63	0.502	0.545	1.51
24# Bond	≈ 1%	84.867	0.182	0.35	0.630	0.641	1.78
96# Cover	≈ 4%	88.209	0.115	0.32	0.604	0.613	1.70
24# Bond	≈ 0%	88.972	0.784	1.40	0.627	0.784	2.00

s_w is within lab standard deviation, r is within lab repeatability, s_b is between lab standard deviation, s_c is corrected between lab standard deviation, R is between lab reproducibility. UV comp % is presented as an indication of the relative amount of optical brightener present in the samples.

Appendix A. Master Instrument

A.1 The master instrument is defined by spectral, geometric, and photometric characteristics as follows:

A.2 Spectral characteristics

A.2.1 The effective wavelength of the instrument, when used with the filter required for this standard is 457.0 ± 0.5 nm. The effective wavelength is that wavelength of monochromatic light for which the transmittance of a filter having a spectral transmittance given by the equation $T = a + b \lambda$ is equal to that determined with a master instrument, after a correction is made for effects associated with refraction and reflection, angular spread of rays through the filter, photometric error, and the wavelength error in the spectrophotometer employed to determine the spectral transmittance. In this equation, which need hold only for that wavelength range transmitted by the brightness filter, T is transmittance, a and b are constants, and λ is the wavelength. Filters having positive and negative b values should be employed so that, by averaging the two effective wavelength determinations, the correct effective wavelength will be obtained even though a photometric error may be present. Differences between the two values can be related to the photometric error which in the master instrument is not greater than 0.1%. A suitable correction should be applied if a photometric error exists. The spectral transmittance of the linear filter is measured relative to a clear, nonabsorbing plate of equal thickness and similar index of refraction. The spectral transmittance is so measured in both the master instrument and the spectrophotometer, and the filters are so disposed with respect to apertures as to minimize error due to scattering of light in the filters and to make such error as may be due to light scattering the same in the master instrument and the spectrophotometer.

A.2.2 The spectral power distribution of the light incident on the specimen determines the response of the instrument to fluorescent radiation which may be caused by the presence of fluorescent whitening agents. The product of the spectral power distribution of the source and the spectral transmittance of the glass lenses and filter in the incident system is $E(\lambda)$, where $E(\lambda)$ is the function of wavelength given in Table 1.

Table 1. Relative spectral energy distribution of the light incident on the specimen; color temperature of the light source is 3000K.

Wavelength nm	$E(\lambda)$ relative units
320	0.0
330	0.7
340	3.0
360	9.7
380	17.1
400	26.0
420	37.2
440	50.3
460	64.1
480	80.0
500	100.0

A.2.3 The effective wavelength, 457.0 ± 0.5 nm is obtained by the combination of illuminant, glass optics, filters, and photodetector for which the mathematical product of relative spectral power distribution, spectral transmittance, and spectral response is $F(\lambda)$, where $F(\lambda)$ is the function of wavelength given in Table 2. The area under the curve which represents the product for all wavelengths greater than 700 nm of the spectral sensitivity of the photoelectric cell, and the spectral transmittance of all filters between the specimen aperture and the photoelectric cell, is so small compared with a similar area for the wavelength range 360 to 510 nm that no detectable part of the photoelectric current may be ascribed to infrared fluorescence of the test specimen.

A.3 Geometric characteristics

A.3.1 The mean angle of incidence of light rays upon the test specimen is $45 \pm 0.5^\circ$.

A.3.2 The incident rays upon a point of the test specimen are confined within a cone having a half angle of $11.5 \pm 2^\circ$. This cone is filled with light, has its vertex in the specimen aperture, and has its base at the emergent aperture of the condensing lenses.

A.3.3 The specimen aperture is circular with a diameter of 12.7 ± 0.13 mm (0.500 ± 0.005 in.). The exit aperture of the optical system which accepts reflected rays for measurement is concentric and parallel to the specimen aperture and has a diameter of 9.53 ± 0.076 mm (0.375 ± 0.003 in.) so that light reflected from the rim of the specimen aperture does not reach the photoelectric cell.

A.3.4 The mean angle of rays reflected by the test specimen and accepted by the receiving optical system for measurement is between 0° and 0.5° with the normal to the plane of the specimen aperture.

Table 2. Product of relative spectral power distribution of illuminant, spectral transmittance of glass optics, spectral transmittance of all filters and the spectral response of the phototube (or photocell).

Wavelength, nm	$P(\lambda)$ relative units
395	0.0
400	1.0
405	2.9
410	6.7
415	12.1
420	18.2
425	25.8
430	34.5
435	44.9
440	57.6
445	70.0
450	82.5
455	94.1
460	100.0
465	99.3
470	88.7
475	72.5
480	53.1
485	34.0
490	20.3
495	11.1
500	5.6
505	2.2
510	0.3
515	0.0

A.3.5 The reflected rays accepted for measurement are confined to a cone having a half angle of $22.5 \pm 2^\circ$.

A.4 *Photometric characteristics.* The instrument shall incorporate a photometric measurement system which measures reflectance in direct proportion to the light energy incident upon the sample within 0.1% throughout the entire range of measurement. Suitable checks must be made by a standardizing laboratory to ensure the long-term stability of the spectral, geometric, and photometric characteristics of the master instrument.

Appendix B. Calibration service

B.1 An issuing laboratory will distribute standards on a monthly basis to all subscribers. A set of standards will comprise at least five pads of paper tabs and two white opal glass standards with brightness values accurately established by measurement on the master instrument.

B.2 The paper standards will cover a range from about 50 to 90% reflectance. The paper from which these standards are prepared will be white or cream colored, have a fairly stable and uniform reflectance, and a relatively smooth but not supercalendared surface. At least one standard containing a fluorescent whitening agent should be employed for calibration if optically brightened papers are to be measured.

B.3 The opal glass standards shall have a surface not deviating from a true plane by more than 0.025 mm (0.001 in.). The nature of the surface polish and hardness and the optical stability of the material shall be such that the reflectance during one month of intensive but careful use will not vary more than 0.2 point, and such that it may be easily and effectively cleaned and be sufficiently resistant to withstand several cleanings per day. The color of the opal glass standards will be white with the maximum spectral reflectance not to exceed 25% more than the minimum over the wavelength range of 400 to 500 nm. The opal glass standards shall be non-fluorescent.

Appendix C. Fluorescent component of brightness

C.1 *Scope and significance*

C.1.1 The purpose of the procedure in this appendix is to describe a method for separating the fluorescent component of brightness from the non-fluorescent component and measuring it quantitatively.

C.1.2 When brightness is measured in accordance with the procedure outlined in this method, the specimen is illuminated with a broad spectrum of light, and the blue reflectance is measured. If the material contains natural or added fluorescent brighteners, a higher brightness reading will be obtained than if no fluorescence were present. The brightness reading, therefore, includes a "non-fluorescent component" and a "fluorescent component."

C.1.3 Fluorescence is stimulated when radiation of short wavelength (often ultraviolet, violet, and blue light) is partially absorbed in a process that yields visible light or infrared radiation. If no short wavelength light strikes the specimen, no fluorescence in the blue region of the spectrum is excited. The appropriateness of the effective ratio of UV light to blue light of the spectrum described in Table 1 was challenged within the Optical Properties Committee in 1989. A series of studies involving brightness and whiteness measurements and subjective ratings using different UV:blue light ratios showed that the spectrum was, indeed, representative of a typical office. This is desirable since paper is used almost exclusively indoors (8).

C.1.4 Figure 1 shows a simplified diagram of the illumination and viewing system of a brightness tester in its normal configuration. Ultraviolet and visible light are allowed to illuminate the specimen, and reflected light is passed through the brightness (blue) filter before striking the photocell. The brightness reading, therefore, includes the visible blue light reflected by the specimen, plus additional blue light which was excited by the ultraviolet light in the incident beam.

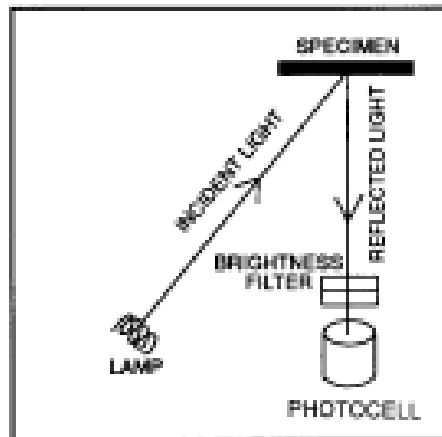


Fig. 1 Normal configuration for brightness measurement. Fluorescence is excited and read if present.

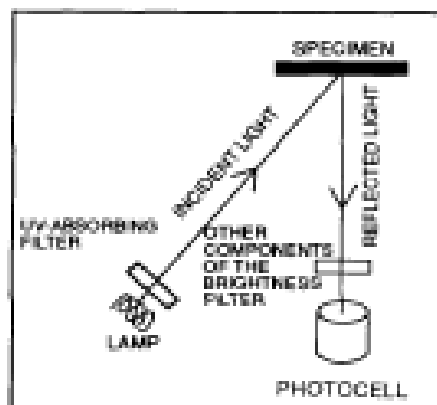


Fig. 2 The UV-absorbing component of the brightness filter is moved to the incident beam eliminating ultraviolet. Illumination of the specimen. Fluorescence is not excited and only the "non-fluorescent" component of brightness is read.

C.1.5 The brightness filter, referred to in C.1.4, consists of several component filters placed together. If the ultraviolet absorbing component of the brightness filter has been moved from the reflected beam to the incident beam (Fig. 2), the overall spectral response of the instrument (Table 1) remains unchanged, but it prevents the passage of ultraviolet light and allows only the visible blue light to illuminate the specimen and reflect into the photocell. If no fluorescence is present, the brightness reading will be the same regardless of whether the ultraviolet absorbing component of the filter is in the incident beam or the reflected beam. If fluorescence is present, the readings will differ, the difference being the amount of light contributed by the "fluorescent component." For example, if a brightness reading of 90.0 is obtained using the normal configuration in Fig. 1 and a brightness of 85.0 is obtained using the Fig. 2 configuration, then the "fluorescent component" is equal to 5.0 or 5 "brightness points."

C.2 *Apparatus.* *Brightness tester*, a test instrument as described in 4.1 and equipped with fluorescence separation capability and in such adjustment that it correctly measures the fluorescent component of the paper standard provided by a standardizing laboratory¹ within ± 0.3 brightness units. Refer to section B.2 for calibration information. Other criteria are:

C.2.1 The filters must be selected such that the effective wavelength of the overall brightness function (Table 2) does not change more than ± 1.5 nm when the UV absorbing filter is moved from the receiving to the incident light beam. Likewise the bandwidth must not change more than ± 3 nm under the same conditions.

C.2.2 The instrument response in the red (600-700 nm) region of the spectrum must not exceed 0.2 reflectance units.

C.2.3 The "fluorescent component" measured on the non-fluorescent paper and opal glass standards must not exceed 0.2 brightness units.

C.2.4 Brightness is defined such that the measured quantity is independent of the illuminant. This does not hold for specimens containing optical brighteners as the degree of fluorescence excitation is directly related to the spectral energy distribution of the light incident upon the specimen. The relative spectral energy distribution of the light incident on the specimen will be changed from that shown in Table 1 to that shown in Table 3 by the movement of the UV absorbing filter from the receiving to the incident beam. The spectral distribution of the energy incident upon the specimen must be sufficiently matched to that shown in Table 3 to correctly measure the fluorescent paper standard provided by the central standardizing laboratory¹ within ± 0.3 brightness units.

Table 3. Relative spectral energy distribution of the light incident on the specimen with the UV absorbing filter in the incident light beam (Fig. 2).

Wavelength, nm	$E(\lambda)$ relative units
380	0
400	1.0
420	8.2
440	22.4
460	45.3
480	71.7
500	100

C.3 *Test specimen.* For sample preparation, see Section 6.1.

C.4 *Procedure*

C.4.1 Calibrate the instrument for brightness measurement in accordance with the procedure described in the manufacturer's instruction manual.

C.4.2 Without touching the test areas of the specimens with the fingers, remove the protective cover tab, placing it at the back of the pad, then place the pad over the test aperture of the instrument with the machine direction of the paper parallel to the plane determined by the axes of the incident and reflected rays of light, and with the felt or top side facing the instrument. Place the 1-kg weight upon the pad. Measure and record the reading to 0.1 unit. Move the lower tab to the back of the pad and take another reading. Repeat this procedure until five different tabs have been tested. Designate the readings as R_1 .

C.4.3 Set the filter selector to the designated position where the non-UV-absorbing components of the brightness filter are in the reflected beam and insert the matching ultraviolet absorbing component of the brightness filter into the incident beam.

C.4.4 Set the opal glass standard over the specimen aperture and, if necessary, adjust to the standard value.

C.4.5 Place the specimen over the test aperture and take a reading. Record the reading and repeat until values have been obtained for 5 tabs. Designate these readings as R_2 .

C.5 *Calculations*

C.5.1 Average the readings taken in step C.4.2 to obtain R_1 .

C.5.2 Average the readings taken in step C.4.5 to obtain R_2 .

C.5.3 Calculate the fluorescent component in accordance with the formula:

$$\text{Fluorescent component} = R_2 - R_1$$

Some instruments may perform steps C.4.3 through C.5.3 automatically.

C.6 *Report.* Report the fluorescent component value obtained in Section C.5.3 to the nearest 0.1%.

C.7 *Precision.* The precision values are the same as in Section 9.

C.8 *Additional information*


C.8.1 This method can also be used to evaluate the fluorescent component of reflectance for functions other than brightness, such as the tristimulus function Y , provided multi-component filters for these functions are available.

C.8.2 The ratio of ultraviolet to blue light energy illuminating the specimen must be closely controlled from instrument to instrument in order to obtain good interlaboratory agreement with this method. This ratio is set to the same value in every instrument of the type specified in C.2 and is checked through the monthly brightness standardization service.

C.8.3 Visual assessment of fluorescence is dependent upon the conditions of illumination. The degree of agreement between fluorescence values determined by this method and by visual assessment depends on the closeness of match between the UV/blue ratio of the light source employed for visual assessment, and the UV/blue ratio of the illuminant specified in this method. Relative rankings of fluorescent specimens by this method correlate directly with relative rankings obtained by visual assessment regardless of the standard illuminants employed.

Your comments and suggestions on this procedure are earnestly requested and should be sent to the TAPPI Technical Operations Manager. ■

ANEXO I. HOJA DE CONTROL PARA VARIABLES EN EL PAPEL TISSUE

		PROCESOS Y DESARROLLOS ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO EN PROCESO - MAQUINA																		EC-EPP - 01 VERSIÓN: 01 PÁG: 1 DE 1								
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PB. (g/m ²)	Calibre TH (µg/24h)	R.L.S. (g/50mm)		R.T.S. (g/50mm)		R.L.S./R.T.S.		R.L.H. (g/50mm)		R.T.H. (g/50mm)		A.L.S. (%)	Suavidad (µf)	Humedad (%)	pH	Carga (MNs) (µe-dJ/L)	Absorben-cia (g)	Blancura (ISO)	PPH (PP/CM ²)	Crepaño (%)	Cut% (µ)	Riv(ten-los)	Concar (%)	Ancho Bob (mm)	Básculo Bob (mm)	
				MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX															MIN
MP2																												
5078114	HIGIENICO BCO. ECO HS 18-17 g/m2	18 - 17	0.090 Min	800	1000	300	700	1.2	2.0					12	5.0	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	25	90 - 90	400 Max	15±1	20	3 Max	1.5 Max	227 ± 1	60 Max	
4109116	HIGIENICO BCO. ECO HS 18-17 g/m2	18 - 17	0.090 Min	800	1000	300	700	1.2	2.0					12	5.0	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	25	90 - 90	400 Max	15±1	20	3 Max	1.5 Max	227 ± 1	60 Max	
5066287	HIGIENICO AFH ECON HS 18-17 g/m2	18 - 17	0.090 Min	400	800	200	600	1.2	2.0					15	6.0	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	25	45 - 60	10 ± 1	20	3 Max	1.5 Max	227 ± 1	60 Max		
5012964	HIGIENICO ECON HS 18-17 g/m2	18 - 17	0.090 Min	400	800	200	600	1.2	2.0					12	6.0	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	25	45 - 60	10 ± 1	20	3 Max	1.5 Max	228 ± 20	60 Max		
5015491	HIGIENICO ECON HS 21.5 - 22.5 g/m2	21.5 - 22.5	0.075 Min	800	1600	800	1600	1.2	2.0					8	7.0	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	25	45 - 60	10 ± 1	16	3 Max	0.4-2.0Max	227 ± 1	60 Max		
4100110	BOB LIMPION HS 36-37.5 g/m2	36 - 37.5	0.132 - 0.210	2500	3500	1400	2000	1.2	2.0	600	1000	300	600	10		0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20									
5041469	BOB LIMPION HS 21.5 - 22.5 g/m2	21.5 - 22.5	0.095 - 0.075	1000	2000	600	1200	1.2	2.0	300	700	100	300	12		4.5 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20									
4101085	BOB SERV FLIA HS 23-24 g/m2	23 - 24.3	0.090 - 0.120	1500	2500	600	1400	1.2	2.5	300	700	150	300	8	10.0	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20	90 - 95	80 Max	8 ± 1	0	2 Max	0.4-2.0Max	227 ± 1	60 Max	
5015474	TOALLA SERV. NATURAL HS 22 g/m2	21.5 - 22.5	0.090 - 0.145	1000	2000	600	1200	1.0	2.0	500	700	200	400	8	10.0	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20									
4100190	SERV ECON HS 20 - 21 g/m2 227 CM - MP2	20 - 21.5	0.07 - 0.11	1100	2000	600	1000	1.2	2.1	200	600	100	200	8	10.0	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20									
4100016	TOALLA DE MANOS BLCA HD 18.5-20.5 g/m2	18.5 - 20.5	0.090 Min	1000	2000	600	1200	1.3	2.0	300	600	200	400	10		0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20	90 - 95	80 Max	10 ± 0.5	0	2 Max	0.4-2.0Max	227 ± 1	60 Max	
5041944	TOALLA DE MANOS BLCA HS 21.5-22.5 g/m2	21.5 - 22.5	0.090 Min	1200	2000	1000	1500	1.0	1.5	300	600	200	400	10		0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20	90 - 95	80 Max	10 ± 0.5	0	2 Max	0.4-2.0Max	227 ± 1	60 Max	
5036932	TOALLA MANOS BLCA HS 24.5-25.5 g/m2	24.5 - 25.5	0.100 Min	2000	3000	1200	2000	1.0	1.7	400	600	250	450	8		0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20	90 - 95	80 Max	10 ± 0.5	0	2 Max	0.4-2.0Max	227 ± 1	60 Max	
5056887	TOALLA MANOS BLCA HS 29.5-30.5 g/m2	29.5 - 30.5	0.095 Min	2500	3500	1400	2000	1.5	1.7	600	900	300	600	8		0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20	90 - 95	80 Max	10 ± 0.5	0	2 Max	0.4-2.0Max	227 ± 1	60 Max	
MP1																												
5078873	HIGIENICO BCO ECO HS 15-16 g/m2	15 - 16	0.090 Min	400	800	200	600	1.4	2.2					12	4.5	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	25	90-90	300 Max	17±0.5	15	1 Max	1.0Max	247 ± 1	74 Max	
5038604	HIGIENICO BCO ECO HS 18-17 g/m2	18 - 17	0.090 Min	700	1300	300	700	1.4	2.2					12	5.0	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	25	85 - 90	350 Max	17±0.5	15	1 Max	1.5 Max	247 ± 1	74 Max	
4100100	BOB SERV ECON HS 20-21 g/m2	20 - 21.3	0.07 - 0.11	1100	2000	600	1000	1.5	2.5	700	600	100	200	8	10.0	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20	75 - 80	300 Max	8 ± 0.5	0	2 Max	0.4-2.0Max	247 ± 1	70 Max	
5019755	HIGIENICO BCO HS 15-16 g/m2	15 - 16	0.100 Min	400	800	200	600	1.4	2.2					18	4.5	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	25	85 - 90	150Max	19±0.5	15	1 Max	1.5 Max	247 ± 1	74 Max	
5011153	HIGIENICO BCO HS INST. 21.5-22.5 g/m2	21.5 - 22.5	0.085 Min	900	1400	400	800	1.4	2.2					0	10.0	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	25	85 - 95	150Max	10± 0.5	10	1 Max	1.5 Max	247 ± 1	80 Max	
5003216	HIGIENICO BCO HS INST 15-16 G/MC 247 MP5	15 - 16	0.095 Min	400	800	200	600	1.4	2.2					16	4.0	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	25	85 - 95	150 Max	17 ± 0.5	16	1 Max	1.5 Max	247 ± 1	80 Max	
5023877	BOB INSTITUCIONAL 22.5-23.5 G/M2	22.5 - 23.5	0.100 Min	1000	1600	300	900	1.4	2.2					13	7.0	4.5 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	25	80 - 90	150 Max	15 ± 0.5	18	2 Max	1.5 Max	247 ± 1	74 ± 2	
4101085	BOB SERV FLIA HS 23-24 g/m2	23 - 24.3	0.090 - 0.120	1500	2500	600	1400	1.5	2.5	400	800	150	300	8	10.0	0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20	90 - 95	80 Max	7 ± 0.1	0	2 Max	0.4-2.0Max	247 ± 1	70 Max	
4100015	TOALLA DE MANOS BLCA HD 18.5-20.5 g/m2	18.5 - 20.5	0.090 Min	1000	2000	600	1200	1.5	2.0	400	600	200	400	8		0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20	90 - 95	80 Max	10 ± 0.5	0	2 Max	0.4-2.0Max	247 ± 1	60 Max	
5041944	TOALLA DE MANOS BLCA HS 21.5-22.5 g/m2	21.5 - 22.5	0.090 Min	1200	2000	800	1000	1.5	2.1	400	600	200	400	8		0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20	90 - 95	80 Max	10 ± 0.5	0	2 Max	0.4-2.0Max	247 ± 1	60 Max	
5036932	TOALLA MANOS BLCA HS 24.5-25.5 g/m2	24.5 - 25.5	0.100 Min	2000	3000	1200	2000	1.5	2.5	500	800	250	450	8		0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20	90 - 95	80 Max	10 ± 0.5	0	2 Max	0.4-2.0Max	247 ± 1	60 Max	
5056887	TOALLA MANOS BLCA HS 29.5-30.5 g/m2	29.5 - 30.5	0.095 Min	2500	3500	1400	2000	1.5	2.0	600	1000	300	600	8		0.0 Max	6.8 - 7.8	(-80 ± -20)	20	90 - 95	80 Max	10 ± 0.5	0	2 Max	0.4-2.0Max	247 ± 1	60 Max	

Fecha de Modificación: 20/04/2015

1.- LA VARIABLE CRITICA EN ESTOS PRODUCTOS ES EL PESO BASE, R.L.S, R.L.H Y SU RELACION (R.L.S/R.T.S) LAS DEMÁS SON VARIABLES DE REFERENCIA.

ULTIMA MODIFICACION: Se modifica el crepaño en la ref. 5019755 de 17±0.5 a 19±0.5.

ANEXO J: FOTOGRAFÍAS DE PASTA EN LOS DIFERENTES PUNTOS DEL PROCESO



TANOUE 2



ENTRADA A LA CELDA DE DESTINTADO



SALIDA DE LA CELDA DE DESTINTADO



TORNILLO PRENSA



ENTRADA A LA TORRE DE BLANQUEO OXIDATIVO



SALIDA DE LA TORRE DE BLANQUEO OXIDATIVO

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	FOTOGRAFÍAS DE PASTA EN LOS DIFERENTES PUNTOS DEL PROCESO		
a) Tanque 2	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA VANESSA ANTONIETA FIGUEROA TRUJILLO			
b) En Celda	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar				
c) Sal Celda	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información		Lámina	Escala	Fecha
d) Tor Prensa			11	A4	08/06/2015
e) En Tor					

ANEXO K: FORMACIÓN DE HOJAS DE MANO



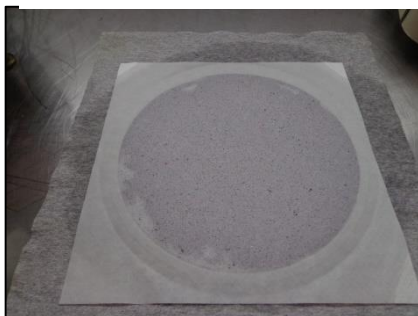
FORMADOR DE HOJAS



HOJA FORMADA EN LA MALLA



PRENSA PARA HOJAS



HOJA RETIRADA EN EL PAPEL FILTRO



HOJA COLOCADA EN LOS HAROS



HOJA TERMINADA Y SECA

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	FORMACIÓN DE HOJAS DE MANO		
a) Formador b) Malla c) Prensa d) Hoja e) Haros f) Hoja seca	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA VANESSA ANTONIETA FIGUEROA TRUJILLO	Lámina 2	Escala A4	Fecha 12/06/2015

ANEXO L: DISEÑOS EXPERIMENTALES



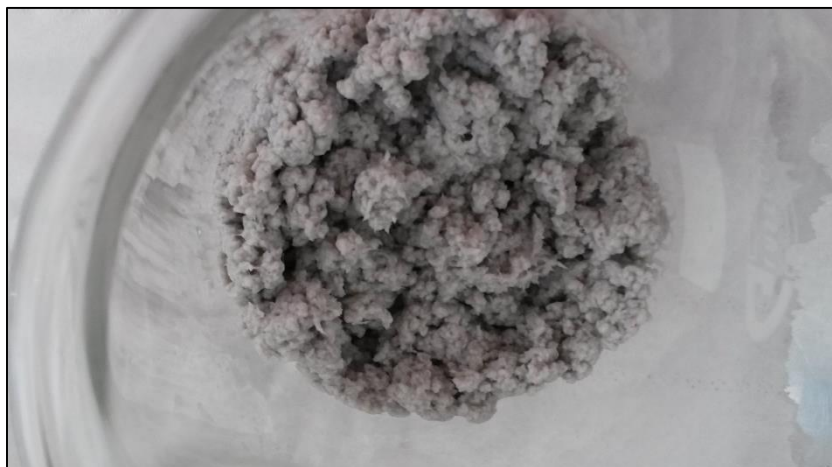
-a-



-b-

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑOS EXPERIMENTALES		
a) Baño María b) Muestra	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA VANESSA ANTONIETA FIGUEROA TRUJILLO	Lámina	Escala	Fecha
			3	A4	12/06/2015

ANEXO M: MUESTRA ANTES Y DESPUES DEL CALENTAMIENTO



MUESTRA CON LOS QUÍMICOS ANTES DEL CALENTAMIENTO
 Promedio Blancura ISO 74,66
 Promedio a* 2,66
 Promedio b* -6,50



MUESTRA CON LOS QUÍMICOS DESPUÉS DEL CALENTAMIENTO
 Promedio Blancura ISO 80,72
 Promedio a* 2,25
 Promedio b* -6,51

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	MUESTRA ANTES Y DESPUES DEL CALENTAMIENTO		
a) Antes blanqueo	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA VANESSA ANTONIETA FIGUEROA TRUJILLO	Lámina	Escala	Fecha
b) Después blanqueo	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar		11	A4	08/06/2015
	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información				

ANEXO N: MEDICIÓN DE BLANCURA EN HOJAS DE MANO Y PERÓXIDO RESIDUAL



EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA MEDICIÓN DE PUNTOS DE TINTA (SCANNER) Y MEDICIÓN DE BLANCURA (EXPECTRUN DATA COLOR)



PERÓXIDO RESIDUAL ANTES



PERÓXIDO RESIDUAL DESPUÉS

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	MEDICIÓN DE BLANCURA EN HOJAS DE MANO Y PERÓXIDO RESIDUAL		
a) Data color b) Per antes c) Per después	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA VANESSA ANTONIETA FIGUEROA TRUJILLO	Lámina	Escala	Fecha
			11	A4	08/06/2015