



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

ANII-FSE-2011-1- 6456:

RECUPERACIÓN DE HEMICELULOSAS PREVIO AL PULPEO KRAFT COMO MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

Patricia Gerla - Ma. Noel Cabrera

Ma. Fernanda Arrosbide - Patricia Franzoni

Daniel Cosentino - Leonardo Clavijo

Mairan Guigou - Florencia Cebreiros

Norberto Cassella- Claudia Lareo

Daniel Ferrari

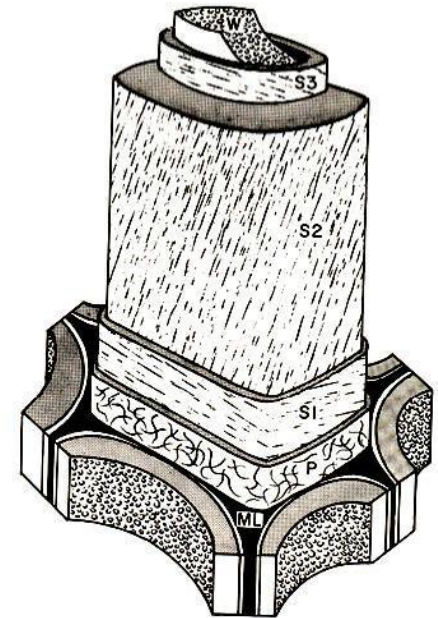
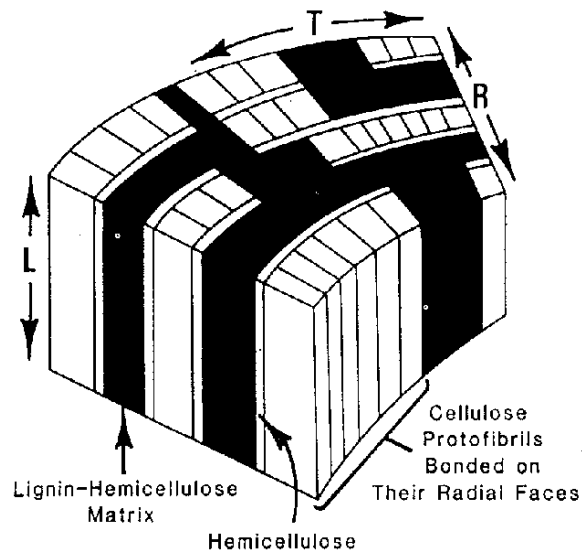
*Universidad de la República,
Facultad de Ingeniería,
Instituto de Ingeniería Química*

PROYECTO

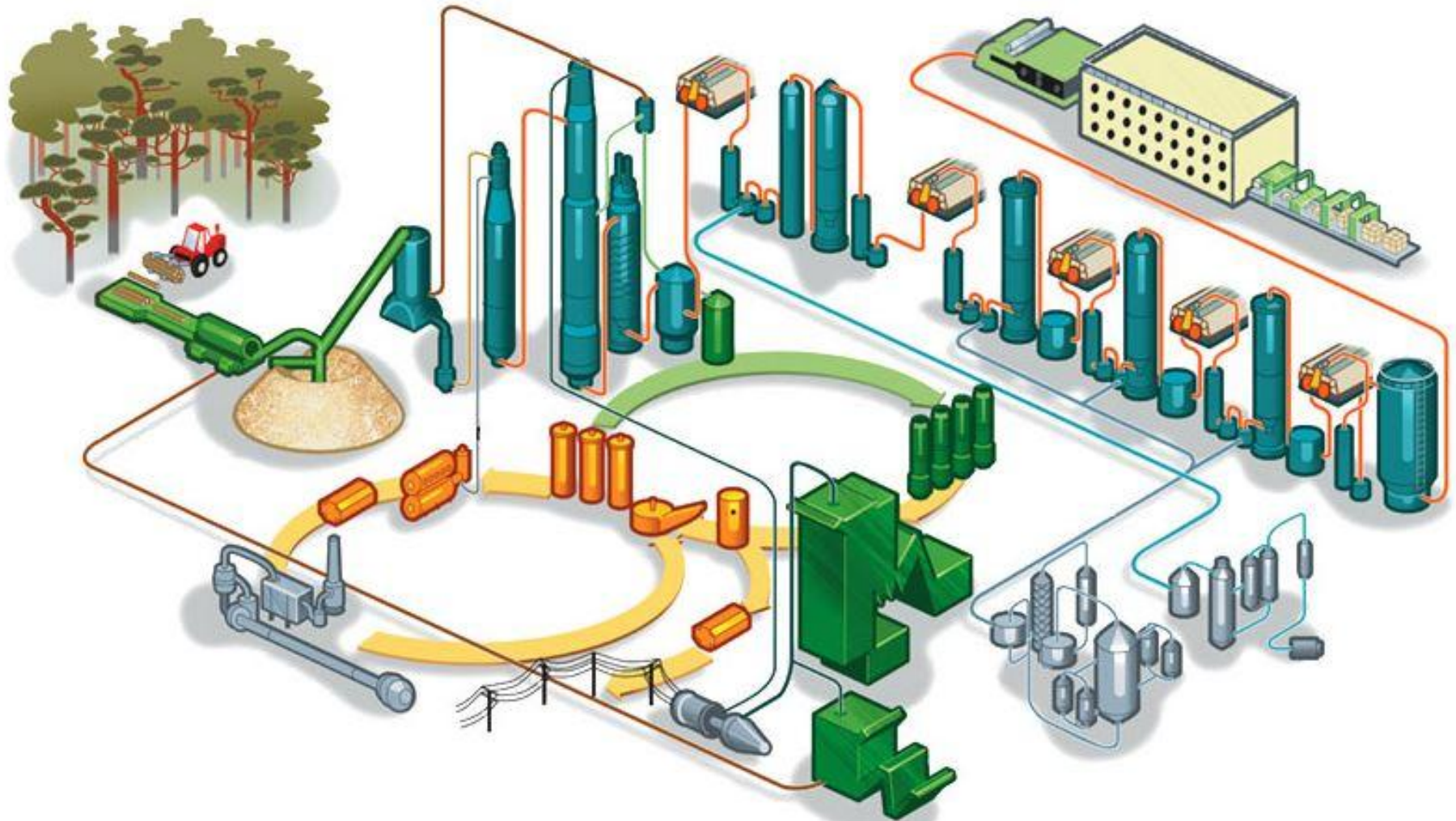
A N I I

QUE SON LOS MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS?

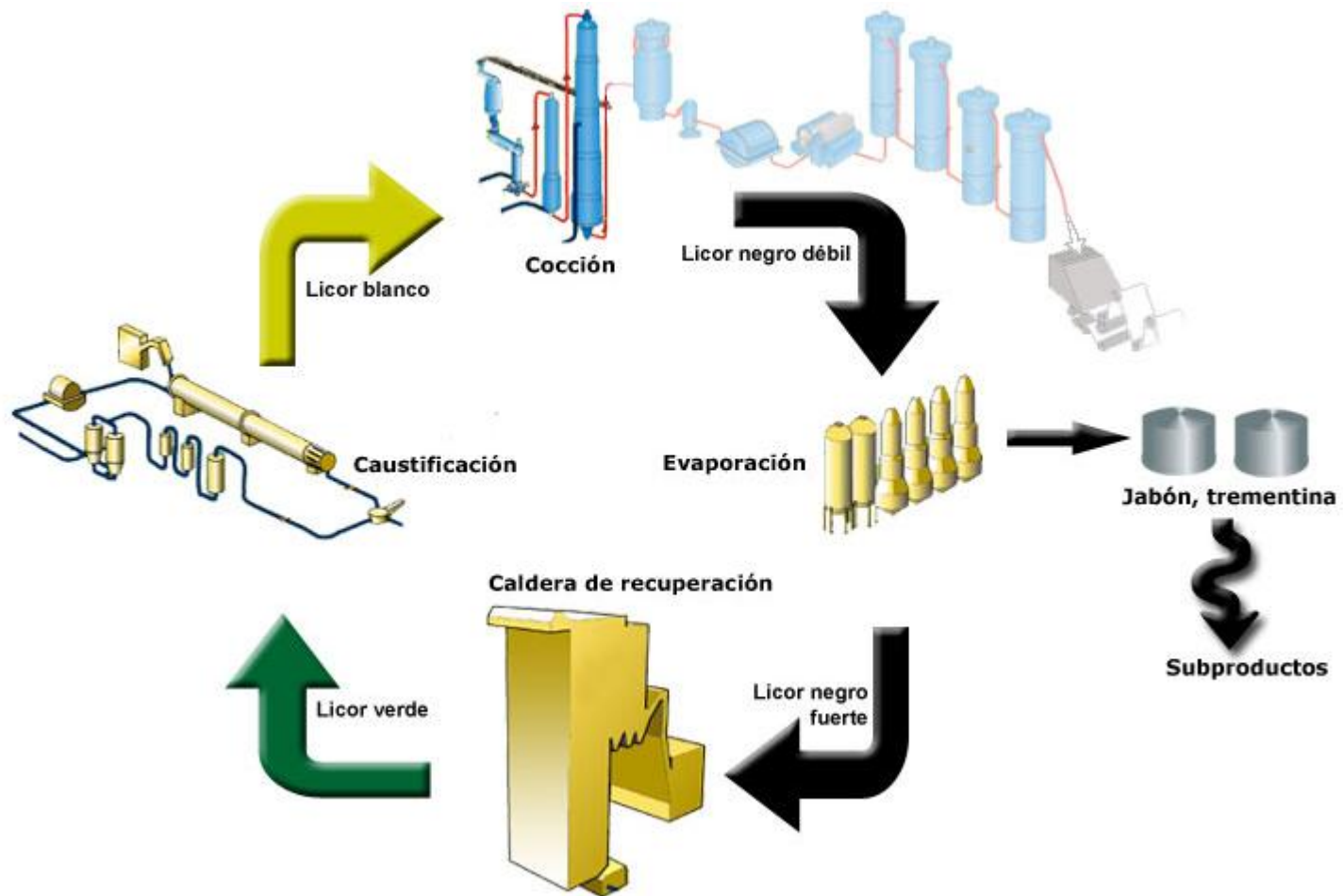
Material compuesto por: Celulosa, Hemicelulosas y Lignina fundamentalmente.



ESQUEMA DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PULPA DE CELULOSA KRAFT



CIRCUITO DE LICORES EN UNA PLANTA KRAFT

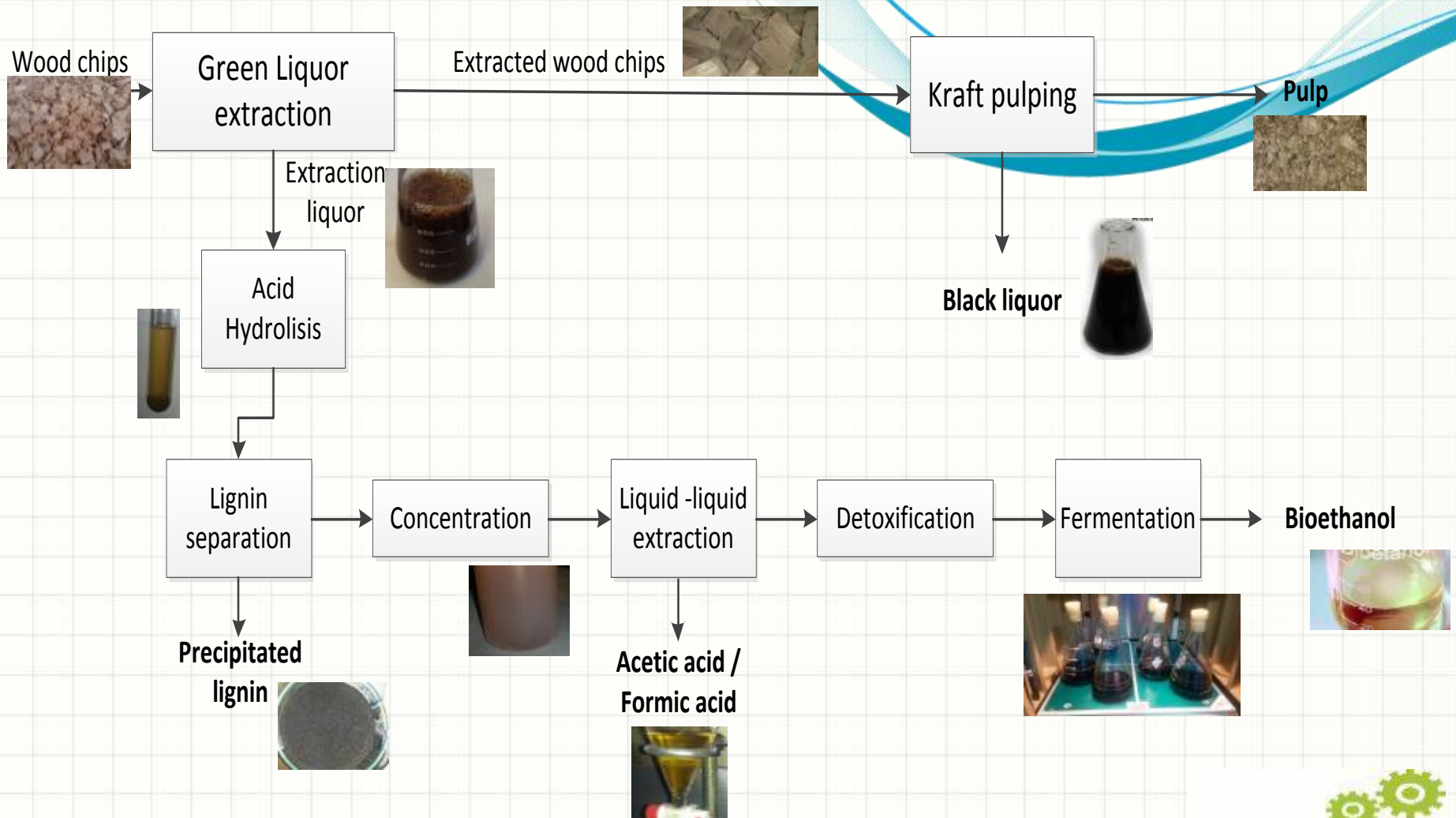


Licor verde: Compuesto fundamentalmente por carbonato de sodio, sulfuro de sodio e hidróxido de sodio.

OBJETIVO DEL TRABAJO:

Optimizar la extracción de hemicelulosas en chips de eucalipto en una etapa previa al proceso de pulpeo, de forma de obtener un extracto de azúcares factible de ser utilizado como materia prima para la producción de bioetanol, buscando no alterar la calidad de la pulpa de celulosa obtenida.

ESQUEMA DEL PROCESO PROPUESTO.



MOTIVACIÓN DEL TRABAJO

- 100% petróleo importado
- Motivación en la producción de biocombustibles



2 modernas plantas de pulpa de celulosa: 1.300.000 Adt/año, eucalipto

Cálculos primarios:

1 fábrica: 5750 ton madera (DS)/día

Extracción de Hemis : 3%

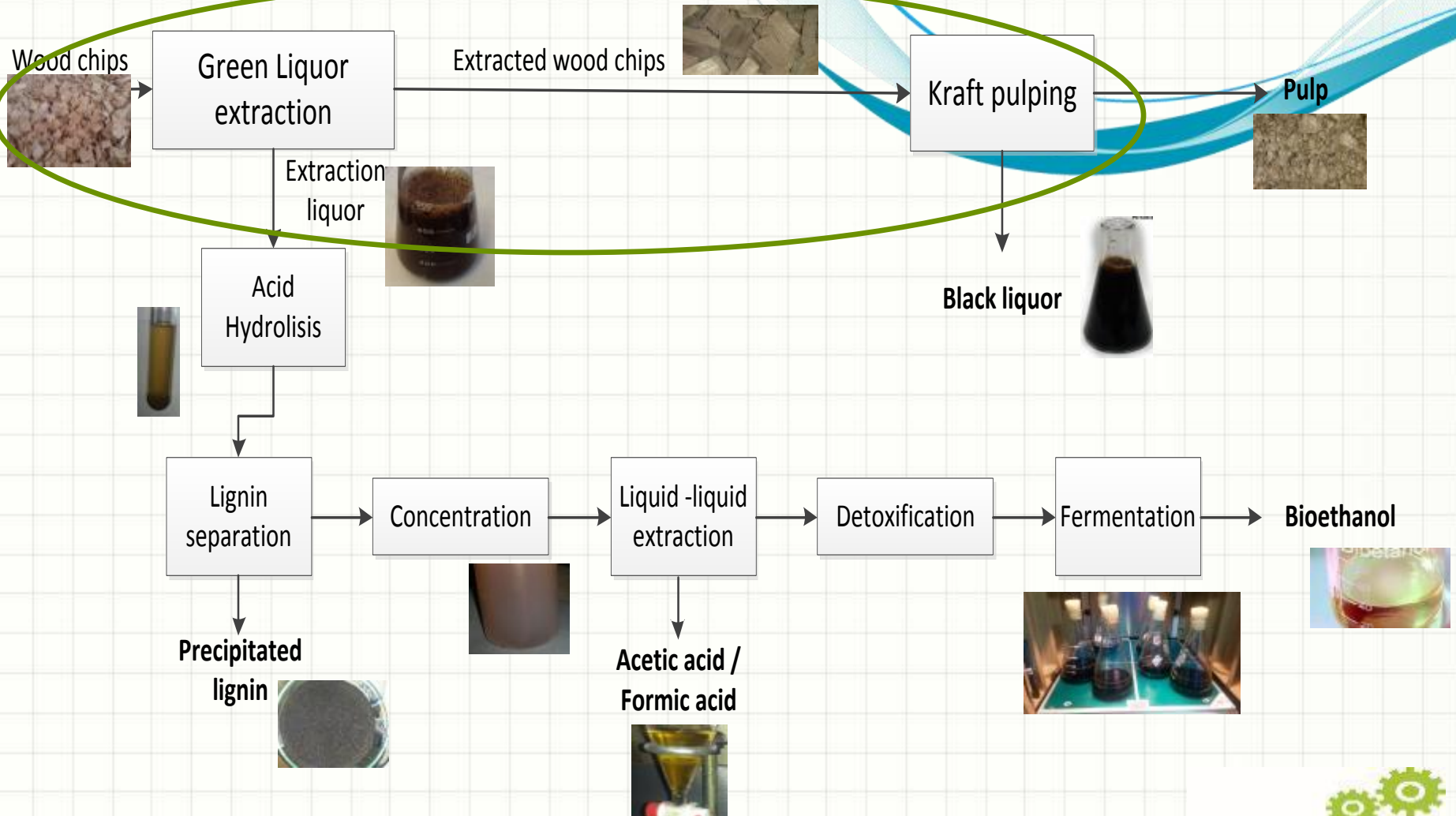
Rendimiento Bioetanol : 80%

→ 30.500 m³ Etanol/año

(3.4% sustitución de gasolina)

→ 49.000 m³ ácido acético/ año

ESQUEMA DEL PROCESO PROPUESTO.



Chips Utilizados

- Chips de *Eucalyptus grandis*
- Fueron secados y homogeneizados en un solo set .
- Se almacenaron protegidos de la humedad y calor.



Reactor.

4 reactores de acero inoxidable de 1.4 L se colocan dentro de un reactor rotatorio Kumagai Riki Kogyo de 15L de volumen.

La relación líquido: madera (L/W) es de 3.5.

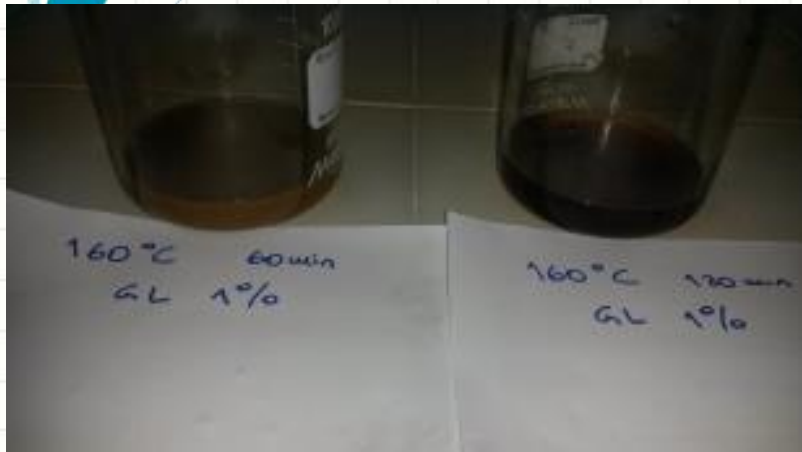
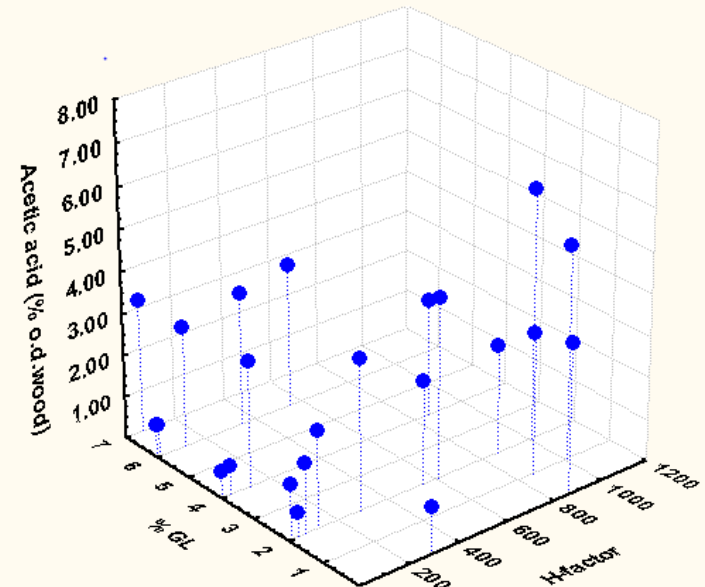
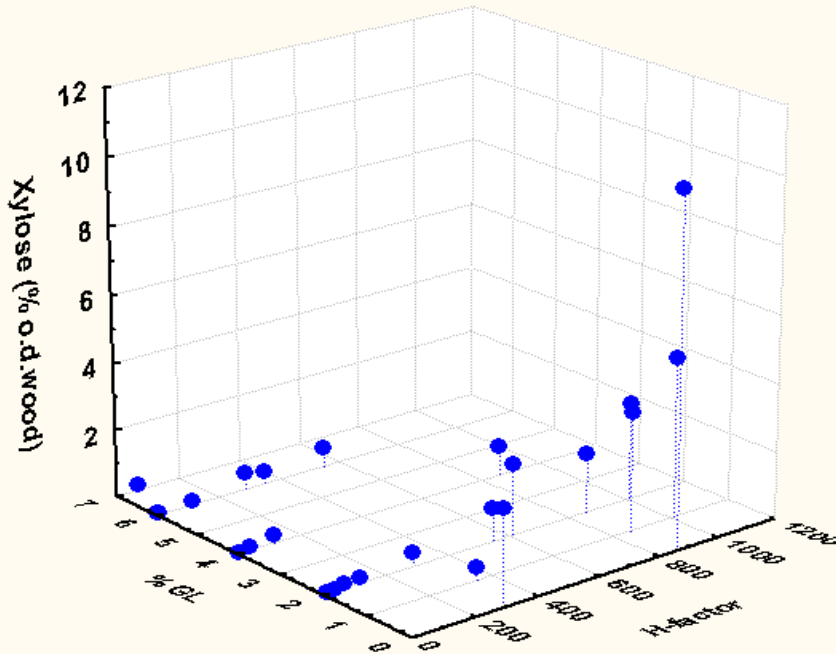


ENSAYOS DE PRE-EXTRACCIÓN

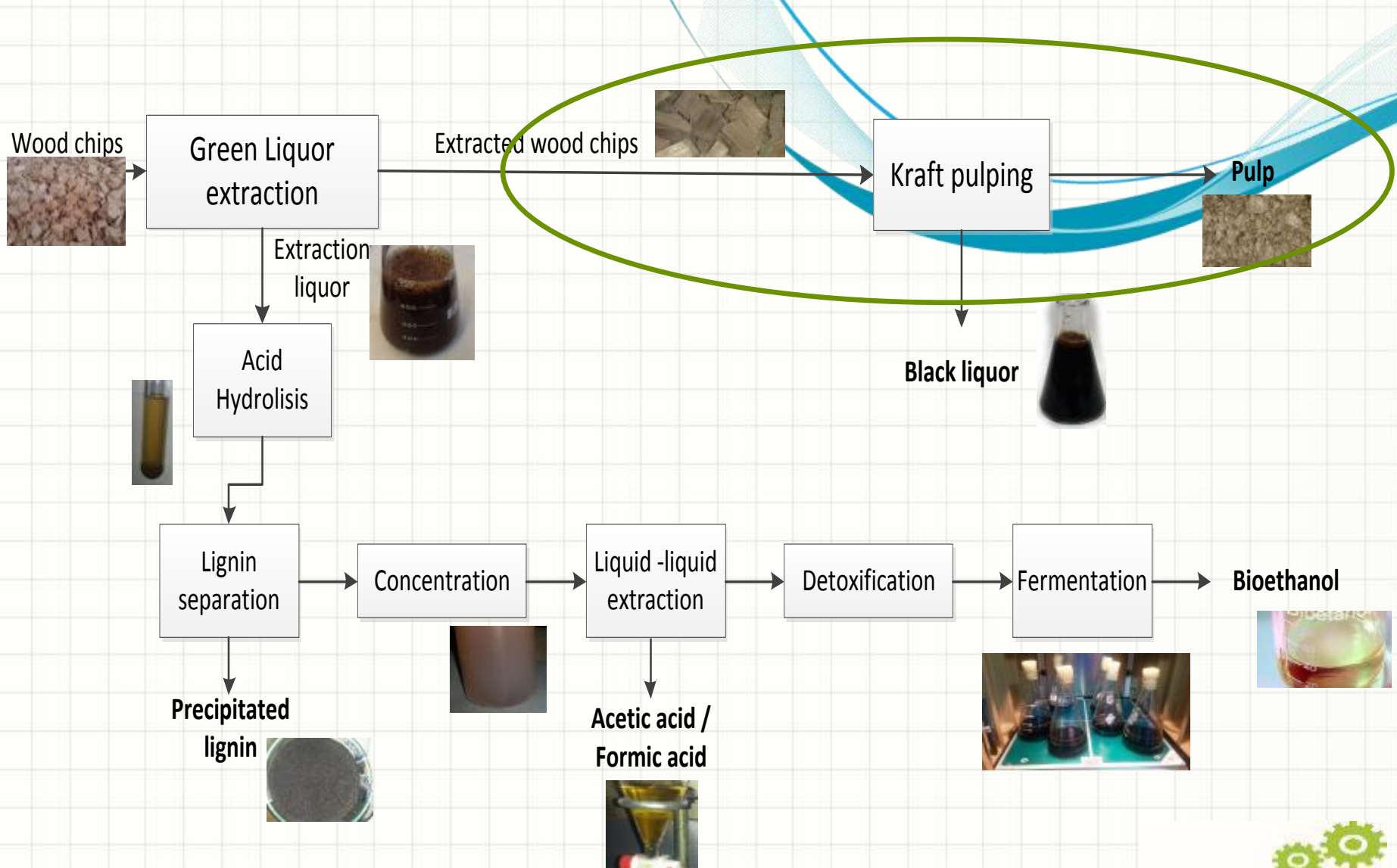
Max temp (°C)	100 - 160
Tiempo a Tmax. (min)	30 - 150
% LV	0 - 7

T. _{max} (°C)	Tiempo a T. _{max} (min)	%LV (% Na ₂ O)	H- Factor (horas)
100	120	4	2
100	120	6	2
120	60	2	10
120	60	6	10
140	30	2	39
140	30	4	39
140	60	2	69
140	60	7	69
140	90	2	117
140	90	4	117
140	90	6	117
155	60	0	288
155	60	2	288
155	60	6	288
160	30	1	349
160	30	6	349
160	90	2	548
160	90	6	548
155	150	2	613
160	120	0	861
160	120	1	861
160	120	2	861
160	120	4	861
160	150	1	1010
160	150	2	1010

ENSAYOS DE PRE-EXTRACCIÓN - RESULTADOS



SCHEME OF THE PROPOSED PROCESS.



Condiciones de Pre-extracción	T máx (°C)	Tiempo (min)	% LV	H-Factor	Número kappa	Viscosidad (mL/g)	Características de la pulpa
	100	120	4	2	14.4	1121	
	100	120	6	2	13.3	1044	
	120	60	2	10	16.6	1180	
	120	60	6	10	15.4	1160	
	140	30	2	39	16.0	1121	
	140	30	4	39	14.9	1084	
	140	60	2	69	15.2	1062	
	140	60	7	69	12.0	900	
	140	90	2	117	15.8	1163	
	140	90	4	117	15.4	1035	
	140	90	6	117	11.9	899	
	160	30	1	349	12.7	1066	
	160	30	6	349	14.2	999	
	160	90	2	548	14.8	1169	
	160	90	6	548	14.2	1019	
	155	150	2	613	13.3	1080	
	160	120	0	861	7.8	538	
	160	120	1	861	9.7	964	
	160	120	2	861	12.4	1100	
	160	120	4	861	12.2	931	
	160	150	1	1010	11.5	1080	
	160	150	2	1010	14.0	1094	
	Control pulp			0	20.6	1250	

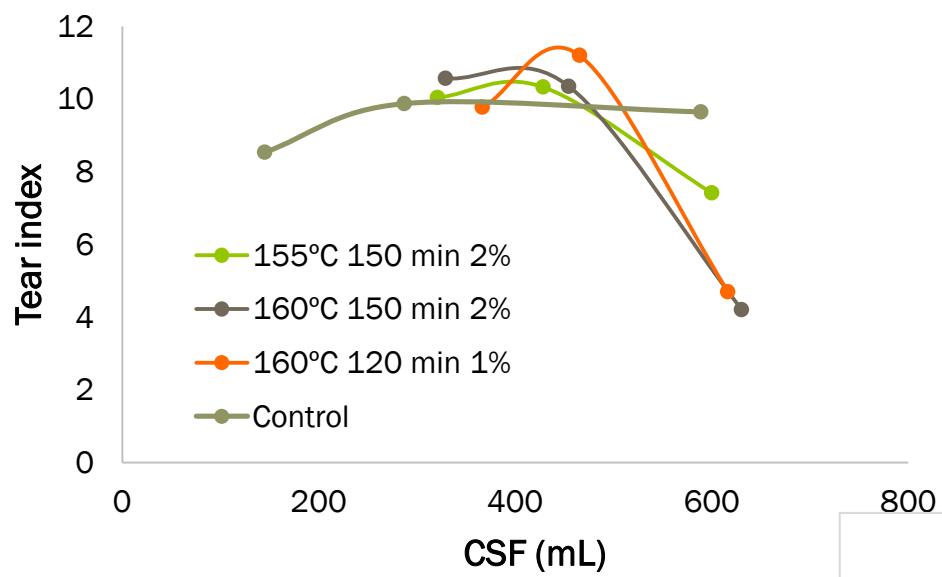
AJUSTE DE CONDICIONES PARA UN NUMERO KAPPA DE 18,5

Condiciones de extracción	Rendimiento extracción (%)	Xilosa (%)	Alcali activo (%Na ₂ O)	Rendimiento pulpeo(%)	Kappa	Viscosidad (mL/g)
155°C, 150 min, 2%	11.1	2.1	11.9	47.0	18.1	1427
160°C, 120 min, 1%	13.9	3.5	12.0	43.2	19.5	1300
160°C, 150 min, 2%	11.5	2.9	11.2	48.3	18.2	1363
Pulpa control	--	-	16.5	52.3	18.1	1212

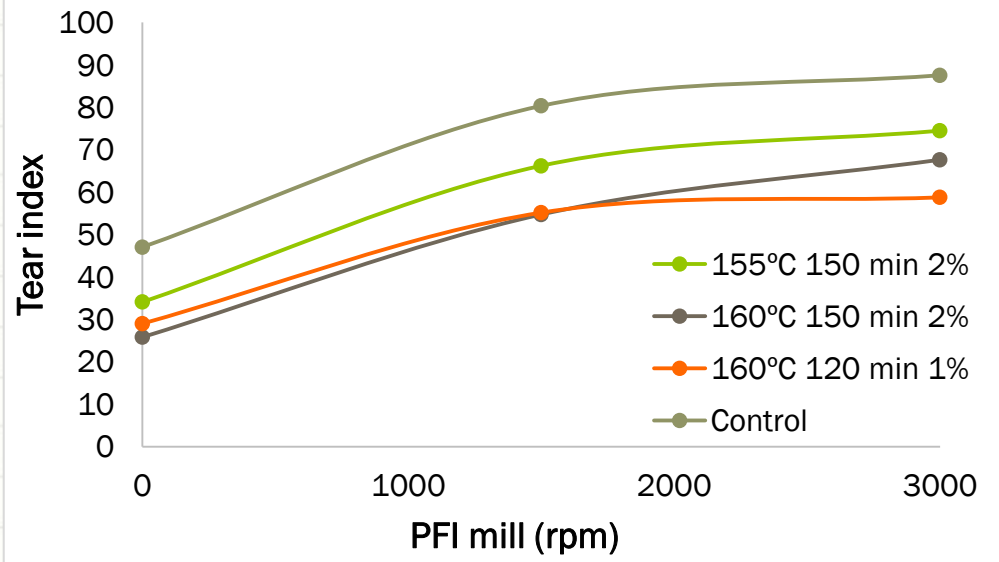


PROPIEDADES PAPELERAS DE LAS PULPAS OBTENIDAS

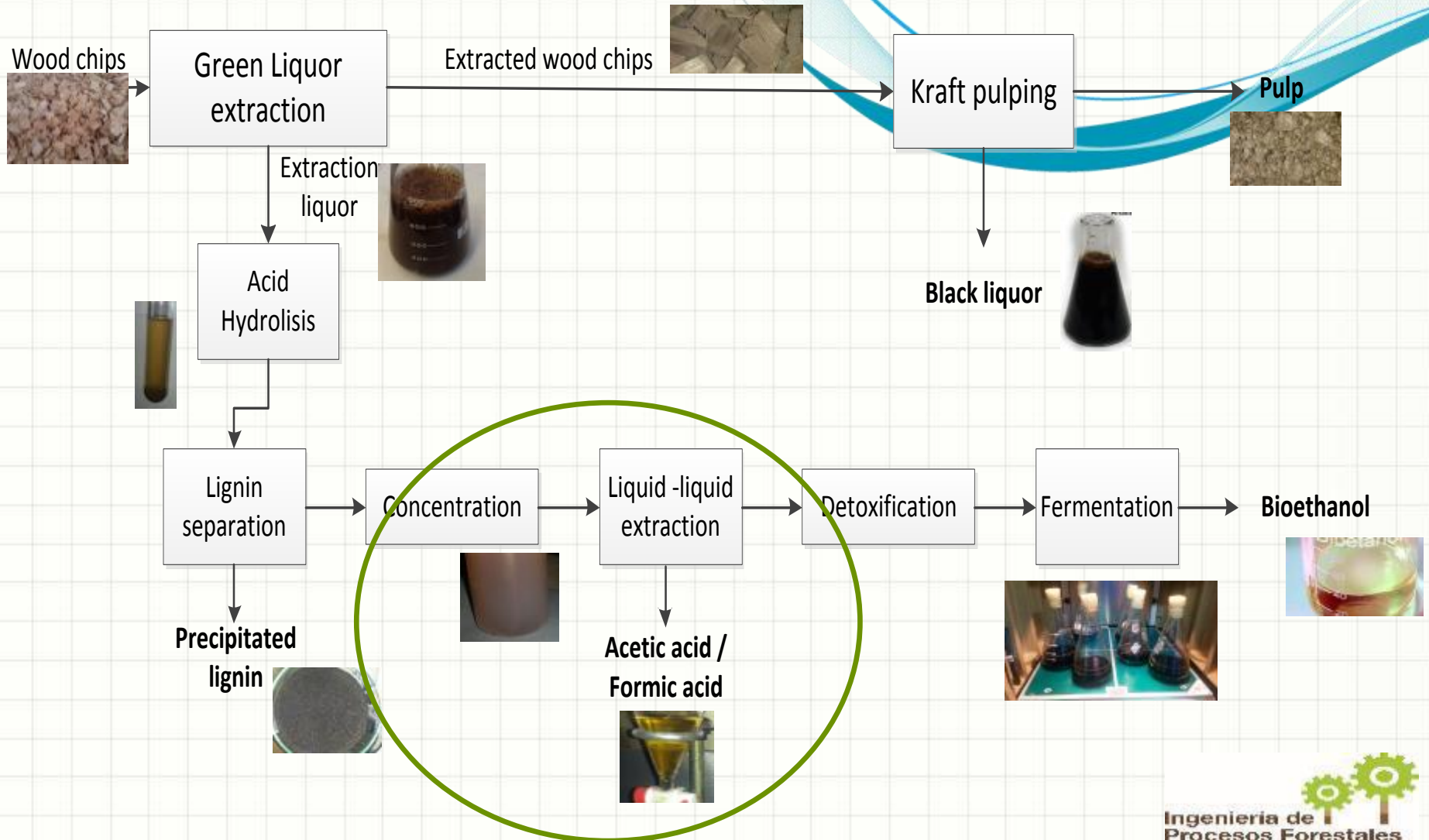
Tear index vs CSF



Tensile index vs CSF

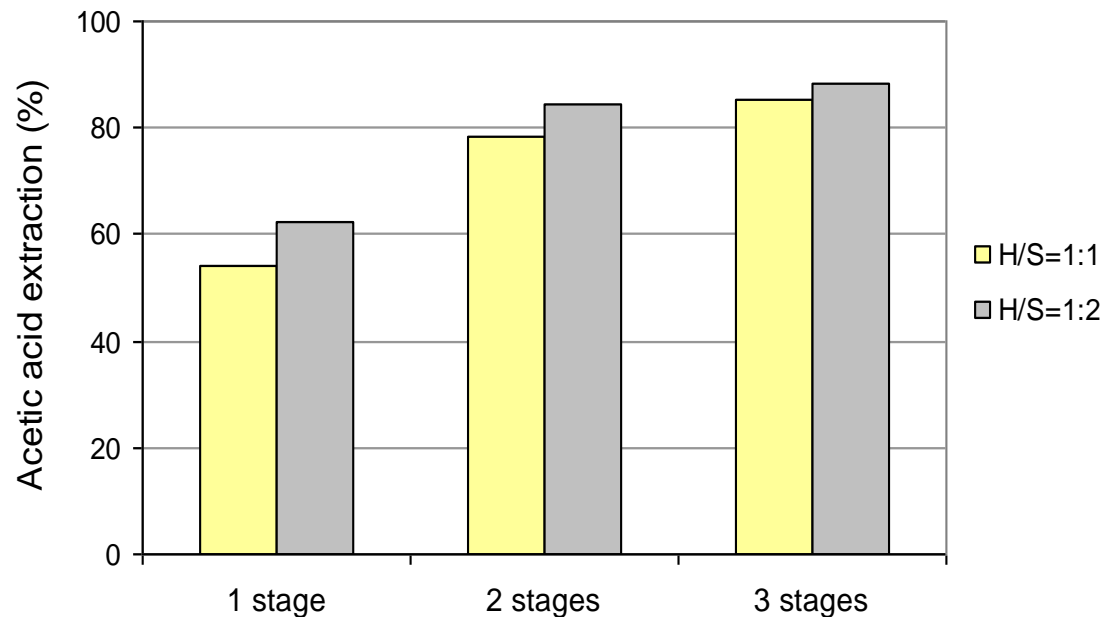


SCHEME OF THE PROPOSED PROCESS.

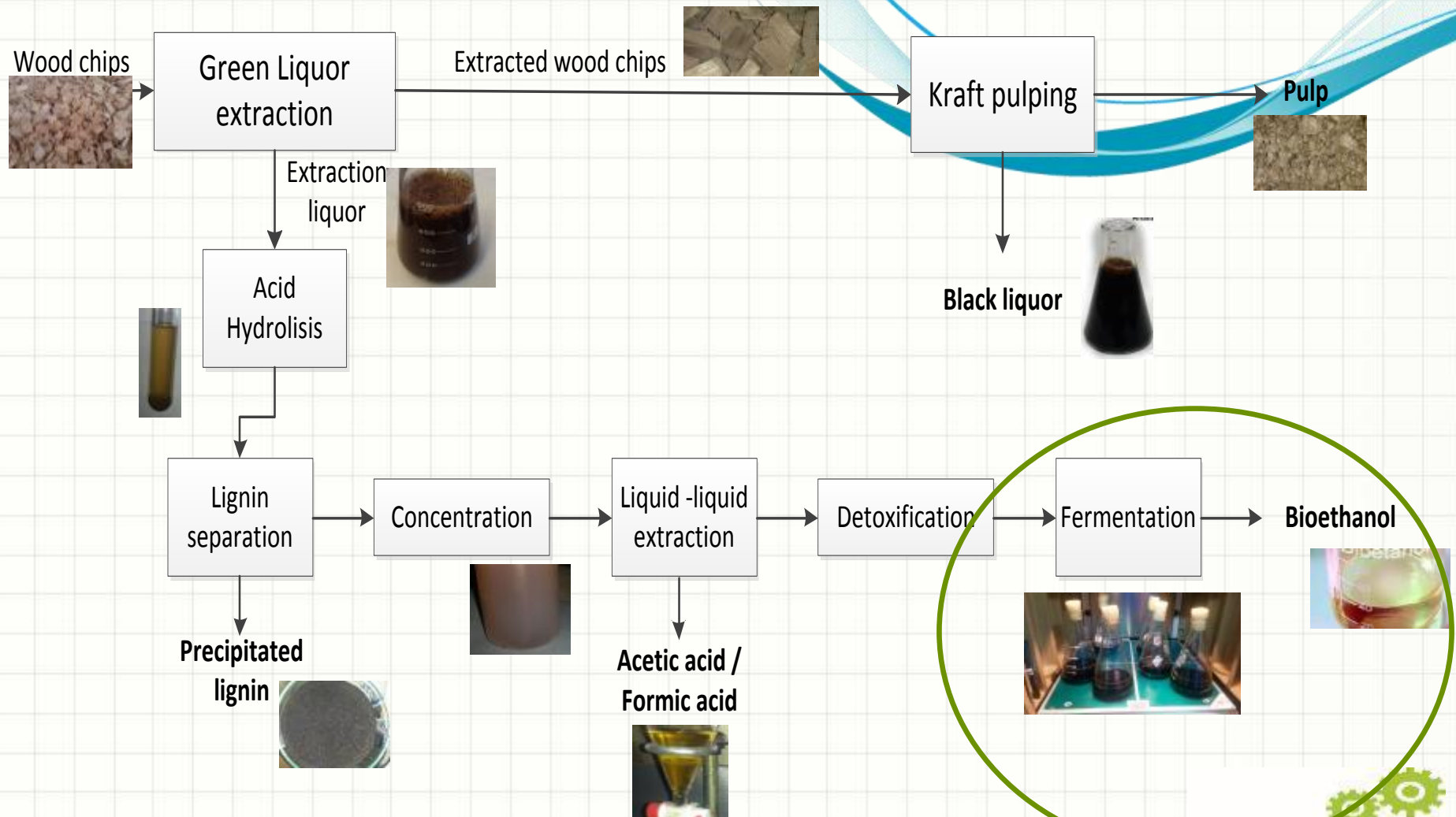


EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO CON ACETATO DE ETILO

Variables:
pH, relación AcEtOH: hidrolizado, número de etapas,
tiempo de contacto.

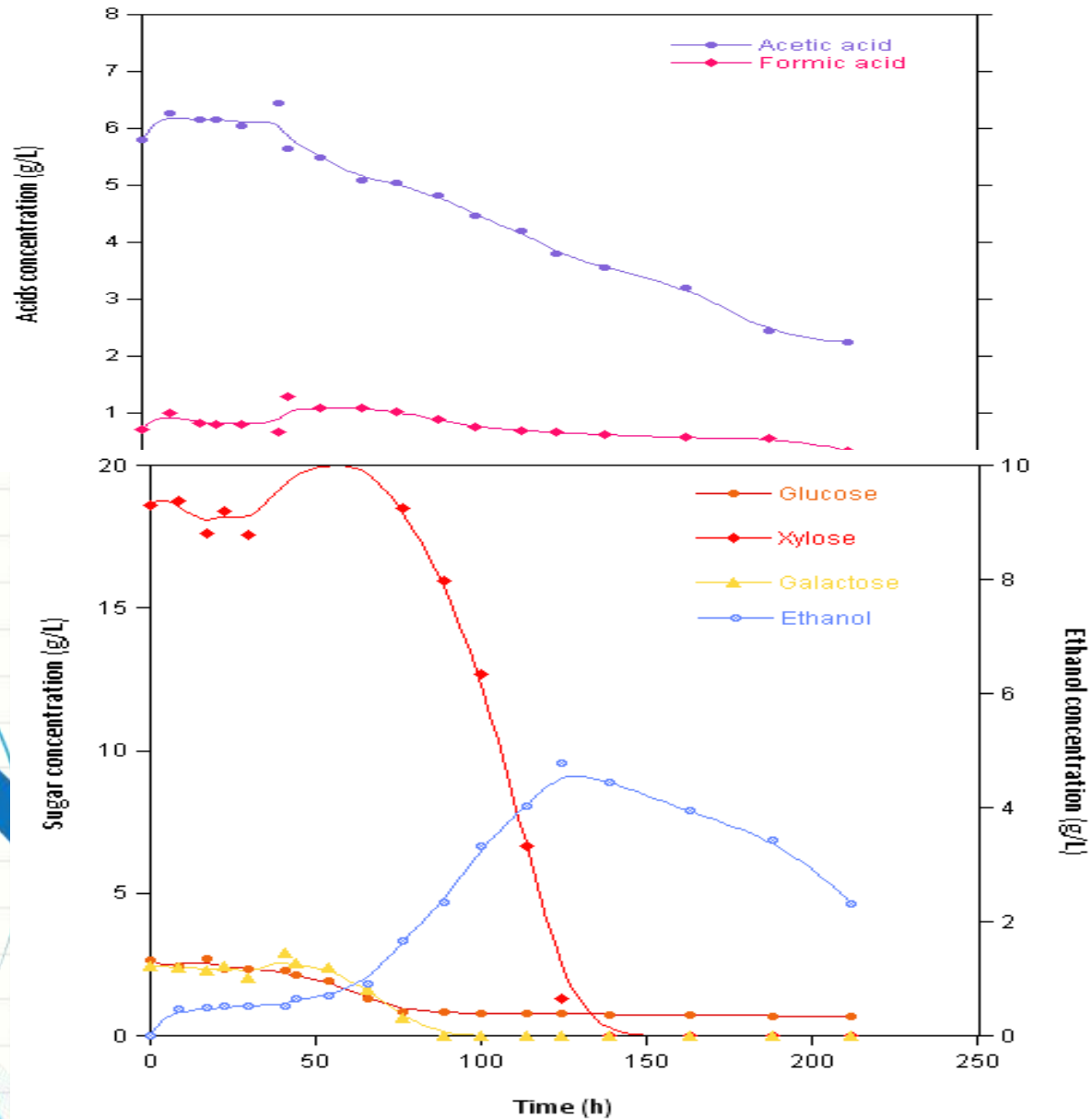
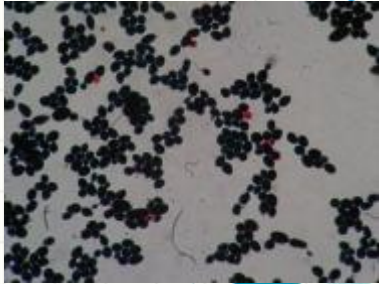


SCHEME OF THE PROPOSED PROCESS.



PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

Scheffersomyces stipitis (ex *Pichia stipitis*) NBRC 10063



Condiciones de extracción	160°C, 120min,1% LV	155°C,150min, 2%LV	160°C, 150min, 2%LV
Carbohidratos totales iniciales (g/L)	63.7 ± 0.8	24.7 ± 0.3	60.8 ± 1.0
Xilosa	57.2 ± 0.6	19.1 ± 0.4	53.4 ± 0.6
Carbohidratos totales finales (g/L)	2.4 ± 0.6	1.9 ± 0.5	59.2 ± 0.3
[ETOH] (g/L)	4.0 ± 0.8	5.0 ± 0.2	0.8 ± 0.0
Tiempo de Fermentación (h)	140	126	125
Eficiencia	0.12 ± 0.02	0.39 ± 0.02	0.03 ± 0.00

- Eficiencia calculada como la relación entre los gramos de etanol producidos y los gramos teóricos de etanol a producirse de acuerdo a la concentración inicial de azúcares.

CONCLUSIONES

- Se disminuye la cantidad de álcali activo para el pulpeo frente al pulpeo convencional.
- La resistencia a la tracción es comparable (en la condición 155 °C, 150 min y 2% GL) y se observa un aumento de la resistencia al desgarrar en las pulpas kraft pre-extraídas ensayadas.
- Existe una pérdida en el rendimiento de la fabricación de pulpa de 5%, que podría ser perjudicial en el balance económico del proceso.
- Se obtuvo bioetanol a partir de hidrolizados de hemicelulosas (alrededor de 6 g/L de etanol). Los mejores rendimientos de fermentación corresponden a la condición de pretratamiento de 155°C, 150 min y 2% de licor verde.
- La mejor condición de pre-extracción de xilosa para producir bioetanol y pulpa comercial en chips de *Eucalyptus grandis* se obtiene con 2% de licor verde a 155°C y 150 minutos.
- Si bien es posible obtener bioetanol a partir de una fracción de hemicelulosas extraídas del proceso del proceso de fabricación de pulpa industrial, la concentración final de bioetanol y la eficiencia obtenida se deben mejorar, basado fundamentalmente en la eliminación de inhibidores y en el desarrollo de cepas más eficientes.

BENEFICIOS DE UNA BIOREFINERÍA FORESTAL INTEGRADA.

- La logística de recolección, transporte y procesamiento primario de la madera ya son conocidas y en operación.
- Bajo Capital: Utiliza equipos de fabricación de pulpa y la infraestructura existente para la producción de nuevos productos de valor agregado, además de los productos tradicionales.
- Sinergia: La integración completa de los productos forestales tradicionales y nuevos bioproductos dará lugar a sinergias.
- Autosuficiencia: La sustitución de los combustibles fósiles importados por combustible renovable doméstica

AGRADECIMIENTOS

- A la ANII por el soporte financiero para la ejecución de este proyecto.
- A UPM-Fray Bentos por el suministro de chips y soporte técnico.
- Al personal del Departamento de Proyectos Forestales del LATU por su ayuda invaluable y uso de sus instalaciones.