

Cuadro 4. Datos de input generales

Parámetro	Valor	Unidad	Categoría en matriz IP <sup>a</sup>
<i>Datos financieros generales</i>			
Tipo de cambio del córdobas 1997	9.2	C\$/	
Tasa de descuento del capital prestado <sup>b,20</sup>	11	%	-
Alquiler de tierra <sup>12</sup>	47	\$/ha	propiedad tierra
Mano de obra de coste bajo <sup>12</sup>	2.2	\$/día	m.d.o. de coste bajo
Mano de obra de coste medio <sup>12</sup>	4.0	\$/día	m.d.o. de coste medio
Mano de obra de coste alto <sup>f</sup>	23	\$/día	m.d.o. de coste alto
Horas por jornal <sup>12</sup>	6	hr/día	-
Número de jornales por año	250	día/año	-
Precio diesel	0.33	\$/l	diesel
Precio gasolina	0.65	\$/l	gasolina
Precio bunker	0.14	\$/l	bunker
Precio lubricante	1.0	\$/l	lubricante
<i>Datos físicos generales</i>			
PCS de eucalipto en base seca <sup>d</sup>	19.4	MJ/kg <sub>0%</sub> <sup>c</sup>	-
PCS de bagazo en base seca <sup>d</sup>	19.1	MJ/kg <sub>0%</sub> <sup>c</sup>	-
Energía para evaporación de agua <sup>d</sup>	2.3	MJ/kg	-
Relación de peso de agua e hidrógeno <sup>d</sup>	8.9	kg/kg	-
Humedad eucalipto después de cosecha <sup>d</sup>	45	% <sub>wb</sub> <sup>c</sup>	-
Humedad eucalipto, seco al aire <sup>d</sup>	20	% <sub>wb</sub> <sup>c</sup>	-
Humedad bagazo, antes de la quema	50	% <sub>wb</sub> <sup>c</sup>	-
Densidad eucalipto en base seca <sup>e</sup>	0.59	ton <sub>0%</sub> /m <sup>3</sup> <sub>sol</sub>	-
Rel. de densidad estéreo y sólida de troncos <sup>e</sup>	0.47	m <sup>3</sup> <sub>sólida</sub> /m <sup>3</sup> <sub>est</sub>	-
Rel de densidad estéreo y sólida de astillas <sup>e</sup>	0.33	m <sup>3</sup> <sub>sólida</sub> /m <sup>3</sup> <sub>est</sub>	-
Poder calorífico inferior (PCI) de bunker <sup>67</sup>	40.1	MJ/kg	-
Densidad de bunker <sup>68</sup>	0.95	kg/l	-
Poder calorífico inferior (PCI) de diesel	42.7	MJ/kg	-
Densidad de diesel	0.84	kg/l	-
Poder calorífico inferior (PCI) de gasolina	44	MJ/kg	-
Densidad de gasolina	0.74	kg/l	-
<i>Factores de conversión importantes</i>			
Número de hectáreas en una manzana	0.7	ha/mz	-
Número de litros en un galón	3.78	l/gal	-
Número de kilojulios por Btu	1.055	kJ/Btu	-
Número de kilogramos por libra Inglesa	0.455	kg/lb	-

<sup>a</sup>Esta columna es necesaria para la evaluación macroeconómica e indica la categoría en que se pone el ítem en la matriz de insumo-producto; "-" significa "no aplicable".

<sup>b</sup>Este valor está basado en el préstamo que se puede obtener de los bancos internacionales de desarrollo para este tipo de proyectos en Nicaragua<sup>20</sup>.

<sup>c</sup>La expresión "kg<sub>x%</sub>" significa que el parámetro corresponde a madera con una humedad de x%.

<sup>d</sup>Para convertir el poder calorífico superior (PCS) en el poder calorífico inferior (PCI) (en este caso: en base húmeda), se puede usar la fórmula siguiente:  $PCI_{bh} = PCS_{bh} - E_a * (h_{bh} * m_{H_2O}) - E_a * w_{bh}$ . Con  $E_a$  = energía para evaporar agua,  $h_{bh}$  = contenido de hidrógeno en base húmeda,  $m_{H_2O}$  = relación de peso de agua y hidrógeno,  $w_{bh}$  = humedad en base húmeda.

<sup>e</sup>Esto da como resultado una densidad de madera cosechada (45% de humedad) de 1.04 ton<sub>45%</sub>/m<sup>3</sup><sub>sólido</sub> y de madera seca al aire (20% de humedad) de 0.74 ton<sub>20%</sub>/m<sup>3</sup><sub>sólido</sub>. Las densidades estéreo de troncos apilados son respectivamente 0.51 y 0.35 ton/m<sup>3</sup><sub>estéreo</sub>.

<sup>f</sup>Este salario está basado en el salario promedio de la planta eléctrica de San Antonio<sup>14</sup>.

Cuadro 5 . Datos de costes del vivero<sup>a</sup>.

Parámetro	Valor	Unidad	Categoría en matriz IP <sup>b</sup>
Preparación de sustrato	1.59	\$/1000 plantas	camión
Hechura de canteros	0.15	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Hechura de canteros	0.03	\$/1000 plantas	varios
Acarreo de sustrato	0.07	\$/1000 plantas	camión
Llenado de bolsas	1.84	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Llenado de bolsas	2.34	\$/1000 plantas	varios
Siembra de vivero	0.54	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Siembra de vivero	0.88	\$/1000 plantas	varios
Riego de vivero	0.57	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Riego de vivero	0.33	\$/1000 plantas	varios
Raleo de plantas	0.44	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Control de plagas	0.28	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Control de malezas	0.38	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Limpieza de calles	0.29	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Selección y remoción	0.34	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Acarreo de bolsas	0.52	\$/1000 plantas	camión
Acomodo de bolsas	0.36	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Remoción endurecimiento	0.71	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Despacho de plantas	1.10	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Mantenimiento de vivero	0.60	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Transporte de personal	1.91	\$/1000 plantas	camión
Supervisor de vivero	0.27	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste alto
Guarda de vivero	0.43	\$/1000 plantas	m.d.o. de coste bajo
Coste total	15.9	\$/1000 plantas	-

<sup>a</sup>La fuente de los datos de este cuadro es: Silva de la Maza<sup>12</sup>.

<sup>b</sup>Esta columna es necesaria para la evaluación macroeconómica e indica la categoría en que se pone el ítem en la matriz de insumo-producto; “-” significa “ no aplicable”.

Cuadro 6. Datos de input sobre establecimiento, mantenimiento y cosecha de las plantaciones.

Parámetro	Valor	Unidad	Categoría en matriz IP <sup>a</sup>
<i>Parámetros generales de la plantación</i>			
Crecimiento eucalipto <sup>b</sup>	12	t <sub>0%</sub> /ha.año	-
Rotación <sup>12</sup>	6	año	-
Vida útil plantación <sup>12</sup>	24	año	-
Densidad plantación <sup>12</sup>	2300	plantas/ha	-
Parte del terreno no utilizable <sup>f</sup>	20	%	-
Reservas de combustible necesarias <sup>20</sup>	10	%	-
Coste indirecto, mano de obra	59,742	\$/año	m.d.o. de coste alto
Coste indirecto, material	24,858	\$/año	import. repuestos y auxil.
Coste indirecto, vehiculos	10,678	\$/año	jeep
Coste indirecto, impuesto	2,609	\$/año	impuesto-subsención
<i>Establecimiento<sup>c</sup></i>			
Tractor para subsoleo <sup>69</sup>	13	\$/hr	tractor subsoleo
Tractor para arado <sup>69</sup>	9.8	\$/hr	tractor arado
Tractor para gradeo <sup>69</sup>	12	\$/hr	tractor gradeo
Tractor para cultivo <sup>69</sup>	6.5	\$/hr	tractor cultivo
Camión <sup>69</sup>	9.1	\$/hr	camión
Pastilla contra zompopos <sup>70</sup>	0.033	\$/past.	pesticidas
Pesticida líquido contra zompopos <sup>70</sup>	2.8	\$/l	pesticidas
Limpieza de tocones <sup>12</sup>	1.8	hr/ha	tractor subsoleo
Arado con tractor <sup>12</sup>	0.7	hr/ha	tractor arado
Subsoleo con tractor <sup>12</sup>	1.8	hr/ha	tractor subsoleo
Terraceo con tractor <sup>12</sup>	0.7	hr/ha	tractor cultivo
Gradeo con tractor <sup>12</sup>	1.9	hr/ha	tractor cultivo
Acarreo de plantas <sup>12</sup>	1.7	hr/ha	camión
Transporte de personal <sup>12</sup>	1.4	hr/ha	camión
Horas para plantar <sup>d</sup>	9.3	hr/ha	m.d.o. de coste bajo
Horas para plantar, supervisor <sup>12</sup>	0.3	hr/ha	m.d.o. de coste alto
Número de pastillas contra zompopos <sup>12</sup>	14	#/ha	pesticidas
Pesticida líquido por turno <sup>12</sup>	1.7	l/turno	pesticidas
Número de turnos para pesticida <sup>12</sup>	1	turno/ha	pesticidas
Horas para aplicación de pesticidas <sup>12</sup>	7.6	día/ha	m.d.o. de coste bajo
<i>Mantenimiento de la plantación</i>			
Horas para limpieza manual <sup>12</sup>	2.9	día/ha.turno	m.d.o. de coste bajo
Horas para limpieza con tractor <sup>12</sup>	2.4	hr/ha.turno	tractor cultivo
<i>Cosecha</i>			
Motosierra 44 cm <sup>11</sup>	425	\$/hr	motosierra
Cadena para motosierra <sup>11</sup>	16	\$/unidad	motosierra
Días por año para cosecha <sup>16</sup>	175	día/año	-
Capacidad de motosierra <sup>16</sup>	27	m <sub>solid</sub> <sup>3</sup> /día	-
Necesidad de reserva de motosierras <sup>16</sup>	20	%	-
Vida útil motosierra <sup>e,11</sup>	120	día	-
Vida útil cadena <sup>11</sup>	20	día	-
Uso de gasolina motosierra <sup>11</sup>	3	l/día	-
Uso de lubricante motosierra <sup>11</sup>	1.1	l/día	-
Velocidad de apilar para tiro directo <sup>16</sup>	14	m <sub>solid</sub> <sup>3</sup> /día.pers.	m.d.o. de coste bajo

<sup>a</sup>Esta columna es necesaria para la evaluación macroeconómica e indica la categoría en que se pone el ítem en la matriz de insumo-producto; "-" significa "no aplicable".

<sup>b</sup>El crecimiento es una estimación del gerente forestal de San Antonio, basada en experiencias en otras partes del país.<sup>12</sup>

<sup>c</sup>Los costes están basados en experiencias de todas las hectáreas plantadas de un ingenio en 1996; los números son promedios de todas las hectáreas.

<sup>d</sup>Los parámetros incluyen horas para distribuir plantas, hacer hoyos y plantar<sup>12</sup>.

<sup>e</sup>En el ingenio Victoria de Julio, las motosierras son sustituidas después de un año (lo que allí significa 120 días de operación), porque la reparación y el mantenimiento resulta demasiado caro en comparación con la compra de motosierras nuevas<sup>11</sup>.

<sup>f</sup>Esto incluye suelos que se usan para caminos y pedazos del terreno que no son físicamente aptos, e.g. con muchas piedras.

Cuadro 7. Datos de input sobre (des)carga y transporte de eucalipto.

Parámetro	Valor	Unidad	Categoría en matriz IP <sup>a</sup>
<i>Datos generales sobre (des)carga y transporte<sup>69</sup></i>			
Tractor con grúa	9.2	\$/hr	tractor cultivo
Remolque para tractor	2	\$/hr	remolque
Cabezal	13	\$/hr	cabezal
Rastra	4.2	\$/hr	rastra
Cargador frontal 90 HP	12	\$/hr	cargador frontal peq.
Cargador frontal 150-160 HP	14	\$/hr	cargador frontal grande
<i>Datos de tiro directo<sup>16</sup></i>			
Cantidad de tierra apta para tiro directo	40	%	-
Capacidad de carga cargador frontal 90 HP	36	ton <sub>wet</sub> /hr	-
Horas efectivas de trabajo cargador frontal	4.2	hr/día	-
Días por año para tiro directo	160	día/año	-
Distancia media para tiro directo	15	km	-
Volumen cabezal con rastra	26	m <sub>solid</sub> <sup>3</sup>	-
Peso de carga efectivo cabezal con rastra	18	ton <sub>0%</sub>	-
Velocidad media cabezal con rastra	25	km/hr	-
Horas de transporte máximas por día	17	hr	-
Capacidad de descarga cargador frontal 90 HP	75	ton <sub>wet</sub> /hr	-
Capacidad del sistema desempatiado <sup>b</sup>	22	ton <sub>wet</sub>	-
Tiempo para desempatiar y cargar astillador	0.8	hr	-
<i>Datos de tiro indirecto<sup>16</sup></i>			
Cantidad de tierra para transporte de 2 pasos	60	%	-
Distancia media para transporte menor	2.5	km	-
Capacidad tractor con remolque para transporte menor	10	ton <sub>wet</sub>	-
Productividad transporte menor	10	m <sub>solid</sub> <sup>3</sup> /hr	-
Días por año para transporte de 2 pasos	150	día/año	-
Distancia media para transporte mayor	42	km	-
Capacidad de descarga del cargador frontal 150 HP	90	ton <sub>wet</sub> /hr	-

<sup>a</sup>Esta columna es necesaria para la evaluación macroeconómica e indica la categoría en que se pone el ítem en la matriz de insumo-producto; "-" significa "no aplicable".

<sup>b</sup>El sistema de desempatiado consiste en un cargador frontal con tres remolques.

Cuadro 8. Datos sobre los costes de la planta eléctrica del ingenio.

Parámetros	Valor	Unidad	Categoría en matriz IP <sup>a</sup>
<i>Parámetros generales</i>			
Capacidad eléctrica neta <sup>c</sup>	15-19	MW <sub>e</sub>	-
Eficiencia eléctrica neta (PCI) <sup>d</sup>	20	%	-
Días para generación con eucalipto <sup>e</sup>	190	día/año	-
Días para generación con bagazo <sup>e</sup>	175	día/año	-
Factor de carga	80	%	-
Vida útil de la planta	24	año	-
<i>Operación y mantenimiento<sup>f</sup></i>			
Coste de mano de obra en coste O&M	0.25 <sup>j</sup>	\$cent/kWh	m.d.o. de coste alto
Coste de material en coste O&M	0.63	\$cent/kWh	import. repuestos y auxil.
<i>Coste por preparación del combustible</i>			
Coste astillador	350	k\$	import. repuestos y auxil.
Transformador para astillador <sup>15</sup>	80	k\$	import. repuestos y auxil.
Base de concreto para astillador	60	k\$	obra civil
<i>Costes de la turbina de la planta eléctrica</i>			
Turbo-gen. de seg. mano 19.3/15 MW <sub>e</sub> <sup>g,20</sup>	1,101	k\$	import. turbinas y calderas
Mano de obra directa de obra civil turbina <sup>20</sup>	13	k\$	m.d.o. de coste medio
Obra civil turbina contractor <sup>20</sup>	574	k\$	obra civil
Mano de obra directa instalación turbina <sup>20</sup>	80	k\$	m.d.o. de coste medio
Otros materiales para instalación turbina <sup>20</sup>	1,110	k\$	import. repuestos y auxil.
Coste total turbina	2,877	k\$	-
<i>Costes de la caldera nueva y la modificación de la caldera no. 10</i>			
Modificación caldera no. 10; mano de obra <sup>b</sup>	83	k\$	m.d.o. de coste medio
Modificación caldera no. 10; materiales <sup>b</sup>	458	k\$	import. repuestos y auxil.
Valor residual caldera no. 10 <sup>b</sup>	243	k\$	ganancia <sup>h</sup>
Caldera nueva; 25 kg/s, 41 bar, 400 °C	1,327	k\$	import. turbinas y calderas
Instalación caldera nueva <sup>i</sup>	840	k\$	import. repuestos y auxil.
Obra civil caldera nueva <sup>i</sup>	133	k\$	obra civil
Otros equipos <sup>15,20</sup>	594	k\$	import. repuestos y auxil.
Coste total calderas	3,678	k\$	-
Coste total de la planta eléctrica (incl. astill.)	7,045	k\$	-
Coste total de la planta por kW <sub>e</sub> (incl. astill.)	522	\$/kW <sub>e</sub>	-
Vapor utilizado para electricidad durante la zafra	42	%	-
Vapor utilizado para electr. durante la no-zafra	100	%	-
Relación entre la venta de electricidad durante la zafra y la generación neta total de todo el año	34	%	-
Relación entre la venta de electricidad durante la no-zafra y la generación neta total de todo el año	44	%	-

<sup>a</sup>Esta columna es necesaria para la evaluación macroeconómica e indica la categoría en que se pone el ítem en la matriz de insumo-producto; "-" significa "no aplicable".

<sup>b</sup>Para asegurar una cantidad de vapor suficiente, se modificó la caldera no. 10. Su nueva vida útil va a ser suficiente para sobrevivir los 24 años del proyecto.<sup>19</sup> Los costes de las modificaciones fueron conseguidos de Pérez<sup>19</sup> y Fernando Ramírez<sup>15</sup>. La división entre mano de obra y material fue conseguida de Fernando Ramírez<sup>20</sup>

<sup>c</sup>La capacidad máxima de la turbina con extracción máxima es de 19.3 MW<sub>e</sub> y sin extracción de 15 MW<sub>e</sub>. Esto es posible porque la parte de alta presión tiene una capacidad mayor que la otra parte. El coste por kW<sub>e</sub> está basado en la capacidad neta durante la no-zafra, siendo 13.5 MW<sub>e</sub>.

<sup>d</sup>Supusimos que esta eficiencia (basada en poder calorífico inferior) es igual a la eficiencia basada en poder calorífico inferior que se puede obtener con bagazo (Figura 4 y 5).<sup>14</sup>

<sup>e</sup>El número de días para la generación con leña depende de la duración de la zafra.<sup>14</sup>

<sup>f</sup>Los costes por mano de obra para la operación y el mantenimiento fueron conseguidos de Bendaña<sup>14</sup>. El componente de material fue conseguido de York<sup>67</sup>, y se basa en la planta eléctrica del ingenio Victoria de Julio en Nicaragua. Este coste coincide con otros datos bibliográficos sobre plantas eléctricas a partir de biomasa<sup>34</sup>.

<sup>g</sup>Esta turbina es de segunda mano de una planta eléctrica mexicana que quebró. Operó menos de 2 años, por lo que se espera que pueda cumplir el periodo de 24 años.

<sup>h</sup>Se supuso que el valor residual es valor agregado, porque no es un gasto real. Con la suposición de que ya se terminó de pagar esta inversión, se puede considerar este ítem como ganancia.

<sup>i</sup>Se supuso que los costes de instalación constituyen un 30% del coste CIF<sup>19</sup>. Se estima que la obra civil constituye un 10% del coste CIF de la caldera. Este número está basado en experiencias de otras plantas eléctricas a partir de biomasa<sup>71</sup>.

<sup>j</sup>Esta cifra por kWh es para la situación en que se genera solamente electricidad, que es el caso que se produce durante la no-zafra. Si además se genera calor (situación durante la zafra), hay que asignar también parte de este coste a esta generación. La cifra está basada en un coste de mano de obra por operación y mantenimiento total de 245,940 \$/año.

Cuadro 9. Datos de costes sobre la planta a partir de bunker.

Parámetro	Valor	Unidad	Categoría en matriz IP <sup>a</sup>
<i>Parámetros generales</i>			
Capacidad eléctrica neta <sup>c</sup>	5.5	MW <sub>e</sub>	-
Eficiencia eléctrica neta (PCI) <sup>d</sup>	41	%	-
Factor de carga	80	%	-
Vida útil de la planta <sup>14</sup>	12	año	-
<i>Operación y mantenimiento<sup>e</sup></i>			
Operación y mantenimiento; material	0.06	\$ct/kWh	import. repuestos y auxil.
Operación; mano de obra	0.05	\$ct/kWh	m.d.o. de coste alto
Operación; lubricante	0.3	\$ct/kWh	lubricante
Mantenimiento; mano de obra	0.36	\$ct/kWh	m.d.o. de coste alto
<i>Inversión en la planta eléctrica<sup>72</sup></i>			
Importación de la planta Wärtsilä	2,500	k\$	import. turbinas y calderas <sup>f</sup>
Contractor obra no-civil; mano de obra <sup>g</sup>	66	k\$	m.d.o. de coste medio
Contractor no-civil; material <sup>g</sup>	263	k\$	import. repuestos y auxil.
ENEL instalación; mano de obra <sup>g</sup>	80	k\$	m.d.o. de coste medio
ENEL instalación; civil <sup>g</sup>	320	k\$	import. repuestos y auxil.
Obra civil	471	k\$	obra civil
Coste de inversión total	3,700	k\$	-
Coste de inversión total por kW <sub>e</sub>	673	\$/kW <sub>e</sub>	-

<sup>a</sup>Esta columna es necesaria para la evaluación macroeconómica e indica la categoría en que se pone el ítem en la matriz de insumo-producto; "-" significa "no aplicable".

<sup>c</sup>La capacidad bruta máxima es 6.25 MW<sub>e</sub>, pero solamente se pueden generar 5.5 MW<sub>e</sub> para evitar un desgaste excesivamente rápido.<sup>68</sup> El tamaño de una unidad de esta planta es aproximadamente el 35% del tamaño planificado de la planta del ingenio (15 MW<sub>e</sub>). No obstante, ENEL tiene planes de construir plantas de 24 MW<sub>e</sub> con 4 unidades de este tipo. Por eso se supuso que sí se puede comparar esta planta con una planta de 15 MW<sub>e</sub> del ingenio. La unidad funcional para la comparación siempre tiene que ser igual, p.e. 1 kWh.

<sup>d</sup>Los especificaciones técnicas de la Wärtsilä VASA 18V32 dan una eficiencia bruta (basada en el poder calorífico inferior (PCI) y con 100% de carga) del 44.4% con diesel como combustible.<sup>73</sup> En la práctica, basada en el uso de bunker de este motor durante 6 meses en 1996 y 1997 en Planta Managua, la eficiencia fue del 40%. Sin embargo, el factor de carga varió entre el 16 y el 42%, lo que tal vez redujo su eficiencia.<sup>14</sup> El nuevo gerente de esta planta dijo que la eficiencia promedio en 1997, era hasta el momento de 16.4 kWh/galón, correspondiendo al 41%.<sup>68</sup> Este valor se usó en este estudio.

<sup>e</sup>Los costes de operación y mantenimiento se basaron en un período representativo de 6 meses en 1996 y 1997<sup>14</sup>.

<sup>f</sup>Aunque la planta eléctrica de Wärtsilä no tiene turbinas o calderas, se supuso que sus impuestos de importación son iguales a los de este motor.

<sup>g</sup>El componente de mano de obra de toda la obra civil (sobre todo los costes para la instalación) fue estimado en un 20% del coste de la instalación total, el resto es el componente de materiales<sup>72</sup>.