

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN GENERAL

1.	Introducción General	2
1.1.	Objetivos Generales.....	8
1.2.	Objetivos Específicos	8

CAPÍTULO 2 - ASPECTOS GENERALES

2.1.	Aspectos Generales.....	11
2.2.	Composición química de las fibras celulósicas de coníferas	11
2.2.1.	Celulosa	11
2.2.2.	Hemicelulosas.....	12
2.2.3.	Lignina.....	14
2.2.4.	Extractivos	16
2.2.5.	Compuestos inorgánicos.....	17
2.3.	Elementos estructurales de las coníferas	18
2.4.	Estructura macroscópica de las fibras celulósicas	19
2.5.	Pulpado <i>kraft</i>	21
2.6.	Composición química y características de las pulpas <i>kraft</i> no blanqueadas.....	22
2.7.	Reciclado de papeles.....	23
2.7.1.	Rigidización transversal y longitudinal de las fibras por el secado.....	23
2.7.2.	Cambios en la morfología de las fibras por secado.....	26
2.7.2.1.	Cambios en la superficie de las fibras por secado.....	28
2.7.2.2.	Resumen de efectos del secado	29
2.8.	Requerimientos del cartón corrugado.....	30
2.8.1.	Papel tapa.....	30
2.8.2.	Papel onda.....	30
2.9.	Validación de la simulación del reciclado real del papel.....	32

CAPÍTULO 3 - MÉTODOS GENERALES

3.1.	Determinaciones sobre la pulpa.....	34
3.1.1.	Lavado de las pulpas.....	34
3.1.1.1.	Intercambio de la pulpa a su forma ácida.....	34
3.1.1.2.	Intercambio de la pulpa a su forma sodio	34
3.1.1.3.	Intercambio de la pulpa a su forma calcio.....	34
3.1.2.	Grupos ácidos totales por titulación conductimétrica.....	35
3.1.3.	Grupos ácidos superficiales por adsorción polielectrolítica	37
3.1.4.	Extractivos	38
3.1.5.	Holocelulosa	38
3.1.6.	Lignina Klason y lignina soluble.....	39
3.1.7.	Aislación y caracterización de la lignina	39
3.1.7.1.	Grupos hidroxilos fenólicos	40
3.1.7.2.	Grupos ácidos en la lignina.....	42
3.1.7.3.	Grupos carbonilos	43
3.1.8.	Cenizas.....	43
3.1.9.	Valor de retención de agua porcentual. Forma calcio	44
3.1.9.1.	WRV de la fracción fibrosa.....	44
3.1.9.2.	WRV de la pulpa completa	45
3.1.10.	Clasificación por longitud de fibra	45
3.1.11.	Drenabilidad	45
3.2.	Formación de las hojas de laboratorio en forma calcio	46
3.3.	Determinaciones sobre las hojas de ensayo.....	48
3.3.1.	Número <i>kappa</i>	48

3.3.2.	Densidad Aparente	48
3.3.3.	Resistencia a la tracción.....	49
3.3.3.1.	Resistencia a la tracción zero-span.....	49
3.3.4.	Resistencia al aplastamiento de onda (CMT)	50
3.3.5.	Resistencia a la compresión de columna corta (SCT)	50
3.3.6.	Coefficiente específico de dispersión de luz (s).....	50
3.3.7.	Coefficiente específico de absorción de luz (k)	51
3.3.8.	Teoría de la resistencia del papel. Ecuación de Page.....	51
3.3.9.	Análisis de la fracción fibrosa considerando la ecuación de Page.....	53
3.3.10.	Demanda química de oxígeno	56
3.3.11.	Valoración de la actividad lacasa de un extracto crudo del hongo <i>T. hirsuta</i>	56
3.3.11.1.	Determinación de las condiciones estándares para valorar la actividad lacasa.....	57
3.3.11.2.	Determinación de la actividad enzimática específica.....	61
3.3.12.	Método fenol/sulfúrico para la cuantificación del almidón catiónico	61

CAPÍTULO 4 - DETERMINACIÓN DE LA CARGA SUPERFICIAL DE LAS FIBRAS CELULÓSICAS.

4.1.	Introducción General	65
4.1.1.	Grupos ácidos en la madera.....	65
4.1.2.	Grupos ácidos totales en pulpas.....	66
4.1.3.	Grupos ácidos superficiales en pulpas.....	68
4.1.4.	Función favorable de los grupos ácidos.....	69
4.1.5.	Fenómeno de hinchamiento de las fibras por presencia de grupos ácidos	69
4.1.6.	Método de adsorción polielectrolítica para determinar el contenido de grupos ácidos superficiales	70
4.1.6.1.	Consideraciones teóricas de la adsorción polielectrolítica.....	73
4.1.6.2.	Análisis de la fuerza iónica y el pH.....	74
4.1.6.3.	Análisis del tiempo necesario para alcanzar el equilibrio	75
4.1.7.	Método de titulación coloidal	76
4.1.7.1.	Consideraciones teóricas de la titulación coloidal	76
4.1.8.	Grupos ácidos superficiales en fibras con almidón catiónico adsorbido	78
4.1.8.1.	Condiciones óptimas para la adsorción de almidón catiónico	78

PARTE A. Optimización del método de titulación coloidal para determinar la concentración de polielectrolitos.

4.2.	Materiales y Métodos	81
4.2.1.	Preparación del pDMDAAC.....	81
4.2.2.	Preparación del indicador azul de o-toluidina (OTB).....	82
4.2.3.	Preparación del PVSK	82
4.3.	Resultados y Discusión.....	84
4.3.1.	Determinación del punto de equivalencia por espectrofotometría	84
4.3.2.	Elección de la longitud de onda óptima.....	86
4.3.3.	Determinación de la concentración óptima de indicador.....	87
4.3.4.	Obtención de las curvas de titulación y determinación del punto de equivalencia.....	88
4.3.5.	Determinación de la variabilidad del método.....	90
4.3.6.	Concentración del polielectrolito a titular	91
4.4.	Conclusiones parciales Parte A	93

PARTE B. Construcción de las isothermas de adsorción y determinación del contenido de grupos ácidos superficiales utilizando una ecuación de ajuste.

4.5.	Obtención de la ecuación de ajuste.....	95
4.5.1.	Consideraciones para la obtención de una ecuación de ajuste.....	95

4.5.2.	Desarrollo de la ecuación propuesta	96
4.6.	Ajuste de la ecuación a isotermas experimentales de la bibliografía.....	106
4.7.	Ajuste de la ecuación a resultados propios	108
4.7.1.	Materiales y Métodos	108
4.7.1.1.	Características de las pulpas evaluadas.....	108
4.7.1.2.	Acondicionamiento de las pulpas previo a la adsorción de polielectrolitos.....	108
4.7.1.3.	Construcción de las isotermas de adsorción.....	109
4.7.1.4.	Fuerza iónica y pH de trabajo	109
4.7.2.	Resultados y Discusión.....	110
4.7.2.1.	Análisis del tiempo necesario para alcanzar el equilibrio	110
4.7.2.2.	Isotermas experimentales	111
4.8.	Ajuste de la ecuación a isotermas de material no poroso. Comparación.....	116
4.9.	Conclusiones parciales Parte B.....	118

PARTE C. Aplicación del método de adsorción de polielectrolitos sobre pulpas conteniendo almidón catiónico adsorbido.

4.10.	Materiales y Métodos	120
4.10.1.	Preparación de la pulpa de partida.....	120
4.10.2.	Acondicionamiento de pulpa antes de los tratamientos con almidón catiónico.	121
4.10.3.	Preparación almidón catiónico	121
4.10.4.	Tratamiento con almidón catiónico	121
4.10.5.	Diseño experimental	122
4.11.	Resultados y Discusión.....	125
4.11.1.	Cantidad de almidón catiónico residual luego de su adsorción	125
4.11.2.	Grupos ácidos superficiales	125
4.11.3.	Desorción de almidón catiónico por presencia del pDMDAAC	128
4.12.	Conclusiones parciales Parte C.....	129
4.13.	Conclusiones Capítulo 4.....	130

CAPÍTULO 5 – TRATAMIENTOS OXIDATIVOS ENZIMÁTICOS.

5.1.	Introducción General	133
------	----------------------------	-----

PARTE A. Tratamiento de pulpa completa.

5.2.	Materiales y Métodos	143
5.2.1.	Preparación de la pulpa. Pulpa completa (Pulpa A-300).....	143
5.2.1.1.	Acondicionamiento de la pulpa antes de los tratamientos enzimáticos	144
5.2.2.	Actividad lacasa.....	144
5.2.3.	Preparación del HBT	144
5.2.4.	Selección de la carga de enzima y mediador	145
5.2.5.	Diseño experimental	146
5.2.6.	Tratamientos enzimáticos	147
5.2.7.	Obtención de la fracción de finos	148
5.2.8.	Grupos ácidos totales en finos por titulación conductimétrica	149
5.2.9.	Nº <i>kappa</i> en los finos.....	150
5.3.	Resultados y Discusión.....	151
5.3.1.	Número <i>kappa</i> y grupos ácidos totales	151
5.3.1.1.	Pulpa completa.....	151
5.3.1.2.	Finos.....	151
5.3.2.	Capacidad de absorción de agua (WRV).....	153
5.3.3.	Drenabilidad	153
5.3.4.	Coefficiente de absorción de luz (k)	154
5.3.5.	Nitrógeno Total.....	156
5.3.6.	Propiedades físico-mecánicas	157
5.3.6.1.	Índice de tracción	157

5.3.6.2.	CMT	158
5.3.6.3.	Densidad.....	159
5.4.	Ensayos sobre otras pulpas <i>kraft</i> de alto <i>kappa</i> . Comparación	161
5.4.1.	Preparación de las pulpas.....	161
5.4.1.1.	Pulpa A-370 y Pulpa A-600	161
5.5.	Resultados y Discusión.....	162
5.5.1.	Pulpa A-600. Grupos ácidos superficiales.....	162
5.5.2.	Resumen de propiedades. Comparación.....	163
5.6.	Conclusiones parciales Parte A	166
5.7.	Consideraciones para la Parte B de este Capítulo.....	167

PARTE B. Tratamiento de pulpa sin finos

5.8.	Materiales y Métodos	169
5.8.1.	Preparación de la pulpa de partida. Pulpa sin finos (Pulpa U)	169
5.8.1.1.	Acondicionamiento de la pulpa previo al tratamiento enzimático	173
5.8.2.	Tratamientos alcalinos (A). Optimización de la carga de álcali	174
5.8.3.	Actividad Lacasa	177
5.8.4.	Preparación del HBT	177
5.8.5.	Preparación del Tween 20	177
5.8.6.	Selección de la carga de enzima y mediador	178
5.8.7.	Diseño experimental	178
5.8.7.1.	Identificación de los tratamientos	180
5.8.8.	Tratamiento con el Sistema Lacasa-HBT (LH)	181
5.8.9.	Lavado con Tween 20 (T).....	182
5.8.10.	Tratamiento alcalino (A).....	182
5.8.11.	Espectroscopía de Resonancia Paramagnética Electrónica	183
5.8.12.	Análisis estadístico	185
5.9.	Resultados y Discusión.....	186
5.9.1.	Seguimiento de la actividad enzimática.....	186
5.9.2.	Espectros de Resonancia Paramagnética Electrónica.....	187
5.9.3.	Caracterización química de las pulpas.....	188
5.9.4.	Caracterización de la lignina aislada	193
5.9.5.	Número <i>kappa</i>	195
5.9.6.	Capacidad de absorción de agua.....	197
5.9.7.	Demanda Química de Oxígeno.....	198
5.9.8.	Nitrógeno Kjeldahl	199
5.9.9.	Propiedades físico-mecánicas del papel	200
5.9.9.1.	Coefficiente de absorción de luz (k).....	200
5.9.9.2.	Densidad aparente	202
5.9.9.3.	Coefficiente de dispersión de luz (s)	204
5.9.9.4.	Índice de tracción	207
5.9.9.5.	Resistencia a la compresión de columna corta.....	211
5.9.9.6.	Resistencia zero-span	213
5.10.	Conclusiones parciales Parte B.....	214
5.11.	Conclusiones del Capítulo 5	215

CAPÍTULO 6 – TRATAMIENTOS OXIDATIVOS QUÍMICOS.

6.1.	Introducción General	218
6.1.1.	Reactividad del ozono.....	219

PARTE A. Tratamiento de pulpa completa.

6.2.	Materiales y Métodos	225
6.2.1.	Diseño experimental	225
6.2.2.	Preparación de la pulpa de partida y tratamiento con ozono	226
6.2.3.	Preparación de hojas de laboratorio para aplicar la ecuación de Page	226

6.3.	Resultados y Discusión.....	228
6.3.1.	Número <i>kappa</i>	228
6.3.2.	Lignina Klason y lignina soluble en ácido.....	228
6.3.3.	Grupos ácidos superficiales	229
6.3.4.	Valor de retención de agua porcentual	232
6.3.5.	Drenabilidad	232
6.3.6.	Propiedades físico-mecánicas del papel	233
6.3.6.1.	Índice de tracción y CMT	233
6.3.6.2.	Resistencia SCT y CMT en función de la densidad aparente	234
6.3.7.	Determinación de la capacidad de enlace de las fibras.....	235
6.4.	Conclusiones parciales Parte A	241
PARTE B. Tratamiento de pulpa sin finos.		
6.5.	Materiales y Métodos	243
6.5.1.	Preparación de la pulpa de partida.....	243
6.5.1.1.	Acondicionamiento de la pulpa.....	243
6.5.2.	Producción de ozono.....	244
6.5.2.1.	Equipo de producción de ozono	244
6.5.2.2.	Determinación de la concentración de ozono	245
6.5.3.	Diseño experimental	246
6.5.4.	Tratamiento con ozono a baja consistencia	247
6.5.5.	Análisis estadístico	249
6.6.	Resultados y Discusión.....	250
6.6.1.	Consumo de ozono	250
6.6.2.	Propiedades fisicoquímicas	252
6.6.3.	Propiedades físico-mecánicas del papel	253
6.6.4.	Determinación de la capacidad de enlace de las fibras.....	253
6.7.	Conclusiones parciales Parte B.....	257
6.8.	Conclusiones del Capítulo 6.....	258
CAPÍTULO 7 – CONCLUSIONES FINALES.		
7.	Conclusiones Finales	260
TRABAJOS FUTUROS		
		262
CONTRIBUCIONES.....		
		264
REFERENCIAS POR CAPÍTULO.....		
		267