



EVALUACION TECNICO - ECONOMICA:

"EL CARBON VEGETAL COMO PRODUCTO SECUN
DARIO EN LA EXPLOTACION MADERERA DEL
BOSQUE NATIVO"

MEG
32/81

EVALUACION TECNICO - ECONOMICA:

"EL CARBON VEGETAL COMO PRODUCTO SECUN
DARIO EN LA EXPLOTACION MADERERA DEL
BOSQUE NATIVO"

Santiago, Abril de 1982

INTEC - CHILE

EVALUACION TECNICO - ECONOMICA:

"EL CARBON VEGETAL COMO PRODUCTO SECUNDARIO EN LA
EXPLORACION MADERERA DEL BOSQUE NATIVO"

COBERTURA: BOSQUE TIPO COIGUE-RAULI DE LA PROVINCIA
DE VALDIVIA, X REGION DEL PAIS.

PATROCINADO POR:
Oficina de Planificación Agrícola
del Ministerio de Agricultura
(ODEPA)

REALIZADO POR:
INTEC - CHILE
Jefe de Proyecto:
Sr. Fabrizio Bargellini G.

Santiago, Abril de 1982

I N D I C E

	<u>Página</u>
SUMARIO EJECUTIVO	1
1. INTRODUCCION	4
2. EVALUACION DEL RECURSO	5
2.1 Antecedentes generales	5
2.2 Localización y evaluación del recurso forestal	8
2.2.1 Localización y vías de acceso	8
2.2.2 Evaluación del recurso forestal	9
2.3 Evaluación de los desechos forestales	14
2.3.1 Desechos en el bosque	14
2.3.2 Desechos en aserraderos	18
2.4 Resumen de la evaluación de desechos producidos en COFOMAP	23
3. TECNOLOGIAS PARA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL	24
3.1 Procesos con recuperación de subproductos	25
3.1.1 Proceso Lambiotte	25
3.1.2 Proceso Tech-Air	28
3.1.3 Proceso Pillard	29
3.1.4 Proceso Occidental Flash Pirólisis	29
3.1.5 Retorta Thomas con condensadores	32
3.2 Procesos sin recuperación de subproductos	34
A. Procesos por lotes	34
3.2.1 Métodos corrientes por lotes (parvas)	34
3.2.2 Horno tipo Brasileño	40
3.2.3 Horno Schwartz con hogar	42

3.2.4	Hornos Mark V	45
3.2.5	Horno Missouri	48
B.	Procesos contínuos	50
3.2.6	Retorta Thomas	50
3.2.7	Horno Nichols - Herreshoff	52
4.	TRABAJO EXPERIMENTAL CON MADERAS NATIVAS	56
4.1	Muestras sobre las cuales se trabajó	56
4.2	Determinación de rendimientos	57
4.2.1	Humedad	57
4.2.2	Razones Volumen - Peso	59
4.2.3	Carbonización	60
4.3	Caracterización de productos y subproductos	64
4.3.1	Análisis químico del carbón	64
4.3.2	Ensayo de resistencia mecánica	67
4.3.3	Análisis de subproductos líquidos	68
4.3.4	Rendimientos globales de la destilación con recuperación de subproductos	71
5.	ESTUDIO DE MERCADO DEL CARBON VEGETAL	72
5.1	Mercado internacional	72
5.2	Mercado nacional	77
5.2.1	Fundiciones de cobre	78
5.2.2	Otros consumidores actuales y posibles	81
5.2.3	Resumen	83
5.3	Especificaciones de los productos	83
5.3.1	Carbón a granel	83
5.3.2	Briquetas	84
5.4	Características de la comercialización	84

5.5	Precios	85
5.6	Subproductos	85
5.7	Conclusiones y dimensionamiento del mercado	88
6.	EVALUACION TECNICA	89
6.1	Selección de procesos	89
6.2	Diagrama de flujo del proceso	92
6.3	Balances de masa	94
6.4	Listado y especificaciones generales de los principales equipos e instalaciones	98
7.	EVALUACION ECONOMICA	100
7.1	Introducción	100
7.2	Cálculo de inversiones	101
7.3	Cálculo de costos de operación	104
7.4	Cálculo de ingresos de operación	105
7.5	Cálculo de impuestos a las utilidades	106
7.6	Cálculo de indicadores	107
7.7	Análisis de sensibilidad	116
	7.7.1 Sensibilidad al precio	116
	7.7.2 Sensibilidad al costo de fletes	117
7.8	Conclusiones	117
8.	ANALISIS PRELIMINAR DE ALTERNATIVAS DE USO DE DESECHOS DE LA EXPLOTACION FORESTAL	120
8.1	Usos alternativos para los desechos	120
8.2	Evaluación técnica preliminar para algunos usos alternativos	121
	8.2.1 Combustión directa de madera	121
	8.2.2 Producción de electricidad	121

8.2.3	Gasificación Termoquímica	124
8.2.4	Hidrólisis ácida para desechos celulósicos	126
8.2.5	Producción de energéticos y productos químicos vía fermentación anaeróbica de residuos celulósicos	128
8.2.6	Carbón activado	128
8.2.7	Producción de celulosa	129
8.3	Antecedentes económicos para algunas de las alternativas planteadas	129
8.3.1	Producción de vapor	129
8.3.2	Producción de electricidad	130
8.3.3	Producción de gas (LBG)	131
8.3.4	Carbón activado	132

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

<u>ANEXO A-1</u>	Datos complementarios a la evaluación del recurso
- Tabla A-1-1	Superficies prediales (COFOMAP)
- Tabla A-1-2	Volúmenes de madera explotada por sectores y empresas en COFOMAP.
- Plano N°1	Localización del área comprendida en el estudio.
- Plano N°2	Ubicación de predios administrados por COFOMAP.
- Plano N°3	Recursos forestales y faenas de explotación de bosques de COFOMAP.
<u>ANEXO A-2</u>	Tablas complementarias a la evaluación económica
- Tabla A-2-1	Cálculo de inversiones en activo inmovilizado.
- Tabla A-2-2	Cálculo de capital de trabajo.
- Tabla A-2-3	Cálculo de los costos fijos.
- Tabla A-2-4	Cálculo de los costos variables.

- ANEXO A-3 Cálculo de los costos unitarios de producción.
- ANEXO A-4 Precios de venta ponderados.
- ANEXO A-5 Cálculo del punto de equilibrio.
- ANEXO A-6 Consideración del IVA en la evaluación económica.
- ANEXO A-7 Proceso de hidrólisis ácida y fermentación de desechos celulósicos.
- ANEXO A-8 Importaciones y Exportaciones de carbón activado.

SUMARIO EJECUTIVO

- Se estimaron los recursos de desechos forestales del tipo Coigue Raulí de la provincia de Valdivia, determinándose que ellos se producen en un alto porcentaje en el Complejo Forestal y Maderero de Panguipulli (COFO MAP), tomándose las cantidades producidas en COFOMAP como representativas para la provincia.
- Se presume que se producen, y seguirán produciéndose, 117.500 m³ por año de desechos carbonizables.
- Para la carbonización con recuperación de subproductos se seleccionó la retorta Thomas con scruber y reciclaje de gases como el proceso que tuvo mayores ventajas en la evaluación técnica. Para la planta sin recuperación de subproductos se seleccionó los hornos metálicos Mark V y retortas Thomas. La evaluación económica incluye ambas alternativas.
- 3.3 m³ de desechos equivalen a 1 ton. de leña, base seca a 105°C, y rinden 269 Kg. de carbón, 88 Kg. de ácido acético y 217 Kg. de alquitrán. A estos rendimientos máximos hay que aplicarles el rendimiento implícito en cada equipo, para obtener los rendimientos prácticos.
- Se analizan varias alternativas de plantas de acuerdo al estudio de mercado. Las producciones analizadas son las siguientes:

	Briquetas (Ton/año)	Carbón a granel (Ton/año)	Acido acético (como acetato de calcio) (Ton/año)	Alquitrán (Combustible) (Ton/año)
Alternativa 1	300	750	258	719
Alternativa 2 (Hornos Mark V)	2.900	4.750	258	719
Alternativa 3	300	750	-	-
Alternativa 4 (Hornos Thomas)	2.900	4.750	258	719

- Los resultados de la evaluación económica entregan los siguientes valores para los indicadores:

	<u>VAN (12%)</u>	<u>TIR</u>
Alternativa 1	6179 UF	24.6%
Alternativa 2	-164151 UF	< 0%
Alternativa 3	- 1608 UF	7.9%
Alternativa 4	-135811 UF	< 0%

- Se realizó un análisis de sensibilidad a los precios del carbón (dejando fijo el precio de los subproductos), y a los costos de fletes, que son los factores de mayor incidencia en los indicadores y que pudieran más probablemente variar. Este análisis sólo se realizó para las alternativas 1 y 3, que como se desprende de los resultados antes enunciados, son las únicas que pueden alcanzar niveles razonables de rentabilidad.

	PRECIO + 10%		PRECIO + 20%	
	<u>VAN (12%)</u>	<u>TIR</u>	<u>VAN (12%)</u>	<u>TIR</u>
Alternativa 1	9525 UF	31.2%	12874 UF	37.8%
Alternativa 2	1743 UF	16.2%	5087 UF	24.2%

	FLETE + 5%		FLETE + 10%	
	<u>VAN (12%)</u>	<u>TIR</u>	<u>VAN (12%)</u>	<u>TIR</u>
Alternativa 1	5668 UF	23.6%	5157 UF	22.6%
Alternativa 3	-1976 UF	7.0%	-2344 UF	6.0%

Se observa que el aumento de precios (que los lleva a los valores del mercado actual) hace atractivas ambas alternativas, en particular la que recupera sub-productos. Por otra parte, el costo de flete, que se estima está sub-valorado por el exceso de oferta actual, tiene una incidencia no excesivamente importante aunque no despreciable.

- En resumen, la alternativa 1, que representa una inversión total del orden de US\$ 280.000 aparece con buenos resultados; la alternativa 3 requiere de precios más altos para lograr valores de los indicadores aceptables. En cuanto a las alternativas que implican sustituir carbón mineral por carbón vegetal al precio de aquél, resulta claro que ello no es económicamente viable.

- En todos los casos analizados no se considera el beneficio resultante de la limpia del bosque, debido a que queda fuera del ámbito del negocio del carbonero y por no estar claro quién debe pagar dicho beneficio.

1. INTRODUCCION

La explotación del bosque nativo deja como residuos gran cantidad de desechos que en la actualidad no son utilizados, o se utilizan solamente cantidades ínfimas de ellos.

Los desechos se producen en varias etapas de la explotación. En el bosque, cuando el árbol seleccionado es derribado, arrastra consigo a otros individuos no aptos para ser explotados. Se produce luego el corte del fuste, dejando como desechos la copa, el tocón, las ramas, trozos de fuste defectuosos, etc. El aprovechamiento de estos desechos trae consigo un beneficio adicional, desde el punto de vista silvícola, que se desprende de las limpiezas del sotobosque, permitiendo un sano manejo forestal. El resto de los desechos se producen en la industria del aserrío.

La Oficina de Planificación Agrícola del Ministerio de Agricultura, consideró interesante evaluar la fabricación de carbón vegetal con los desechos de la explotación del bosque nativo tipo Coigue-Raulí de la provincia de Valdivia. Es así como licitó y adjudicó dicho estudio a INTEC-CHILE, planteándose su realización en dos etapas: una preevaluación económica en base a recopilación de antecedentes y estimaciones preliminares, y de acuerdo al resultado positivo, una segunda fase que contemplara el estudio de mercado del carbón vegetal, la cuantificación y caracterización de los recursos, y la evaluación técnico-económica considerando también la posibilidad de recuperación de subproductos de la carbonización.

Estando esta segunda fase bastante avanzada en su desarrollo, se consideró interesante enriquecer el estudio agregando una evaluación muy preliminar de alternativas al uso de los desechos, la que se incluye en la parte final de este informe.

2. EVALUACION DEL RECURSO2.1 Antecedentes Generales

Según una estimación hecha por INFOR. en 1980, el país cuenta con unos 9 millones de hectáreas de bosques nativos, superficie que representa aproximadamente el 90% de la superficie boscosa total del país.

Según se aprecia en la Tabla 2.1, de estos 9 millones, la X Región contribuye con 3,6 millones, lo cual equivale al 36% del total de la superficie boscosa nacional.

REGION	Superficie (há)	Volumen (millones m ³)
	Area (ha)	Volume (millions m ³)
V	---	---
A.M.	2.700	---
VI	41.200	0,3
VII	196.400	6,4
VIII	401.700	24,1
IX	632.900	82,0
X	3.592.600	744,2
XI	1.900.000	20,0
XII	2.200.000	17,5
TOTAL	8.967.500	894,5

TABLA 2.1 Recursos del bosque nativo.
INTEC-CHILE

La actual explotación maderera del bosque nativo concentra en la provincia de Valdivia un alto porcentaje del Raulí y Coigüe que se tala en el país. Si bien existen estadísticas de producción de madera aserrada por especie arbórea, provincia y región, tal como lo indica la tabla 2.2 obtenida del Censo Forestal 1980 de CONAF e INFOR, es difícil precisar la producción forestal de especies nativas por provincias y/o zonas, toda vez que los aserraderos pueden recibir la madera de diferentes procedencias, y por otro lado no toda la producción del bosque se destina a aserrío.

Según apreciaciones de diferentes fuentes, se estima que sobre el 90% de la producción de Coigüe y Raulí de la provincia de Valdivia proviene de predios que conforman el Complejo Forestal y Maderero de Panguipulli (COFOMAP), el cual cada año licita sectores para ser explotados por empresarios privados.

Durante el año maderero 1980-1981, la producción de COFOMAP fue de 125.000 m³ de madera aprovechable.

Para 1981-1982 el Complejo espera licitar 24 sectores que signifiquen unos 145.000 m³ de madera aprovechable.

Se estiman cifras similares para los próximos años, a menos que ocurra algo muy extraordinario con los mercados de madera aserrada, chapas, rollizos, etc.

Para el presente estudio se considerará las actividades de COFOMAP como la base para la evaluación de los desechos.

PRODUCCION DE MADERA ASERRADA POR ESPECIE
ÁRBOL, PROVINCIA Y REGION

REG.	PROVINCIA																	T O T A L							
		ALAMO	ARAUC.	CANECO	COIQUE	LAUREL	LINQUE	OLIV.	RAULI	TEPA	PINO INSIGNE	ALERCE	AROHU	CIPRES	EUCAL.	LENGA	MAYO	ROBLE	ULMO TIEMO	OTRAS NATIVAS	PINO INSIGNE	CIPRES EUCAL. ALAMO	NATIVA	TOTAL GENERAL	
IV	La Serena														140							140	-	140	
V	Valparaíso San Antonio									12.998				1.023								12.998	1.023	-	14.021
										11.753												11.753	-	-	11.753
VI	Cachagua Colchagua Concepción	12.447								1.444											1.444	12.447	-	13.891	
		1.297								283				2.641								283	3.938	-	4.221
										34.256				3.153							34.256	3.153	-	37.409	
VII	Curicó Talca Linares Cauquenes									13.682							2.241				13.682	-	2.241	15.923	
		2.274								173.779												173.779	2.274	-	176.053
										4.638												4.638	-	-	4.638
										12.371												12.371	-	-	12.371
VIII	Ñuble Concepción Arauco Bío-Bío			889			35		1.647	251.728				1.274		42	8.168				251.728	3.553	10.781	266.062	
									339	417.334				11.306			41				417.334	11.306	340	429.000	
					1.673	44		433		40	223.879				1.440		33	398			223.879	1.440	2.621	227.940	
		3.731	210		1.483	35		4.516	261.722				510		25	8.511			261.722	4.301	14.760	280.803			
IX	Malleco Cautín	21			19.290	230	14.6	86	5.300	271	142.445			91	4.513	1.656	226	7.825		142.445	4.625	35.038	182.108		
			1.528	24	20.089	517	412	2.799	1.512	5.282	96.415			95	1.458		597	6.670	180	96.415	1.553	39.610	137.578		
X	Valdivia Osorno Llanquihue Chilo Palena			45	15.246	3.670	66	4.455	24.348	22.407	105.446	2.580		2.346	44.6	9.887	211			105.446	2.346	84.861	192.653		
				17	5.493	2.347	497	760	2	1.795	63.104			141		17	6.712	224		1.500	63.104	741	13.674	81.919	
				1.263	6.134	47			9		6.582	3.136	3.749			1934	396	190		600	3.136	-	23.369	23.505	
				2.455	728						14.818					6474		540			-	-	-	25.016	25.016
					281						691					69		38			-	-	-	1.079	1.079
XI	Aysén Cra. Carrera C. Prat			133	1.030					1.442				1.095	10.363	2139		85		-	-	16.287	-	16.287	
																236				-	-	-	236	-	236
																164				-	-	-	164	-	164
XII	Magallanes Isla de Esmeraldas Tierra del Fuego Antártica				1.627										12.228					-	-	14.055	-	14.055	
					1.464										9.796					-	-	-	11.260	-	11.260
						52										351				-	-	-	403	-	403
																24				-	-	-	24	-	24
A.M.									2.500											2.500	-	-	2.500		
Totales Por Especie		22.109	1.738	3.943	75.679	6.898	1.156	8.542	37.674	53.328	1832.913	6.329	1.281	29945	34.048	12.062	50249	1.468	2.300	1.832.913	52.240	297.879	2.163.032		
% Particp. por Especie		1,31	0,08	0,18	1,48	0,32	0,05	0,39	1,73	2,44	83,96	0,29	0,06	1,37	1,59	0,55	2,33	0,07	0,10	84%	2%	14%	100%		

Fuente: Censo Forestal 1980 (INFOR/CONAF)

TABLA 2.2 Producción de madera aserrada

2.2 Localización y evaluación del recurso forestal

2.2.1 Localización y vías de acceso

El Plano N°1 del ANEXO A-1 muestra un mapa de localización del área comprendida en el estudio. El área coloreada indica la provincia de Valdivia, en la X Región. Dicha provincia limita al norte con la provincia de Cautín, de la IX Región; al sur con la provincia de Osorno, de la X Región; al este con la República de Argentina, y al oeste con el Océano Pacífico.

El Complejo Forestal y Maderero de Panguipulli ocupa prácticamente toda la zona oriente de la provincia, desde el límite internacional hasta los 72°30' de longitud oeste, tal como muestra el Plano N°2 del ANEXO A-1, en que se señala la ubicación de los predios administrados por COFOMAP y su situación al año 1980.

El centro de operaciones del Complejo es la localidad de Neltume.

Las vías de acceso a Neltume son a través de la Carretera Nacional N°5 (Panamericana Sur) hasta la localidad de Lanco, equidistante de Temuco y Valdivia tal como lo indica el Plano N°1. De Lanco a Panguipulli existe una ruta de 60 Km. pavimentada casi en su totalidad. De Panguipulli a Neltume habrían otros 60 Km. a través de un camino de tierra, bordeando la rivera norte del Lago Pan

guipulli, el cual es mantenido por el propio complejo en condiciones de ser usado todo el año.

El Plano N°3 del ANEXO A-1, indica en detalle la red caminera dentro del mismo Complejo, con las rutas pertinentes, temporales y las distancias desde los centros de explotación maderera y los aserraderos, hacia las rutas de despacho.

Desde Puerto Fuy existe una ruta lacustre hasta Pirehueico, en barcazas de propiedad del Complejo, para luego pasar a la República Argentina a través de los pasos Huahum o Pirehueico.

Existiría la posibilidad de una vía lacustre desde Choshuenco hasta Panguipulli, a través del lago del mismo nombre.

Existiría además un ramal de ferrocarriles con su terminal en una localidad adyacente a Panguipulli, como se puede apreciar en el Plano N°1.

2.2.2 Evaluación del recurso forestal

El Complejo COFOMAP lo conforman 22 predios de los cuales administra 14, con un total de 228.277 Há, ha vendido 4 predios, con un total de 39.683 Há, y ha devuelto otros 4 predios. La localización y situación legal

se aprecia en el Plano N°2 del ANEXO A-1, cuyo resumen en superficies se aprecia en la Tabla A-1-1 del ANEXO A-1.

De las 300.000 Há. que conforman el Complejo, 180.000 son aprovechables o explotables.

El bosque nativo no se explota a tala rasa sino que se florea, derribando árboles puntuales previamente seleccionados. De este modo es posible que un mismo sector haya sufrido varias explotaciones, de acuerdo a que su mayor accesibilidad haga más atractiva una segunda, tercera o cuarta explotación frente a otros sectores más vírgenes, pero más inaccesibles.

De acuerdo a las explotaciones a que ha sido sometido el bosque, lo cual se refleja en los volúmenes de madera en pié y/o aprovechable, y en la calidad de la madera, se clasifican los sectores en Tipo A, B y C.

El Complejo dispone de unas 50.000 Há. de bosque tipo C, 30.000 Há. tipo B y el resto de la superficie boscosa explotable correspondería a bosque tipo A.

El Plano N°3 destaca los sectores mensurados por los profesionales de COFOMAP, los cuales son llamados a licitación para su explotación por parte de empresarios particulares. La Tabla A-1-2 del ANEXO A-1 resume la situación 1980-1981 con respecto a las licitaciones y volúmenes explotados de los diferentes sectores, de acuerdo al programa de manejo del bosque decidido por COFOMAP.

Las Fotografías 2.1, 2.2 y 2.3 nos muestran paisajes típicos de la zona de Neltume, con los escollos típicos que dificultan la accesibilidad al bosque.

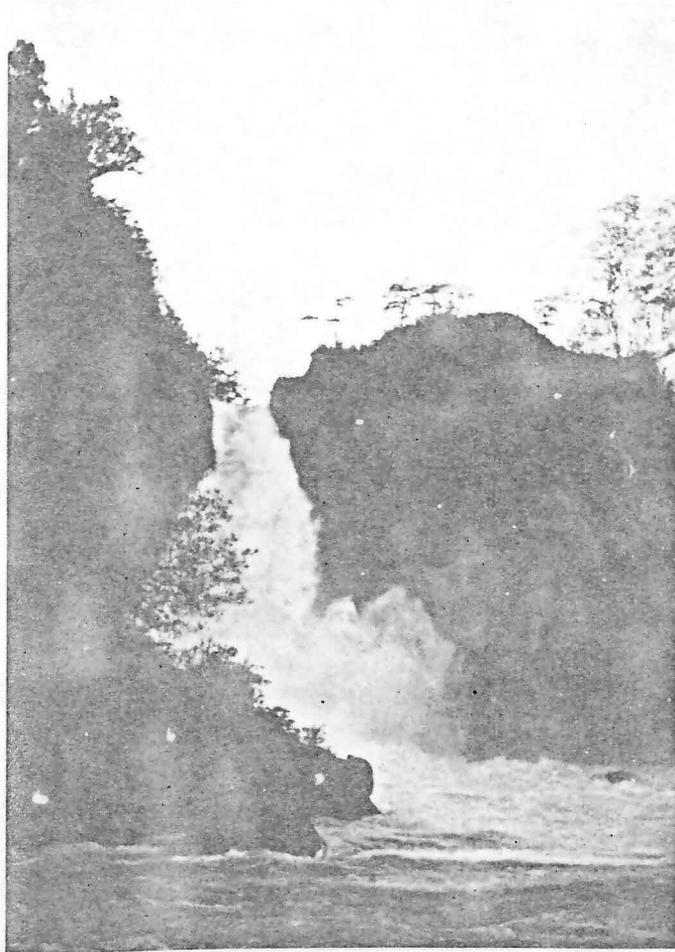


FOTO 2.1 Bosque Nativo en Neltume.

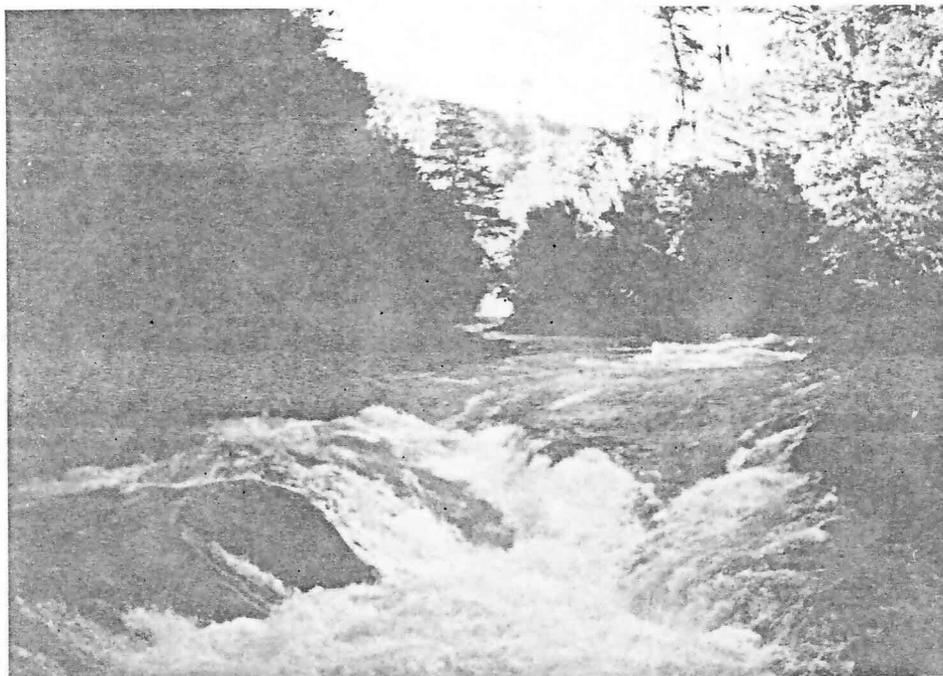


FOTO 2.2 Bosque Nativo en Neltume.



FOTO 2.3 Bosque Nativo en Neltume.

En base a mediciones experimentales hechas por COFOMAP, sobre sectores típicos tipo B y C, y a valores reportados por el INFOR en su estudio sobre "El potencial energético de los recursos forestales entre la V y X Región del País", y a las áreas aprovechables que conforman el Complejo, se calculan los volúmenes indicados en la Tabla 2.3 para el recurso forestal.

	Volumen madera en pie (m ³ /Há.)	Volumen aprove- chable (m ³ /Há)	Area Disponibile (Há)	Disponi- bilidad Total (m ³)	Disponi- bilidad útil (m ³)
SECTOR TIPO C	281	82	50.000	14,1x10 ⁶	4.1x10 ⁶
SECTOR TIPO B	616	271	30.000	18,5x10 ⁶	8,1x10 ⁶
SECTOR TIPO A	764	336*	100.000	76,4x10 ⁶	33,6x10 ⁶
TOTAL	-	-	180.000	109,0x10 ⁶	45,8x10 ⁶

TABLA 2.3 Disponibilidad de recursos forestales del Complejo.

(*) Valor que asume un porcentaje similar al sector tipo B.

El valor calculado de 45,8 millones de m³ aprovechables indica que, al ritmo de explotación actual de aproximadamente 150.000 m³/año de madera, el recurso forestal que contienen los predios que conforman el Complejo puede ser considerado como inagotable.

2.3 Evaluación de los desechos forestales

La explotación maderera deja varios tipos de desechos de acuerdo a la etapa que se encuentra la explotación.

2.3.1 Desechos en el bosque

Los primeros desechos se producen en el bosque. Lo aprovechable del árbol es el fuste, quedando como remanente en el bosque la copa, el tocón, trozos de fustes defectuosos, otros árboles arrastrados en la caída de los seleccionados, y las ramas.

La cantidad de desechos depende de la clasificación de la zona que se está explotando.

COFOMAP realizó dos ensayos, únicos en su género para el bosque nativo y de gran valor informativo, para cuantificar dichos desechos.

a) Ensayo en Bosque tipo C (realizado sobre 8 hectáreas de bosque mixto Raulí-Coigüe-Tepa-Tineo).

- Volumen de madera en pie (inicial):	281 m ³ /há
- Volumen de madera en pie (final) :	136 m ³ /há
- Volumen explotado :	145 m ³ /há
- Volumen aprovechado :	82 m ³ /há
- Vol.remanente (desechos en tierra):	63 m ³ /há
- Vol.desechos /vol. aprovechado :	0.77 m ³ /m ³

Las fotografías 2.4 y 2.5 nos muestran los desechos del ensayo mencionado. Nótese que el bosque se aprecia bastante frondoso aún después de varias explotaciones.

Los desechos son trozos gruesos y de excelente calidad para su carbonización, en cuanto a tamaño y estructura.



FOTO 2.4

Desechos de explotación Bosque tipo C.



FOTO 2.5 Desechos de explotación Bosque tipo C.

b) Ensayo en bosque tipo B (realizado sobre 3 hectáreas de bosque tipo Coigüe).

- Volumen de madera en pie (inicial):	616,45 m ³ /há
- Volumen de madera en pie (final) :	237,36 m ³ /há
- Volumen explotado :	319,09 m ³ /há
- Volumen aprovechado :	271,35 m ³ /há
- Vol.remanente (desechos en tierra):	107,74 m ³ /há
- Vol.desechos/vol.aprovechado :	0,40 m ³ /m ³

Suponiendo un promedio entre el bosque tipo B y tipo C, se producirían 0,59 m³ de desechos por cada m³ de madera aprovechable (estas cifras no incluyen las ramas, las cuales no se considerarían). (*)

Esto significa que explotar 145.000 m³/año de madera aprovechable, dejaría como residuos en el bosque unos 85.500 m³/año de madera aprovechable para carbonizar, de excelente calidad en tamaño y forma.

Recoger y utilizar estos desechos trae un beneficio adicional, permitiendo la regeneración natural de las especies nativas creciendo en inmejorables condiciones en terrenos libres de desperdicios forestales, tal como nos muestra la fotografía 2.6, la cual es un bosque de renovales de Raulí en un campo experimental de COFOMAP.

Otro beneficio de la limpia de desechos del bosque, es que mientras un bosque explotado tiene un incremento de 1 m³/há-año, si está limpio, el incremento sube 4 a 5 m³/há-año.

(*) La cifra también asume la misma razón volumen de desechos a volumen aprovechable para los sectores tipo A, la cual es bastante conservadora.



FOTO 2.6 Renovales de Raulí (COFOMAP)

2.3.2 Desechos en aserraderos

Los fustes son trozados , sacados del bosque y llevados a los aserraderos de montaña (aquellos que se destinan a madera aserrada).

La fotografía 2.7 nos muestra fustes apilados en el aserradero de Río Chico, entre Neltume y el lago Maihue.

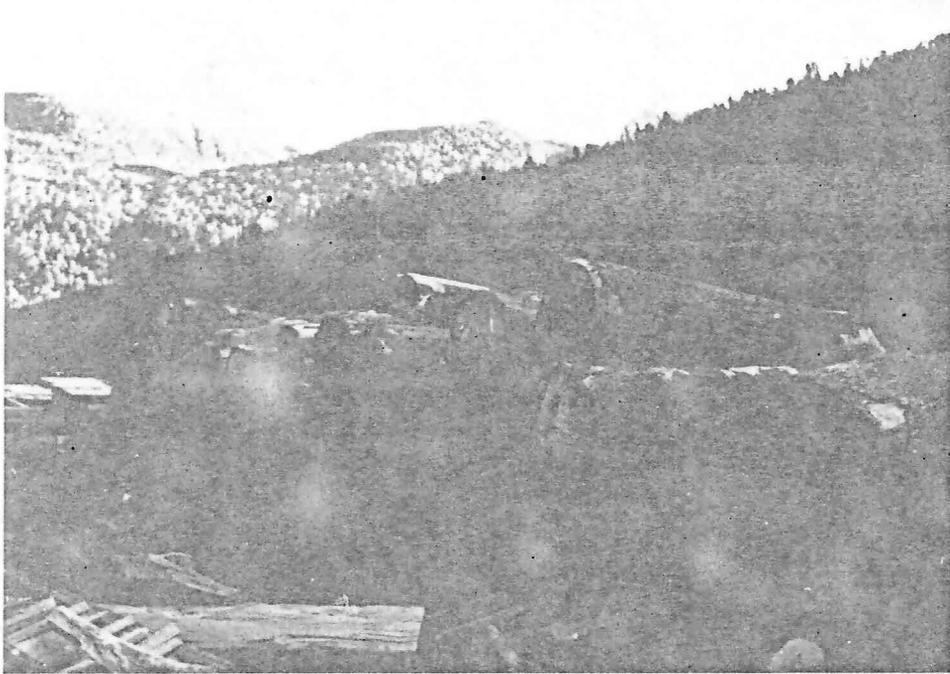


FOTO 2.7 Fustes apilados en aserradero de montaña.

En el aserradero, los fustes son aserrados produciendo cuartones destinados a aserraderos de productos finales.

En estos aserraderos de montaña se producen gran cantidad de desechos que corresponden a despuntes, lampazos, etc., los cuales conforman verdaderos cerros tal como lo muestran las fotografías 2.8 y 2.9.



FOTO 2.8 Desechos producidos en aserradero de montaña.



FOTO 2.9 Desechos producidos en aserraderos de montaña.

Los cuartones de los aserraderos de montaña, o directamente los fustes, son aserrados a productos finales en el aserradero principal (o aserraderos principales). En esta etapa se vuelve a producir gran cantidad de desechos que en algunos casos forman verdaderos cerros, tal como se aprecia en las fotografías 2.10 y 2.11, que corresponden al aserradero de Pilmaiquén.

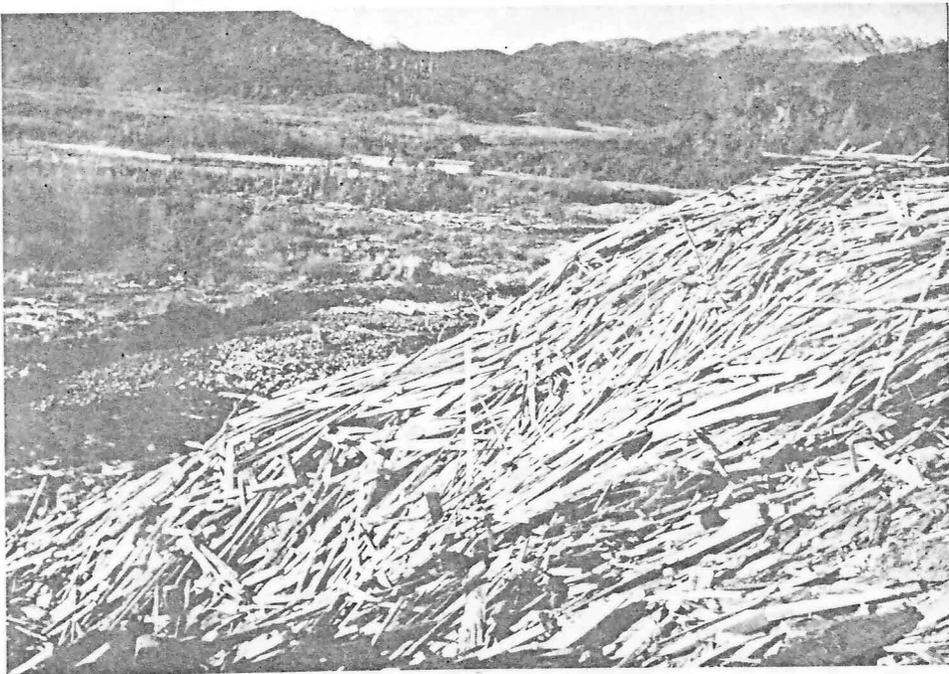


FOTO 2.10

Desechos en aserradero de Pilmaiquén.



FOTO 2.11 Desechos en aserradero de Pilmaiquén.

Se estima que en los aserraderos queda aproximadamente el 50% de la madera que constituye el fuste, en forma de aserrín, tapas, cantoneras, despuntes, desclasificados, etc.

Según la Tabla 2.2 en la provincia de Valdivia se producen 40.000 m³/año entre Raulí y Coigue aserrados. De esta cifra se puede suponer, en forma conservadora, que el 80% se procesan en la zona indicada en el Plano N°3 del ANEXO, es decir 32.000 m³; esto significa que se producirían otros 32.000 m³/año de desechos de aserraderos como los mostrados en las fotografías anteriores.

2.4 Resumen de la evaluación de desechos producidos en COFOMAP

Desechos en el bosque	85.500	m ³ /año
Desechos en los aserraderos	<u>32.000</u>	m ³ /año
TOTAL	117.500	m ³ /año

3. TECNOLOGIAS PARA PRODUCCION DE CARBON VEGETAL

El proceso de pirólisis de la madera ha sido ampliamente practicado desde la antigüedad para la producción de carbón, brea, y el llamado vinagre de la madera o ácido piroleñoso. Trabajos realizados en el siglo pasado permitieron identificar y purificar productos tales como el ácido acético, metanol, y acetona, partiendo del licor piroleñoso.

Se pueden clasificar los procesos desde el punto de vista de la recuperación de los subproductos, por lo tanto tendríamos:

- A.- Procesos con recuperación de subproductos
- B.- Procesos sin recuperación de subproductos.

Dentro de cualquiera de las dos clasificaciones anteriores, es posible distinguir otras subclasificaciones como por ejemplo:

- Procesos por lotes (batch)
- Procesos continuos
- Utilización de trozos y colpas
- Utilización de menudos (chips, aserrín)
- Calentamiento directo
- Hornos con hogar separado o con combustión de subproductos, etc.

3.1 Procesos con recuperación de subproductos

Las primeras fábricas de la era industrial que destilaron leña, lo hicieron en retortas cerradas sin acceso de aire calentadas exteriormente. Los vapores de la destilación eran condensados en serpentines refrigerados por agua. Los gases no condensables eran conducidos al hogar de calefacción de las retortas o bien quemados en una antorcha. En la Figura 3.1.1 se muestra esquemáticamente una planta de principios de siglo.

Hoy en día existe una gran variedad de equipos y procesos para producir carbón vegetal con recuperación de sub-productos líquidos y/o gaseosos. Esta variedad tiene su explicación en la sencillez del proceso y trae como consecuencia el que sea difícil hacer una descripción completa de los equipos y procesos desarrollados para este efecto. A continuación se describen algunos de ellos que tienen cierta relevancia.

3.1.1 Proceso Lambiotte

Este proceso patentado en el año 1939, fue diseñado para optimizar la producción de líquidos en la carbonización de maderas y otros materiales celulósicos. Consiste en una retorta continua vertical con alimentación superior y descarga por abajo. Se inyectan gases inertes calientes en la zona media de la retorta y gases inertes fríos por la parte inferior. Los gases que abandonan la retorta son pasados por un condensador de serpentín y poste-

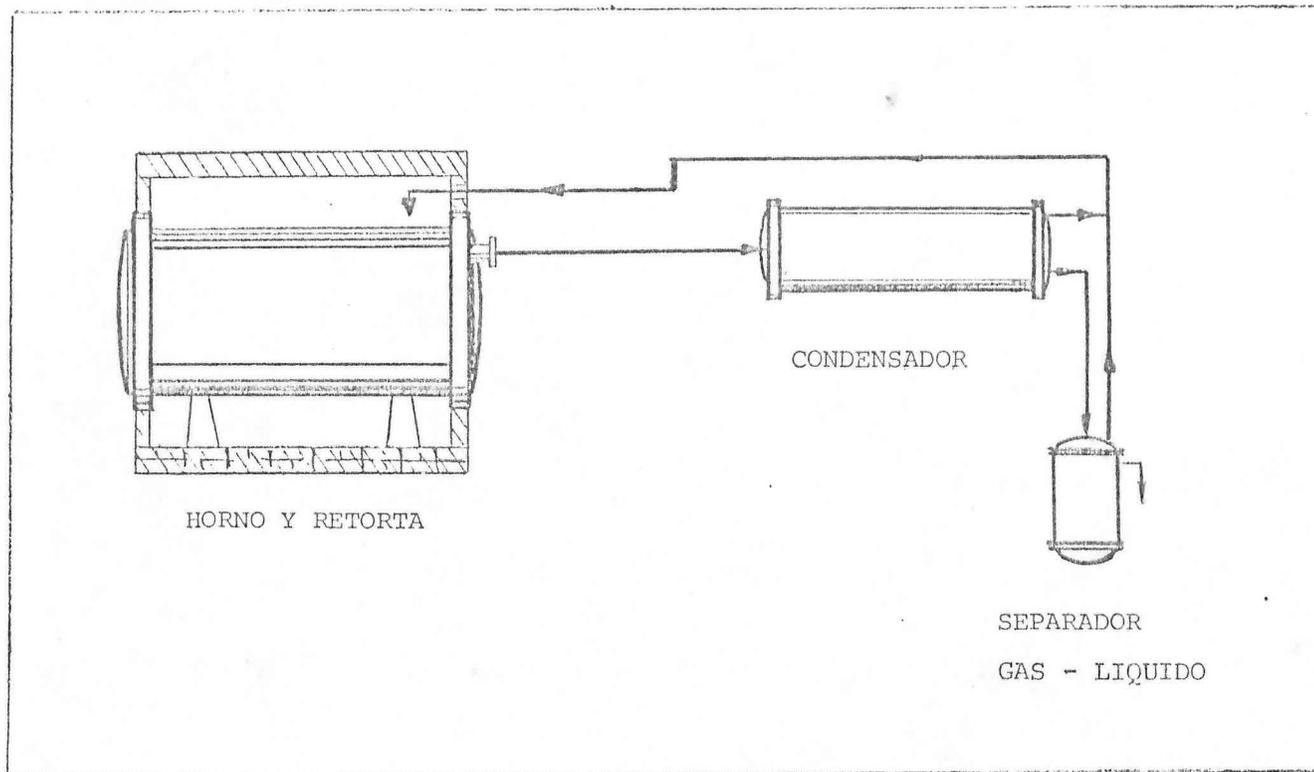


FIG. 3.1.1 PROCESO DE PIROLISIS CON HORNO DE RETORTA HORIZONTAL

July 14, 1942.

A. LAMBIOTTE

2,289,917

PROCESS OF CONTINUOUS CARBONIZATION OF CELLULOSIC MATERIALS

Filed Dec. 5, 1939

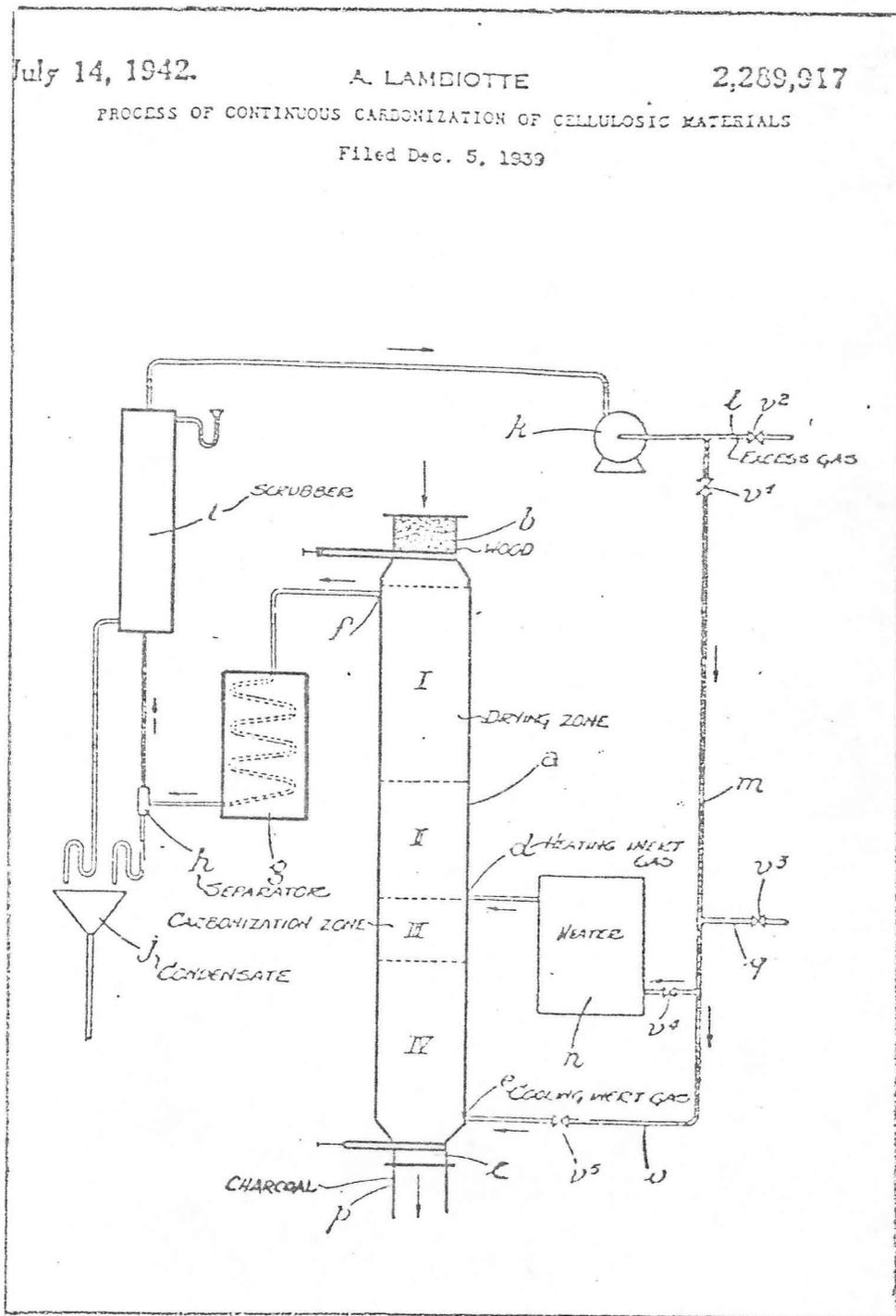


FIG. 3.1.2

PROCESO LAMBIOTTE

riormente por un scrubber. Los gases no condensables son introducidos directamente como gases fríos en la retorta o bien pasados por un calefactor para introducirlos en la zona de pirólisis. Una retorta continua típica puede tener una producción entre una y cinco toneladas de carbón al día dependiendo de su tamaño y humedad de la madera. La retorta puede tener entre 4 y 5 metros de altura y entre 1 y 2 metros de diámetro. En la Figura 3.1.2 se muestra un esquema del proceso Lambiotte.

3.1.2 Proceso Tech-Air

Esta es una tecnología recientemente desarrollada y en la actualidad está siendo ofrecida por la Tech Air Corporation de Atlanta, Georgia. Es un proceso dirigido a la producción de carbón, productos líquidos y gas combustible. El proceso es similar al Lambiotte con la diferencia que se admite aire en pequeña cantidad en los gases que se introducen a la retorta para producir una combustión parcial en el interior de la carga. Una planta típica puede producir hasta 50 ton/día de carbón.

El proceso consta de una etapa de secado de la madera, luego pasa a un "convertidor" que es un reactor de pirólisis y los gases se hacen circular por un condensador para recoger los aceites producidos por la pirólisis. Los gases combustibles son utilizados para el secado de la madera. Dadas las características del proceso, la madera

debe estar completamente desmenuzada, lo cual significa que es especialmente apto para el aprovechamiento de residuos como aserrín o chips.

En la Figura 3.1.3 se muestra un esquema del proceso.

3.1.3 Proceso Pillard

Este proceso consiste en un horno rotatorio para producir la carbonización, el cual está premunido de un quemador dual, que quema fuel oil (o gas natural) más el gas pobre producido en el proceso.

Este horno se combina con un sistema de recuperación de calor como una caldera o un grupo moto-generador para aprovechar el gas excedente.

El proceso Pillard es una tecnología actual ofrecida por la empresa Pillard de Marsella - Francia. La capacidad de las plantas ofrecida es de 300 y 600 Kg/hr. de carbón. En la Figura 3.1.4 se muestra un diagrama de la planta.

3.1.4 Proceso Occidental Flash Pirólisis

Este es un proceso desarrollado por la Occidental Research Company (subsidiaria de la Occidental Petroleum).

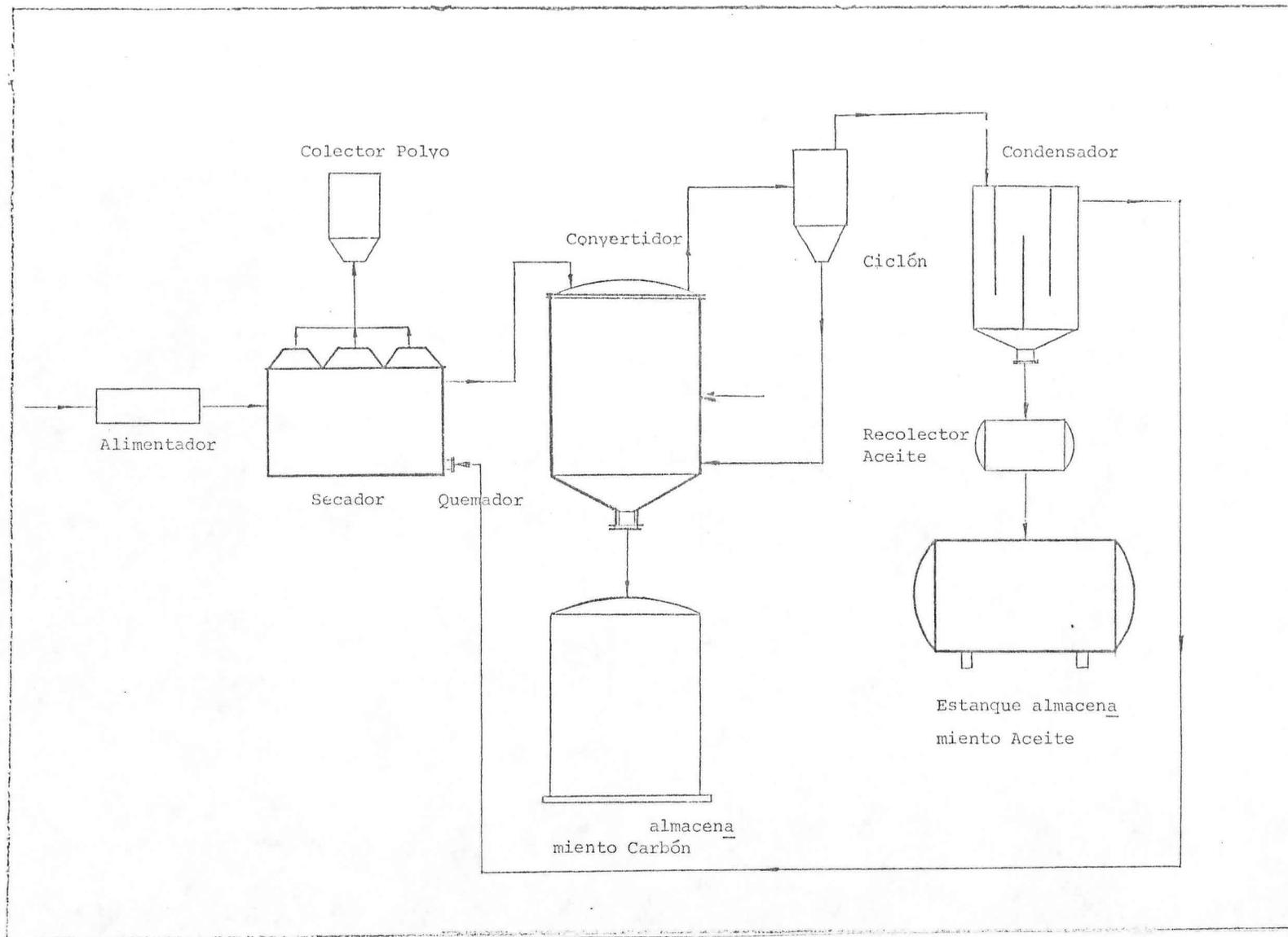
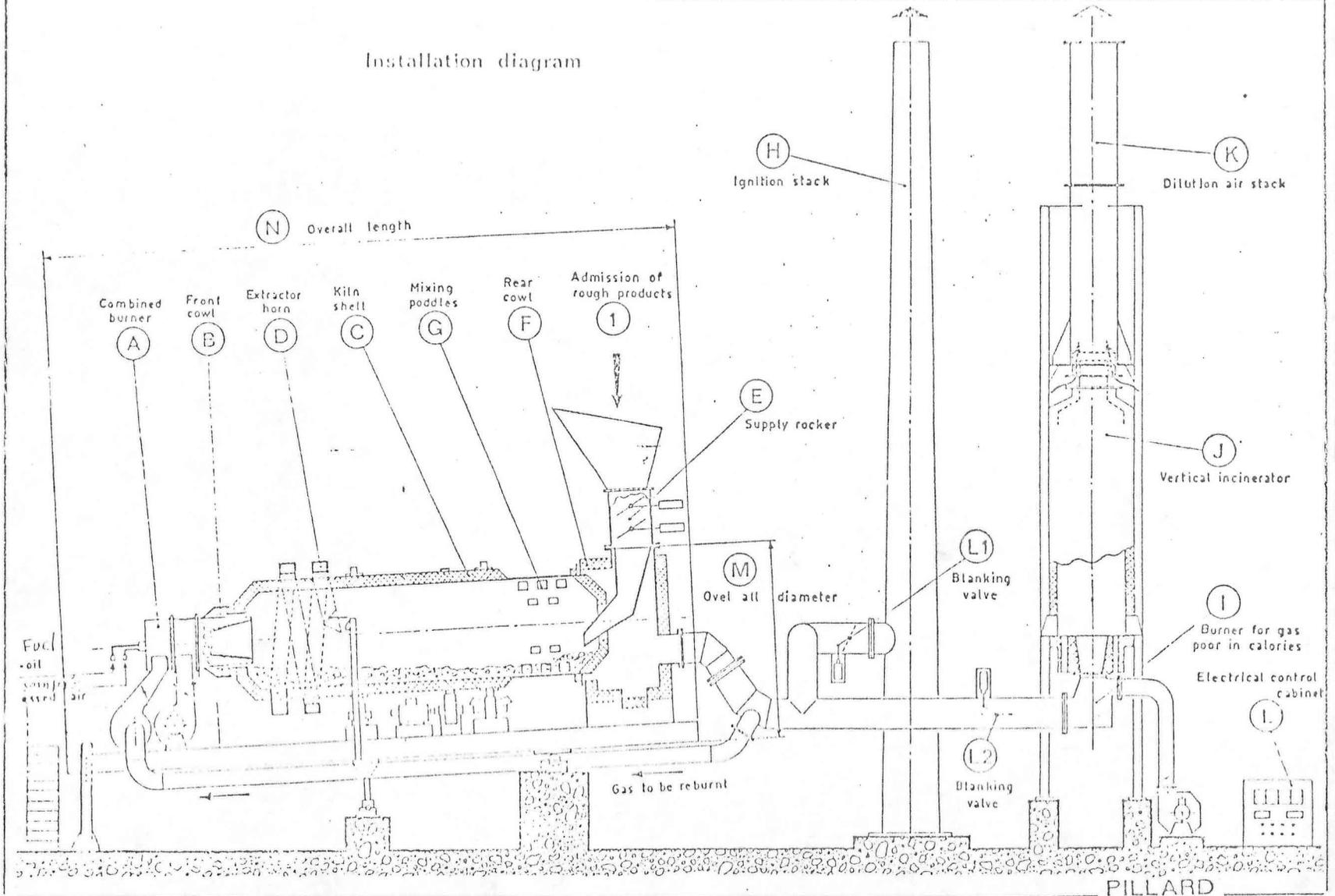


FIG. 3.1.3

PROCESO TECH-AIR

Installation diagram



INTEC - CHILE

31

FIG. 3.1.4

PLANTA DE CARBONIZACION PILLARD

Se ha construído una planta de 200 toneladas/día en San Diego California, la cual está en sus primeras etapas de operación. La alimentación está compuesta por residuos forestales o municipales. El producto principal es un combustible líquido, ya que el carbón menudo es usado como fuente de calor para la pirólisis.

El principio del proceso en cuestión es someter la madera desmenuzada a una pirólisis Flash, es decir un calentamiento rápido en un corto tiempo. Se produce un combustible líquido, un gas de poder calorífico medio y un combustible sólido.

3.1.5 Retorta vertical tipo Thomas con condensadores

Este es un equipo continuo que está acondicionado para recuperar los subproductos de la destilación y utiliza el gas de pirólisis como combustible de carbonización. El principio de operación es muy similar al proceso Lambiotte, aunque de tecnologías más simples y posiblemente de menor rendimiento de recuperación de subproductos.

La Figura 3.1.5 muestra un esquema de la retorta, las cuales se construyen de materiales baratos y en tamaños de 5 mts. de alto por unos 2 mts. de diámetro y son capaces de producir tres toneladas de carbón por día.

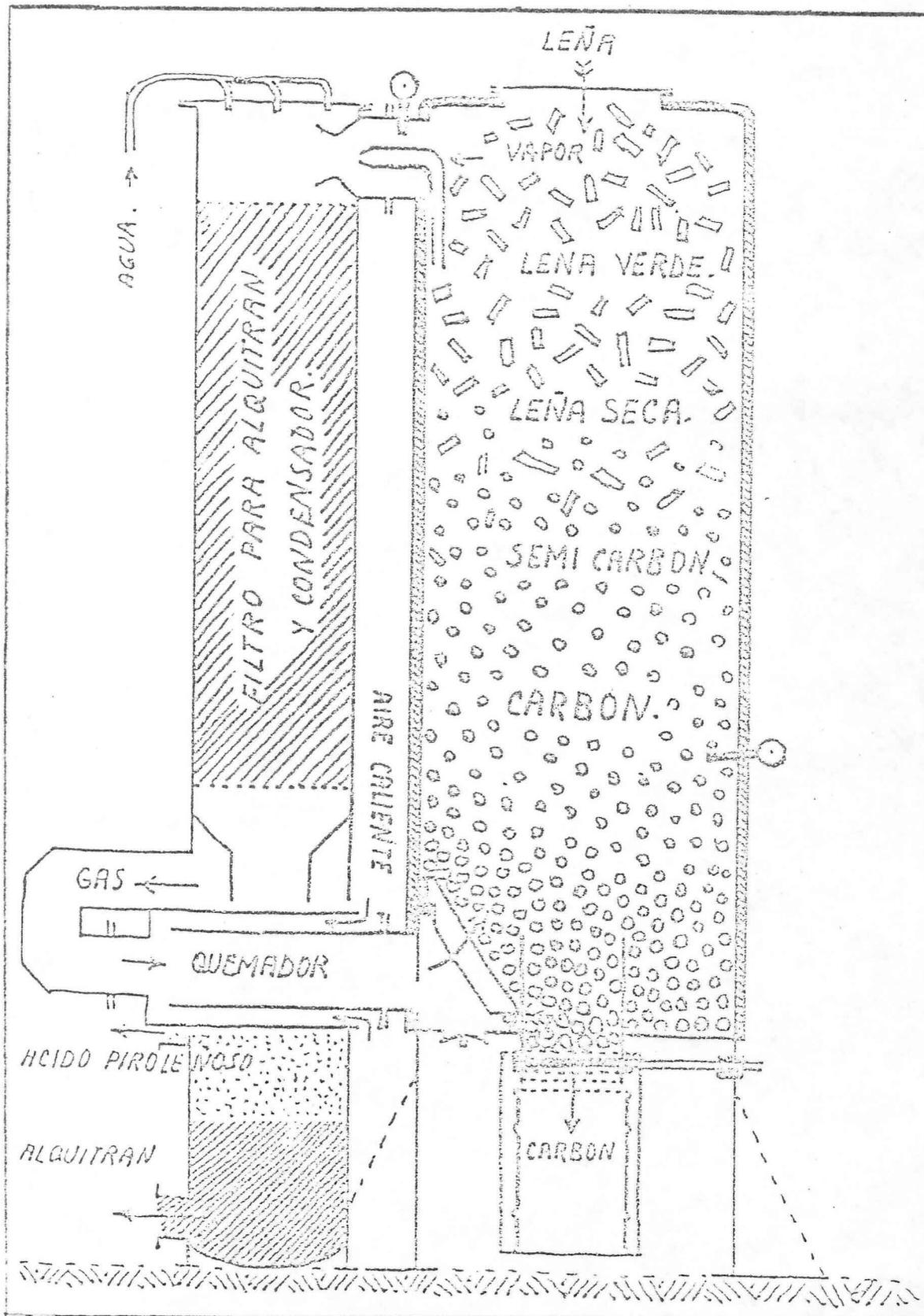


FIG. 3.1.5

RETORTA THOMAS CON RECUPERACION
DE SUBPRODUCTOS

3.2 Procesos sin recuperación de subproductos

En la actualidad, estos sistemas de carbonización son los únicos que están en uso en el país, y podríamos generalizar esta situación a nivel mundial.

Salvo para la destilación de maderas resinosas o cuyos destilados puedan ser suficientemente valiosos, para poder justificar una instalación de retortas con recuperación de subproductos, los productos de la destilación de maderas comunes no soportan, en la mayoría de los países, la competencia en costo y calidad de los obtenidos por petroquímica. En todo caso es preciso cuantificar y caracterizar dichos subproductos, estudiar su mercado y analizar posibles ventajas comparativas como podrían ser aprovechamiento de desechos, tecnologías a bajo costo, mano de obra barata, etc.

A. Procesos por lotes

3.2.1 Métodos corrientes por lotes (parvas)

Este es posiblemente el método de menor inversión, pero el de menor rendimiento, el que obtiene el carbón de peor calidad, y el que necesita de "carboneros" especializados.

El proceso lo podemos describir como sigue:

- La leña es apilada en distintas formas, ya sea parada y/o acostada dentro de hornos de ladrillos, o adobes, o sencillamente cubierta con champas de pasto y barro.
- La leña se enciende en algún punto, permitiendo la entrada de aire, generalmente por la parte baja, y la salida de los humos por la parte superior.
- Parte de la leña es usada como combustible para secar y calentar el resto de la leña, hasta alcanzar unos 270°C aproximadamente, temperatura a la cual se inicia la carbonización, proceso que es exotérmico.
- Debido a que el calor generado por la carbonización es insuficiente, parte de la leña se sigue quemando para carbonizar el resto.
- Para el caso en que los gases abandonan el horno por el centro (Figura 3.2.1), el rendimiento es muy bajo.

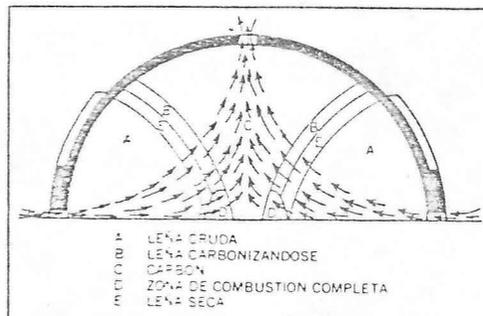


FIG. 3.2.1 Proceso de carbonización en parvas

- Para mejorar el rendimiento, las humeras se colocan en posiciones laterales del horno (Figura 3.2.2). El rendimiento se mejora notablemente cuando la salida de los gases se coloca a la misma altura de la entrada del aire. (Figura 3.2.3).

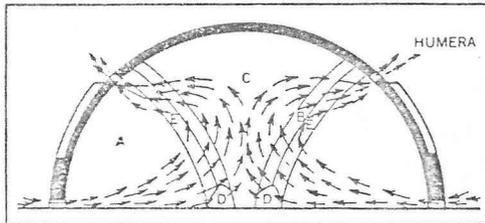


FIG. 3.2.2 Parva con humeras superiores

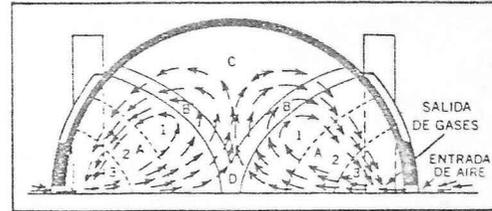


FIG. 3.2.3 Parvas con chimeneas

- Un efecto combinado que aumenta considerablemente el rendimiento, humeras y chimeneas desde el piso, se consigue con el esquema de la Figura 3.2.4.
- La carga del horno es un aspecto de gran importancia, sea cual sea el método de carbonización a ser utilizado. Para ello deben construirse parrillas de la misma madera que va a ser carbonizada.

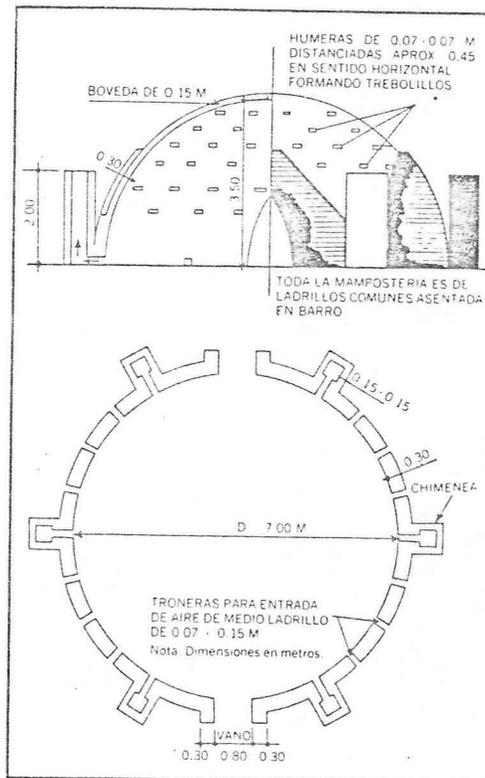


FIG. 3.2.4: Parva de mampostería con chimeneas y humeras

Si se quiere una carga de leños parados, se utiliza una parrilla cuya disposición se aprecia en la Figura 3.2.5. Sobre el piso se colocan como soportes, troncos de unos 15 cm \varnothing cuidando de no tapar ni las entradas de aire, ni las salidas de los humos. Sobre dichos soportes se emparrilla con leños delgados de unos 5 cm \varnothing .

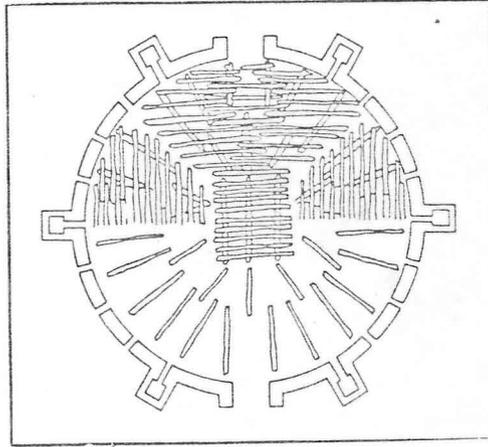


FIG. 3.2.5: Disposición de la parrilla para leños parados.

Si se carga el horno con leña acostada, el apilado debe hacerse sobre travesaños colocados perpendicularmente a la leña. Como la parte más caliente es el centro del horno, debe colocarse la leña más gruesa en esa posición y la leña más delgada cerca de las paredes.

Es muy importante no dejar huecos en el apilado, ya que estos vacíos interrumpen la carbonización y son responsables de la formación de tizones y cenizas.

Las Figuras 3.2.6, 3.2.7 y 3.2.8 muestran una parva tipo sueco bastante difundida en Argentina. Este tipo de parva tiene la ventaja de menores tiempos de carbonización, con mejores rendimientos comparada con otros procedimientos rústicos.

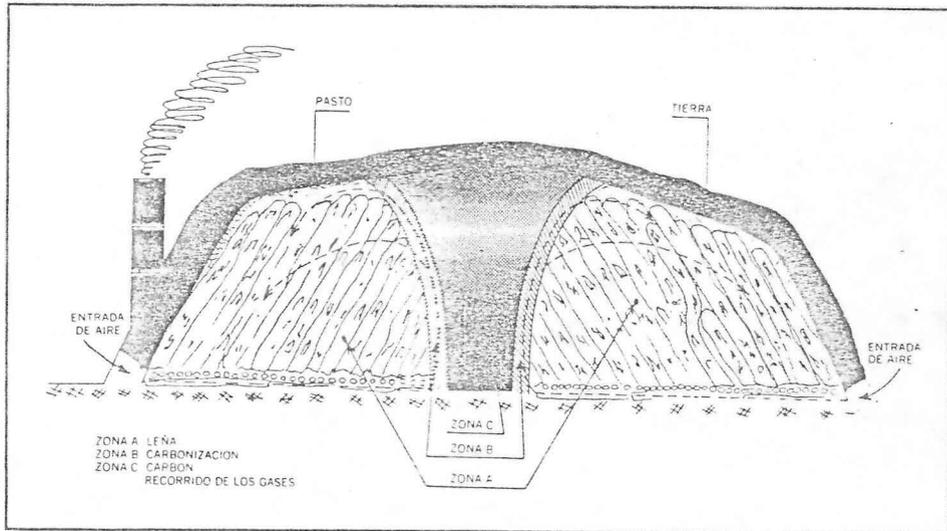


FIG. 3.2.6 Esquema de la parva tipo sueco.

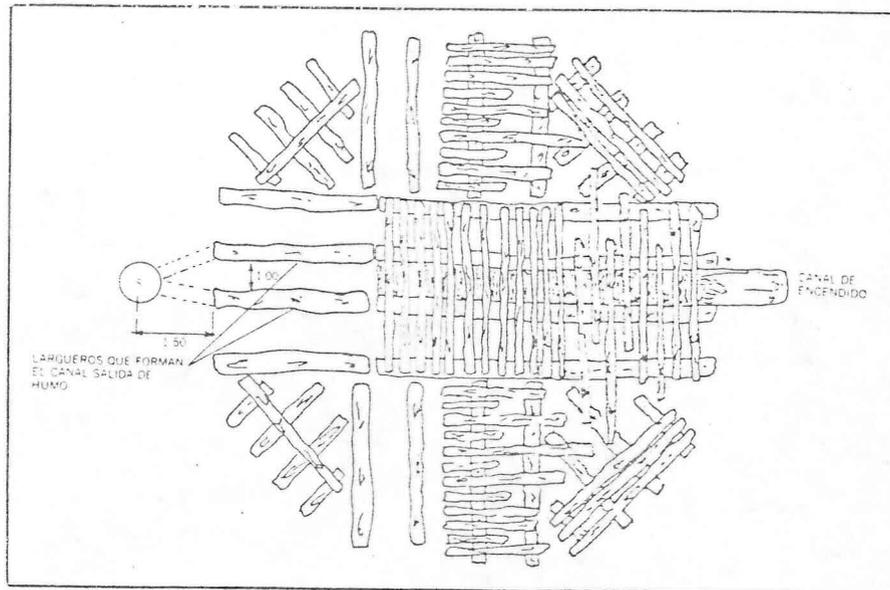


FIG. 3.2.7 Disposición de la parrilla parva sueca.

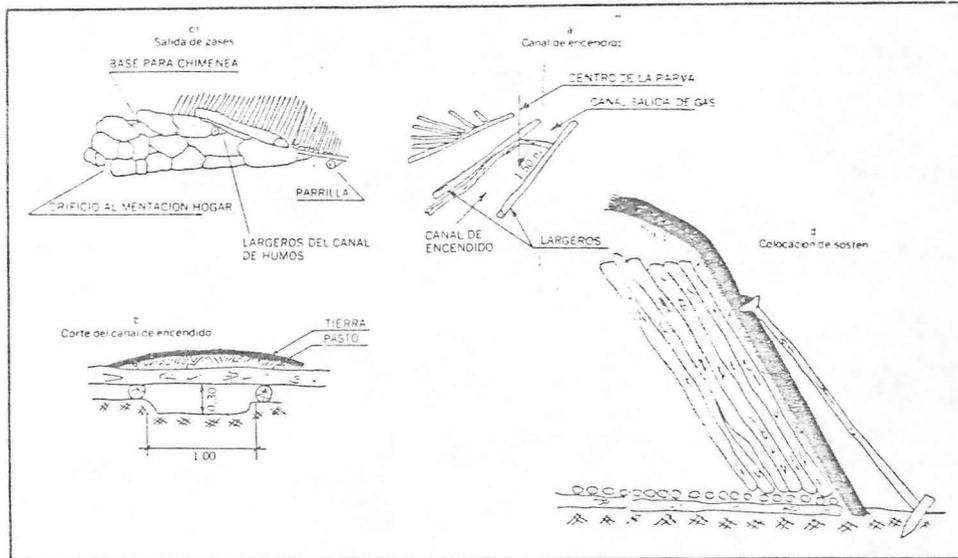


FIG. 3.2.8 Detalles de la parva tipo sueco.

Una parva de este tipo demora entre 11 a 13 días en carbonizar 150 m^3 de leña.

3.2.2 Horno tipo brasileño

La Figura 3.2.9 muestra esquemáticamente un horno del tipo brasileño. Con las dimensiones indicadas en la figura, su capacidad es de 55 m^3 de leña.

El horno lleva en la bóveda tres hileras de humeras y en las paredes los orificios de seguridad (salida a explosiones).

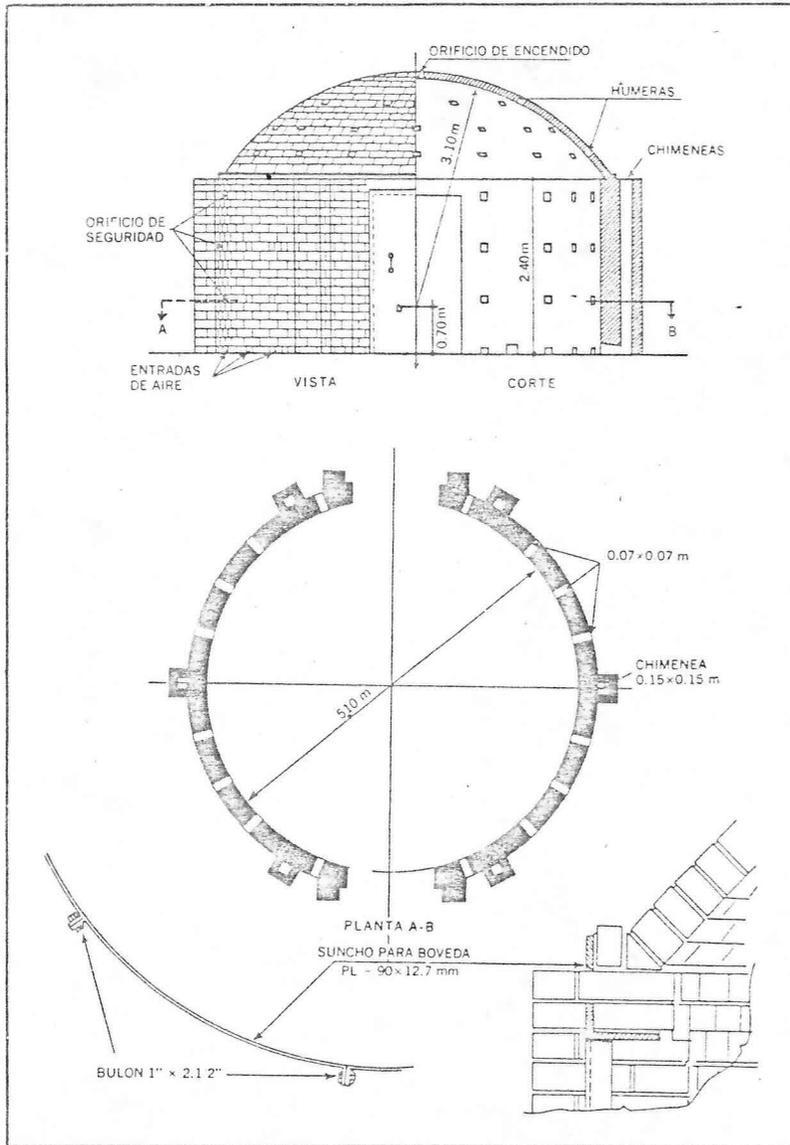


FIG. 3.2.9 Horno tipo brasileño.

A nivel de piso se encuentran tanto las entradas de aire como las salidas de gases que desembocan en las chimeneas.

Un horno como el de la figura, puede tener tres ciclos mensuales. Para maximizar el rendimiento la leña debe tener 6 meses de acopio, para ser secada, y sus dimensiones deben estar entre 5 a 30 cm. de \varnothing .

El rendimiento es de una tonelada de carbón por cada 8 a 9 m³ de leña, según el tipo a ser carbonizado.

3.2.3 Horno Schwartz con hogar

Con el objeto de evitar los problemas típicos de los hornos con combustión interna y de maximizar los rendimientos, se han desarrollado hornos con hogares externos, de este modo la carbonización se produce por circulación de los gases calientes producidos en dicho hogar.

En el hogar puede quemarse cualquier tipo de leña, eligiendo aquella menos apropiada para fabricar carbón. También es posible quemar aserrín u otro tipo de desechos.

Al no haber zona interior con combustión completa, deja de tener importancia el cuidado en la disposición de la carga.

El rendimiento será constante y dependerá de la cantidad y calidad de la leña cargada.

La Figura 3.2.10 muestra esquemáticamente el tipo de horno Schwartz con hogar, utilizado comúnmente en Suecia y Noruega, y adoptado en Argentina en la industria siderúrgica.

El horno del esquema al tener 8 mts. de largo puede apilar 6 cortes de leña de 1,2 mts., de este modo su capacidad es de 43 m^3 de leña.

Al igual que las parvas, se debe evitar colocar leños de masiado gruesos cerca del piso y las paredes, por ser estos lugares los más fríos.

Para los 43 m^3 de leña a ser carbonizada, se consumen en el hogar entre 4 a 7 m^3 para la combustión. El proceso completo, carga, carbonización y enfriado, puede durar unos 8 días con lo que se obtiene 3 1/2 quemas al mes, procesando de este modo unos 170 m^3 de leña, con un rendimiento promedio de 6 m^3 de carbón por cada 10 m^3 de leña.

El costo de cada horno de este tipo equivale a dos hornos brasileños de la misma capacidad o tres hornos de bóveda comunes.

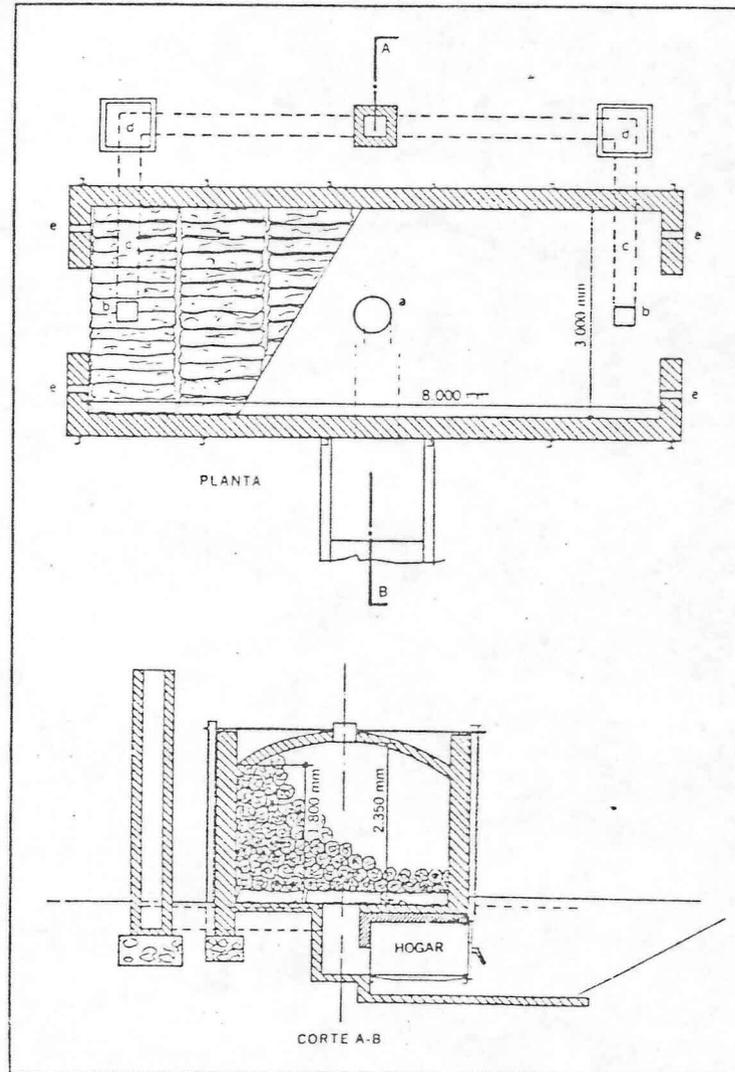


Fig. 3.2.10 Horno Schwartz con hogar.

3.2.4 Hornos MARK V

Este tipo de horno es como los descritos en el punto 3.2.1, con salida de gases hacia las chimeneas por la parte baja y a la misma altura que la entrada del aire, con lo cual opera con el principio del calor descendente. La particularidad es que es construido de chapa metálica con lo cual es completamente portátil y sumamente maniobrable y de funcionamiento sencillo y limpio, y que no necesita de mucha mano de obra para su operación.

El horno consiste en dos secciones cilíndricas de 2,3 mt. de \varnothing y 0.91 y 0.76 mts. de altura respectivamente, superpuestos sobre una pestaña, la cual se sella con arena cuando el horno está en operación. Sobre la segunda sección cilíndrica se apoya una sección cónica de 0.46 mts. de altura provista de una tapa central. El cilindro inferior se apoya en 8 canales de 15 x 9 x 70 cm. colocados radialmente en el suelo. Las canales están equipadas con respiraderos y cuellos que pueden cerrarse para permitir la entrada de aire o salida de gases, según lo requiera el operador. El horno está además provisto de cuatro chimeneas de fierro de 10 cm. \varnothing y 2,3 mts. de alto, para ser fijadas en los cuellos de los canales que se quiere que sean salida de gases, lo cual permite invertir la corriente según lo requiera el proceso de carbonización.

Las figuras 3.2.11 y 3.2.12 muestran una batería de hornos MARK V que han operado en forma experimental en

el Complejo Forestal y Maderero de Panguipulli, COFOMAP.

En los ensayos realizados en Panguipulli con madera nativa se han determinado algunos aspectos importantes de hacer notar:

- Tamaño adecuado de la leña es de 50 cm. largo por 30 cm. \varnothing .
- No mezclar especies distintas de madera.
- Secar adecuadamente la leña en canchas de acopio, en lo posible techadas.



FIG. 3.2.11 Bateria de hornos MARK V en Neltume



FIG. 3.2.12 Bateria de hornos MARK V en Neltume.

- La capacidad de los hornos es de 5 a 6 m³ de leña produciendo unos 500 Kg. de carbón por hornada.
- La operación demora unas 36 horas, es decir, se pueden realizar unas 20 hornadas en el mes, produciendo cada horno unas 120 Ton. de carbón por año.

En COFOMAP también se ensayó con hornos MARK V con-
truídos de bloques de cemento y tapa metálica. El tama
ño de dichos hornos fue de 3 mts. de \varnothing y 1.85 mts. de al
tura con capacidad de 12 m^3 de leña.

Con dicho horno se producen 900 Kg. de carbón por horna
da, con una duración de 48 hrs. por hornada, luego cada
horno puede producir 160 tons. de carbón por año.

3.2.5 Horno Missouri

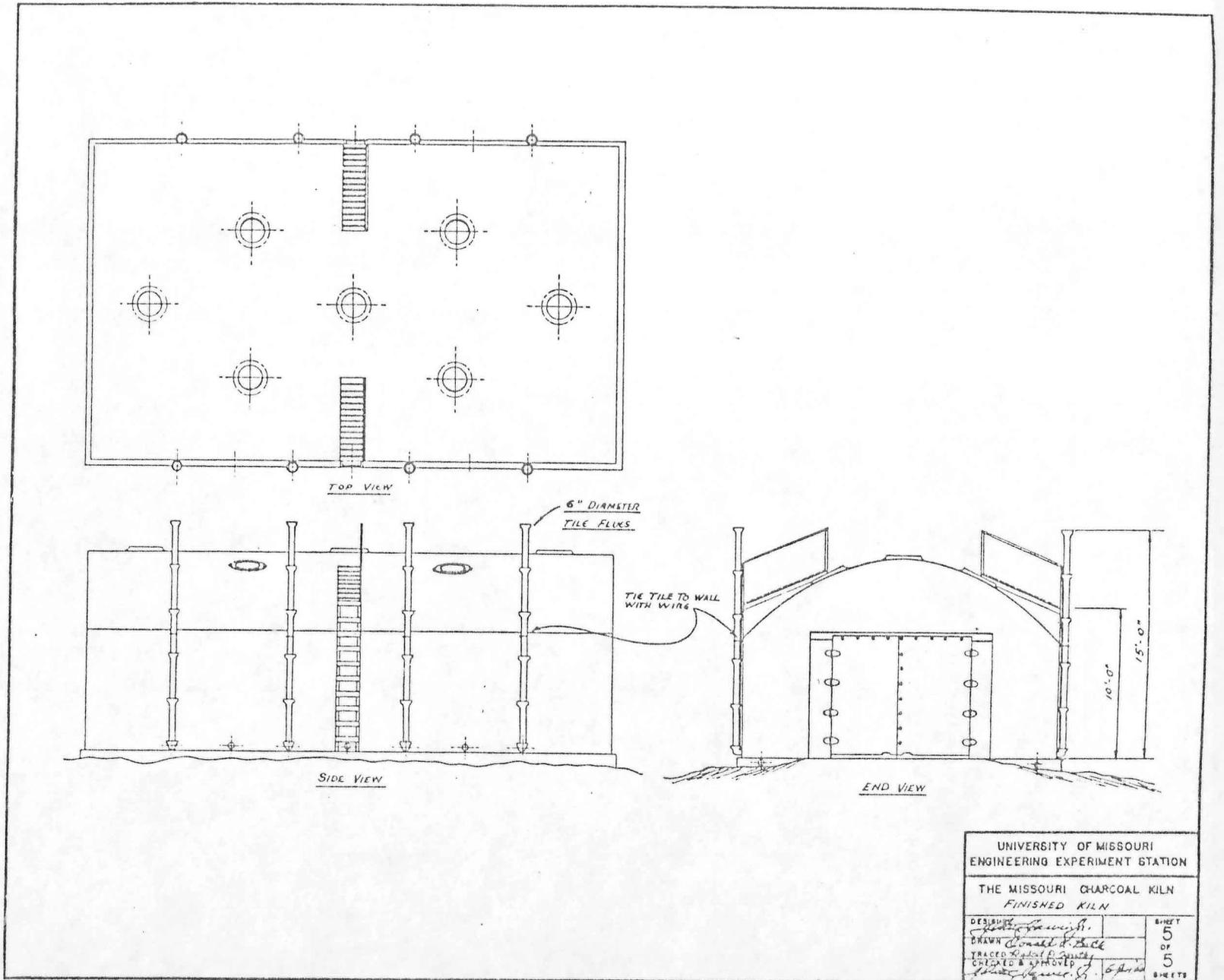
El horno Missouri, ampliamente difundido en ese estado
de los EE.UU., es muy similar al horno Schwartz, descri
to anteriormente, pero no consta de hogar separado. La
construcción es de hormigón o mampostería y se hacen de
tamaños tales que por las puertas caben montacargas y
grúas para el acondicionamiento de la leña y la descar
ga del carbón.

La Figura 3.2.13 es un esquema del horno Missouri.

Las dimensiones generales son 10,6 x 6,8 x 4,1 mts.
Con estas dimensiones pueden carbonizar unos 200 m^3 de
leña para producir 350 a 450 Kg. por m^3 . El ciclo com
pleto por hornada es de un mes, luego cada horno del ti
po Missouri puede producir 960 Ton. de carbón por año.

FIG. 3.2.13

Horno Missouri



B. Procesos Contínuos

Si bien existen funcionando este tipo de hornos, se puede generalizar que su volumen de producción es pequeño comparado con los procesos por lotes.

Por lo general este tipo de hornos son retortas verticales por las cuales la carga de leña es por la parte superior y la descarga del carbón es por la parte inferior, en intervalos de tiempo que dependen del tamaño del reactor y el tamaño de los trozos a ser carbonizados.

En estos procesos es más fácil premunir al reactor de elementos de recuperación de subproductos.

También es más fácil procesar menudos por lo cual el carbón producido en estos reactores por lo general se destina a briquetas, o al revés, si se desea producir briquetas, se recurre a este tipo de reactores de carbonización.

3.2.6 Retorta THOMAS

Es quizás el más sencillo de estos hornos. El esquema se puede apreciar en la Figura 3.2.14.

Se construyen de chapa de acero sobre una base de hormigón. En el fondo hay una cámara de enfriamiento del carbón construída de ladrillos.

Se enciende, con papeles y trapos empapados en petróleo, en vacío, se deja caer leña verde poco a poco por la chimenea, dejando que encienda, y regulando el aire para que sea combustión lenta.

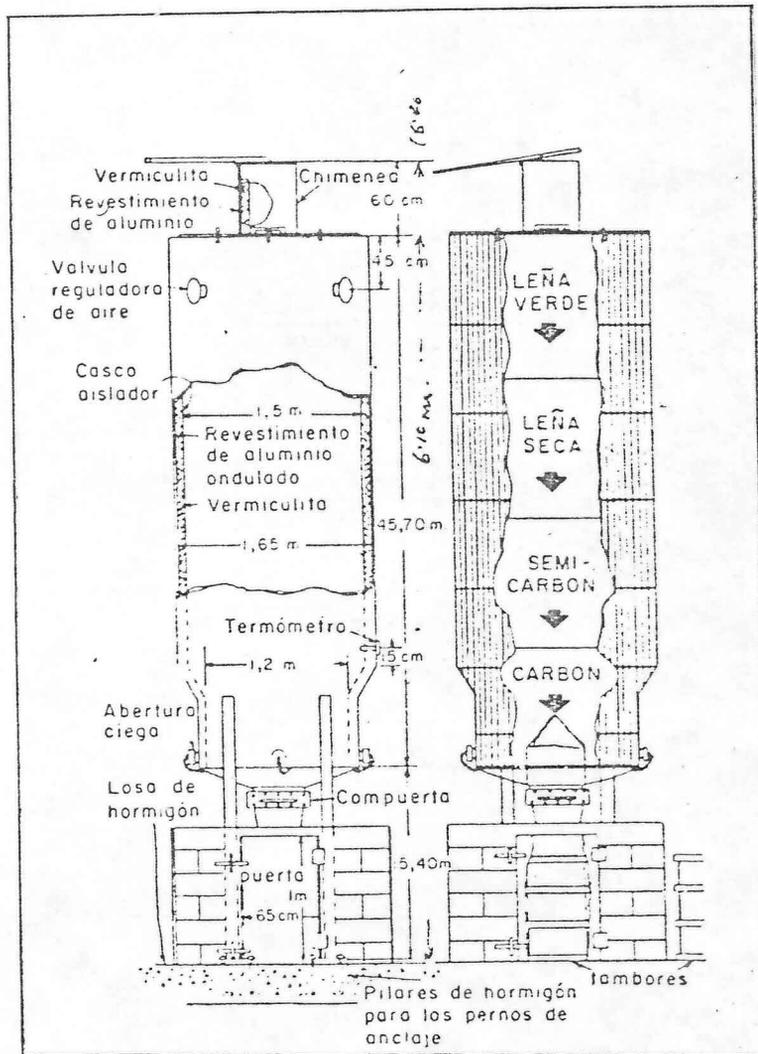


FIG. 3.2.14 Retorta Thomas

Se echa madera de tanto en tanto hasta llenar el reactor y se crea una disposición como la indicada en la Figura 3.2.14.

Cada 1 a 3 horas se abre la compuerta inferior dejando caer el carbón dentro de un tambor para que se enfríe. Cada descarga produce unos 100 Kg. de carbón. La descarga se ayuda con barras de acero introduciéndose a través de los orificios. Cada vez que se descarga, se repone la leña por la chimenea.

Una retorta de 15 x 5 pies (4,5 x 1,7 mts. \varnothing) produce unas tres toneladas de carbón por día.

Este tipo de hornos pueden ser unidades totalmente transportables, colocándolas temporalmente en los bosques o en los aserraderos de montaña.

3.2.7 Horno Nichols - Herreshoff

Este horno fue muy popular para producir carbón vegetal destinado a briquetas en los EE.UU. El proceso se basa en el horno Herreshoff de solera múltiple tan comúnmente usado en la minería y en la agroindustria de granos y oleaginosas. El esquema del horno se puede apreciar en la Figura 3.2.15.

El proceso puede recuperar los gases generados, los cuales son usados por el propio proceso para el secado de la madera.

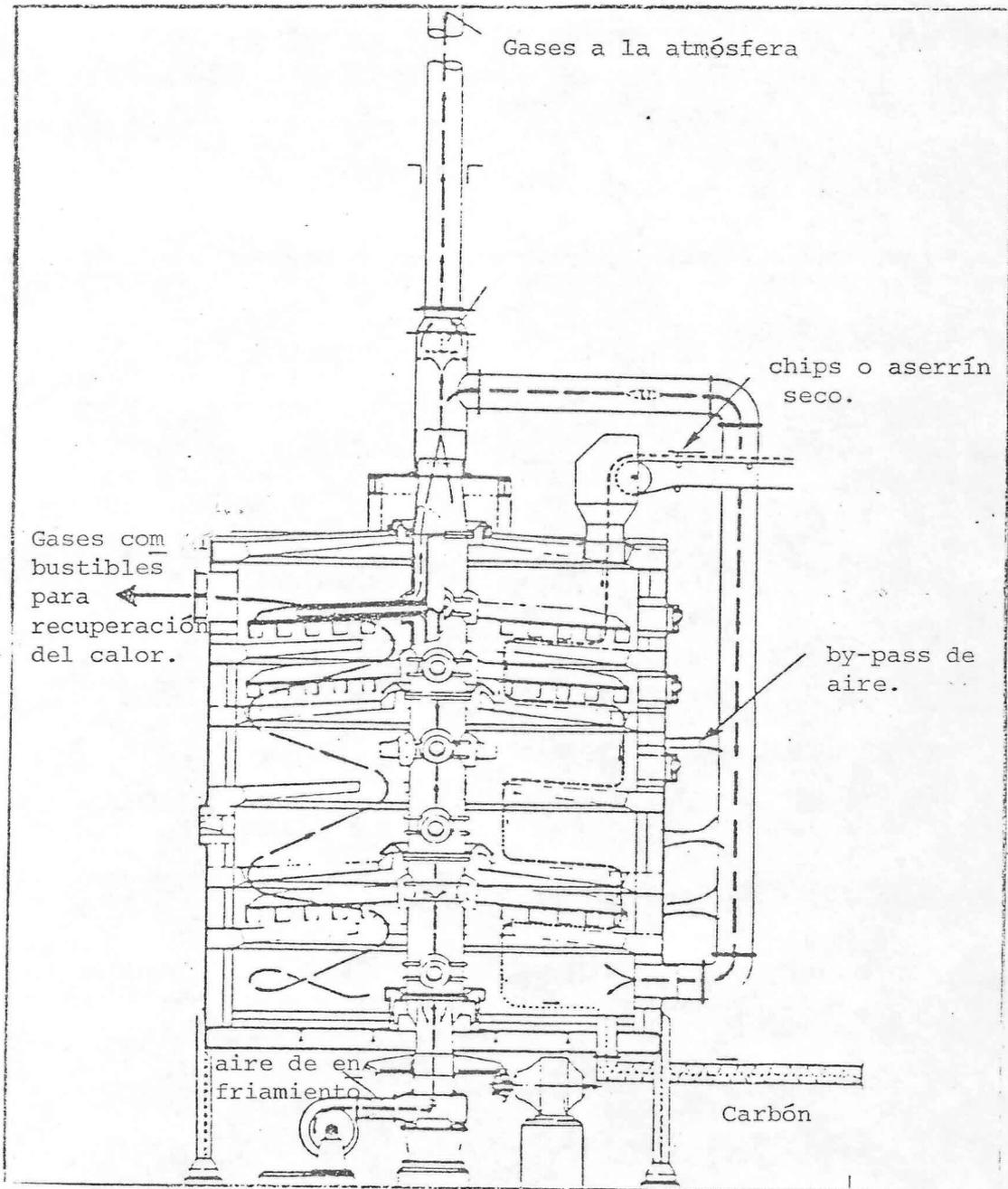


FIG. 3.2.15 Horno Nichols - Herreshoff

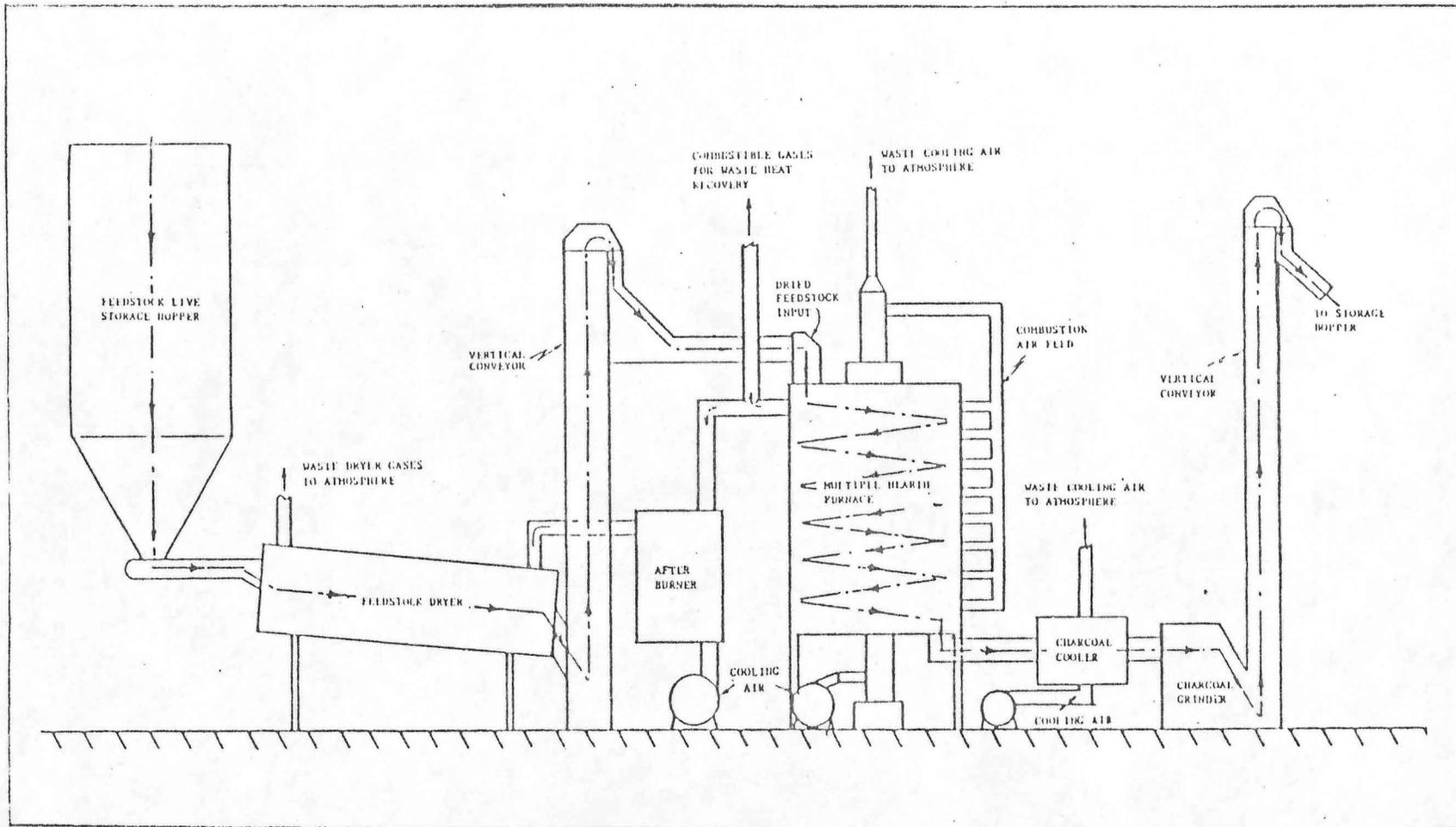


FIG. 3,2.16 Proceso utilizando Horno Nichols-Herreshoff

Un esquema simplificado del proceso es posible apreciarlo en la Figura 3.2.16.

Para chips o aserrín con 50% de humedad, se requieren 8 toneladas de materia prima para producir 1 tonelada de carbon.

La capacidad del horno dependerá del diámetro y número de pisos, pero en general tienen mayor capacidad que otras retortas verticales debido a que la pirólisis se produce con tiempos de residencia muy cortos.

4. TRABAJO EXPERIMENTAL CON MADERAS NATIVAS4.1 Muestras sobre las cuales se trabajó

Para el estudio experimental se obtuvieron cuatro muestras, recogidas y enviadas a INTEC desde el Complejo Forestal y Maderero Panguipulli Ltda. Las características de las muestras son las siguientes:

<u>MUESTRA</u>	<u>CARACTERISTICAS</u>
R.B.	2 m ³ de Raulí, desechos de bosque, constituídos por trozos de rollizos defectuosos, de diámetros entre 20 a 60 cm. aproximadamente, despuntes y trozos de copa.
C.B.	2 m ³ de Coigue, desechos de bosque, con las mismas características que la Muestra R.B.
R.A.	2 m ³ de Raulí, desechos ^{ff} de aserradero, constituídos por tapas y lampazos; de espesores y largos muy variables.
C.A.	1/2 m ³ de Coigue proveniente de desechos de aserra <u>d</u> ero con características similares a la Muestra R.A.

Las muestras fueron trozadas a tamaños de unos 20 cm. de espesor por unos 40-50 cm. de largo, para el control de pérdida de peso por secado, bajo techo, y para los diferentes ensayos de carbonización a las cuales fueron sometidas. Parte de la muestra se astilló (chipeó) para los ensayos en las retortas.

4.2 Determinación de rendimientos

4.2.1 Humedad

Tal como indica la literatura, y la experiencia nacional en carbonización, es preciso dejar los trozos de ma de ra durante un cierto tiempo para que se sequen, antes de proceder a carbonizarla.

Luego es importante tener las curvas de p é r d i d a de peso, durante su almacenamiento bajo techo, debido a la p é r d i d a de h u m e d a d a.

Cabe destacar que los ensayos fueron realizados en Santiago durante los meses de Octubre a Enero, situación que hay que tener en cuenta toda vez que la temperatura promedio y la humedad relativa en la provincia de V a l d i v i a sería diferente.

Dentro de la humedad de la madera hay que destacar a q u e d e s t a c a r a r q u e l l a denominada humedad superficial que se pierde al estacionar la leña durante cierto tiempo bajo techo, y la humedad residual que sólo se pierde al calentarse la muestra a 105°C en una e s t u f a con circulación forzada de aire.

a) H u m e d a d a s u p e r f i c i a l :

La humedad superficial de las cuatro muestras en c u e s t i o n fue muy similar como así la velocidad de secado, por estacionalidad, tal como lo muestra el Gráfico N°4.1.

PESO %

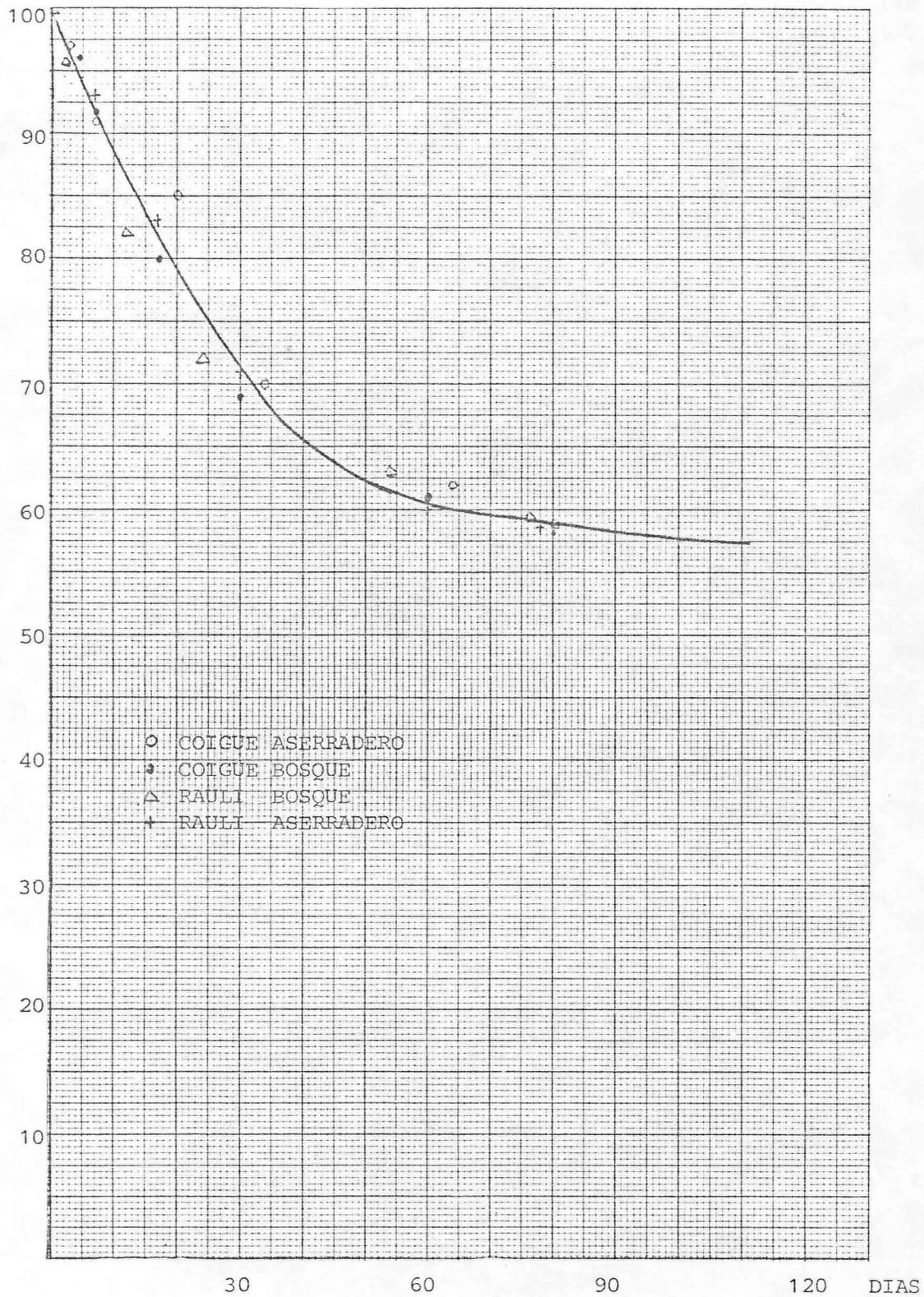


GRAFICO 4.1

Pérdida de peso por estacionalidad.

Los valores promedio para la humedad superficial fueron del 45%. (La madera estacionada es el 55% de su peso original).

b) Humedad residual:

Esta humedad tiene sentido determinarla para estandarizar los métodos de determinación de rendimientos en la carbonización y poder referirlos a una misma base de cálculo (base seca).

Los valores encontrados fueron los siguientes:

Humedad residual (Muestra R.B.) = 16%

(Base madera estacionada)

Humedad residual (Muestra C.B.) = 16%

(Base madera estacionada)

4.2.2 Razones Volúmenes - Peso

Para referir los rendimientos de la carbonización se utiliza como base el tanto por ciento en peso, base madera seca a 105°C, pero los desechos se miden en m³ y la leña se carboniza estacionada a temperatura ambiente, luego es conveniente relacionar los volúmenes y los pesos, tanto de la madera húmeda como de la madera seca.

La Tabla 4.1 resume las relaciones entre volúmenes y pesos.

Para efectos prácticos se puede asumir que 1 m³ de desecho representa 300 Kg. de leña, base seca a 105°C.

<u>MUESTRA</u>	<u>Vol. Madera Tratada (m³)</u>	<u>Peso Muestra Húmeda (Kg)</u>	<u>Peso Muestra Estacionada* (Kg)</u>	<u>Peso Muestra Seca (105°C)** (Kg)</u>
R.B.	1 ± 10%	620 ± 5%	341 ± 5%	287 ± 5%
C.B.	1 ± 10%	630 ± 5%	346 ± 5%	291 ± 5%
R.A.	1 ± 10%	580 ± 5%	320 ± 5%	268 ± 5%

(*) Asume 45% de Humedad Superficial según Gráfico 4.1.

(**) Asume 16% de Humedad Residual.

TABLA 4.1 RELACIONES PESO-VOLUMEN

4.2.3 Carbonización

Los ensayos de carbonización se realizaron sobre muestras secas a 105°C (base seca) en una retorta Fischer modificada, previo haber realizado una serie de ensayos para determinar la influencia de la velocidad de calentamiento y del tamaño de los trozos de muestra a ser carbonizados. La Figura 4.1 muestra un esquema simplificado del equipo utilizado.

Los rendimientos obtenidos se reportan en la Tabla 4.2 y ellos reflejan los máximos posibles para los diferentes procesos toda vez que la retorta es calentada externamente con ayuda de un mechero.

Las curvas de calentamiento que se hace mención en la Tabla, están representadas en el Gráfico 4.2.

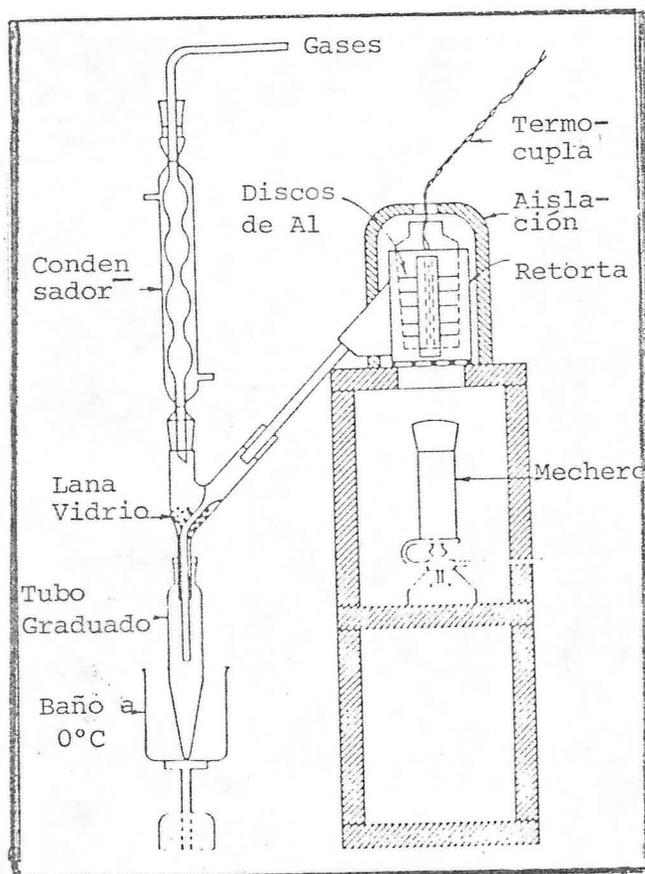


FIGURA 4.1

Esquema del equipo usado para determinar rendimientos en la carbonización.

<u>MUESTRA*</u>	<u>Velocidad calentamiento</u>	<u>Granulometría</u>	<u>% Carbón (b.s.)</u>	<u>% líquidos (b.s.)</u>	<u>% Gases + Pérdidas (b.s.)</u>
COIGÜE	C	2 mm	28.5	55.6	15.9
COIGÜE	B	2 mm	24.4	58.3	17.3
COIGÜE	A	6 mm	23.6	59.7	17.7
COIGÜE	C	20 x 200 mm	30.6	49.1	20.3
RAULI	A	2 mm	31.9	52.0	16.0
RAULI	A	6 mm	30.2	53.4	16.4
RAULI	B	20 x 200 mm	29.0	?	?
RAULI	C	20 x 200 mm	34.3	48.1	17.0

TABLA 4.2

RENDIMIENTOS EN LA CARBONIZACION

- (*) La muestra COIGUE corresponde a un compuesto de C.B. y C.A.
 La muestra RAULI corresponde a un compuesto de R.B. y R.A.

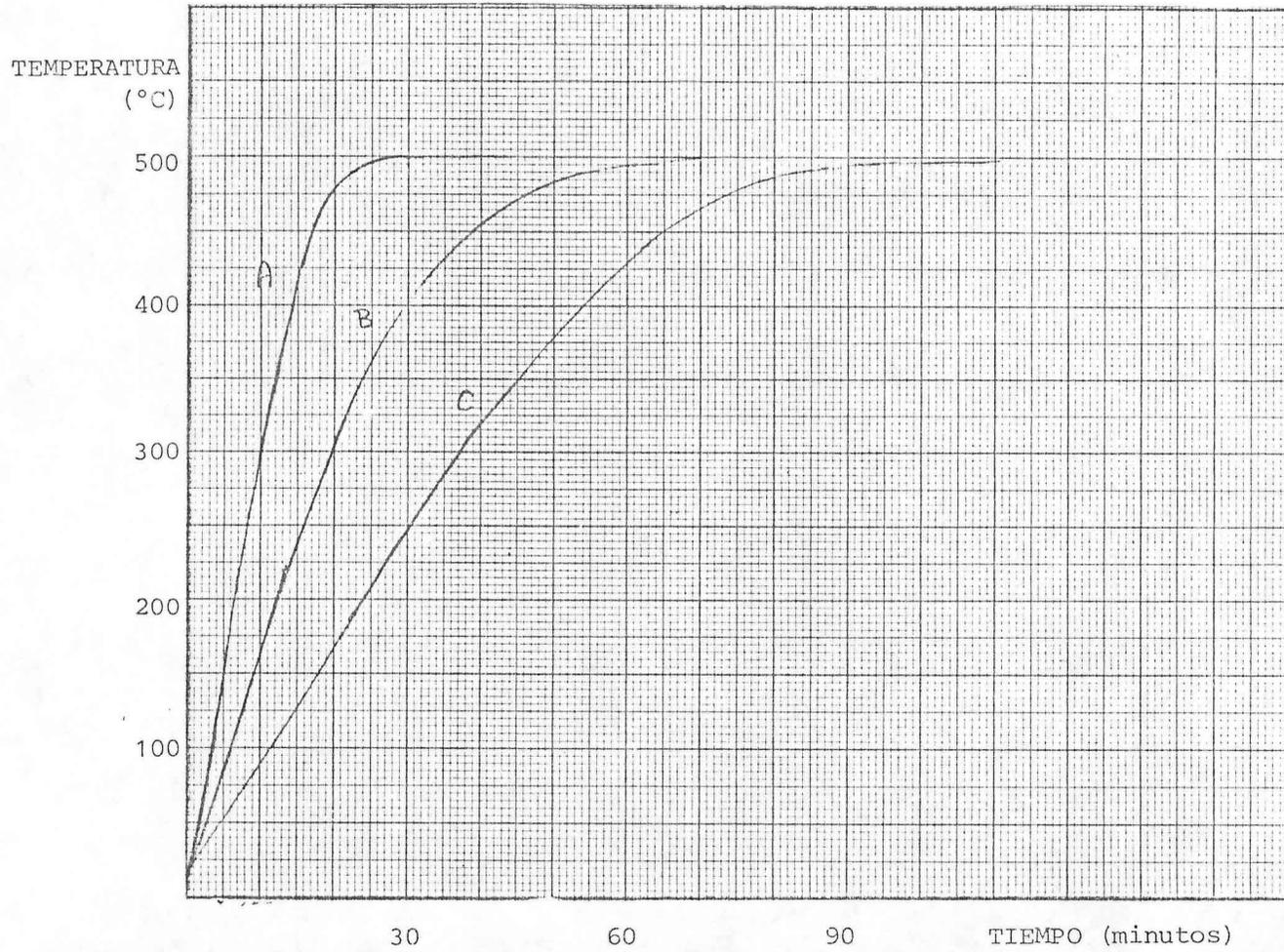


GRAFICO 4.2

Curvas de velocidades de calentamiento.

Se puede suponer que la curva de calentamiento A correspondería a un proceso tipo flash-pirólisis para maximizar los productos líquidos y la curva C a un proceso de carbonización normal, luego los rendimientos de acuerdo a la interpretación dada serían los que reporta la Tabla 4.3.

<u>Tipo de Madera</u>	<u>Tipo de Proceso</u>	<u>Base madera seca a 105°C</u>		<u>Base madera estacionada</u>	
		<u>% Carbón</u>	<u>% Líquidos</u>	<u>% Carbón</u>	<u>% Líquidos</u>
RAULI	Flash	30.2	53.4	25.4	44.9
RAULI	Normal	34.3	48.1	28.8	40.4
COIGÜE	Flash	23.6	59.7	19.8	50.2
COIGÜE	Normal	30.6	49.1	25.7	41.2

TABLA 4.3 Rendimientos en carbón y líquidos para procesos flash y normal.

4.3 Caracterización de productos y subproductos

4.3.1 Análisis químico del carbón

A las muestras de carbón obtenidas en los ensayos de carbonización en la retorta Fischer se les realizó una serie de análisis, típicos para su uso metalúrgico y/u otros usos.

La Tabla 4.4 resume los resultados obtenidos, con el agregado de un análisis hecho a un carbón producido en un Horno Mark V en Neltume y almacenado a la intemperie por espacio de muchos meses.

<u>MUESTRA</u>	<u>% Humedad Superficial</u>	<u>% Humedad Residual</u>	<u>% Cenizas (b.s.)</u>	<u>% Materias Volátiles</u>	<u>% Carbono fijo</u>	<u>% Azufre</u>	<u>Poder Calorífico Kcal/kg</u>
RAULI	-	2.53	1.42	16.30	79.75	0.01	7620
COIGUE	-	2.20	1.01	14.47	82.32	0.00	7826
Industrial producida en Horno MARK V	29	37	7.1*	17.1*	75.8*	-	7424

(*) Base seca.

TABLA 4.4

ANALISIS DE LOS CARBONES

Los resultados reflejan una gran similitud entre las materias volátiles de la muestra industrial y las muestras de laboratorio, lo cual indica una historia térmica global muy parecida.

La gran cantidad de humedad superficial y residual de la muestra industrial refleja la enorme capacidad de adsorción debida a una superficie específica elevada. Este hecho y el aspecto observado en las muestras secas indican que el carbón podría tener buen uso como carbón activado.

Por las especificaciones requeridas por los usuarios, se hace indispensable almacenar el carbón bajo techo una vez producido.

Su bajísimo contenido en azufre lo hace apto para cualquier uso metalúrgico.

El porcentaje alto en cenizas de la muestra industrial se atribuye a contaminación con tierra durante su almacenamiento.

El contenido de humedad superficial del 2,2-2,5% para las muestras de laboratorio, ratifica su poder absorbente, ya que dicha humedad sólo la pueden haber fijado del aire en un período de tiempo muy corto entre que se produjo en la retorta y que se hizo los análisis.

4.3.2 Ensayo de resistencia mecánica

Para determinar la resistencia mecánica del carbón producido con este tipo de maderas nativas, se construyó un horno piloto con capacidad para procesar unos 60 a 80 Kg. de leña, para realizar posteriormente los ensayos de tambor rotatorio con el carbón producido.

Para ello se introducen las muestras en un tambor rotatorio de 1 m. de \varnothing y se le dan 100 vueltas en 4 minutos, realizándoles un análisis granulométrico antes y después del ensayo.

La muestra total que se analiza debe quedar retenida en la malla de 40 mm. Después del ensayo se analiza lo que queda retenido en 40 mm (en %) y lo que pasa por 10 mm., especificándolos como Micum 40 (M40) y Micum 10 (M10).

A modo de comparación se reportan en la Tabla 4.5 los resultados con los carbones de Coigüe y Raulí, y otros carbones vegetales analizados por INTEC a petición de varios usuarios.

Un carbón es más resistente mientras mayor sea su M40 y menor sea su M10.

<u>MUESTRA</u>	<u>M40</u>	<u>M10</u>
Carbón de Raulí	33.3	10.7
Carbón de Coigue	12.5	23.6
Carbón vegetal Nacional (Carbón de monte)	9.3	35.3
Carbón vegetal Importado (para uso metalúrgico)	41.8	17.6
Briquetas ecuatorianas	6.5	51.6
Briquetas norteamericanas	39.8	38.6

TABLA 4.5

ENSAYO AL TAMBOR ROTATORIO

De la tabla se deduce que la calidad del carbón es acep
table, similar a un carbón vegetal importado para fines
metalúrgicos, superior a una muestra de carbón vegetal
nacional denominado "Carbón de monte".

4.3.3 Análisis de subproductos líquidos

Cuando se opera una planta con recuperación de subpro-
ductos, por lo general el gas es usado como combustible
en la retorta de carbonización y sólo se recuperan los
productos líquidos para su posterior comercialización.

Al igual que los líquidos obtenidos en la destilación
del carbón mineral, los obtenidos en la destilación de
la leña contienen cientos de productos y compuestos quí
micos diferentes, pero la mayoría de ellos están presen
tes en cantidades tan pequeñas y las tecnologías de se-

paración son tan complejas que no tiene sentido práctico el intentar separarlos.

En forma global se puede decir que los líquidos de la destilación de la madera lo constituyen dos fases muy definidas que son:

- Acido piroleñoso
- Alquitrán.

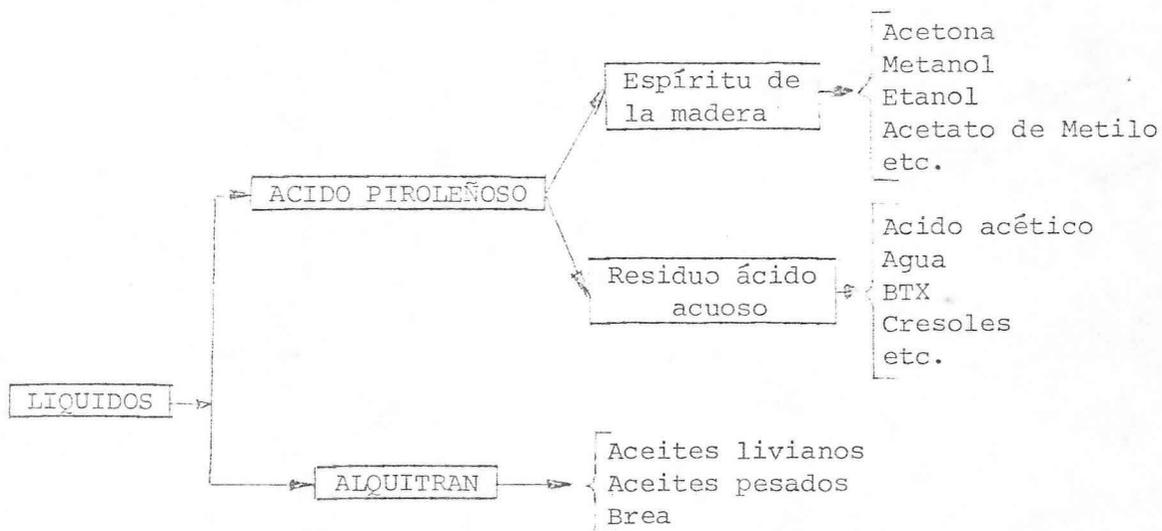
El ácido piroleñoso a su vez es posible separarlo por destilación en dos fases que son:

- Espiritu de la madera
- Residuo ácido acuoso.

El espíritu de la madera contiene los productos livianos como el metanol, etanol, acetona, acetato de metilo, etc. El residuo contiene el ácido acético, el BTX (Benceno, Tolueno, Xileno), los cresoles, etc. y principalmente agua de retorta.

El alquitrán contiene aceites livianos, aceites pesados y finalmente un residuo de brea.

Esquemmatizando lo dicho podemos resumir la separación de los productos líquidos como sigue:



ESQUEMA DE SEPARACION DE SUBPRODUCTOS LIQUIDOS DE LA DESTILACION DE LA MADERA

Antiguamente muchos de estos productos se recuperaban, especialmente para fines médicos, pero hoy en día sólo se recupera el ácido acético y en algunos casos el metanol y la acetona. La acetona es de difícil recuperación ya que se encuentra en pequeñísimas cantidades y se distribuye en todas las fases.

La Tabla 4.6 resume los resultados obtenidos con los líquidos recuperados en la destilación de las muestras procesadas.

<u>Tipo de Madera</u>	<u>% Agua de retorta</u>	<u>% Acido acético</u>	<u>% Alquitrán*</u>	<u>% Metanol</u>	<u>% Etanol</u>
RAULI	50	14	35.8	0.07	0.03
COIGUE	42	17	40.8	0.21	0.05

TABLA 4.6 Análisis de los líquidos obtenidos en la destilación.

(*) El poder calorífico superior del alquitrán, separado por centrifugación, fue de 6600 Kcal/kg.

4.3.4 Rendimientos globales de la destilación con recuperación de subproductos

La destilación de 1 tonelada de leña (base seca a 105°) daría los siguientes rendimientos:

	<u>RAULI</u>	<u>COIGUE</u>
Carbón (Kg)	302	236
Gas (Kg)	164	167
Líquidos (Kg)	534	597
- Acido acético	(75)	(101)
- Agua de retorta	(267)	(251)
- Metanol	(0,4)	(1,3)
- Etanol	(0,2)	(0,3)
- Alquitrán (aceites, brea)	(191)	(243)
- Acetona, esteres y otros	(0,4)	(0,4)

5. ESTUDIO DE MERCADO DEL CARBON VEGETAL

5.1 Mercado Internacional

La producción mundial de carbón vegetal, según estimaciones de FAO (ver Tabla N°5.1), alcanzó en 1979 a 15.749.000 toneladas y crece, en el período 1968-79, a una tasa promedio anual de 2,8%. Africa (42,3%) y América del Sur (38,7%) son los continentes de mayor producción. Brasil aparece como el principal productor en el mundo de carbón vegetal, con un 30% del volumen mundial. Le siguen en importancia Sudán, India, Kenya y Nigeria, todos con más de 1.000.000 de toneladas anuales.

De acuerdo a las cifras de importaciones que aparecen en la Tabla N°5.2, el comercio internacional de carbón vegetal llegó en 1979 a 343.000 toneladas, con una tasa media anual de crecimiento del 4,6%. El valor de las importaciones fue de US\$ 64.861.000, con un crecimiento medio de 17% anual. Es así como el precio promedio en 1968 fue de US\$ 55/ton, llegando en 1979 a US\$ 189/ton. Los principales países importadores son: Malasia, Japón, EE.UU., Francia y Alemania Federal.

Existen significativas diferencias entre las cifras de importaciones y exportaciones. Según FAO, ellas pueden deberse, entre otros factores, al tiempo transcurrido entre el despacho del exportador y la recepción del importador, al empleo de clasificaciones diferentes, al hecho de que algunos países suministran datos sobre el comercio general mientras que otros los facilitan acerca del comercio especial.

PRODUCCION

PRODUCTION

PRODUCTION

CHARCOAL

CHAPRON DE BOIS

CARBON VEGETAL

QUANTITY

1000 MT

QUANTITE

1000 MT

CANTIDAD

1000 MT

	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
WORLD	11651	11966	12295	12632	12979	13334	13703	14087	14487	14897	15335	15749
AFRICA	4817	4953	5096	5245	5398	5558	5724	5899	6083	6268	6475	6669
BENIN	22F	23F	23F	24F	25F	25F	26F	27F	28F	29F	30F	30F
BURUNDI	8F	8F	8F	8F	8F	8F	9F	9F	9F	9F	10F	10F
CHAD	258F	263F	269F	274F	280F	286F	292F	298F	305F	312F	320F	327F
ETHIOPIA	117F	120F	123F	126F	129F	132F	135F	139F	142F	145F	150F	153F
GAMBIA	25F	26F	27F	28F	29F	30F	31F	32F	33F	34F	35F	35F
IVORY COAST	83F	87F	92F	97F	101F	106F	111F	116F	121F	125F	130F	134F
KENYA	968F	1002F	1038F	1076F	1116F	1158F	1201F	1247F	1296F	1346F	1400F	1455F
LIBERIA	186F	192F	199F	205F	212F	219F	227F	234F	242F	251F	260F	268F
MALAWI	3F	3F	3F	4F	5F	5F						
NIGERIA	735F	757F	780F	804F	828F	854F	881F	909F	938F	968F	1000F	1032F
SENEGAL	74F	76F	79F	81F	84F	87F	89F	92F	95F	97F	100F	102F
SIERRA LEONE	608F	622F	637F	653F	669F	685F	703F	721F	740F	759F	780F	801F
SOMALIA	46F	47F	48F	49F	51F	52F	53F	55F	56F	58F	60F	61F
SUDAN	1275F	1305F	1337F	1371F	1406F	1442F	1481F	1520F	1562F	1605F	1650F	1696F
TANZANIA	74F	76F	78F	81F	83F	86F	88F	91F	94F	96F	100	103F
TUNISIA	81F	83F	84F	86F	87F	89F	90F	92F	95F	97F	100F	102F
UGANDA	73F	76F	79F	81F	83F	86F	88F	91F	94F	96F	100F	103F
UPPER VOLTA	11F	12F	12F	12F	12F	13F	13F	14F	14F	15F	15F	15F
ZAMBIA	170F	175F	180F	185F	191F	196F	202F	209F	215F	222F	230F	237F
N C AMERICA	137	141	144	149	153	157	161	166	171	176	184	188
HAITI	63F	65F	66F	68F	69F	71F	72F	74F	76F	78F	80F	81F
JAMAICA	1F	2F	2F									
MEXICO	72F	74F	76F	79F	82F	84F	87F	90F	93F	96F	100F	103F
TRINIDAD ETC	1F	2F	2F									
SOUTH AMERIC	4567	4690	4817	4945	5077	5209	5348	5491	5638	5788	5947	6102
ARGENTINA	437F	443F	449F	455F	462F	468F	474F	480F	487F	493F	500	506F
BOLIVIA	7F	7F	8F	8F	8F	8F	9F	9F	9F	9F	10F	10F
BRAZIL	3462F	3562F	3665F	3771F	3879F	3991F	4106F	4224F	4345F	4471F	4600F	4731F
CHILE	33F	34F	34F	35F	36F	36F	37F	38F	38F	39F	40F	40F
COLOMBIA	315F	322F	332F	340F	348F	355F	363F	372F	381F	390F	400F	409F
ECUADOR	223F	230F	236F	243F	251F	258F	266F	274F	282F	291F	300	309F
PERU	7F	7F	8F	8F	8F	8F	8F	9F	9F	9F	10F	10F
URUGUAY	83F	84F	85F	85F	85F	85F	85F	85F	86F	86F	87	87F
ASIA	2130	2182	2238	2293	2351	2410	2470	2531	2595	2655	2729	2790
HONG KONG	19F	20F	20F	20F	21F	21F	22F	22F	23F	23F	24F	24F
INDIA	1190F	1218F	1247F	1276F	1306F	1337F	1368F	1399F	1432F	1465F	1500F	1534F
INDONESIA	78F	80F	82F	84F	86F	88F	90F	93F	95F	97F	100F	102F
IRAN	37F	38F	39F	40F	41F	43F	44F	45F	47F	48F	50F	51
IRAQ	7F	7F	7F	7F	8F	8F	8F	9F	9F	9F	10F	10F
JAPAN	44F	44F	45F	45F	46F	47F	47F	48F	49F	49F	50F	50F
KOREA REP	12F	12F	12F	12F	12F	13F	13F	14F	14F	14F	15F	15F
LAO	79F	81F	83F	85F	87F	89F	91F	93F	95F	97F	100F	102F
LEBANON	15F	16F	16F	16F	17F	17F	18F	18F	19F	19F	20F	20F
MALAYSIA	228F	235F	242F	249F	255F	262F	270F	277F	284F	292F	300F	307F
NEPAL	16F	16F	16F	16F	17F	17F	18F	18F	19F	19F	20F	20F
THAILAND	373F	384F	396F	408F	420F	433F	445F	458F	472F	485F	500F	514F
YEMEN DEM	32F	32F	33F	34F	34F	35F	36F	37F	37F	38F	40F	41F
DEV.PED M E	44	44	45	45	46	47	47	48	49	49	50	50
OTH DEV.PED	44	44	45	45	46	47	47	48	49	49	50	50
DEV.PING M E	11607	11922	12250	12587	12933	13287	13656	14039	14438	14838	15285	15699
AFRICA	3542	3648	3759	3874	3992	4116	4243	4379	4521	4663	4825	4973
LAT AMERICA	4704	4831	4961	5094	5230	5366	5509	5657	5809	5964	6131	6290
NEAR EAST	1366	1397	1432	1468	1506	1545	1587	1629	1674	1719	1770	1818
FAR EAST	1995	2046	2098	2151	2205	2260	2317	2374	2434	2492	2550	2618
DEV.PED ALL	44	44	45	45	46	47	47	48	49	49	50	50
DEV.PING ALL	11607	11922	12250	12587	12933	13287	13656	14039	14438	14838	15285	15699

Fuente: FAO, "Anuario de Productos Forestales, 1968-1979".

TABLA 5.1

PRODUCCION MUNDIAL DE CARBON VEGETAL
(Cifras en miles de ton. métricas).

IMPORTS

IMPORTATIONS

IMPORTACION

245.02 CHARCOAL

CARBON DE BOIS

CARBON VEGETAL

QUANTITY

1000 MT

QUANTITE

1000 MT

CANTIDAD

1000 MT

	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
WORLD	209	231	264	261	237	270	271	266	273	312	312	343
AFRICA	27	24	25	12	12	5	1	5	1			
ALGERIA			4	4F		6F	3		4			
LIBYA	12	11	9									
SOUTH AFRICA									1			
TANZANIA												
UGANDA	14	13	12	8	7F	2F	1F					
ZAMBIA												
ZIMBABWE												
N C AMERICA	20	25	30	35	32	28	33	36	31	51	59	53
BAHAMAS												
BARBADOS												
CANADA	12	12	12	11	14	13	15	27	21	36	23	23F
COSTA RICA												
MEXICO												
USA	8	12	18	24	17	13	17	8	9	14	36	34
SOUTH AMERIC*						1	3					
CHILE						1	3					
URUGUAY												
VENEZUELA												
ASIA	101	113	115	121	121	159	125	120	113	143	135	144
BAHRAIN	1*	1*	1	1*	3	3	3F	3F	3F	3F	3F	3F
HONG KONG	29	25	26	26	19	19	18	12	16	19	19	21
IRAN	5	8	2	2	3F	2	2F	2	2	2F	2F	2F
IRAQ	12	11	13	6	5	11	7	6	5	5F	5F	5F
ISRAEL												
JAPAN	9	10	16	30	40	44	29	20	16	44	42	42F
JORDAN		2	1	1	2							
KUWAIT	17	28	21	19	9	37	14	14F	14F	4	4	5*
LEBANON												
MACAU	5	4	3	4F	2F	2F	2F	2F	2F	2F	2	2
MALAYSIA	9	11	18	18	28	28	35	50	42	42	44	44F
QATAR		2	4F	4F	2	2	2	2	2F	2F	2F	2F
SAUDI ARABIA		1	1	2	2	2F	1	1	2	2	3	3F
SINGAPORE	13	10	9	8	6	9	13	8	9	19	10	16
SYRIA	1											
THAILAND								1				
EUROPE	61	69	94	93	71	77	110	104	128	117	118	141
AUSTRIA	7	6	6	9	8	7	7	2	3	3	3	4
BELGIUM-LUX			1	2	2	3	3	3	4	6	5	6
DENMARK						1	1	1	2	3	1	2
FINLAND						1	1	1	3	1	1	1
FRANCE	5	9	18	19	13	12	16	15	18	21	19	32
GERMANY FR	9	13	16	17	18	18	25	31	41	27	31	26
GREECE	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
HUNGARY	14	5	8	6	6	5	5	5	5	5	5	4
IRELAND												
ITALY	10	11	12	9	2	5	9	8	9	6	6	9
NETHERLANDS	5	4	3	3	4	4	6	7	9	9	7	8
NORWAY	4	3	4	2	1	1	1	1	3	5	5	8
SPAIN												
SWEDEN		1	6	2	1	2	3	3	5	7	6	14
SWITZERLAND	4	5	4	7	5	6	9	6	8	8	5	8
UK			9	10	7	9	10	8	7	12	13	14
YUGOSLAVIA		10	6	7	5	3	12	14	10	5	11	4
OCEANIA								2	1			
AUSTRALIA												
NEW ZEALAND								1	1			
DEV.PED M E	76	98	132	152	137	142	165	155	170	207	214	236
N AMERICA	19	24	29	35	31	26	32	35	30	51	59	57
W EUROPE	47	64	86	87	66	72	104	99	122	112	113	137
OCEANIA								2	1			
OTH DEV.PED	10	10	16	30	40	44	29	20	17	44	42	42
DEV.PING M E	119	128	124	103	94	122	100	106	98	100	93	103
AFRICA	14	13	16	12	12	5	1	4				
LAT AMERICA	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1
NEAR EAST	48	64	53	35	25	57	28	28	28	17	18	20
FAR EAST	56	50	55	56	56	58	68	73	70	82	74	83
CENTR PLAND	14	5	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4
E EUR+USSR	14	5	8	6	6	5	5	5	5	5	5	4
DEV.PED ALL	90	103	140	158	143	147	171	161	175	212	219	240
DEV.PING ALL	119	128	124	103	94	122	100	106	98	100	93	103

Fuente: FAO, "Anuario de Productos Forestales, 1968-1979".

TABLA 5.2

IMPORTACIONES MUNDIALES DE CARBON VEGETAL

(Cifras en miles de toneladas métricas)

La Tabla N°5.3 presenta las cifras de exportaciones de carbón vegetal en el mundo. En 1979, alcanzaron a 241.000 toneladas por un valor de US\$ 38.056.000. El precio medio de las exportaciones ha aumentado desde US\$ 45/ton en 1968 hasta US\$158 /ton en 1979. Los principales países exportadores en este último año fueron: Indonesia, Filipinas, Tailandia, EE.UU. y España.

De los países sudamericanos, sólo Chile aparece importando carbón vegetal en 1973 y 1974, y Guyana exportando entre 1968 y 1971. De ello se desprende que en cada país de este continente se produce lo que se requiere para el consumo; por lo tanto, no resultará fácil exportar desde Chile a los países del área, a menos que el precio del producto chileno resultara inferior. Dado el valor relativamente bajo del carbón vegetal, se estima que el flete compensará cualquier diferencia de costos de producción.

La única posibilidad de exportación, que no pudo ser comprobada ni menos cuantificada, es la colocación del producto en el sur de Argentina, país que al parecer produce su carbón vegetal en la zona norte, desde donde debe ser transportado. En este caso, habría ventaja en el costo del transporte.

EXPORTS EXPORTATIONS EXPORTACION
 245.02 CHARCOAL CARBON DE BOIS CARBON VEGETAL
 QUANTITY 1000 MT QUANTITE 1000 MT CANTIDAD 1000 MT

	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
WORLD	212	264	234	204	155	132	263	239	235	248	215	241
AFRICA	55	95	58	59	12	29	27	10	5	9	9	9
ETHIOPIA												
KENYA	23	36	48	58	11	28	25	8				
SOMALIA	19	48										
SOUTH AFRICA	1	1	1	1	1	1	1	1*	5*	8*	8F	8F
TANZANIA						1F	2F	2		1	1	1F
TUNISIA	12	10	9									
ZIMBABWE												
N C AMERICA	21	16	18	15	16	20	19	36	30	37	30	30
COSTA RICA								1	1	1	1	1F
JAMAICA												
MEXICO	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2		
USA	20	14*	17*	14*	15	19	18	34	27	33	28	28F
SOUTH AMERIC	1	1	1	2								
GUYANA	1	1	1	2								
ASIA	61	58	49	58	75	85	138	113	129	134	119	126
HONG KONG	2		1	3	2	2	2	3	2			
INDIA									8	5	5F	1
INDONESIA	8	11	25	18	27	34	52	47F	49	47	43	43F
IRAN												
KUWAIT	3	3	4	3	4	3	2	2F	2F	3	3	1*
MALAYSIA	3	5	3	8	6	6	11	6	5	10	5	5F
PHILIPPINES							28	16	16F	19	22	33
SINGAPORE	1	2	1	4	3	3	7	5	6	12	7	10
SRI LANKA	16	20										
SYRIA	1	1		1	1	1F	1F		1	2	1	1
THAILAND	27	17	15	22	32	35	35F	34	40	35	35	32
YEMEN DEM												
EUROPE	74	95	109	70	52	48	79	78	71	69	57	76
AUSTRIA												
BELGIUM-LUX	2	1				1	1	1	1		1	
BULGARIA	4	3	3	3	2	2	2	1	1	2	1	1
DENMARK	1	1	1									
FRANCE	4	5	7	7	7	8	10	9	9	7	7	7
GERMANY FR	3	3	2	2	2	2	2	2	3	4	4	5
HUNGARY	3	4	4	4	4	7	10	10	9	9	9	14
ITALY									1	1		1
NETHERLANDS						1	3	5	7	6	5	5
NORWAY												1
PORTUGAL					1	2	3	3	3	6	6F	5
ROMANIA	19	28	27	21	17	10	24	17				
SPAIN	8	16	33	17	10	6	8	15	15	20	19	20
SWEDEN	20	21	19	6	2	1	3	3	3	2	5	4
UK												
YUGOSLAVIA	10	14	12	10	7	6	12	13	18	13	1	12
OCEANIA								1				
AUSTRALIA								1				
DEV.PED M E	69	75	93	57	45	47	62	87	92	100	84	97
N AMERICA	20	14	17	14	15	19	18	34	27	33	28	28
M EUROPE	48	60	75	42	30	28	43	50	61	59	47	61
OCEANIA								1				
OTH DEV.PED	1	1	1	1	1	1	1	1	5	8	8	8
DEV.PING M E	117	154	107	119	87	115	166	124	133	138	121	128
AFRICA	54	93	57	58	11	28	27	9		1	1	1
LAT AMERICA	2	3	2	3	1	2	1	2	3	3	1	1
NEAR EAST	4	4	5	3	5	4	3	3	3	5	3	2
FAR EAST	57	54	44	55	70	81	135	110	126	129	116	124
CENTR PLANND	25	35	34	28	23	20	36	28	10	10	10	16
E EUR+USSR	25	35	34	28	23	20	36	28	10	10	10	16
DEV.PED ALL	95	111	127	85	68	67	98	115	103	110	94	113
DEV.PING ALL	117	154	107	119	87	115	166	124	133	138	121	128

Fuente: FAO, "Anuario de Productos Forestales, 1968-1979".

TABLA N°5.3 EXPORTACIONES MUNDIALES DE CARBON VEGETAL (Cifras en miles de ton. métricas)

5.2 Mercado Nacional

Según las cifras de FAO, se producen en Chile alrededor de 40.000 toneladas de carbón vegetal al año. Esta cifra parece estar basada en estimaciones de un experto de dicha organización, quien estuvo en Chile en 1976 (1).

Dicha producción está destinada fundamentalmente al consumo doméstico, principalmente en zonas rurales y en grupos familiares de escasos recursos. El carbón se elabora en forma rústica, sin mayor preocupación por la calidad ni por la regularidad en la entrega.

Se estima que difícilmente una planta industrial de producción de carbón vegetal podrá competir para abastecer a este mercado doméstico. Los "carboneros" artesanales normalmente no pagan por la materia prima, no tienen costo de transporte (la producción se efectúa muy cerca del lugar de consumo) y tienden a valorizar poco el valor de su trabajo.

Por lo tanto, el mercado objetivo de la actividad que aquí se plantea está constituido por las empresas consumidoras de carbón vegetal con fines industriales, que, además de un precio razonable, requieren una calidad estable y definida y seguridad en el abastecimiento, factores que no pueden garantizar los pequeños productores artesanales.

(1) Earl Dereck, D. 1976. Carbón Vegetal. Informe Técnico N°15. Proyecto PNUD/FAO/CHI/66/526.

En consecuencia, el esfuerzo por dimensionar y caracterizar el mercado de carbón vegetal, cuyos resultados se presentan a continuación, se orientó al consumo industrial, tanto a granel como en forma de briquetas.

Actualmente, este consumo industrial está concentrado en las fundiciones de cobre, existiendo posibilidades de que otras fundiciones pudieran consumirlo. En el curso de la investigación, se descartaron otros posibles usuarios de importancia, como la industria siderúrgica.

De acuerdo a las cifras de comercio exterior chilenas publicadas por el Banco Central y la Cámara de Comercio, el país importó carbón vegetal hasta 1978. De acuerdo a lo expresado por los usuarios, el producto importado no satisfizo en definitiva los requerimientos (en especial, las fundiciones de cobre necesitan que el carbón no crepite), por lo cual se ha desistido de importarlo.

5.2.1 Fundiciones de Cobre

5.2.1.1 CODELCO

Las Divisiones Chuquicamata, El Salvador y El Teniente de CODELCO consumen carbón vegetal, tanto a granel como en briquetas, siendo claramente los consumidores nacionales de mayor importancia.

En 1980 se registraron los siguientes consumos:

a) A granel	
Chuquicamata	228 tons.
El Teniente	415 tons.
El Salvador	<u>42</u> tons.
	685 tons.
b) Briquetas	
Chuquicamata	337 tons.
El Teniente	75 tons.
El Salvador	<u>58</u> tons
	470 tons.

Estas cifras son considerablemente inferiores a las de hace algunos años. Así, en 1976 se registraron las siguientes cifras:

a) A granel	
Chuquicamata	285 tons.
El Teniente	946 tons.
El Salvador	<u>54</u> tons.
	1.285 tons.
b) Briquetas	
Chuquicamata	985 tons.
El Teniente	96 tons.
El Salvador	<u>300</u> tons.
	1.381 tons.

La reducción se ha debido básicamente a modificaciones en la estructura de producción de estas empresas, que han pasado del wirebar al alambrón producido por colada continua.

De acuerdo a lo expresado por los funcionarios consultados, la situación de consumo de carbón vegetal se ha estabilizado, pudiendo esperarse cifras similares para el futuro previsible.

5.2.1.2 ENAMI

El consumo actual de ENAMI se estima en 470 tons. anuales de carbón vegetal a granel y 130 tons/año de briquetas. Estas cifras también son apreciablemente más bajas que las de años anteriores (sobre 700 tons/año de carbón a granel), ya que también ENAMI ha entrado a producir alambrón premoldeado.

5.2.1.3 Mantos Blancos

Esta empresa tiene un consumo actual de unas 240 tons. anuales de carbón vegetal a granel. A ello se agregan alrededor de 4.000 tons. anuales de coquecillo procedente de Huachipato (-1/2" ó -1/4"). Estarían en condiciones de sustituir el coquecillo por carbón vegetal en la medida en que técnicamente no se presenten problemas (los que a priori no se visualizan, pues lo utilizan molido y en pellets de CuCl-CaO-Coque para su proceso pirometalúrgico) y que económicamente les resulte conveniente (por el coquecillo se paga actualmente \$2,50/Kg puesto en Huachipato).

5.2.1.4 MADECO

En condiciones normales de mercado, el consumo de carbón vegetal a granel es de unas 160 tons/año. En este momento, el consumo está reducido a alrededor de la mitad.

5.2.1.5 EXXON

No tiene ni se prevé consumo de carbón vegetal en la Fundición de Chagres.

5.2.2 Otros Consumidores Actuales y Posibles5.2.2.1 Manganesos Atacama

Tiene un consumo no significativo de coque, que eventualmente sustituyen por carbón vegetal cuando carboneros de la zona venden a muy bajo precio.

5.2.2.2 Molymet

No consume actualmente carbón en ninguno de sus procesos; sus requerimientos son de combustibles muy limpios (gas o kerosene).

5.2.2.3 CAP

La Compañía de Acero del Pacífico consume actualmente 750.000-800.000 tons/año de coque.

Si bien existe tecnología para producir arra
bio utilizando carbón vegetal (por ejemplo,
hay plantas en Brasil y Argentina que usan co
que vegetal), para ello se requiere de altos
hornos de menor diámetro y altura que los de
Huachipato.

Dado que la capacidad instalada actual de la
planta es suficiente para cubrir la demanda
de los próximos años y que se encuentra en fa
se de proyecto la construcción de una nueva co
quería para carbón mineral, no se prevé consu-
mo de carbón vegetal por ahora.

5.2.2.4 Carburo y Metalurgia

En 1979, esta empresa consumía 220 tons/mes
de coque; actualmente no tienen consumo, pre
viéndose una eventual reiniciación del consu-
mo hacia fines de 1982. Podría usarse brique
tas de carbón vegetal en caso de convenir eco
nómicamente su empleo (el coque se comprara
en el año citado en US\$ 90/ton puesto en Hua-
chipato o en US\$ 120/ton en Nos proveniente
de GASVALPO).

5.2.2.5 Vulco

Consumió coque hasta fines de Octubre de 1981,
fecha en que se cerró la fundición.

5.2.3 Resumen

Las cifras antes anotadas pueden resumirse de la siguiente manera:

	<u>GRANEL</u>		<u>BRIQUETAS</u>	
	<u>Actual</u>	<u>Posible</u>	<u>Actual</u>	<u>Posible</u>
Chuquicamata	228	-	337	-
El Teniente	415	-	75	-
El Salvador	42	-	58	-
ENAMI	470	-	130	-
Mantos Blancos	240	4.000	-	-
MADECO	80	80	-	-
Carbomet	-	-	-	2.600
	<u>1.475</u>	<u>4.080</u>	<u>600</u>	<u>2.600</u>

5.3 Especificaciones de los Productos

Dado que los usos que se da al carbón vegetal en las actividades industriales mencionadas son bastante similares, también lo son las especificaciones solicitadas a los proveedores. Ellas pueden resumirse de la siguiente manera.

5.3.1 Carbón a granel

Granulometría	2" - 5"
Carbono fijo	70 - 75%
Cenizas	2 - 5%

Azufre	Máx. 1%
Humedad	3 - 5%

Bastante menos exigente es MADECO, cuyas especificaciones son:

Carbono fijo	49 - 71%
Volátiles	17 - 28%
Cenizas	7 - 13%
Humedad	5 - 10%

5.3.2 Briquetas

Carbono fijo	60 - 65%
Volátiles	20 - 25%
Cenizas	7 - 10%
Azufre	Máx. 0,08%
Humedad	2 - 3%

5.4 Características de la Comercialización

En general, las empresas consumidoras llaman a licitación pública para el abastecimiento de carbón vegetal.

Es frecuente que la asignación de la licitación no se haga a un solo proveedor, de manera de mantener la competencia y asegurar en mejor forma la entrega del producto.

Normalmente, se exige la entrega del producto en sacos con poco

uso o bolsas de papel (para las briquetas); el carbón a granel en sacos de 20 kgs. y las briquetas en bolsas de 15 kgs. Algunas empresas especifican el % máximo de finos, otras no aceptan el material molido. La compra es generalmente sobre pallets y descargado en bodega del comprador.

5.5 Precios

Dado que las cotizaciones se efectúan puesto en bodega del comprador, los precios, especialmente del carbón a granel están influidos en forma importante por el valor del flete. Es así que ENAMI paga en 1981 un precio de \$ 7.500/ton en tanto Chuquicamata pagó en 1980 un valor de \$ 10.750/ton y El Salvador \$ 9.660/ton en el mismo año.

Estas diferencias tienen relativamente menor importancia en el caso del carbón en briquetas, producto por el que se pagaron precios de alrededor de \$ 18.000 - 20.000 por tonelada en ENAMI y El Salvador. En El Teniente, por briquetas con 88% de carbono fijo y 6-8% de aglomerante de almidón se pagó alrededor de \$25.000 por tonelada en 1980.

5.6 Subproductos

Como se indica en el capítulo pertinente, el único subproducto de valor obtenido en cantidades significativas en la elaboración de carbón vegetal es el ácido acético.

El ácido obtenido de la carbonización de madera tiene un destino industrial, principalmente en la fabricación de acetatos, en la industria textil, en la minería como reactivo de flotación, en la formulación de herbicidas, como reactivo químico de laboratorio. El ácido acético de uso alimenticio (vinagre) debe ser obtenido a partir de la fermentación del alcohol etílico natural.

El consumo nacional de ácido acético ha sido abastecido fundamentalmente por Oxiquim, empresa que tiene una capacidad instalada de alrededor de 800 toneladas anuales. La producción registrada en años recientes aparece en la Tabla 5.4.

TABLA 5.4

PRODUCCION NACIONAL DE ACIDO ACETICO

<u>AÑO</u>	<u>PRODUCCION</u>
1973	270 tons.
1974	345
1975	245
1976	230
1977	285
1978	310

Fuente: CORFO

En los últimos años, se ha registrado una creciente importación de ácido acético, según las cifras que muestra la Tabla N°5.5.

TABLA N°5.5 IMPORTACIONES CHILENAS DE ACIDO ACETICO

<u>AÑO</u>	<u>IMPORTACIONES</u>	
	<u>Volumen (tons)</u>	<u>Valor (US\$)</u>
1977	8,8	15.902
1978	62,3	29.437
1979	210,0	154.000
1980	123,1	104.000

Fuente: Banco Central y Cámara de Comercio.

La mayor parte de las importaciones provienen de Perú, corresponden al grado técnico (90-92%) y están destinadas a la industria textil.

En 1980, ha adquirido importancia como proveedor China Popular, particularmente de ácido acético glacial (99%).

De acuerdo a estimaciones de mercado formuladas por expertos consultados, el consumo nacional se ha estabilizado (con posterioridad al ajuste de los años 1974 y siguiente) en alrededor de 300 toneladas. Oxiquim, que en los años 1979 y 1980 vio reducido su mercado por importaciones, ha recuperado su participación en 1981, en que las importaciones han decrecido

sustancialmente. La competencia, dentro de Sudamérica, que representan Perú y Argentina hace muy difícil la posibilidad de exportar ácido acético producido en el país.

El precio de venta del ácido acético de uso textil es de aproximadamente US\$ 500/ton en la zona central del país.

5.7 Conclusiones y Dimensionamiento del Mercado

Tomando en cuenta que las actuales empresas consumidoras nunca se amarran con un solo proveedor, se considera como mercado posible de carbón vegetal un 50% del consumo nacional actual, lo que significa:

Carbón a granel	750 tons/año
Carbón en briquetas	300 tons/año

A ello se agregaría, en el mejor de los casos y suponiendo que los precios de venta fueran adecuados, el mercado derivado de la sustitución de carbón mineral por carbón vegetal y que alcanza a las siguientes cifras adicionales:

Carbón a granel	4.000 tons/año
Carbón en briquetas	2.600 tons/año

El mercado del ácido acético podría llegar a ser, en el mejor de los casos, de 300 tons/año, debiendo tenerse en cuenta que ello significa eliminar la competencia de una empresa grande, con muchos años de experiencia y que elabora una gran variedad de productos. Ello sólo podría lograrse si el precio de venta fuera considerablemente más bajo.

6. EVALUACION TECNICA

6.1 Selección de procesos

La selección del o los procesos a ser aplicados en el caso de la producción de carbón vegetal, para los desechos de la explotación del bosque nativo tipo Coigue-Raulí de la provincia de Valdivia, debe considerar los siguientes aspectos:

- Tamaño del mercado del carbón y subproductos.
- Simplicidad de la tecnología.
- Experiencia o conocimiento nacional de la tecnología.
- Rendimiento de las unidades, o razón toneladas producidas sobre m³ instalados.
- Costo de las inversiones.
- Dispersión o concentración de los recursos (desechos).

La Tabla 6.1 resume lo expresado en el Capítulo 3, y agrega alguna información adicional recopilada respecto a rendimientos esperados y al conocimiento de la tecnología.

Las mayores productividades se logran en los procesos más sofisticados, pero ellos tienen el inconveniente que necesitan de un mercado mucho mayor que el detectado, son unidades fijas o de difícil y costoso traslado, son intensivos en costos de inversiones y el conocimiento nacional de la tecnología es escaso o nulo.

NOMBRE DEL PROCESO	CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO	CAPACIDAD	RENDIMIENTOS ESPERADOS	CARACTERÍSTICA DE LA TECNOLOGÍA
RETORTA LAMBIOTTE	Retorta vertical con recuperación de subproductos. La leña debe estar trozada a tamaños de colpas.	Unidades de 1-2 mts Ø y 4-5 mts. altura. Cada unidad puede producir 3-4 ton/día de carbón. (1200 ton/año).	Como utiliza cascos de la destilación como energético, su rendimiento debe ser elevado 90-95% con respecto al teórico.	Experiencia mundial no así nacional. Relativamente sofisticada.
PROCESO TECH-AIR	Proceso continuo y optimiza rendimientos en productos líquidos. Utiliza aspillas y/o aserrín.	Unidades de gran tamaño por problemas de economía de escala. 50 ton/día de carbón. (15000 ton/año).	Dependen de las condiciones de operación y tipo de materia prima.	Sofisticada y con muy poca experiencia mundial. Nacionalmente desconocida.
PROCESO PILLARD	Horno rotatorio horizontal continuo, el cual quema el gas generado más otro combustible (gas o fuel-oil). No produce líquidos.	Unidades de tamaño mediano pueden producir entre 2100 a 4200 ton/año de carbón.	El rendimiento en carbón debe ser muy parecido al máximo teórico (90-95%).	Conocida en Europa, relativamente sofisticada. Nacionalmente desconocida.
PROCESO OCCIDENTAL FLASH - PIROLISIS	Proceso flash que maximiza el rendimiento en productos líquidos. Produce gas adicionalmente.	Unidades de gran tamaño para aprovechar la economía de escala. Puede procesar 200 ton/día de materia prima. (60.000 ton/año).	?	Muy sofisticada y prácticamente no hay experiencia mundial, ya que está en etapa de unidades piloto.
RETORTA THOMAS	Retorta vertical continua. Puede estar preñada de un sistema condensador para recuperar subproductos líquidos y quemar el gas generado. Unidades portátiles.	Unidades de 2 mts. de Ø por 4-5 mts. de altura. Puede producir entre 3 y 4 tons. de carbón por día.	Si no hay reciclo y combustión del gas generado, el rendimiento puede estar entre el 70-80% del máximo teórico. Con recuperación de subproductos el rendimiento puede subir hasta el 90-95%.	Existe mucha experiencia mundial y hay alguna experiencia nacional.
PARVAS, HORNO DE BARRO, HORNO DE PAMPA, ETC.	Procesos por lotes con poco control de las variables de operación y necesita de carboneros experimentados.	Unidades del tamaño que se desee. Se pueden construir parvas de hasta 150 m ³ de leña con demoras de unos 15 días en carbonizar más la carga y enfriamiento.	Son los procesos de peor rendimiento, quizás 50 ó 60% del máximo teórico.	Tecnologías primitivas y ampliamente difundidas en el país.
HORNOS DE MAMPOSTERÍA SIN HOGAR. (Brasileño, Missouri, etc.).	Unidades fijas por lotes en que se puede controlar las entradas de aire y salida de humos. Necesita de carboneros especializados.	Unidades de 50 a 200 m ³ con producción desde 180 a unas 1000 ton/año de carbón por cada una.	Rendimientos entre 70 a 80% del máximo teórico.	Tecnología simple; muy difundida. Debe haber experiencia a nivel nacional.
HORNOS MARK V	Retorta metálica, tipo horno de colmena, portátil de tamaño reducido para facilitar la manipulación. Se controla la entrada de aire y salida de humos.	Unidades de 6 m ³ con capacidad para producir unas 120 ton/año de carbón por cada unidad.	Rendimiento entre 70 a 80% del máximo teórico.	Tecnología simple. Existe alguna experiencia nacional.
HORNOS DE MAMPOSTERÍA CON HOGAR (Schwartz)	Proceso por lotes en que se quema, en un hogar separado, desechos vegetales. Los humos de combustión se hacen circular a través de la carga de leña produciéndose la carbonización. Se controla la salida de humos.	Unidades de 40-45 m ³ que pueden producir entre 220-250 ton/año de carbón.	Rendimientos cercanos al máximo teórico (90-95%), pero hay que considerar un 15% de leña extra para combustión.	Tecnología simple y ampliamente difundida. Es posible que exista experiencia a nivel nacional.
HORNOS NICHOLS - HERRESHOFF	Proceso continuo que carboniza astillas y/o aserrín. Puede recuperar subproductos, y el gas generalmente lo utiliza como combustible en el propio proceso.	La capacidad depende del diámetro y número de pisos, pero por lo general son para grandes producciones.	Rendimientos cercanos al máximo teórico tipo flash (quizás 90-95%).	Tecnología conocida en el país para procesos de secado de semillas, y tuesta de minerales. Equipos relativamente complejos.

En los procesos más simples se observa mucha mayor productividad en las retortas Thomas verticales y en los hornos Mark V respecto a los otros tipos de hornos.

Dichas unidades son portátiles lo cual facilitaría el adosamiento de la planta o plantas de carbonización en los sectores donde se está produciendo la mayor parte del recurso.

El conocimiento que existe respecto a las tecnologías de los hornos Mark V y retortas Thomas, que incluye experiencia nacional, su similitud en la operación con los hornos de barro pero produciendo un carbón de mejor calidad y más homogéneo, el bajo costo de inversión que representan, lo versátil de su operación en cuanto a poder aumentar la capacidad incrementando el número de unidades, o dejando en "stand by" unidades baratas, si el mercado así lo recomienda, su facilidad de operación y la menor necesidad de mano de obra respecto a las parvas tradicionales, son aspectos que completan el cuadro de selección. La recomendación por lo tanto, es utilizar el siguiente tipo de hornos o retortas o una combinación de ellas, para la evaluación económica:

- Hornos Mark V
- Retorta Thomas sin recuperación de subproductos
- Retorta Thomas con recuperación de subproductos

La mayoría de las plantas que recuperan subproductos, concentran su atención en el ácido acético. La recuperación del ácido acético se hace vía precipitación del acetato con lechada de cal, seguida de una filtración o centrifugación de la lechada y secado del acetato de calcio obtenido. Estas operaciones son de relativa sencillez y deben realizarse en la planta de carbonización dado que el acetato de calcio es directamente comercializable y

no así el ácido piroleñoso por la cantidad de impurezas, en especial agua, que inciden fuertemente en el flete.

La obtención de ácido acético a partir de acetato de calcio es un proceso netamente químico que requiere de instalaciones sofisticadas y por ello debe realizarlo una empresa especializada en la materia.

El alquitrán, separado gravitacionalmente del licor piroleñoso, contiene impurezas como el agua, ácido acético, acetona, metanol y otra infinidad de productos químicos que es recomendable extraerlos antes de comercializarlo. Para ello se recomienda una simple destilación quedando como producto de fondo un alquitrán más refinado, apto para ser usado como combustible o como materia prima para la industria química.

Así pues el proceso con recuperación de subproductos, utilizaría el gas como combustible en la misma retorta, y produciría además del carbón, acetato de calcio técnico (80% de pureza) y alquitrán combustible.

6.2 Diagrama de flujo del proceso

De lo dicho en la sección anterior, se deduce el diagrama de flujo para el proceso, que se aprecia en la Figura 6.1.

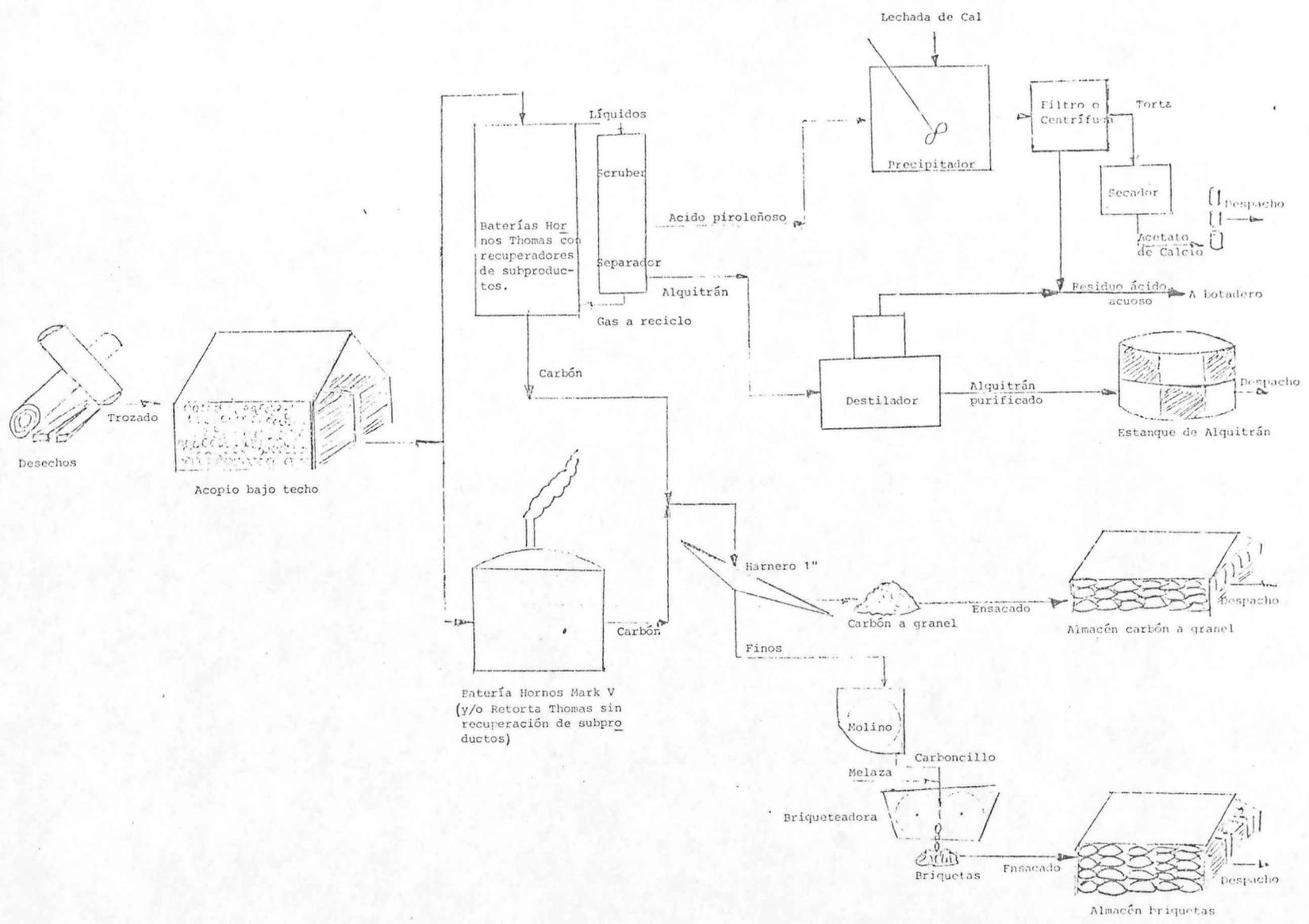


FIGURA N°6.1

DIAGRAMA DE PROCESO COMBINADO DE CARBONIZACION, CON Y SIN RECUPEPACION DE SUBPRODUCTOS

Dicho proceso propuesto se basa en la combinación de hornos Mark V (y/o retortas Thomas sin recuperación de subproductos) y retortas Thomas con recuperación de subproductos.

Este diagrama puede considerarse como el más general posible, el cual combina los dos (o tres) tipos de hornos seleccionados.

6.3 Balances de masa

De acuerdo al mercado dimensionado en el Capítulo 5 y a los rendimientos teóricos obtenidos con las muestras de Coigüe y Raulí recolectadas, se obtiene el balance de masa indicado en las Tablas 6.2 para el mercado de 300 Ton/año de briquetas y 750 ton/año de carbón a granel (Caso 1) y la Tabla 6.3 para el mercado de 2900 ton/año de briquetas y 4750 ton/año de carbón a granel (Caso 2). Ambos casos producen 258 ton/año de ácido acético (en forma de acetato de Ca).

Los rendimientos considerados en los equipos son los siguientes:

- Horno Mark V supone un 75% de recuperación de carbón respecto al teórico.
- Retorta Thomas supone un 90% en carbón con respecto al teórico y un 90% en líquidos.
- Retorta Thomas sin recuperación de subproductos, supone un 75% de rendimiento respecto al teórico.
- Unidad de separación gravitacional supone un 90% en recuperación de alquitrán y un 85% en ácido acético.

- El destilador supone un 95% de recuperación en el alquitrán.
- Las unidades de precipitación, filtro y secado suponen un 90% de recuperación en el ácido acético.
- Si las unidades producen menos cantidad de carbón fino (-1") que el necesario para la unidad de briqueteo, debe aumentarse la abertura en el harnero (a 2" por ejemplo). Si el fino se produce en exceso, debe seleccionarse mejor la leña a ser carbonizada u operar los hornos con mayor cuidado.
- La unidad de molienda y harnero suponen un 2% de pérdida en finos.
- La unidad de briqueteo supone reciclar las briquetas defectuosas y productos finos hacia el molino, por lo tanto no se producirían pérdidas.

14383 m³/año

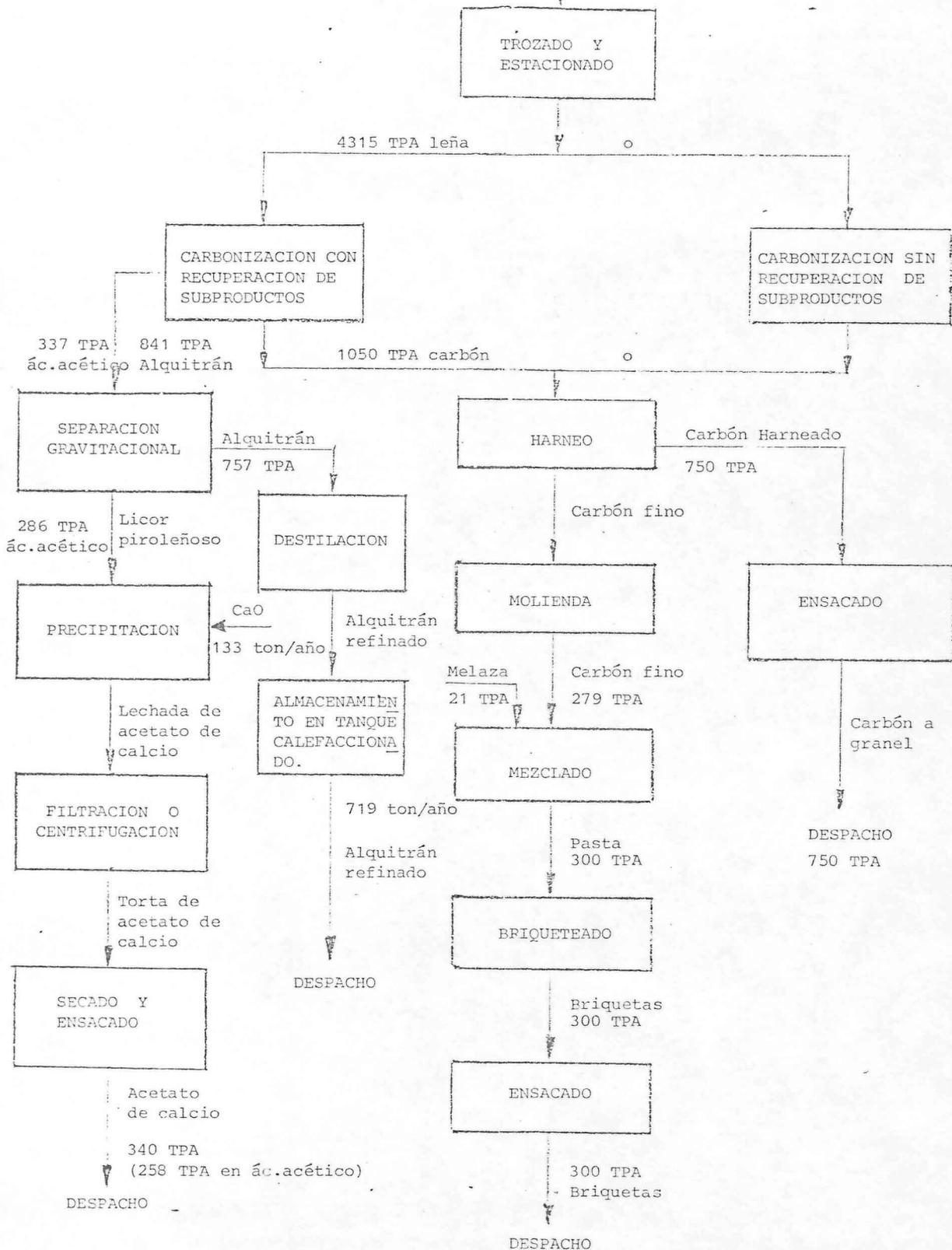


TABLA 6.1

BALANCE DE MASA MERCADO SUPUESTO CASO 1.
 (En los flujos no están las pérdidas y desechos del proceso).

121263 m³/año

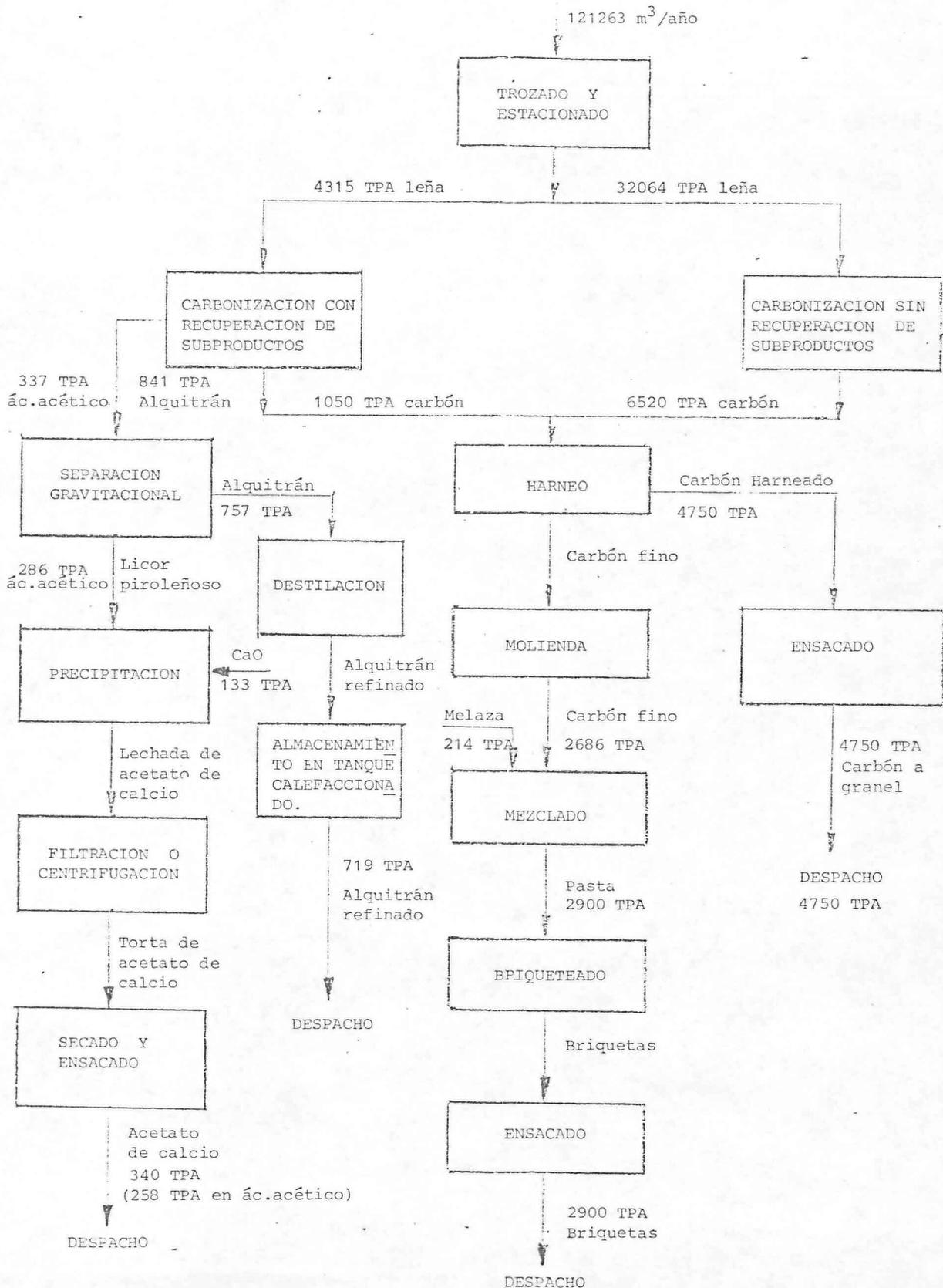


TABLA 6.3

BALANCE DE MASA MERCADO SUPUESTO CASO 2.
(En los flujos no están las pérdidas y desechos del proceso).

6.4 Listado y especificaciones generales de los principales equipos e instalaciones

<u>ITEM</u>	<u>Especificación del equipo o instalación</u>	<u>N° Unidades para mercado 1050 ton/año (Caso 1)</u>	<u>N° Unidades para mercado 7650 ton/año (Caso 2)</u>
1	Cancha de acopio, para la leña, con cobertizo de fonolitas, suficiente para 6 meses de acopio (o cobertizo de tablas).	2400 m ²	21000 m ²
2	Retortas Thomas con recuperador de subproductos de 1,5 mts Ø x 4.5 mts. altura.	1	1
3	Hornos Mark V de 6 m ³ de capacidad de 3 secciones y dos chimeneas intercambiables, construídos de chapa metálica.	0	70
	(Alternativo a hornos Mark V, retortas Thomas sin recuperación de subproductos 1,5 mts Ø x 4.5 mts. altura, construídas de chapa metálica)	(0)	(9)
4	Separador gravitacional con Scruber en la parte superior, adosado a la retorta Thomas, 1,0 mts Ø x 3,5 mts. altura, construído de chapa metálica.	1	1
5	Quemador de gas para retorta Thomas, tipo mechero Bunsen.	4	4
6	Precipitador tanque agitado, de 200 lt. de capacidad de pulpa, de madera con recubrimiento asfáltico o plástico.	2	2
7	Centrífuga batch, de canastillo, para procesar 4-5 ton/día de pulpa.	1	1
8	Secador de túnel con bandejas, aprovechando humos de combustión de la retorta Thomas con recuperador de subproductos, de 2 mts. de largo x 1.5 mts. altura x 1.5 mts. de ancho, operando en forma batch.	1	1

9	Destilador batch, para purificación del alquitrán, calentado extensamente con leña, construído de chapa de fierro capaz de procesar 4-5 ton/día de líquidos.	1	1
10	Harnero mecánico de un solo piso, con malla intercambiable de 1" y 2" con tolva de alimentación de 1 m ³ : a) Superficie 1/2 m ² (1 x 0.5 mts) b) Superficie 1 m ² (1.25 x 0.8 mts)	1 0	0 1
11	Molino de martillo con tolva de alimentación de 1 m ³ a) Abertura boca 10" x 15" b) Abertura boca 20" x 25"	1 0	0 1
12	Mezcladora tipo amasadora, batch a) para procesar 100-200 Kg. de pasta por lote b) para procesar 400-600 Kg. de pasta por lote	1 0	0 1
13	Tanque almacenamiento y alimentación de la melaza a) 100 lt. capacidad b) 400 lt. capacidad	1 0	0 1
14.	Briqueteadora de doble rodillo, con reductor hasta 5 rpm, y tolva de alimentación cónica con tornillo sinfin. a) 40 cm Ø de rodillo con doble corrida de briquetas de 7 x 7 x 3.5 cm. b) 50 cm Ø de rodillo con cuádruple corrida de briquetas de 7 x 7 x 3.5 cm.	1 0	0 1
15.	Tanque calefaccionado para almacenamiento del alquitrán refinado, de 60 m ³ de capacidad.	1	1
16.	Camión de 8 ton.	1	4
17.	Grúas horquilla	1	4
18.	Cobertizos para equipos y productos ensacados.	200	1.200

7. EVALUACION ECONOMICA

7.1 Introducción

Este capítulo tiene por objeto entregar antecedentes acerca de la rentabilidad de la producción de carbón vegetal.

A la luz de los antecedentes proporcionados en los capítulos anteriores, se efectuará a continuación la evaluación de cuatro alternativas diferentes de producción, que se indican:

Alternativa 1: implica absorber un 50% del mercado actual de carbón a granel y en briquetas en un proceso con recuperación de subproductos. La producción es la siguiente:

Carbón a granel	:	750 tons/año
Carbón en briquetas	:	300 tons/año
Acido acético	:	258 tons/año
Alquitrán	:	719 tons/año

Alternativa 2: al 50% del mercado actual, se agregan los mercados potenciales de Mantos Blancos (granel) y Carburo y Metalurgia (briquetas); se mantiene la recuperación de subproductos y el resto de la producción se obtiene en hornos Mark V. Los niveles de producción serán:

Carbón a granel	:	4.750 tons/año
Carbón en briquetas	:	2.900 tons/año
Acido acético	:	258 tons/año
Alquitrán	:	719 tons/año

Alternativa 3: es similar en producción a la alternativa 1, pero no hay recuperación de subproductos. La producción a alcanzar es:

Carbón a granel	:	750 tons/año
Carbón en briquetas	:	300 tons/año

Alternativa 4: es similar a la alternativa 2, pero en lugar de hornos Mark V se emplean retortas Thomas sin recuperación de subproductos. Los niveles de producción son:

Carbón a granel	:	4.750 tons/año
Carbón en briquetas	:	2.900 tons/año
Acido acético	:	258 tons/año
Alquitrán	:	719 tons/año

7.2 Cálculo de Inversiones

A objeto de dar mayor validez en el tiempo a las cifras que se presentan a continuación, los valores se expresarán en Unidades de Fomento Reajutable (U.F.), considerando a la fecha un valor de \$ 1.230/U.F.

El Activo Inmovilizado requerido por cada alternativa se presenta en detalle en la Tabla A-2-1 del ANEXO A-2, pudiendo resumirse de la siguiente manera (cifras en U.F.)

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Maquinarias y equipos	1.340	4.300	930	2.920
Montaje	270	400	120	580
Instalaciones	300	1.000	250	1.000
Herramientas	100	500	100	500
Construcciones	1.050	4.560	950	4.560
Equipos de transporte	1.900	8.400	1.900	8.400
Imprevistos	<u>500</u>	<u>1.920</u>	<u>430</u>	<u>1.800</u>
TOTAL	5.460	21.080	4.680	19.760

El Activo Nominal incluye aquellos gastos que se efectúan antes y durante la puesta en marcha y que, por lo tanto, no pueden imputarse como costos de operación. Se incluyen:

- Proyecto de ingeniería: se estima en un 7% del monto del activo inmovilizado.
- Gastos legales de formación de la sociedad: se estiman en un 2% del valor del activo inmovilizado.
- Gastos de puesta en marcha: se han calculado como un mes de producción no vendible, valorizada a costo de materias primas, mano de obra directa, energía, operación de equipos de transporte y costos fijos.

Para las distintas alternativas se obtienen los valores que se indican a continuación.

	Alternativa <u>1</u>	Alternativa <u>2</u>	Alternativa <u>3</u>	Alternativa <u>4</u>
Proyecto de ingeniería	380	1.480	330	1.380
Gastos legales	110	420	90	390
Puesta en marcha	<u>610</u>	<u>3.500</u>	<u>530</u>	<u>3.170</u>
TOTAL	1.100	5.400	950	4.940

El Capital de Trabajo, considerando que se trata de una planta de operación continua durante el año, se han calculado en base a los stocks normales de materias primas e insumos, productos en proceso y productos terminados (en bodega y despachados por pagar). Las bases para el cálculo del capital de trabajo aparecen en la Tabla N°A-2-2 del ANEXO A-2, habiéndose obtenido los siguientes valores:

Alternativa 1	:	2.260 UF
Alternativa 2	:	15.300 UF
Alternativa 3	:	1.990 UF
Alternativa 4	:	14.790 UF

En consecuencia, la inversión total requerida para cada una de las opciones seleccionadas resulta ser:

	Alternativa <u>1</u>	Alternativa <u>2</u>	Alternativa <u>3</u>	Alternativa <u>4</u>
Activo inmovilizado	5.460	21.080	4.680	19.760
Activo nominal	1.100	5.400	950	4.940
Capital de trabajo	<u>2.260</u>	<u>15.300</u>	<u>1.990</u>	<u>14.790</u>
INVERSION TOTAL	8.820	41.780	7.620	39.490

7.3 Cálculo de Costos de Operación

El detalle y las bases de cálculo de los costos fijos y costos variables de operación se presentan en las Tablas A-2-3 y A-2-4 del ANEXO A-2, respectivamente.

A continuación se presenta un resumen de las cifras obtenidas para cada una de las alternativas de análisis (valores en UF/año).

	Alternativa <u>1</u>	Alternativa <u>2</u>	Alternativa <u>3</u>	Alternativa <u>4</u>
<u>COSTOS FIJOS</u>				
Supervisión y mano de obra indirecta	1.680	4.560	1.680	4.560
Mantenimiento	163	727	150	703
Depreciación				
Años 1 al 5	665	4.032	694	3.228
Años 6 al 10	445	2.952	504	2.240
Años 11 al 20	245	2.062	304	1.350
Seguros y contribuciones	65	260	57	248
Otros costos fijos	100	300	100	300
 Total Costos Fijos				
Años 1 al 5	2.673	9.879	2.681	9.039
Años 6 al 10	2.453	8.799	2.491	8.051
Años 11 al 20	2.253	7.909	2.291	7.161

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
<u>COSTOS VARIABLES</u>				
Materias primas	2.631	17.782	2.009	17.782
Envases	327	2.056	275	2.056
Mano de obra directa	840	6.720	588	3.360
Energía eléctrica	312	499	156	656
Operación equipo de transporte	1.130	8.200	1.130	8.200
Fletes	2.913	17.213	2.094	17.213
Total Costos Variables	8.153	52.470	6.252	49.267

Los costos unitarios de producción se discuten en el ANEXO A-3.

7.4 Cálculo de Ingresos de Operación

De acuerdo a los antecedentes establecidos en el estudio de mercado, se considerarán los siguientes precios de venta de los productos (puestos en lugar de destino): (1)

- Carbón a granel

Chuquicamata y Mantos Blancos	\$ 10.750 /ton
El Salvador	\$ 9.650 /ton
El Teniente, Ventanas, Santiago	\$ 6.750 /ton

- Carbón en briquetas

Chuquicamata	\$ 20.800 /ton
El Salvador	\$ 19.000 /ton
El Teniente, Ventanas	\$ 16.200 /ton

(1) Estos valores corresponden a los precios de 1980 o bien los de 1981 con una rebaja del 10%. Se estima que en estas condiciones se podrá acceder al mercado objetivo.

- Subproductos

Acido acético	\$ 9.750 /ton
Alquitrán	\$ 3.900 /ton

- Casos especiales

En las alternativas 2 y 4 deberá considerarse que Mantos Blancos comprará las 4.120 tons. de carbón a granel a \$ 5.450/ton y Carburo y Metalurgia pagará por las briquetas a \$ 4.700/ton.

En estas condiciones, los ingresos de operación para las cuatro alternativas en consideración son:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Carbón a granel	4.908	22.114	4.908	22.114
Carbón en briquetas	4.651	14.586	4.651	14.586
Sub-productos	4.325	4.325	-	4.325
TOTAL	13.884	41.025	9.559	41.025

Los precios de venta ponderados se discuten en detalle en el ANEXO A-4.

7.5 Cálculo del Impuesto a las Utilidades

Se ha calculado el impuesto aplicando una tasa del 48.57%, correspondiente al caso de sociedades anónimas. Los resultados aparecen, para las cuatro alternativas, durante el período de evaluación, en las Tablas N°7.1 al 7.4.

7.6 Cálculo de Indicadores

Las Tablas N°7.5 al 7.8 contienen el flujo de ingresos y egresos anuales durante el período de evaluación.

Las bases de cálculo son las siguientes:

- La inversión en activo inmovilizado y nominal se efectúa en el año 0. El capital de trabajo es requerido en el año 1. Cada 3 años, se repone la batería de hornos Mark V (en las alternativas que corresponde) y los cobertizos.
- Se consideró un valor residual equivalente a un 20% de la inversión inicial en activo inmovilizado; a ello se agrega el capital de trabajo.
- La producción alcanza muy rápidamente su volumen normal, de manera que se alcanza el nivel de diseño a partir del año 1.
- Los egresos incluyen todos los costos establecidos previamente, con excepción de la depreciación.

Se calcularon para cada una de las alternativas el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), cuyos resultados se presentan a continuación.

	Alternativa <u>1</u>	Alternativa <u>2</u>	Alternativa <u>3</u>	Alternativa <u>4</u>
VAN al 12% (en UF)	6.179	-164.151	-1.608	-135.811
TIR	24,6%	< 0	7,9%	< 0

Complementariamente en el ANEXO A-5 se presenta el cálculo del punto de equilibrio.

TABLA N° 7.1

CALCULO DEL IMPUESTO A LAS UTILIDADES

ALTERNATIVA 1

(Cifras en UF/año)

<u>AÑO</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>
Ventas	13.884	13.884	13.884	13.884	13.884	13.884	13.884	13.884	13.884	13.888	13.884	13.884	13.884	13.884	13.884
Costos Fijos	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.453	2.453	2.453	2.453	2.253	2.253	2.253	2.253	2.253	2.253
Costos Variables	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153
Utilidad Bruta	3.058	3.058	3.058	3.058	3.058	3.278	3.278	3.278	3.278	3.278	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478
Impuesto	1.485	1.485	1.485	1.485	1.485	1.592	1.592	1.592	1.592	1.592	1.689	1.689	1.689	1.689	1.689
Utilidad Neta	1.573	1.573	1.573	1.573	1.573	1.686	1.686	1.686	1.686	1.686	1.789	1.789	1.789	1.789	1.789

TABLA N° 7.2

CALCULO DEL IMPUESTO A LAS UTILIDADES

ALTERNATIVA 2

(Cifras en UF/año)

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ventas	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025
Costos Fijos	9.879	9.879	9.879	9.879	9.879	8.799	8.799	8.799	8.799	8.799	7.909	7.909	7.909	7.909	7.909
Costos Variables	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470
Utilidad Bruta	(21.324)	(21.324)	(21.324)	(21.324)	(21.324)	(20.244)	(20.244)	(20.244)	(20.244)	(20.244)	(19.354)	(19.354)	(19.354)	(19.354)	(19.354)
Impuesto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Utilidad Neta	(21.324)	(21.324)	(21.324)	(21.324)	(21.324)	(20.244)	(20.244)	(20.244)	(20.244)	(20.244)	(19.354)	(19.354)	(19.354)	(19.354)	(19.354)

TABLA N° 7.3

CALCULO DEL IMPUESTO A LAS UTILIDADES

ALTERNATIVA 3

(Cifras en UF/año)

<u>AÑO</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>
Ventas	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559
Costos Fijos	2.681	2.681	2.681	2.681	2.681	2.491	2.491	2.491	2.491	2.491	2.291	2.291	2.291	2.291	2.291
Costos Variables	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252
Utilidad Bruta	626	626	626	626	626	816	816	816	816	816	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016
Impuesto	304	304	304	304	304	396	396	396	396	396	493	493	493	493	493
Utilidad Neta	322	322	322	322	322	420	420	420	420	420	523	523	523	523	523

TABLA N° 7.4

CALCULO DEL IMPUESTO A LAS UTILIDADES

ALTERNATIVA 4

<u>AÑO</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>
Ventas	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025
Costos Fijos	9.039	9.039	9.039	9.039	9.039	8.051	8.051	8.051	8.051	8.051	7.161	7.161	7.161	7.161	7.161
Costos Variables	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267
Utilidad Bruta	(17.039)	(17.039)	(17.039)	(17.039)	(17.039)	(16.293)	(16.293)	(16.293)	(16.293)	(16.293)	(15.403)	(15.403)	(15.403)	(15.403)	(15.403)
Impuesto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Utilidad Neta	(17.039)	(17.039)	(17.039)	(17.039)	(17.039)	(16.293)	(16.293)	(16.293)	(16.293)	(16.293)	(15.403)	(15.403)	(15.403)	(15.403)	(15.403)

TABLA N° 7.5

FLUJOS ANUALES DE INGRESOS Y EGRESOS DEL PROYECTO

ALTERNATIVA 1

(Cifras en UF/año)

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<u>INGRESOS</u>																
Ventas	-	13.884	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.884	13.844	13.844	13.844	13.844
Valor Residual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.352
Total	-	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	13.844	17.236
<u>EGRESOS</u>																
Inversión	6.560	2.260	-	350	-	-	350	-	-	350	-	-	350	-	-	-
Gastos Fijos	-	2.008	2.008	2.008	2.008	2.008	2.008	2.008	2.008	2.008	2.008	2.088	2.008	2.008	2.008	2.008
Gastos Variables	-	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153	8.153
Impuesto	-	1.485	1.485	1.485	1.485	1.485	1.592	1.592	1.592	1.592	1.592	1.689	1.689	1.689	1.689	1.689
Total	6.560	13.906	11.646	11.996	11.646	11.646	12.103	11.753	11.753	12.103	11.753	11.850	12.200	11.850	11.850	11.850
Beneficio Anual (6.560)	(22)	2.238	1.888	2.238	1.781	2.131	2.131	2.131	1.781	2.131	2.034	1.684	2.034	2.034	2.034	5.386

TABLA N° 7.6

FLUJOS ANUALES DE INGRESOS Y EGRESOS DEL PROYECTO

ALTERNATIVA 2

(Cifras en UF/año)

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<u>INGRESOS</u>																
Ventas	-	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025
Valor Residual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.516
Total	-	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	60.541
<u>EGRESOS</u>																
Inversión	26.480	15.300	-	5.340	-	-	5.340	-	-	5.340	-	-	5.340	-	-	-
Gastos Fijos	-	5.847	5.847	5.847	5.847	5.847	5.847	5.847	5.847	5.847	5.847	5.847	5.847	5.847	5.847	5.847
Gastos Variables	-	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470
Impuesto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	26.480	73.617	58.317	63.657	58.317	58.317	63.657	58.317	58.317	63.657	58.317	58.317	63.657	58.317	58.317	58.317
Beneficio Anual	(26.480)	(32.592)	(17.292)	(22.632)	(17.292)	(17.292)	(22.632)	(17.292)	(17.292)	(22.632)	(17.292)	(17.292)	(22.632)	(17.292)	(17.292)	2.224

TABLA N° 7.7

FLUJOS ANUALES DE INGRESOS Y EGRESOS DEL PROYECTO

ALTERNATIVA 3

(Cifras en UF/año)

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<u>INGRESOS</u>																
Ventas	-	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559
Valor Residual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.926
Total	-	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	9.559	12.485
<u>EGRESOS</u>																
Inversión	5.630	1.990	-	680	-	-	680	-	-	680	-	-	680	-	-	-
Gastos Fijos	-	1.987	1.987	1.987	1.987	1.987	1.987	1.987	1.987	1.987	1.987	1.987	1.987	1.987	1.987	1.987
Gastos Variables	-	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252	6.252
Impuesto	-	304	304	304	304	304	396	396	396	396	396	493	493	493	493	493
Total	5.630	10.533	8.543	9.223	8.543	8.543	9.315	8.635	8.635	9.315	8.635	8.732	9.412	8.732	8.732	8.732
Beneficio Anual (5.630)	(974)	1.016	356	1.016	1.016	244	924	924	244	924	827	147	827	827	827	3.753

TABLA N° 7.8

FLUJOS ANUALES DE INGRESOS Y EGRESOS DEL PROYECTO

ALTERNATIVA 4
(Cifras en UF/año)

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
<u>INGRESOS</u>																	
Ventas	-	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025
Valor Residual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.742
Total	-	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	41.025	59.767
<u>EGRESOS</u>																	
Inversión	24.700	14.790	-	3.060	-	-	3.060	-	-	3.060	-	-	3.060	-	-	-	-
Gastos Fijos	-	5.811	5.811	5.811	5.811	5.811	5.811	5.811	5.811	5.811	5.811	5.811	5.811	5.811	5.811	5.811	5.811
Gastos Variables	-	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267	49.267
Impuesto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	24.700	69.868	55.078	58.138	55.078	55.078	58.138	55.078	55.078	58.138	55.078	55.078	58.138	55.078	55.078	55.078	55.078
Beneficio Anual	(24.700)	(28.843)	(14.053)	(17.113)	(14.053)	(14.053)	(17.113)	(14.053)	(14.053)	(17.113)	(14.053)	(14.053)	(17.113)	(14.053)	(14.053)	(14.053)	4.689

Como se puede apreciar, sólo la alternativa 1 presenta un VAN positivo, con una TIR del 24,6%; la alternativa 3 tiene un VAN ligeramente negativo con una TIR positiva (7,9%). Las alternativas 2 y 4 en cambio tienen un VAN fuertemente negativo, del orden de cuatro veces la inversión inicial.

En el ANEXO A-6 se discute el efecto del IVA en los indicadores de evaluación.

A continuación se desarrollará un análisis de sensibilidad frente a los factores más relevantes de incidencia en los indicadores. Este análisis se efectuará sólo para las alternativas 1 y 3, debido a que no resulta posible, dentro de variaciones razonables de los factores, obtener valores positivos en las alternativas restantes.

7.7 Análisis de Sensibilidad

7.7.1 Sensibilidad al precio

Como se indicó anteriormente, los precios de venta del carbón se consideraron un 10% inferiores a los precios de mercado en 1981. El comportamiento de los indicadores frente a aumentos del 10% y del 20% en los precios de venta de carbón a granel y en briquetas es el siguiente:

	<u>Alternativa 1</u>	<u>Alternativa 3</u>
<u>Precio + 10%</u>		
VAN al 12%	9.525	1.743
TIR	31.2%	16.2%

	<u>Alternativa 1</u>	<u>Alternativa 3</u>
<u>Precio + 20%</u>		
VAN al 12%	12.874	5.087
TIR	37.8%	24.2%

7.7.2 Sensibilidad al costo de flete

El costo del transporte de los productos terminados es el ítem de mayor importancia en la estructura de costos del proyecto. Se estima que en este momento existe una sobreoferta de transporte que hace que las tarifas estén bajo los valores normales. Se presentan a continuación los valores de los indicadores de evaluación para incrementos de 5% y 10% en la tarifa de flete terrestre.

	<u>Alternativa 1</u>	<u>Alternativa 3</u>
<u>Flete + 5%</u>		
VAN al 12%	5.668	-1.976
TIR	23.6%	7.0%
 <u>Flete + 10%</u>		
VAN al 12%	5.157	-2.344
TIR	22.6%	6.0%

7.8 Conclusiones

Los resultados obtenidos de la evaluación permiten concluir que el carbón vegetal no puede competir económicamente con el carbón

mineral. Ello lleva a descartar las alternativas 2 y 4, puesto que la pérdida de ingresos producida por la diferencia en el precio del producto actualmente usado y susceptible de reemplazarse por carbón vegetal y el de éste hace antieconómica la operación de la planta.

Por otra parte, se aprecia la importancia de la recuperación de subproductos, que hacen al proyecto rentable (Alternativa 1).

Esta alternativa de producción con recuperación de subproductos entrega resultados razonablemente satisfactorios, particularmente si se consigue como valor de venta por lo menos el precio de 1981, lo cual será perfectamente posible si la calidad del producto y la seguridad en el abastecimiento son comparables o mejores que las obtenidas de los actuales proveedores.

Como se indicó anteriormente, la existencia de una sobreoferta de transporte hace que el costo del flete sea más económica mediante su contratación a terceros que utilizando una flota de camiones propia, que incrementa considerablemente la inversión y opera a costos similares a las tarifas. Si bien los indicadores son moderadamente sensibles al costo del flete, será necesario evaluar periódicamente el valor de la tarifa y compararlo con el costo de tener un sistema de transportes propios, que en algún momento pudiera transformarse en una buena alternativa.

En resumen, la alternativa 1, que requiere de una inversión total de alrededor de US\$ 280.000.- actualmente, produce una tasa interna de retorno de un 25%, que puede llegar sin mayores pro-

blemas a sobre el 31%. Evidentemente, en la medida en que par
te del capital pueda financiarse con créditos de menor costo
que la TIR, ésta tenderá a incrementarse.

8. ANALISIS PRELIMINAR DE ALTERNATIVAS DE USO DE DESECHOS
DE LA EXPLOTACION FORESTAL

De acuerdo a la mayor producción de desechos, reportada en el Capítulo 2 "Evaluación del Recurso", frente a la cantidad necesaria para producir el carbón vegetal, que se determinó en el Capítulo 5 "Estudio de Mercado", se analiza en este capítulo, en forma muy preliminar, las alternativas de uso para los desechos sobrantes, o las alternativas de uso del recurso total, que podrían tener una evaluación privada más interesante que la fabricación de carbón vegetal.

Los antecedentes que se entregan en este capítulo no tienen otra misión que entregar información recopilada, como un aporte adicional a los objetivos del presente estudio.

8.1 Usos alternativos para los desechos

Los desechos remanentes de la explotación del bosque, o los desechos en su totalidad, pueden desviarse hacia los siguientes usos alternativos a la producción de carbón vegetal.

- i) Energético para equipos de combustión directa en plantas industriales.
- ii) Energético para plantas termoeléctricas.
- iii) Producción de gas de síntesis y/o gas combustible.
- iv) Producción de gas natural sintético mediante digestión anaeróbica.

- v) Hidrólisis y fermentación para producción de etanol.
- vi) Producción de carbón activado.
- vii) Producción de pulpa química.

8.2 Evaluación técnica preliminar para algunos usos alternativos

8.2.1 Combustión directa de madera

Desde hace muchos años que existen calderas con hogares a leña para producir vapor de uso industrial. La capacidad de estas calderas varía entre 7 y 50 ton. de vapor por hora, aunque se sabe de calderas a leña tan grandes como 175 ton. de vapor por hora.

En el país muchas plantas de leche operan en la actualidad con leña y cada usuario busca su propia fuente alternativa de abastecimiento.

8.2.2 Producción de electricidad

La producción de vapor de alta presión para la generación de electricidad, utilizando leña como combustible, es también algo relativamente antiguo. Antes de 1950 los equipos más comúnmente usados fueron los hogares holandeses, el cual se esquematiza en la Figura 8.1. Hoy en día, si bien se siguen utilizando estas calderas, están siendo reemplazadas por equipos más modernos, de mayor capacidad, de una potencia de unos 50 MW, tal como lo muestra la Figura 8.2.

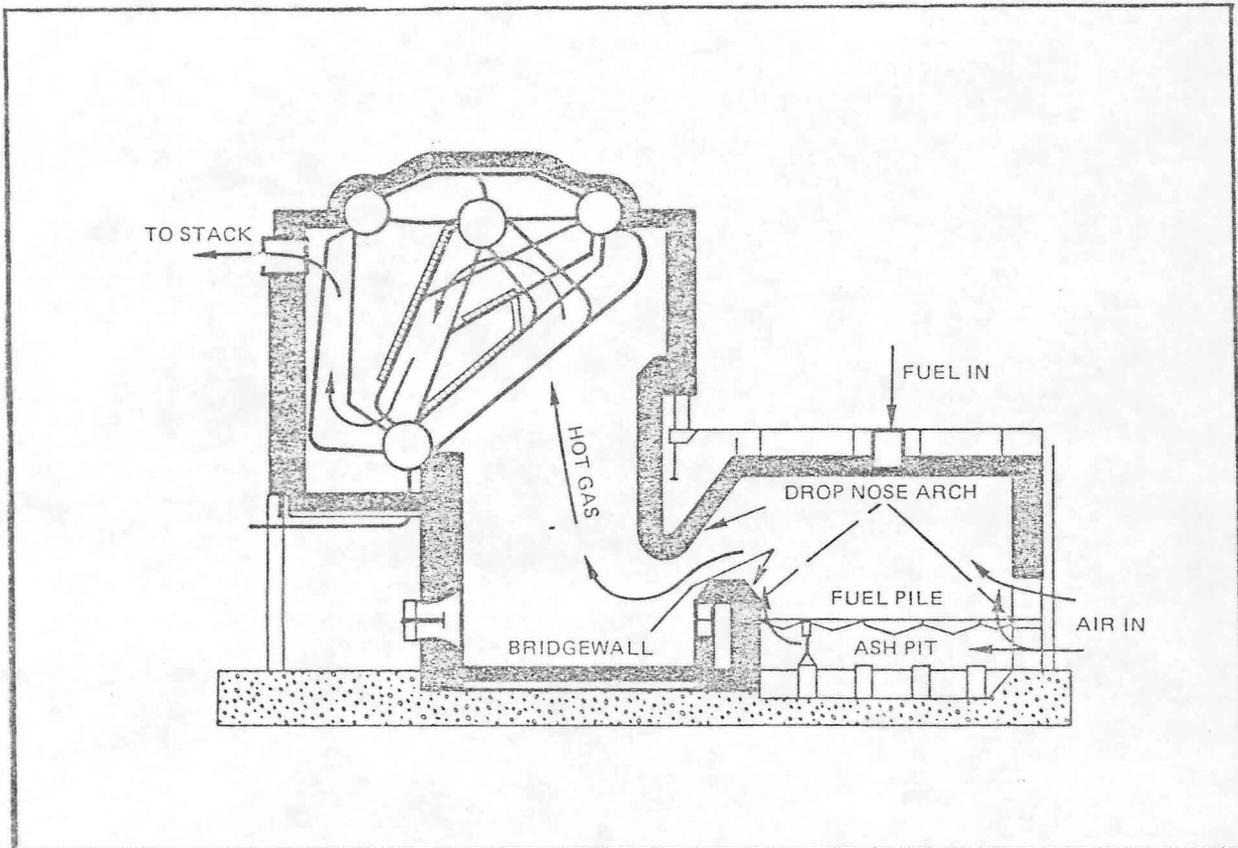


FIGURA 8.1

Esquema de una caldera con hogar holandés.

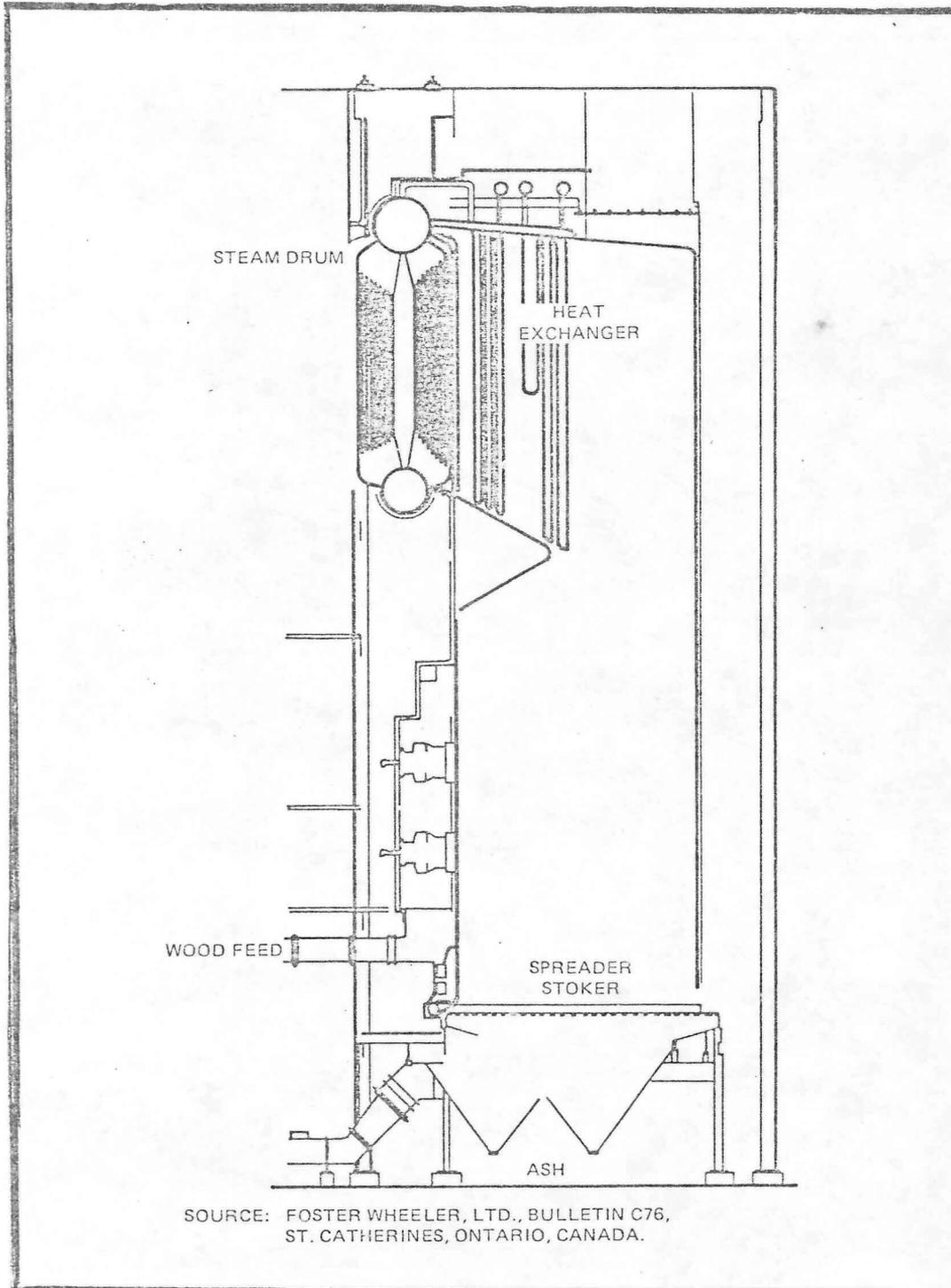


FIGURA 8.2

Moderna caldera de 50 MW, que utiliza leña como combustible.

Algunas empresas están utilizando tecnologías de lecho fluidizado para la combustión de la leña. Este tipo de equipos es específicamente adecuado para desechos con muchos materiales inertes (como piedras por ejemplo), y cuyo contenido en humedad supera el 50%.

La figura 8.3 nos muestra un esquema de este tipo de procesos. La capacidad de estas calderas de lecho fluidizado alcanza las 20 Ton. de vapor por hora.

8.2.3 Gasificación termoquímica

Gas de bajo poder calorífico (LBG), 140 BTU/SCF ó 1246 Kcal/m³, se puede producir mediante un proceso de gasificación con aire. Si se utiliza oxígeno en vez de aire se produce un gas de mediano poder calorífico (MBG), de 280 BTU/SCF ó 2492 Kcal/m³.

Este gas puede ser usado directamente como combustible, puede usarse también en plantas termoeléctricas de etapa múltiple para producir energía eléctrica, o puede ser usado como gas de síntesis para la producción de metanol.

Si bien existe alguna experiencia en la gasificación de la madera para la producción de LBG, la tecnología se considera aún verde en especial para plantas de gran tamaño.

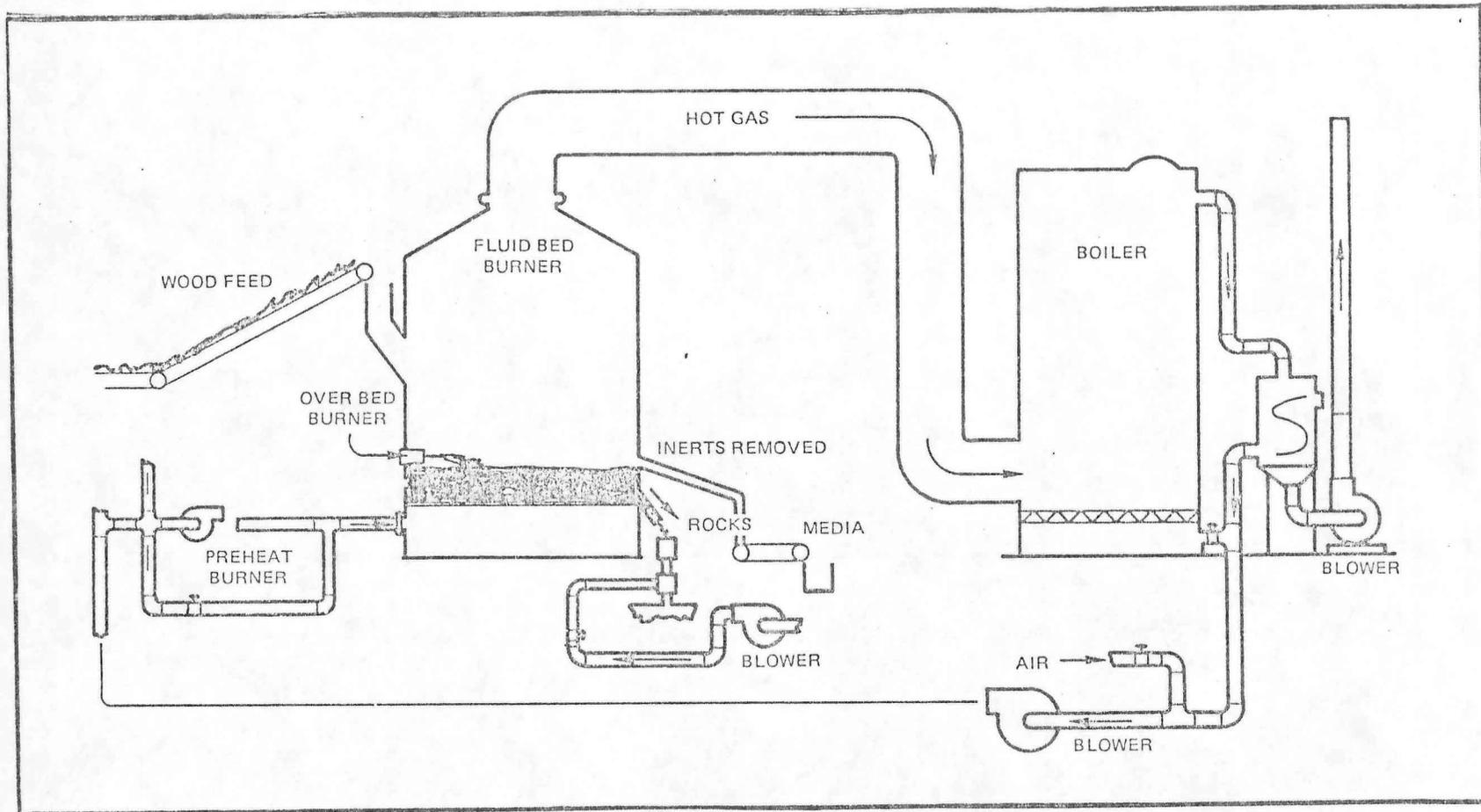


FIGURA 8.3

Esquema de generador de vapor con hogar de lecho fluidizado.

El esquema de gasificación del proceso PUROX puede apreciarse en la Figura 8.4. Este proceso es para producir LBG.

Las tecnologías para producir MBG están en etapa de desarrollo y no estarían comercialmente disponibles hasta los próximos años.

La producción de metanol a partir de gas de síntesis es de tecnología conocida, pero de extensivo capital de inversión, en especial en las etapas de conversión del gas crudo a gas de síntesis y en la síntesis misma a metanol.

8.2.4 Hidrólisis ácida para utilización de desechos celulósicos

La hidrólisis ácida es potencialmente una ruta atractiva para procesar desechos celulósicos hacia glucosa y de ahí hacia energéticos y/o materia prima para la industria petroquímica.

Esta vía está en etapa de desarrollo tecnológico, en unidades de hasta 1 ton/día de capacidad, cuyo financiamiento proviene del gobierno de los EE.UU.

En el ANEXO A-7 se reporta más en detalle esta posibilidad tecnológica.

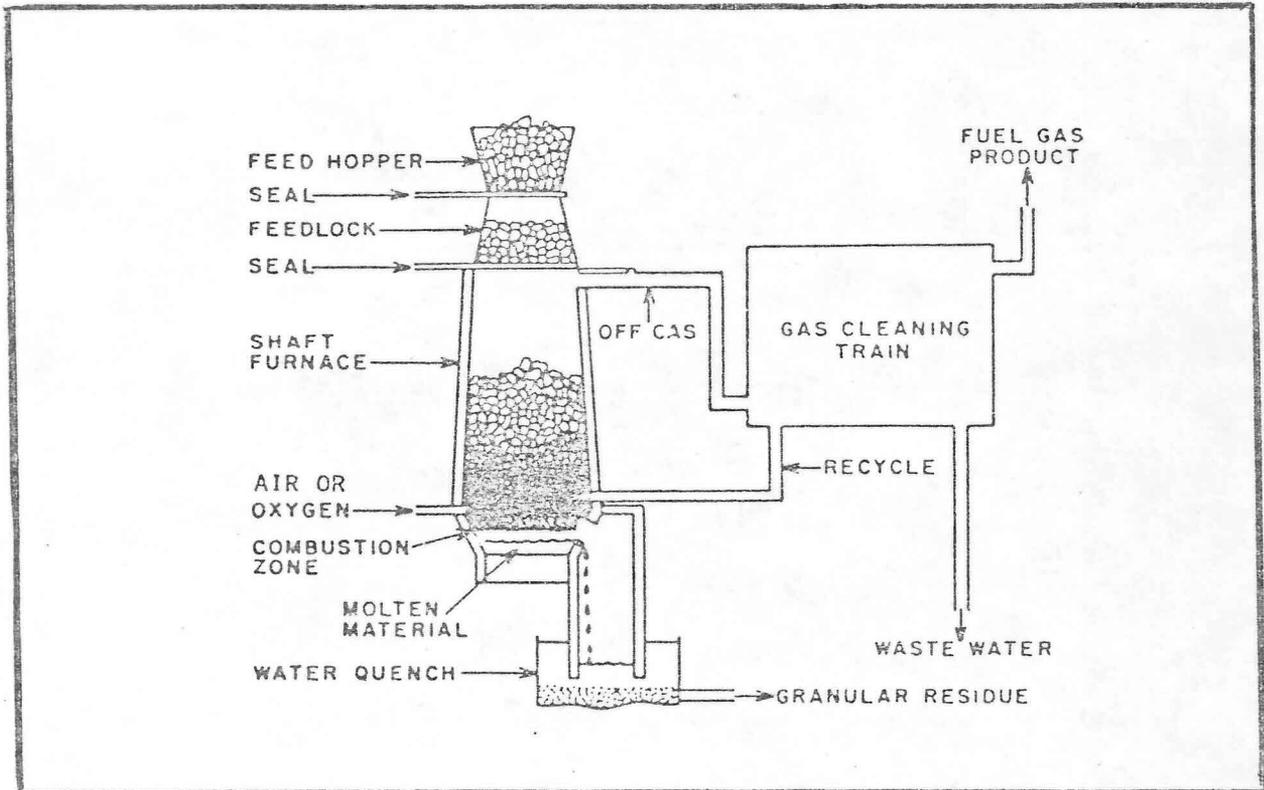
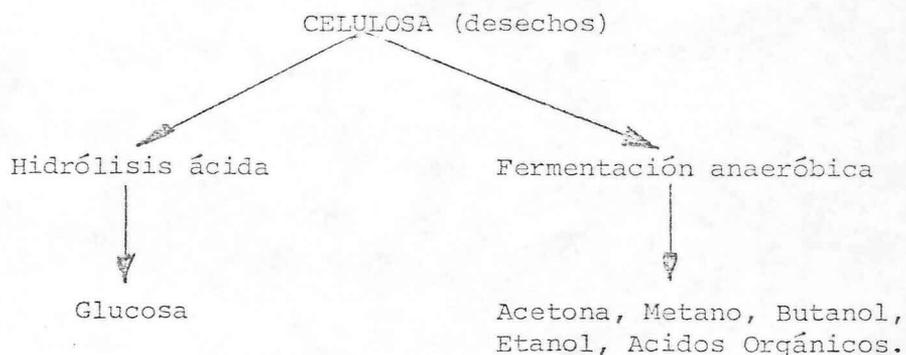


FIGURA 8.4

Sistema PUROX para producir gas a partir de madera.

8.2.5 Producción de energéticos y productos químicos
vía fermentación anaeróbica de residuos celulósicos

Es posible degradar la celulosa vía microorganismos (biodegradación), para producir una serie de energéticos como metano y etanol, y productos químicos como acetona, butanol y ácidos orgánicos.



El proceso ha sido probado a gran escala, utilizando de sechos agrícolas y municipales.

En el ANEXO A-7 se discute más detalladamente estos pro
cesos.

8.2.6 Carbón activado

La producción de carbón activado de los desechos está íntimamente relacionada con la producción de carbón ve
getal ya que ésta es la 1ª. Etapa para el carbón acti
vado. La activación misma es un proceso muy conocido y de tecnologías ampliamente disponibles.

8.2.7 Producción de celulosa

Las maderas nativas del tipo Coigüe y Raulí producen una celulosa de fibra corta, disponible en el mercado mundial a bajo precio por su baja calidad, frente a la celulosa de fibra larga, y debido a que en muchos países se fabrica con productos de desechos muy abundantes y más accesibles, como el caso del bagazo de la caña de azúcar.

CORFO tiene hecho el estudio de una planta de celulosa en el Complejo Forestal y Maderero Panguipulli. Quienes requieran mayores antecedentes al respecto, pueden solicitarlos al Area Forestal de la Gerencia de Desarrollo de la Corporación de Fomento.

8.3 Antecedentes económicos para algunas de las alternativas planteadas

8.3.1 Producción de Vapor

El siguiente es un cuadro de la Mitre Corp. para los EE.UU., en que se da el costo del vapor, en US\$/MMBTU, para distintos tamaños de caldera y para diferentes precios para la leña, dados también en US\$/MMBTU. (Los US\$ son de 1977).

TAMAÑO PLANTA (TPD)	COSTO LEÑA		US\$/MMBTU	
	0.5	1.0	1.5	2.0
170	3.28	3.96	4.64	5.32
510	2.30	2.98	3.66	4.34
850	2.04	2.72	3.40	4.08

TABLA 8.1 COSTO DEL VAPOR EN US\$/MMBTU

Hay que destacar que una planta que procesa 170 ton/día de leña seca, procesará 90.000 metros esteros al año de desechos y una planta de 850.000 ton/día consumirá 5 veces más, es decir, 450.000 metros esteros al año.

8.3.2 Producción de electricidad

Una planta termoeléctrica que procesa 170 ton/día de leña, equivale a una potencia de 10 MW y si procesa 850 ton/día de leña tendría una potencia de 50 MW (equivalente a una de las calderas de la planta de Renca de Chilectra).

La planta de 50 MW produciría a 40 mills/KWH (US\$ de 1977), asumiendo que la leña tiene un costo de 1 US\$/MMBTU.

8.3.3 Producción de gas (LBG)

La Tabla 8.2 resume el costo del gas, dado en US\$/MMBTU (US\$ de 1977), para diferentes tamaños de planta y diferentes precios de la leña.

TAMAÑO PLANTA (TPD)	COSTO LEÑA US\$/MMBTU			
	0.5	1.0	1.5	2.0
170	3.01	3.78	4.55	5.32
510	2.25	3.02	3.80	4.57
850	1.95	2.72	3.49	4.26

TABLA 8.2 COSTO DEL GAS (US\$/MMBTU)

Se asume una eficiencia del 65%.

Como ventajas para producir LBG, se indican las siguientes:

- Los equipos para quemar LBG son fácilmente convertibles.
- Capitales de inversión para producir LBG son bajos.
- Combustible limpio y fácil de manipular.

Las desventajas serían las siguientes:

- El LBG debe ser usado in situ, pues no resiste transporte.
- Instalaciones que cambian sus sistemas a LBG sufren pérdida de eficiencia.
- Hay poca experiencia en grandes instalaciones que produzcan LBG a partir de madera.

8.3.4 Carbón activado

Los carbones activados tienen aplicación principalmente en decoloración y purificación de azúcar de caña, glucosa y derivados, glicerina, grasas y aceites, solventes de limpiado en seco, plastificantes, ácido tartárico, láctico y cítrico, baños de revestimiento electrolíticos. También se usan como decolorantes enológicos, pues origina una menor absorción de alcohol. Otro uso importante es como absorbentes en la metalurgia extractiva del cobre, oro, plata, etc. Otro uso detectado es en la limpieza de gases combustibles en general.

El consumo aparente de carbón activado en Chile se sitúa en alrededor de 800 tons. anuales, de acuerdo a las cifras parciales recopiladas de diversas fuentes y que aparecen en la Tabla N°8.3.

La producción interna, luego de una baja en los años 1975 y 1976, volvió a los niveles anteriores, de alrededor de 500 tons. anuales. El productor más importante es Forestal Ltda., cuya planta se encuentra próxima a Valparaíso.

Las importaciones han sido del orden de 300 tons. anuales. El origen del carbón activado ha sido variable; así han sido los principales proveedores Alemania Federal, EE.UU., Argentina, Francia, Japón y México. Los precios CIF promedio han subido de US\$ 567/ton en 1969 a US\$1.792 en 1981.

Por su parte, las exportaciones, que normalmente han si

do de unas 60-70 tons., han sido destinadas principalmente a Colombia, Ecuador y Brasil. En 1969, el precio FOB promedio fue de US\$ 225/ton., alcanzando en 1980 a US\$ 1.100/ton.

Probablemente, la diferencia de calidad en el producto sea la causa de la diferencia de precio entre importaciones y exportaciones.

En el ANEXO A-8 se incluye el detalle de orígenes y destinos de las importaciones y exportaciones, sus valores y los principales importadores nacionales, de carbón activado en los años indicados.

<u>AÑO</u>	<u>PRODUCCION</u>	<u>IMPORTACIONES</u>	<u>EXPORTACIONES</u>	<u>CONSUMO APARENTE</u>
1973	480	332	-	812
1974	400	362	61	701
1975	375		70	
1976	230		230	
1977	430	221	66	585
1978	545	365	52	858
1979			150	
1980		93	80	
1981		210		

FUENTES: INE
Banco Central
Cámara Chilena de la Producción y del Comercio

TABLA N°8.3 CONSUMO APARENTE DE CARBON ACTIVADO EN CHILE

De la Tabla N°8.3 se podría concluir que en años de mayor consumo, el déficit de oferta de carbón activado es tá en valores cercanos a las 300 ton/año. No todo este déficit sería posible abastecerlo con carbón activado proveniente de los desechos del bosque nativo, ya que existe una amplia gama en las especificaciones de acuerdo al uso que el carbón tenga.

Una aproximación es estimar un mercado del 50% del dé-ficit de oferta, 150 ton/año, y un 25% del mercado ac-tualmente abastecido por productores nacionales, 125 ton/año, con lo que se obtiene una posible producción de 275 ton/año.

Esta posible producción de carbón activado demandaría unos 4000 m³ de desechos por año; lo que representa un 30% de lo consumido para la producción de carbón vege-tal para la Alternativa 1.

BIBLIOGRAFIA

1. Near Term Potential of Wood as a Fuel.
U.S. Department of Energy
Prepared by the Mitre Corp. McLean, Virginia, U.S.A.
January, 1979.
2. CHARCOAL: Production, Marketing and Use.
Forest Products Lab., Report N°2213, July 1961
U.S. Department of Agriculture
3. CENSO FORESTAL
Serie Informática N-2
CONAF / INFOR, Agosto 1981.
4. Estadísticas Forestales
Serie Informática N-1
CONAF / INFOR, 1981.
5. El bosque nativo como potencial energético.
Rogelio Novoa Herrera
Informe interno, Of. Provincial de Valdivia - CONAF
Septiembre, 1980.
6. Métodos de producción de carbón vegetal sin recuperación
de subproductos.
Bartolomé Piza.
Congreso ILAFA-CARBON.
Bogotá, Colombia - 1979.

7. Carbonization Plant for Vegetable Products.
General descriptive publication, March 1977.
Enterprise Generale de Chauffage Industrial PILLARD.
París , France.
8. INFORME FAO N°7868
Octubre 1956.
9. CHARCOAL: Derek Earl
Informe FAO (1974).
10. Potencial energético de los recursos forestales entre la
V y X Región del País,
Comisión Nacional de Energía
Santiago - Chile, 1980
11. Evaluación de los recursos carbonizables.
Constantino Codjambassis
12. Horno de acero portátil "MARK V"
Descripción e instrucciones para su utilización
Derek. Earl. FAO (1973).
13. Documento interno COFOMAP
"Costo Producción Carbón"
14. Destilación de leña
Documento anónimo.

15. Proposición de producción anual de carbón vegetal en área Panguipulli.
Convenio Manejo y Forestación CONAF-COFOMAP.
(Documento interno, sin fecha).
16. Informe Ubicación de Faenas de Carbón Vegetal
Informe interno CONAF, Septiembre 1976.
17. Producción de carbón vegetal en hornos de hierro y cemento.
Síntesis de la experiencia en carbonizar en Hornos MARK V en Neltume.
Documento interno COFOMAP, sin fecha.
18. Municipal Solid Waste; Resource Recovery.
Proceeding of the Fifth Annual Research Symposium
EPA, August 1979.
19. Synthetic Fuel Data Handbook.
Cameron Engineers inc.
Denver, Colorado, U.S.A. (1975).
20. Tratado práctico sobre la industria de la destilación de la leña y sus derivados.
Juan A. Yantorn O.
1933, Buenos Aires, Argentina.
21. A general description of the Tech-Air Pyrolysis System.
Tech-Air Corp. Atlanta, Georgia, Noviembre 1977.

22. Aprovechamiento de los desechos de bosques quemados de la provincia de Aysén.

Proyecto INTEC para SERPLAC XI Región, 1978.

23. The wood charcoal industry in the state of Missouri.

J. Pitts Jarvis Jr.

Engineering Experiment Station.

Columbia, Missouri, U.S.A. (1959)

A N E X O S

1. PREDIOS ADMINISTRADOS POR COFOMAP

<u>PREDIO</u>	<u>Superficie Há.</u>
RELECO - PUÑIR	20.519
TOLEDO	7.213,7
PAILLANHUINTE	3.333
MOLCO	2.770
CHAN - CHAN	4.140
HUILO - HUILO	4.977
ENCO	12.582
NELTUME Y CARRANCO	36.403
PIILMAIQUEN	28.565
ARQUILHUE	37.892
PIRIHUEICO	16.886
MAIHUE	12.257
RIÑINAHUE	16.000
EL CAUYE	<u>24.739</u>
TOTAL	228.276,7 Há.

2. PREDIOS VENDIDOS

<u>PREDIO</u>	
TRAFUN NORTE	19.983
TRAFUN SUR	12.500
HUEINAHUE	3.000
RUPAMEICA	<u>4.200</u>
TOTAL	39.683 Há.

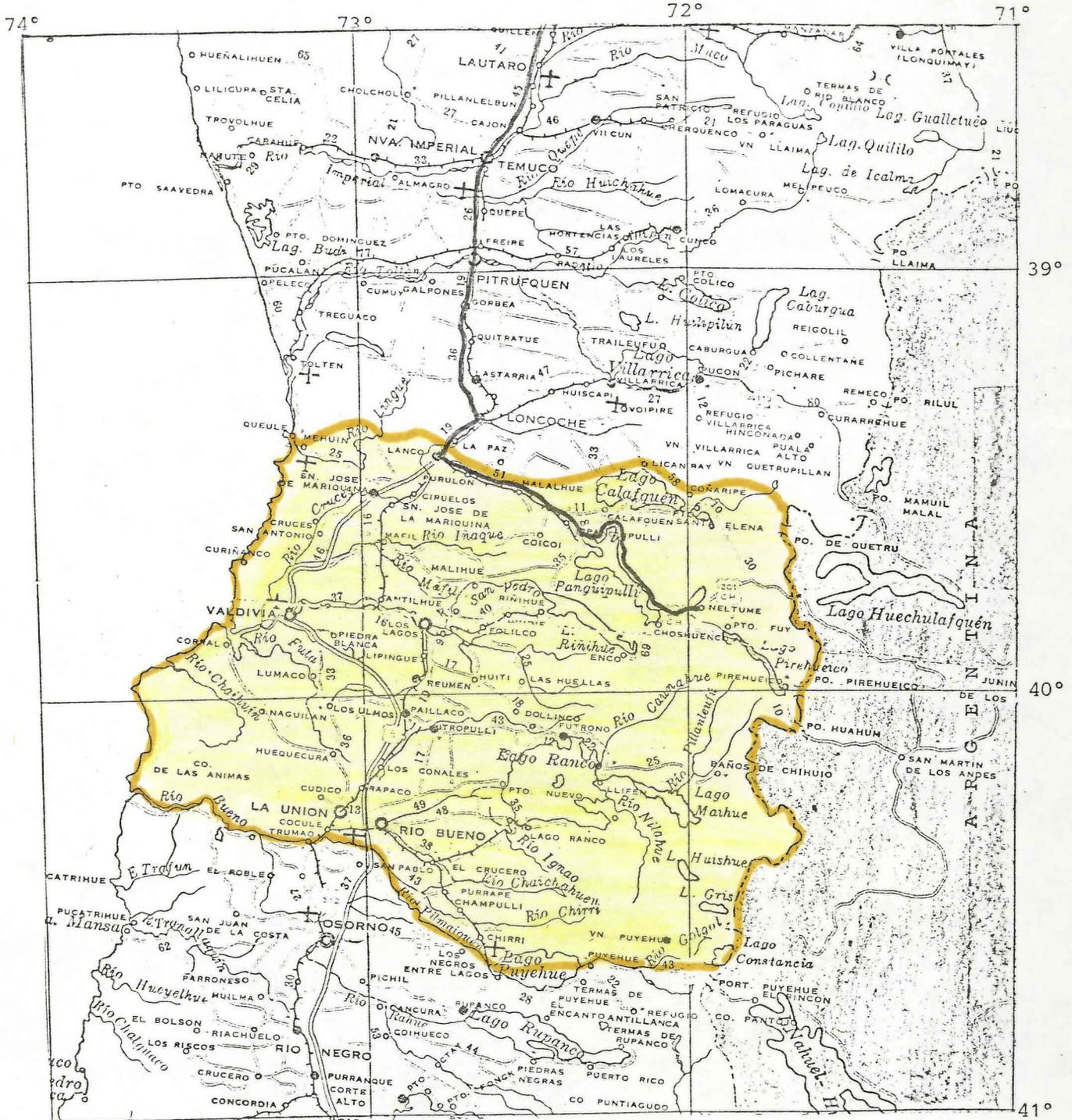
3. PREDIOS DEVUELTOS A SUS DUEÑOS

<u>PREDIO</u>	
PAIMUN	4.130
QUECHUMALAL	14.306
MAE	3.091
CARRAN Y HUIHUE	<u>--</u>
TOTAL	21.527 Há

<u>EMPRESA</u>	<u>SECTORES EXPLOTADOS</u>	<u>VOLUMEN HECHO (m³)</u>
Héctor Martínez C.	Inexpugnable, Los Baños, La Esta <u>ca</u> , Saleras, As. Pirihueico	14.300
Soc. Agrícola y Ganadera Sotillo Ltda.	Puente Castillo, La Cumbre	5.500
Romilio Bombin	As. Neltume, Trufe, Puente Viga, Trufe Chan-Chan II	17.200
Hernán Peña F.	Piedras Negras, Cam. Volcán, Puente Viga Alto	4.600
César Taladriz G.	El Horno, El 1-2-3	3.600
Luis García G.	La Isla, Los Chanchos	3.300
Luis Martini G.	Los Corrales	6.200
Bladimir Smolko P.	El Mundial, El Cable	4.900
Sergio Diez F.	Malalhuaca, Pillinera, Rucatregua	1.300
Romeo Silva G.	Chihuio	8.400
Ernesto Mickelsen	La Faena, Caupolicán	2.500
Alejandro Arrau U.	Carranco, Valle Hermoso, La Fortu <u>na</u> , Los Claveles	42.000

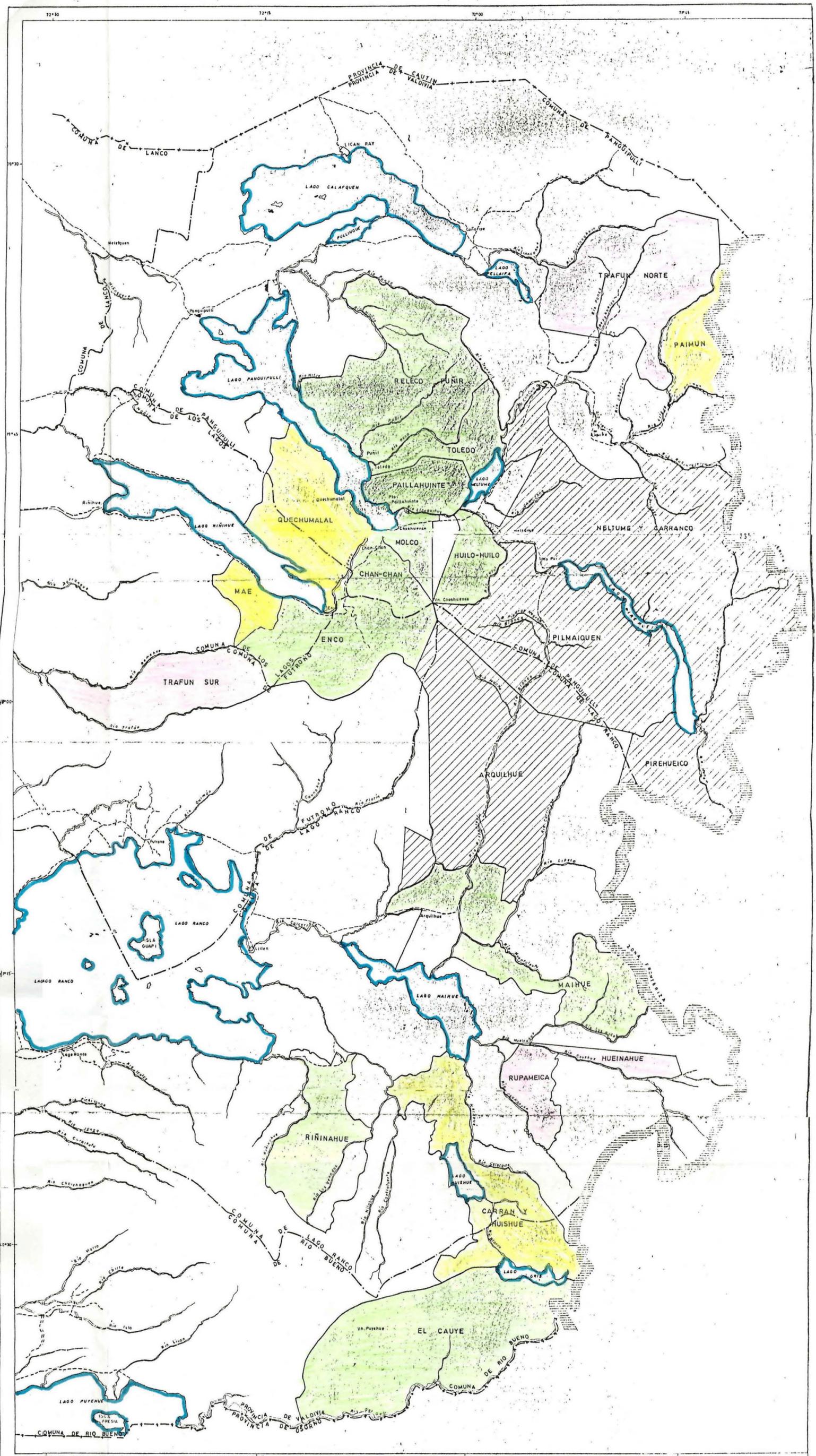
TABLA A-1-2

Volúmenes de madera explotada por sectores y empresas en COFOMAP



PLANO N°1

Localización del área comprendida en el estudio.



**PLANO DE UBICACION PREDIOS ADMINISTRADOS POR LA
SOCIEDAD COMPLEJO FORESTAL Y MADERERO PANGUIPULLI LTDA.
SITUACION ACTUAL - 1980**

SIMBOLOGIA

- LIMITE PREDIAL
- - - LIMITE COMUNAL
- - - CAMINO
- - - E.F.C. TROCHA ANGOSTA
- - - E.F.C. TROCHA NORMAL
- RIOS
- CENTROS POBLADOS
- ▨ ZONA FRONTERIZA

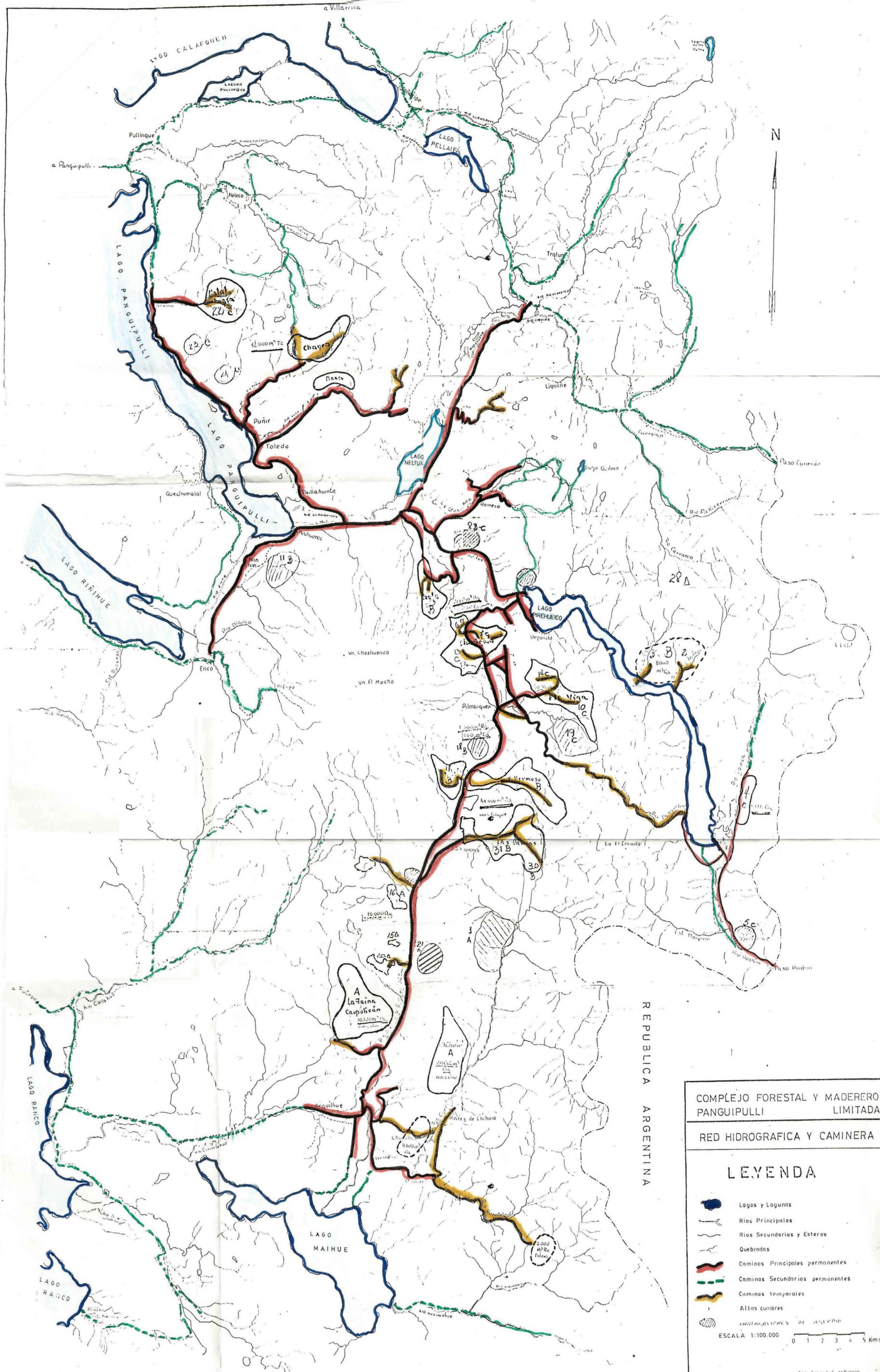
LEYENDA

- PREDIOS DEVUELTOS A SUS EX DUEÑOS
- PREDIOS VENDIDOS
- PREDIOS ENTREGADOS A CORPO PARA LICITACION
- ▨ PREDIOS QUE CONSERVAN SU SITUACION INICIAL

BASES:
 Cartas topográficas I.G.M. Esc. 1 : 50.000
 Límites comunales vigentes desde 1949
 Mapas I.N.E. Esc. Varías

ESCALA APROX 1 : 100.000

DIBUJO C. GONZALEZ D.



REPUBLICA ARGENTINA

COMPLEJO FORESTAL Y MADERERO PANGUIPULLI LIMITADA

RED HIDROGRAFICA Y CAMINERA

LEYENDA

- Lagos y Lagunas
- Rios Principales
- Rios Secundarios y Esteros
- Quebradas
- Caminos Principales permanentes
- Caminos Secundarios permanentes
- Caminos temporales
- Allas cumbres
- INSTALACIONES DE ASESPIO

ESCALA 1:100.000 0 1 2 3 4 5 Kms

TABLA A-2-1 CALCULO DE LA INVERSION EN ACTIVO INMOVILIZADO

Bases generales:

- Las cifras se dan en UF.
- Se han cotizado equipos de operación sencilla, fabricados en el país.

	Alternativa <u>1</u>	Alternativa <u>2</u>	Alternativa <u>3</u>	Alternativa <u>4</u>
1. <u>Maquinarias y Equipos</u>				
Retorta Thomas con recuperador	200	200	-	200
Hornos Mark V	-	2.280	330	-
Retorta Thomas sin recuperador	-	-	-	900
Separador gravitacional	150	150	-	150
Quemadores de gas	10	10	-	10
Precipitador tanque agitado	10	10	-	10
Centrífuga de canastillo	200	200	-	200
Secador de túnel	20	20	-	20
Destilador	70	70	-	70
Harnero mecánico	40	120	40	120
Molino de martillo	200	500	200	500
Mezcladora tipo amasadora con tolva alimentación melaza	60	160	60	160
Briqueteadora	300	500	300	500
Tanque calefaccionado para almacenamiento de alquitrán	80	80	-	80
Sub-Total	<u>1.340</u>	<u>4.300</u>	<u>930</u>	<u>2.920</u>

	Alternativa <u>1</u>	Alternativa <u>2</u>	Alternativa <u>3</u>	Alternativa <u>4</u>
2. <u>Montaje</u> Se calculó como un 20% del valor de los equipos, con excepción de los hornos Mark V.	270	400	120	580
3. <u>Instalaciones</u> Comprende redes de energía eléctrica, agua, desagües	300	1.000	250	1.000
4. <u>Herramientas e</u> Implementos de trabajo	100	500	100	500
5. <u>Construcciones</u>				
5.1 Canchas de almacenamien to y secado de desechos y cobertizos para los hornos.	350	3.060	350	3.060
5.2 Edificio de planta de briquetación, bodegas y oficinas	700	1.500	600	1.500
6. <u>Equipos de transporte</u>				
6.1 Camiones de 8 tons. para transporte interno	1.500	6.000	1.500	6.000

	Alternativa <u>1</u>	Alternativa <u>2</u>	Alternativa <u>3</u>	Alternativa <u>4</u>
6.2 Grúas horquilla para carga y descarga	400	2.400	400	2.400
7. <u>Imprevistos</u> Se estiman en 10%	500	1.920	430	1.800
TOTAL ACTIVO FIJO	5.460	21.080	4.680	19.760

TABLA A-2-2

CALCULO DEL CAPITAL DE TRABAJO

Se ha calculado considerando los siguientes stocks:

1. Materias primas y envases

Desechos de madera	6 meses
Cal	1 mes
Melaza	1 mes
Envases	1 mes

2. Productos en proceso

El stock es prácticamente despreciable (unos 3 días) frente a los stocks de materias primas y productos terminados.

3. Productos terminados

Se considerará medio mes de producción en bodega (costo total menos flete) y un mes de producción vendida por pagar.

En estas condiciones, se obtienen los siguientes valores para las alternativas en estudio.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Materias primas y envases	1.030	8.220	970	8.220
Productos terminados	1.230	7.080	1.020	6.570
TOTAL CAPITAL DE TRABAJO	2.260	15.300	1.990	14.790

TABLA A-2-3

CALCULO DE LOS COSTOS FIJOS (Valores UF/año)

1. Supervisión y mano de obra indirecta

Las siguientes son las dotaciones estimadas:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Administrador	1	1	1	1
Jefes de turno	3	12	3	12
Empleado administrativo	1	2	1	2

Niveles de renta:

Administrador : 50 UF/mes

Jefe de Turno : 25 UF/mes

Empl.administ. : 15 UF/mes

Costo anual	1.680	4.560	1.680	4.560
-------------	-------	-------	-------	-------

2. Mantenición

Se aplican las siguientes tasas:

- Maquinarias y equipos, montaje,
instalaciones: 2% anual

- Herramientas, equipos de trans
porte: 5% anual

- Construcciones mayores: 1% anual

- Canchas y cobertizos: 5% anual

Costo anual	163	727	150	703
-------------	-----	-----	-----	-----

3. Depreciación

Se considerarán las siguientes tasas:

- Hornos Mark V y canchas y cobertizos: 33.3% anual
- Maquinarias y equipos, instalaciones
e imprevistos: : 5% anual
- Herramientas y equipo de transporte : 10% anual
- Obras civiles mayores : 1% anual
- Activo nominal : 20% anual

Considerando que los hornos Mark V y las canchas y cobertizos habrán de reponerse cada tres años, la depreciación resulta ser:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Años 1 al 5	665	4.032	694	3.228
Años 6 al 10	445	2.952	504	2.240
Años 11 al 20	245	2.062	304	1.350

4. Seguros y Contribuciones

Se aplicarán las siguientes tasas:

- Maquinarias y equipos, montaje,
instalaciones, herramientas,
equipos de transporte : 1 % anual
- Construcciones : 2.5 % anual

Costo anual	65	260	57	248
-------------	----	-----	----	-----

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
5. <u>Otros Costos Fijos</u>				
Se considera una provisión para cubrir gastos de viajes, correspondencia, comunicaciones, etc.	100	300	100	300
TOTAL COSTOS FIJOS				
Años 1 al 5	2.673	9.879	2.681	9.039
Años 6 al 10	2.453	8.799	2.491	8.051
Años 11 al 20	2.253	7.909	2.291	7.161

TABLA A-2-4

CALCULO DE LOS COSTOS VARIABLES (Cifras en UF/año)

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
1. <u>Materias primas</u>				
1.1 <u>Desechos</u>				
En las alternativas 1 y 3 se requieren 14.400 m ³ de desechos; en las 2 y 4, 121.300 m ³ /año.	1.872	15.769	1.872	15.769
1.2 <u>Cal</u>				
Se utilizan 133 tons/año en la recuperación de acetato de calcio.	622	622	622	
1.3 <u>Melaza</u>				
Se emplean 21 tons/año en las alternativas 1 y 3, y 214 tons/año en las 2 y 4.	137	1.391	137	1.391
Sub-total Materias primas	2.631	17.782	2.009	17.782
2. <u>Envases</u>				
2.1 <u>Carbón</u>				
Se considera el uso de bolsad de propileno con 25 Kgs. c/u	275	2.004	275	2.004

	Alternativa <u>1</u>	Alternativa <u>2</u>	Alternativa <u>3</u>	Alternativa <u>4</u>
2.2 <u>Acetato de Calcio</u>				
Se usarán bolsas de polipropileno con 50 Kg.	52	52	-	52
Sub-total envases	327	2.056	275	2.056
3. <u>Mano de obra directa</u>				
Se requerirán:				
Alternativa 1: 10 operarios				
Alternativa 2: 80 operarios				
Alternativa 3: 7 operarios				
Alternativa 4: 40 operarios				
Renta mensual: 7 UF				
Costo anual	840	6.720	588	3.360
4. <u>Energía eléctrica</u>				
Se han estimado los siguientes consumos:				
Alternativa 1: 89.500 KWH/año				
Alternativa 2: 243.200 KWH/año				
Alternativa 3: 44.800 KWH/año				
Alternativa 4: 188.000 KWH/año				
Costo anual	312	499	156	656

	Alternativa <u>1</u>	Alternativa <u>2</u>	Alternativa <u>3</u>	Alternativa <u>4</u>
5. <u>Operación de equipos de transporte</u>				
Se estima el costo anual de operación de camiones y grúas horquilla en	1.130	8.200	1.130	8.200
6. <u>Fletes</u>				
6.1 <u>Carbón y Acetato de Ca</u>				
Según resultados del estudio de mercado, las cantidades a transportar son:				
Alternativa 1: 2.001.000 ton-km/año				
Alternativa 2: 13.276.000 ton-km/año				
Alternativa 3: 1.651.000 ton-km/año				
Alternativa 4: 13.276.000 ton-km/año				
El costo del flete de sacos es actualmente de US\$ 0.04/ton-km.				
Costo anual	2.538	16.838	2.094	16.838
6.2 <u>Alquitrán</u>				
Se transportará a granel en camiones estanque calefaccionados. Se estima un flete anual de 107.500 ton-km a un costo de US\$ 0.11/ton-km.	375	375	-	375
Sub-total fletes	2.913	17.213	2.094	17.213
TOTAL COSTOS VARIABLES	8.153	52.470	6.252	49.267

CALCULO DE LOS COSTOS UNITARIOS DE PRODUCCION

Los ítems de costo se han distribuído entre los dos productos principales (carbón a granel y briquetas). Para la asignación, se ha establecido el carbón a granel como producto principal y las briquetas como producto marginal. El valor de los subproductos se abona a la producción total.

Dado que una parte de los costos fijos depende de la inversión en activo fijo y nominal, también estas inversiones debieron asignarse a los dos productos, para lo cual se utilizó el mismo criterio anterior.

A continuación se presentan los resultados de los cálculos efectuados (las cifras están expresadas en UF y UF/año según el caso), separándose aquellos valores específicamente asignables al carbón en briquetas.

	<u>Alternativa 1</u>		<u>Alternativa 2</u>		<u>Alternativa 3</u>		<u>Alternativa 4</u>	
	<u>Total</u>	<u>Adicional Briquetas</u>	<u>Total</u>	<u>Adicional Briquetas</u>	<u>Total</u>	<u>Adicional Briquetas</u>	<u>Total</u>	<u>Adicional Briquetas</u>
Activo Fijo	3.210	2.250	13.940	7.140	2.500	2.180	12.400	7.360
Activo Nominal	730	370	3.430	1.970	600	350	3.080	1.860
<u>Costos Fijos</u>								
- Supervisión y mano de obra indirecta: distrib. según producción	1.200	480	2.721	1.839	1.200	480	2.721	1.839
- Mantenición: distribución según activo fijo	96	67	481	246	80	70	441	262
- Depreciación: distrib. según activo fijo y nominal	408	257	2.638	1.394	389	305	2.022	1.206
- Seguros y contribuciones: distrib. según activo fijo	38	27	172	88	30	27	156	92
- Otros costos fijos: distrib. según producción	71	29	186	114	71	29	186	114
TOTAL COSTOS FIJOS	1.813	860	6.198	3.681	1.770	911	5.526	3.513
<u>Costos Variables</u>								
- Materias primas: asignación directa según destino	2.494	137	16.391	1.391	1.872	137	16.391	1.391
- Envases: ídem	327	-	2.056	-	275	-	2.056	-
- Mano de obra directa: distribución según producción	600	240	4.173	2.547	420	168	2.086	1.274
- Energía eléctrica: 1/3 granel y 2/3 briquetas	104	208	166	333	52	104	219	437
- Operación equipos de transporte: Se asigna el total al producto principal	1.130	-	8.200	-	1.130	-	8.200	-
- Fletes: calculado según destino	2.913	-	17.213	-	2.094	-	17.213	-
TOTAL COSTOS VARIABLES	7.568	585	48.199	4.271	5.843	409	46.165	3.102
Total Costos de Operación	9.381	1.445	54.397	7.952	7.613	1.320	51.691	6.615
Créditos por Subproductos	4.325	-	4.325	-	-	-	4.325	-
Costos Neto	5.056	1.445	50.072	7.952	7.613	1.320	47.366	6.615

De acuerdo con estas cifras, los costos unitarios netos de producción en las diferentes alternativas son:

ALTERNATIVA 1

Carbón a granel	4,85 UF/ton
Carbón en briquetas	9,67

ALTERNATIVA 2

Carbón a granel	6,55 UF/ton
Carbón en briquetas	9,29

ALTERNATIVA 3

Carbón a granel	7,30 UF/ton
Carbón en briquetas	11,70

ALTERNATIVA 4

Carbón a granel	6,20 UF/ton
Carbón en briquetas	8,48

Se puede observar de estos valores la importancia de los subproductos en la reducción del costo; es así que, en la alternativa 1, el costo total de producción de carbón a granel se ve reducido casi en un 50% como efecto de la recuperación de subproductos. Ello hace, en definitiva, que ésta sea la alternativa más rentable.

PRECIOS DE VENTA PONDERADOS

A continuación, se desglosan las cifras de ingresos por ventas que aparecen en la Pág. 106, de acuerdo a las expectativas de mercados y precios antes establecidas, indicándose los puntos de destino, las cantidades vendidas, los precios de venta y el ingreso anual esperado.

I. ALTERNATIVAS 1 y 3a) Carbón a granel

Chuquicamata	120 tons/año	a	8,74 UF/ton	1.049 UF/año
Mantos Blancos	120 tons/año	a	8,74 UF/ton	1.049 UF/año
El Salvador	21 tons/año	a	7,85 UF/ton	165 UF/año
Ventanas	235 tons/año	a	5,49 UF/ton	1.290 UF/año
MADECO Santiago	40 tons/año	a	5,49 UF/ton	219 UF/año
El Teniente	<u>207</u> tons/año	a	5,49 UF/ton	<u>1.136</u> UF/año
Totales	743 tons/año			4.908 UF/año

Precio promedio: 6,60 UF/ton

b) Carbón en briquetas

Chuquicamata	168 tons/año	a	16,94 UF/ton	2.846 UF/año
El Salvador	29 tons/año	a	15,45 UF/ton	448 UF/año
Ventanas	65 tons/año	a	13,17 UF/ton	856 UF/año
El Teniente	<u>38</u> tons/año	a	13,17 UF/ton	<u>501</u> UF/año
Totales	300 tons/año			4.651 UF/año

Precio promedio: 15,50 UF/ton

II. ALTERNATIVAS 2 y 4a) Carbón a granel

Chuquicamata	120 tons/año	a	8,74 UF/ton	1.049 UF/año
Mantos Blancos	4120 tons/año	a	4,43 UF/ton	18.255 UF/año
El Salvador	21 tons/año	a	7,85 UF/ton	165 UF/año
Ventanas	235 tons/año	a	5,49 UF/ton	1.290 UF/año
MADECO Santiago	40 tons/año	a	5,49 UF/ton	219 UF/año
El Teniente	<u>207</u> tons/año	a	5,49 UF/ton	<u>1.136</u> UF/año
Totales	4.743 tons/año			22.114 UF/año

Precio promedio: 4,66 UF/ton

b) Carbón en briquetas

Chuquicamata	168 tons/año	a	16,94 UF/ton	2.846 UF/año
El Salvador	29 tons/año	a	15,45 UF/ton	448 UF/año
Ventanas	65 tons/año	a	13,17 UF/ton	856 UF/año
Carbomet Santiago	2600 tons/año	a	3,82 UF/ton	9.935 UF/año
El Teniente	<u>38</u> tons/año	a	13,17 UF/ton	<u>501</u> UF/año
Totales	2.900 tons/año			14.586 UF/año

Precio promedio: 5,03 UF/ton

CALCULO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio se define como el nivel de producción para el cual los ingresos se hacen iguales a los costos; normalmente, se expresa como porcentaje de la capacidad instalada de producción de la planta.

Matemáticamente queda definido de la siguiente manera:

$$P.E. = \frac{\text{Costos Fijos}}{\text{Ventas} - \text{Costos Variables}} \times 100$$

A continuación, se presentan los datos básicos para el cálculo del punto de equilibrio en cada una de las alternativas estudiadas (Ver Pág. 104 a 106).

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Ventas	13.884	41.025	9.559	41.025
Costos Fijos	2.673	9.879	2.681	9.039
Costos Variables	8.153	52.470	6.252	49.267

Los resultados obtenidos son:

Alternativa 1:	46,6%
Alternativa 2:	-
Alternativa 3:	81,1%
Alternativa 4:	-

Como se puede apreciar, en las alternativas 2 y 4 los costos variables son superiores a las ventas, lo que entrega un punto de equilibrio negativo,

que no tiene sentido económico. La alternativa 1 tiene su punto de equilibrio por debajo del 50% de su capacidad instalada, lo que asegura utilidades aunque no se logren las expectativas de mercado aquí planteadas. En la alternativa 3, en cambio, el equilibrio se logra sobre el 80% de la capacidad instalada.

CONSIDERACION DEL IVA EN LA EVALUACION ECONOMICA

El Impuesto al Valor Agregado (IVA) constituye un tributo que, en definitiva, debe ser pagado por el consumidor final. El industrial o comerciante actúa como un recaudador del Fisco. Desde el punto de vista del productor, su pago del IVA se hace en dos etapas:

- Cuando compra, paga a su proveedor el IVA correspondiente a su adquisición.
- Cuando vende, cobra el IVA a su adquiriente, recupera la parte ya pagada al comprar y el resto lo ingresa en arcas fiscales.

Por lo tanto, durante la operación normal de una empresa, el efecto del IVA está dado por el costo financiero de pagar antes de vender el IVA correspondiente a las compras. Este efecto, dentro del nivel de aproximación de la evaluación efectuada, no resulta significativo sobre los indicadores, especialmente tomando en cuenta que el ciclo de producción es muy breve y que, en consecuencia, los insumos adquiridos se transforman rápidamente en productos vendidos.

La inversión inicial, tanto en maquinarias e instalaciones como en capital de trabajo, conlleva un pago de IVA asociado a las adquisiciones; con ello, se establece un crédito fiscal a favor de la empresa, el que puede ser recuperado de la recaudación de IVA que acompaña a las ventas de los productos elaborados. Ello implica un egreso inicial, que se recupera en años posteriores, que puede tener incidencia sobre los indicadores de evaluación.

La Tabla N°A-6-1 presenta la situación de compras y ventas normales de operación para las 4 alternativas estudiadas, indicándose la diferencia entre

ventas y compras, el 20% de la cual constituye el IVA que el productor debe pagar al Estado y que le permitirá recuperar el IVA pagado por su inversión.

Como se puede apreciar, en las alternativas 2 y 4 las compras superan a las ventas, lo cual implica que nunca se podrá recuperar el IVA pagado con las inversiones. Por ello, el análisis que sigue se restringirá a las alternativas 1 y 3.

TABLA A-6-1

SITUACION NORMAL DE COMPRAS Y VENTAS DE LA EMPRESA EN CADA ALTERNATIVA Y CALCULO DEL 20% DE LA DIFERENCIA (Cifras en U.F.)

	Alternativa <u>1</u>	Alternativa <u>2</u>	Alternativa <u>3</u>	Alternativa <u>4</u>
Ventas anuales	13.884	41.025	9.559	41.025
Compras anuales				
Materias primas	2.631	17.782	2.009	17.782
Envases	327	2.056	275	2.056
Energía eléctrica	312	499	156	656
50% operación equipos de transporte	565	4.100	565	4.100
Fletes	<u>2.913</u>	<u>17.213</u>	<u>2.094</u>	<u>17.213</u>
Total compras	6.748	41.650	5.099	41.807
Diferencia	7.136	- 625	4.460	- 782
20%	1.427	-	892	-

Las Tablas N°A-6-2 y A-6-3, contienen el flujo neto de ingresos y egresos por concepto de IVA de las inversiones desde el punto de vista del productor, para las alternativas 1 y 3 respectivamente. Como egresos, se registran los pagos iniciales de IVA derivados de trabajo; como ingresos, aparecen las cantidades que dejan de pagarse al Fisco por concepto de IVA de las ventas en tanto el saldo neto sea negativo.

TABLA A-6-2 INGRESOS Y EGRESOS DE IVA DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL PRODUCTOR. ALTERNATIVA 1.

<u>AÑOS</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
<u>INGRESOS</u>			
20% ventas menos compra	-	1.427	15
<u>EGRESOS</u>			
20% activo fijo	1.092	-	-
20% compras capital de trabajo			
- Materias primas y envases	-	206	-
- Productos terminados	-	144	-
TOTAL Egresos	1.092	350	-
Saldo anual	-1.092	1.077	15
Saldo acumulado	-1.092	- 15	-

TABLA A-6-3

INGRESOS Y EGRESOS DE IVA DESDE EL PUNTO DE VISTA
DEL PRODUCTOR. ALTERNATIVA 3.

AÑOS	0	1	2
<u>INGRESOS</u>			
20% ventas menos compras	-	892	348
<u>EGRESOS</u>			
20% activo fijo	936	-	-
20% compras capital de trabajo			
- Materias primas y envases	-	194	-
- Productos terminados	-	<u>110</u>	-
Total Egresos	936	304	-
Saldo Anual	-936	588	348
Saldo Acumulado	-936	-348	-

Los saldos anuales resultantes de estas tablas fueron agregados a los beneficios anuales calculados para el proyecto en cada alternativa (Tablas N°7.5 y 7.7). Con ello, se recalcularon los indicadores de evaluación, obteniéndose los resultados que se indican a continuación:

- Alternativa 1
- VAN al 12% 5.979 U.F.
- TIR 23,7 %

- Alternativa 3

VAN al 12% -1.742 U.F.

TIR 7,8 %

Se observa reducción poco significativa de los valores de los indicadores, manteniéndose en todo caso la alternativa 1 como la única económicamente atractiva.

PROCESOS DE HIDROLISIS ACIDA Y FERMENTACION DE
DESECHOS CELULOSICOS

La madera está compuesta principalmente de tres grupos de moléculas, celulosa, lignina y hemicelulosa, las que suman aproximadamente el 95% de la madera seca. La celulosa se encuentra presente en un rango de 41-43%, según sean maderas blandas y duras respectivamente. El contenido de hemicelulosa está entre un 25-30% y la lignina entre un 30-20%.

La molécula de celulosa es un polímero de una serie de tipos de hexosas (azúcares de seis carbonos) pudiendo contener muy pequeñas cantidades de pentosas (azúcares de cinco carbonos). El grado de polimerización de la celulosa representa entre 3000 a 6000 moléculas de azúcares. Después de la hidrólisis, la celulosa se descompone en las correspondientes hexosas y pentosas, de las cuales sólo las hexosas se pueden fermentar a etanol.

La molécula de hemicelulosa es también un polímero de hexosas y pentosas, pero el porcentaje de pentosas es significativamente mayor que en el caso de la celulosa. En las maderas blandas el porcentaje de pentosas en la hemicelulosa es de alrededor del 25%, pero en el caso de las maderas duras, este porcentaje sube a un 80%.

La estructura química de la lignina no está clara. Se sabe que es una molécula de alto peso molecular que forma una sustancia amorfa. No es hidrolizada por el ácido y existe en las paredes celulares de las maderas y plantas, aglutinando la célula para formar un tejido firme. Químicamente es un polímero, formado básicamente por la condensación del fenilpropano ($C_6H_5 - C_3H_7$). El oxígeno está representado en su estructura por grupos metoxi.

Los desechos forestales previamente tratados se pueden destinar a la producción de muy diferentes sustancias; las que son una gran fuente potencial de materia prima destinada a fermentaciones. El pretratamiento consiste en una hidrólisis ácida de los polisacáridos constituyentes de la madera (hemicelulosas y celulosas) para la obtención de azúcares de 5 ó 6 carbonos y separación de la lignina.

Además del proceso de separación de la lignina durante la hidrólisis ácida, hay otros procesos actualmente en estudio; por ejemplo uno de ellos utiliza ácido fosfórico concentrado y otro anhídrido sulfuroso gaseoso.

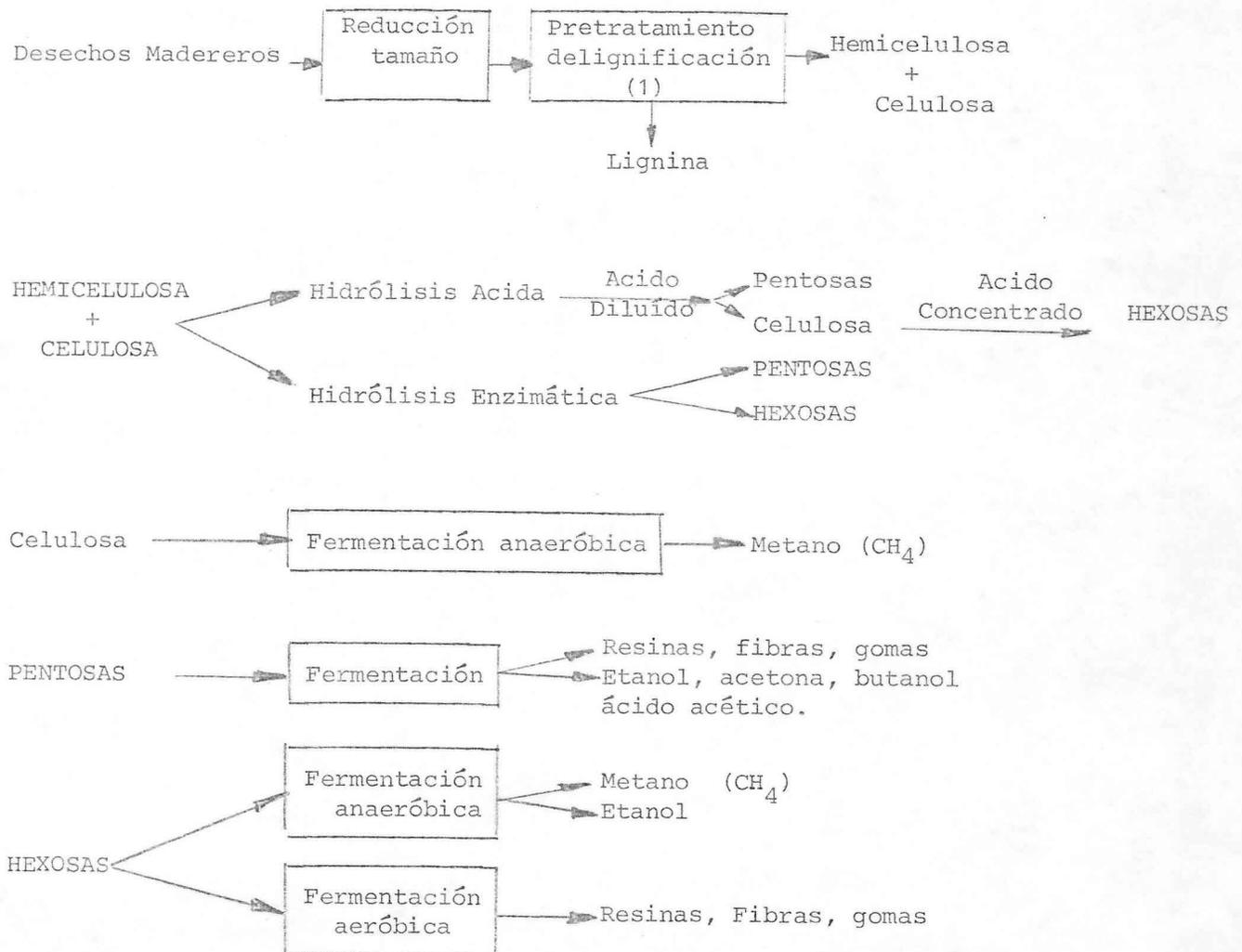
La hemicelulosa se hidroliza más fácilmente que la celulosa, pero sus productos de descomposición, las pestosas, son menos útiles en las vías actuales de procesamiento, específicamente inhiben la fermentación alcohólica que utiliza levaduras. Por esta razón, los procesos modernos incluyen una hidrólisis suave en primer término, con lo cual se remueven las hemicelulosas y sus productos de hidrólisis antes de proceder a una hidrólisis más enérgica para degradar la celulosa.

La hidrólisis de la celulosa actualmente pueden efectuarse por dos vías: ácida y enzimática. Estos procesos no son muy utilizados porque aún no son económicamente competitivos con otras fuentes alternativas de azúcares.

En el Cuadro A-7-1 se destacan las diferentes vías de procesamiento de los desechos forestales.

CUADRO A-7-1

VIAS DE PROCESAMIENTO DE DESECHOS FORESTALES



(1) Métodos de delignificación

- Físicos (vapor, irradiación, congelación)
- Químicos - alcalinos (NaOH ; NH₄OH)
 - pulpado químico
 - bisulfito amonio
 - sulfito
 - cloruro de sodio
 - solventes orgánicos
 - ácidos.

Uno de los principales problemas que debe ser resuelto, en la etapa del pretratamiento, es la adecuada impregnación de la estructura de la madera con ácido y un calentamiento homogéneo en el interior de esa estructura. El rendimiento en azúcares (hexosas y pentosas) está muy influenciado por esos factores. Para subsanar este problema, es necesario operar bajo presión.

El proceso de hidrólisis enzimática también requiere un pretratamiento se vero de la madera, al igual que en el proceso por vía ácida, puesto que se ha descubierto que la lignina inhibe fuertemente la acción de las enzi mas.

Los grandes inconvenientes del proceso de pretratamiento son:

- requieren equipo caro resistente a la corrosión;
- requieren mucha energía;
- se pierde bastante azúcar;
- se debe reciclar los ácidos y/o solventes utilizados por el alto grado de contaminación que representa el desecharlos directamente a ríos o red de alcantarillado.

Los más importantes procesos de hidrólisis de madera se encuentran resu midos en el Cuadro N°A-7-2.

NOMBRE	Condiciones de la Hidrólisis principal			Rendim.en azúcares ferment. (Kg./ton madera)	Concent. de azúcar (% en peso)	Método de recuperación del medio	ESTADO
	Medio	Temp. (°C)	Tiempo (hrs)				
Scholler	0,5-1% H ₂ SO ₄	180	12	352	4	Como CaSO ₄	Varias plantas operaron en Europa antes y durante la Segunda Guerra Mundial.
Madison	0,5% H ₂ SO ₄	180	3	> 352	5,5	Como CaSO ₄	Planta de demostración se construyeron en 1946 y 1952.
Hokkaido	80% H ₂ SO ₄	40	21	-	20	Intercambio iónico para recuperar del 25-30% del ácido.	En Asahikawa, 1963, se construyó una planta de 100 ton/día.
Udic-Rheinau	41% HCl	20	≈ 3	-	10	Destilación al vacío.	En 1959 se operó una planta semi-industrial de 2000.ton seca/año
Noguchi-Chisso	Gas HCl	50	<1	-	30	Vaporización usando gas HCl caliente	En 1956 se operó una planta de 1 ton/día.
U.S. Army Natick Development Center	Enzimas	50	48	90-220	1,6 4,6	---	A escala piloto experimental.

I. HIDROLISIS ACIDA

La hidrólisis ácida, utilizada para despolimerizar la celulosa, es la vía más usada y conocida; actualmente existen alrededor de 14 plantas trabajando con este proceso en la Unión Soviética, en Alemania antes y durante la Segunda Guerra Mundial, se construyeron varias plantas para producir "azúcar de madera". En Japón se han construido y operado sólo plantas de demostración.

A continuación se describen los dos principales procesos de hidrólisis ácida.

a) Proceso Scholler

Este proceso opera en forma de batch, usando ácido sulfúrico diluído (1%) como medio de hidrólisis, y su eficiencia depende de la rápida remoción de los azúcares del sistema a medida que son producidos. De este modo, se evita la repolimerización y se acelera la reacción de hidrólisis. El equipo básico de contacto es el reactor, que opera cíclicamente para cada carga de madera.

b) Proceso Madison

Este proceso es una modificación del proceso Scholler, hecha por el US Forest Products Laboratory, dirigido a acortar el tiempo de sacarificación, por lo cual se reducen los costos de operación del producto.

Una operación semi-contínua se emplea en este proceso, haciendo pasar la solución ácida y sacarificada a través del lecho de madera en forma contínua, lográndose así remover los azúcares a medida que se van formando. La materia prima que se usa, son residuos de madera que se reducen a un tamaño de partícula aproximado

al usado en astillas para pulpa. El objetivo de reducir el tamaño, es permitir una mejor penetración del ácido hacia el interior de la madera.

El método de carga del reactor con madera no varía considerablemente del proceso Scholler. El reactor cargado se llena con ácido sulfúrico al 0,5% y se mantiene a 135-150°C por 30 minutos, para llevar a cabo la prehidrólisis. Después de este tiempo se descarga la solución, llenándose nuevamente con ácido sulfúrico al 0,5% ahora bajo presión, estableciéndose un flujo continuo desde la parte superior a la inferior. La hidrólisis principal se lleva a cabo durante 3 horas y durante ese tiempo la temperatura de reacción se aumenta de 150°C a 190°C a una razón de 5°C por minuto.

La solución obtenida al final de la reacción es baja en azúcares y puede ser introducida en el reactor siguiente. Se ha reportado que el rendimiento en azúcar es de alrededor de un 50% del peso de la madera alimentada. El tiempo requerido por ciclo es de aproximadamente 5 hrs., lo que equivale a la cuarta parte del ocupado en el proceso Scholler. El calor es recuperado, ya que por ser la salida continua, este se perdería en grandes cantidades.

La solución sacarificada que sale del reactor es neutralizada con cal bajo presión con vapor. La filtración también se lleva a cabo bajo presión para evitar la solubilidad del yeso producido. La solución del azúcar que se obtiene puede ser fermentada para producir etanol o levaduras, o alternativamente puede ser concentrada para obtener una melaza cruda factible de ser utilizada para alimentación animal o producción por fermentación de substan-

cias químicas (acetona, butanodiol, ácidos orgánicos, etc.), resinas, fibras, goma, etc.

c) Proceso de hidrólisis enzimática Natick

El proceso utiliza una enzima especialmente preparada para llevar a cabo la hidrólisis. En el US Army Natick Development Center se ha desarrollado una cepa especial de THICHODERMA VIRIDE, que produce una enzima (celulasa) que hidroliza la celulosa. El Centro ha ensayado esta enzima en un gran número de materiales celulósicos, obteniendo resultados promisorios.

La hidrólisis enzimática requiere de dos etapas de operación. La primera es la producción de la enzima. Esta va acompañada del crecimiento del hongo en un medio que contiene celulosa desmenuzada y varias sales nutrientes. Después de este crecimiento, el medio se filtra para obtener un filtrado claro y de color amarillento. Esta es la solución enzimática que se utiliza en el reactor de sacarificación. Previo a su uso, el caldo enzimático se controla en actividad de celulasa y su pH se ajusta a 4,8.

En la segunda etapa, una mezcla acuosa de material celulósico pulverizado se pone en contacto con la enzima durante un tiempo aproximado de 48 hrs. Se requiere que la alimentación esté pulverizada (por ejemplo en un molino de bolas), para quebrar la estructura cristalina de la celulosa, de manera que pueda ser atacada por la enzima (un pre-pulpado de la madera ayuda también para este efecto). Pasadas las 48 hrs. las azúcares reducidas son separadas del residuo y pueden ser fermentadas anaeróticamente a etanol o llevarlas a la fermentación aeróbica para producir sustancias químicas o proteínas unicelulares.

Los rendimientos en azúcar producidos durante la hidrólisis enzimática dependen:

- del grado de desmenuzamiento al que han sido sometidos los desechos forestales;
- del grado de delignificación obtenido por los diferentes pretratamientos;
- de la utilización de diferentes ácidos.

En los últimos años se ha realizado un esfuerzo de investigación bastante intenso, tanto en Alemania como Japón para tratar de mejorar los rendimientos antes indicados y disminuir tiempos de hidrólisis, partiendo de una hidrólisis con ácidos minerales concentrados (clorhídrico, sulfúrico); el uso de ácidos concentrados requiere por supuesto un secado de la madera (pulverizada o reducida a astillas) para evitar la dilución del ácido.

Al realizar pretratamientos para degradar o separar la lignina se abre la posibilidad de llevar a cabo la hidrólisis enzimática por un mayor número de microorganismos y a mayor velocidad, puesto que existen hongos superiores, del tipo de las callampas, que degradan el complejo lignocelulósico, pero que actúan tan lentamente, demorándose semanas y hasta meses, que limita la aplicación comercial de este proceso.

Otra área cuya aplicación produciría un gran impacto es la "Ingeniería Genética", tecnología actualmente en desarrollo que permite manipular genéticamente a los microorganismos. En el caso específico de su aplicación potencial en la hidrólisis enzimática de desechos de madera presenta un gran futuro. Se podría tratar de juntar en un solo microorganismo la capacidad de varios de ellos,

que pudiese degradar lignina, hemicelulosa y celulosa simultáneamente y que además pudiese fermentar anaeróbicamente los azúcares de cinco y seis carbonos, productos de la degradación del complejo lignocelulósico, a etanol.

Una vez sometidos los desechos forestales a los diferentes pretratamientos con el objeto de obtener celulosa y/o azúcares de cinco y seis carbonos, tal como se indicara en el Cuadro N°A-7-1, se puede proseguir la utilización de estas materias primas por la vía de la fermentación, ya sea aeróbica o anaeróbicamente.

II. FERMENTACION

La fermentación se puede definir como un proceso metabólico en el que participan microorganismos capaces de utilizar un sustrato orgánico y producir cambios químicos en él.

La práctica de la fermentación es muy antigua y su campo de aplicación muy amplio y variado. Algunos procesos fermentativos han mejorado su posición en el mercado a través de los años, otros en cambio han declinado e incluso algunos han desaparecido del plano comercial; esto último es lo que ha ocurrido por ejemplo con la obtención de etanol, acetona y butanol, en que los métodos de síntesis han reemplazado a los métodos fermentativos tradicionales.

Estos métodos podrían volver a emplearse en la medida que disminuya la disponibilidad de materias primas para los procesos sintéticos, o bien se "manipulen" de tal modo ciertos microorganismos de modo que se puedan obtener mejores rendimientos y eficiencias de los antiguos procesos.

a) Fermentación Anaeróbica

La fermentación anaeróbica de la celulosa y sus productos de degradación puede efectuarse en condiciones estrictas de ausencia de oxígeno, o bien en un ambiente de microaerofilia.

Por la vía de la fermentación anaeróbica estricta se puede utilizar la celulosa y/o sus productos de degradación con la obtención de metano.

Por la vía de la fermentación anaeróbica no tan estricta (microaerofilia) sólo puede partirse de azúcares de seis o doce átomos de carbono y el producto de esta fermentación alcohólica es el etanol.

i) Fermentación anaeróbica (estricta)

La digestión anaeróbica es un proceso bioquímico complejo, en el cual por la acción de una mezcla de microorganismos, la materia orgánica (celulosa, azúcares, etc.) fermenta produciendo metano, anhídrido carbónico, ácidos grasos, residuos estables y trazas de otros componentes.

Los diferentes tipos de microorganismos involucrados en el proceso hidrolizan el sustrato, producen ácidos y otros componentes orgánicos, como alcoholes, aldehidos y finalmente los microorganismos metanogénicos los transforman a metano y anhídrido carbónico.

Si se utilizan desechos forestales, en este tipo de reacciones, se debe delignificar previamente.

El agua acelera dichas reacciones y por lo tanto para obtener energía, la digestión anaeróbica puede aplicarse a productos orgánicos con alto contenido de humedad, en reemplazo de procesos alternativos como la combustión, gasificación y pirólisis, donde la humedad más bien constituye una desventaja y debe ser eliminada con los correspondientes gastos de energía.

En aplicaciones tradicionales debido a que el oxígeno inhibe el proceso, la digestión anaeróbica se realiza con mezclas húmedas dentro de estanques herméticos. La reacción endotérmica se mantiene con un pH casi neutro, con temperaturas entre 35 - 65°C y tiene un tiempo de residencia de 15 a 30 días. La principal desventaja del proceso radica en una gasificación lenta y en la necesidad de aportar calor para mantener un buen rendimiento de gasificación. El gas producido tiene un poder calorífico entre 4000-7200 Kcal/m³ (50-80% Metano y 50-20% anhídrido carbónico). Este gas puede ser purificado y convertido a gas natural (metano).

Como residuo de la gasificación queda un material inerte con contenido de nitrógeno y sales minerales que puede ser empleado como fertilizante.

No obstante la complejidad de las reacciones bio-químicas, la digestión anaeróbica es un proceso simple que puede gasificar materiales orgánicos sin la adición de otros componentes.

La digestión anaeróbica ha sido utilizada en todo el mundo, desde hace aproximadamente 100 años, en varios sistemas de disposición final de residuos.

Las fosas sépticas de casas-habitación, las plantas de tratamiento de aguas cloacales de áreas metropolitanas y los rellenos sanitarios son las aplicaciones más conocidas. Dichos sistemas diseñados primordialmente para transformar desechos orgánicos putrescibles en una materia inerte libre de patógenos, han servido de base para el desarrollo de procesos dirigidos a recuperar los gases producidos y a mejorar sus rendimientos de gasificación.

La digestión anaeróbica aplicada a las fecas de animales, para obtener energía, ha tenido una aplicación muy difundida en países de Asia y Africa, donde no existen o son escasos el carbón o el petróleo, y que para sus necesidades primordiales de energía dependen principalmente de recursos forestales y residuos varios. En estos países esta tecnología se ha aplicado esencialmente con instalaciones pequeñas. Sus costos de inversión son comparativamente más altos que los de plantas de mayores dimensiones y no ofrecen diseños que simplifiquen y aseguren su operación.

Por otra parte, plantas de biogas a mayor escala y aplicables a la gasificación de las fecas de animales y de otro tipo de desechos se encuentran todavía en pleno desarrollo o en etapa de demostración. Tales plantas según las estimaciones realizadas son factibles económicamente, en algunos casos, sólo mediante la venta combinada del gas y de los subproductos fertilizantes.

El desarrollo de plantas productoras de biogas se ha dirigido principalmente a la utilización de desechos orgánicos de ani-

males, pero perfectamente puede aplicarse esta tecnología a desechos forestales delignificados. Para digestores de tipo familiar existen 2 tecnologías (la india y la china), muy difundidas a través de casi todos los programas de tecnología apropiada.

Las plantas de biogas de la India son simples de construir y mantener. Su producción principal es el gas y secundariamente el material fertilizante; trabajan con fecas de ganado. La recolección de gas se realiza a través de una campana metálica flotante, a presión constante, entre 70-150 mm de columna de agua. Su operación es automática, a excepción de las labores de carga y de mezcla de la materia prima.

Las plantas de biogas de la China requieren de una construcción más sofisticada, están totalmente enterradas y tienen la ventaja de estar mejor aisladas contra temperaturas frías. Su producción primaria es el fertilizante y secundaria el gas; trabajan generalmente con materia orgánica vegetal y animal; como el foso se utiliza como depósito de gas, la presión puede alcanzar valores de hasta 1000 mm de columna de agua. Su operación es intensiva en mano de obra en todas sus fases.

ii) Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica, es aquella en la cual el producto obtenido es alcohol etílico, los microorganismos que actúan son levaduras, especialmente cepas de *SACCHAROMYCES CEREVISAE*,

y el sustrato debe estar compuesto principalmente por carbohidratos de seis o doce carbonos (azúcares) más otros elementos nutrientes. Las levaduras transforman estos carbohidratos en alcohol etílico y anhídrido carbónico, produciendo 51 y 49% en peso, respectivamente.

Las fuentes de carbohidratos puede ser muy variada, y de acuerdo al origen de éstas, será necesario efectuar diferentes procesos previos a la fermentación, para lograr que el sustrato corresponda a lo esperado. Si estos azúcares están en forma de monómeros o dímeros en los vegetales (remolacha, caña de azúcar, frutas, etc.) se necesita solamente extraerlos para que las levaduras las fermenten a etanol, previo ajuste de concentración, pH y temperatura más la adición de otros nutrientes necesarios.

Si el estado natural de los carbohidratos es un polímero (polisacárido) de estructura amilácea, será necesario realizar una hidrólisis de este polisacárido, de manera que se desdoble en azúcares de seis o doce carbonos para poder efectuar la fermentación. La hidrólisis se puede efectuar por dos vías alternativas, ácida o enzimática, utilizándose normalmente la vía enzimática para el tratamiento de los almidones.

La tercera forma en que se puede encontrar el material orgánico es polimerizado a estructuras celulósicas (celulosa y hemicelulosa), en cuyo caso además están acompañadas de otro compuesto llamado lignina, formando las materias lignocelulósicas. En este caso interesa la celulosa, ya que está formada por una polimerización de azúcares de seis carbonos (hexosas),

en cambio las hemicelulosas tienen en su estructura, además de hexosas, azúcares de cinco carbonos (pentosas), los cuales no son fermentables por las levaduras. Productos de degradación de estas pentosas, al hidrolizar la celulosa, causan problemas en la fermentación, por lo cual es conveniente separar las hemicelulosas antes de proceder a hidrolizar las celulosas. La lignina es un inhibidor de la fermentación, por lo tanto, también debe separarse previamente a la hidrólisis de la celulosa.

La hidrólisis de materiales celulósicos, como se explicó anteriormente, puede ocupar tres agentes principales: ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y enzimas.

El proceso ácido es una hidrólisis que se debe realizar bajo presión y temperatura, con el objeto de lograr rendimientos aceptables (50% en peso de azúcar con respecto al peso seco de materia prima); debiendo ser los equipos resistentes a la corrosión que por estos efectos se produce. La inversión aumenta en forma importante debido a este problema.

El proceso enzimático no presenta los problemas de corrosión causados por la hidrólisis ácida, pero necesita un proceso de delignificación más intenso y controlado, ya que la lignina inhibe fuertemente la acción enzimática. Los rendimientos del azúcar producido en relación a la potencialmente obtenible, fluctúa entre un 16 y un 57%, dependiendo justamente de la cantidad de lignina presente al hidrolizar la celulosa enzimáticamente.

El proceso de fermentación que produce el alcohol etílico, es una operación cuya tecnología, está muy bien conocida. Los avances principales que se espera lograr a futuro son producir levaduras que puedan vivir en soluciones de alta concentración de azúcar (sustrato inicial en la fermentación) y de alto contenido de etanol (producto final de la fermentación; actualmente se logra sólo un 7-9% de etanol). De subir ambas concentraciones sería posible aumentar considerablemente el rendimiento energético del proceso, al tener que evaporar menos agua al momento de separar el etanol.

Existen en la fermentación dos procesos tradicionales que se utilizan: batch y continuo. A pesar que el sistema continuo da mejor rendimiento, muchos fabricantes de etanol son reticentes a usarlo debido al problema de la posibilidad de infección del sustrato, con lo cual las pérdidas en materia prima son muchísimo mayores que en el caso de utilizar sistema batch, donde en caso de infección se desecha el batch, no influyendo en todos los demás.

La fermentación actualmente tiene rendimientos de 90% en promedio, del potencial obtenible, lográndose generalmente soluciones finales de 7-9% de etanol, con una concentración inicial de azúcar del orden del 12-18%. Actualmente las tecnologías más conocidas son las de fermentación y de hidrólisis ácida para maderas e hidrólisis enzimáticas para amiláceos. Es decir, la tecnología más nueva y con un desarrollo menor, sería la hidrólisis enzimática de materiales celulósicos, quedando todas las demás clasificadas como de desarrollo conocido.

En la actualidad el problema de la escasez de petróleo ha llevado a muchos países a mirar con renovado interés estos procesos. El etanol, se ha demostrado, es un combustible totalmente factible de utilizar en automóviles, lo que le da una importancia muy grande al ser un potencial sustituto de la gasolina (derivado del petróleo).

En Brasil, país donde se está llevando a cabo un plan de sustitución de derivados del petróleo por otras energía, el desarrollo de la producción de etanol ha tenido un gran auge. Partiendo de una materia prima como es la caña de azúcar, que provee directamente los azúcares fermentables, sin necesidad de otros procesos aparte de su extracción, Brasil está empeñado en un programa que lleve a sustituir gasolina en cantidades del orden de los 9 billones de litros, lo que significa producir alrededor de 11 billones de litros de etanol hacia el año 1985. Estas metas han hecho que en Brasil se estén construyendo un gran número de nuevas destilerías para satisfacer este mercado que se creó en base a las políticas de gobierno, con la visión de tener implementado el programa de producción de combustibles líquidos a partir de recursos renovables, cuando llegue el momento de verse enfrentado a la realidad de una menor oferta de petróleo que la demanda producida.

En EE.UU. se están desarrollando intensos programas de investigación en la producción de alcoholes, a la vez que ya se ha legislado al respecto y se encuentran en construcción nuevas plantas productoras de etanol, utilizando como materia prima principalmente granos, lo que varía el proceso brasileño al tener que introducir una hidrólisis enzimática de los almidones.

En Nueva Zelanda, Canadá, Australia, Filipinas y en muchos otros países se están desarrollando programas de producción de alcoholes; a partir de diferentes materias primas, con el objeto de sustituir gasolina. En la actualidad el proceso menos usado parece ser el de hidrólisis ácida de la madera, a pesar que se conoce su tecnología de producción.

En Rusia es donde este proceso se utiliza mayormente, ya sea para producir alcohol, como para fabricar azúcar propiamente tal. Existe, eso sí, un gran interés en investigar y desarrollar estos procesos, ya que la madera es una fuente de biomasa que en muchos países, como Chile, es la principal.

A su vez, la hidrólisis enzimática ha tenido gran desarrollo, y en la actualidad en base a los rendimientos pilotos obtenidos, el costo del etanol utilizando este proceso es menor que al utilizar la hidrólisis ácida. Se puede esperar que en los próximos años, al solucionar algunos problemas de la hidrólisis enzimática, ésta pase a ser un proceso de gran auge y desarrollo.

Es muy difícil dar valores de inversión para una planta productora de etanol, ya que por no existir en el mundo occidental plantas funcionando, todo se calcula en base a estimaciones de inversión de equipos e ingeniería. Los rangos fluctúan ampliamente, desde una planta que produce 130.000 lt/día cuya inversión estimada es de US\$ 28.000.000 y un costo de operación anual de US\$ 14.000.000, a una planta que produce 520.000 lt/día con una inversión de US\$ 127.000.000 y un costo de operación anual de US\$ 23.000.000, ambas utilizando un proceso de hidrólisis ácida.

Los precios del etanol serían US\$ 0,40 lt y US\$ 0,50 lt, sin impuestos, respectivamente. En el caso de hidrólisis enzimática, se estima que una planta de 130.000 lt/día tiene un costo de inversión de US\$ 25.000.000 y un costo de operación anual de US\$ 13.400.000, siendo ambos menores a los estimados para hidrólisis ácida. Sin embargo, no se puede ser taxativo con estos valores, ya que todos se basan en estimaciones de costos de equipos y de rendimientos de proceso. En este caso, se estima el precio del etanol en US\$ 0,35/lt. La utilización de los desechos evaluados en el Capítulo 2, podrían generar una planta de unos 20.000 lt/día.

b) Fermentación Aeróbica

Los productos químicos que pueden obtenerse por fermentación aeróbica son demasiado numerosos como para poder tratarlos en detalle. Además de los productos obtenidos directamente por esta vía biológica es posible utilizar esas sustancias finales para introducirlos en otras cadenas químicas de conversión.

Las sustancias químicas que pueden obtenerse por medio de la fermentación aeróbica se pueden agrupar dentro de los siguientes tipos de productos:

- enzimas
- vitaminas
- pesticidas
- reguladores del crecimiento
- aminoácidos
- ácidos nucleicos
- ácidos orgánicos, etc.

En el pasado, el proceso de fermentación industrial era muy utilizado, para la obtención de numerosos productos químicos; esto fue declinando debido a la obtención de esos productos por síntesis química, utilizando como materias primas subproductos de la petroquímica. Actualmente, debido a la "crisis de energéticos", se han renovado los esfuerzos en investigación y desarrollo para la obtención de sustancias químicas a partir de materias primas de fuentes renovables.

Todos los microorganismos son capaces de metabolizar hidratos de carbono, del tipo de la glucosa, que es la unidad química básica de la celulosa, constituyente principal de los desechos forestales. Por ello la factibilidad de obtener productos químicos por vía fermentativa, en un futuro cercano, estaría centrada en la aplicación de las técnicas de la Ingeniería Genética. Mediante ellas, podrían manipularse los microorganismos de modo de obtener cepas eficientes, que fueran capaces de fermentar los sustratos tipo celulosa directamente a glucosa y de allí al producto final de elección, en condiciones económicamente competitivas con los procesos de síntesis orgánica.

IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE CARBON ACTIVADO1. IMPORTACIONES

<u>1973</u>	<u>Cantidad (tons.)</u>	<u>Valor CIF (US\$)</u>
Alemania Federal	1,4	3.823
Argentina	256,0	164.580
Canadá		74
EE.UU.	11,4	6.117
Holanda	63,5	43.742
Reino Unido		<u>34</u>
TOTAL	332,3	218.370
<u>1974</u>		
Alemania Federal	61,7	70.564
Argentina	67,1	39.106
EE.UU.	41,6	20.366
Francia	10,2	56.917
Méjico	164,0	27.317
Holanda	<u>17,8</u>	<u>16.794</u>
TOTAL	362,4	231.064
<u>1977</u>		
Alemania Federal	56,9	79.284
Reino Unido	5,2	4.299
EE.UU.	50,2	52.316
Francia	35,4	39.258
Japón	71,9	18.758
Holanda	<u>1,0</u>	<u>2.083</u>
TOTAL	220,6	195.998

<u>1978</u>	<u>Cantidad (tons.)</u>	<u>Valor CIF (US\$)</u>
Alemania Federal	21,5	36.186
Brasil	9,8	8.054
EE.UU.	166,0	160.758
Francia	105,5	116.363
Japón	1,6	7.714
Méjico	47,9	16.965
Holanda	7,3	10.004
Reino Unido	<u>6,2</u>	<u>7.662</u>
TOTAL	365,8	363.706

<u>1980</u>		
TOTAL	93,2	192.317

<u>1981</u>		
TOTAL	210,0	376.381

2. EXPORTACIONES

<u>1973</u>	<u>Cantidad (tons.)</u>	<u>Valor FOB (US\$)</u>
TOTAL	-	-

<u>1974</u>		
Ecuador	<u>61,2</u>	<u>39.253</u>
TOTAL	61,2	39.253

<u>1975</u>		
TOTAL	70,0	46.400

<u>1976</u>	<u>Cantidad (tons.)</u>	<u>Valor FOB (US\$)</u>
TOTAL	230,0	142.100
 <u>1977</u>		
Brasil	56,1	55.739
Colombia	5,1	4.460
Ecuador	<u>5,1</u>	<u>3.722</u>
TOTAL	66,3	63.921
 <u>1978</u>		
Brasil	51,8	119.462
Colombia	0,1	4.510
Ecuador	<u>0,1</u>	<u>276</u>
TOTAL	52,0	124.248
 <u>1979</u>		
TOTAL	150,0	162.000
 <u>1980</u>		
TOTAL	80,0	88.000

3. PRINCIPALES IMPORTADORES

- Laboratorio Baden Ltda.
- Compañía de Cervecerías Unidas S.A.
- Aguas Industriales Ltda.
- Industrias de Maíz y Alimentos S.A.
- Industrias Químicas Liquid Carbonic S.A.I.C.
- Francisco Pamparana e Hijos Ltda.
- Establecimientos Nobis S.A.I.

CENTRO DE DOCUMENTACION FIA



3 5625 00008 6093