

SIMULACIÓN DE COSTES PARA DIVERSOS ESCENARIOS DE GESTIÓN DE LA FRACCIÓN RESTO

Mataró, 5 octubre 2012

José M^a Oteiza
Director Técnico
Instituto para la Sostenibilidad de los
Recursos (ISR)

- 1.- Objetivo**
- 2.- Capacidad de diseño para el tratamiento de la FR y FORU-RS. Datos de partida**
- 3.- Escenarios**
- 4.- Simulación de costes. Consideraciones preliminares y generales**
- 5.- Simulación de costes para los diversos escenarios**
 - 5.0. Pre-escenario común: Compostaje de la Fracción Orgánica de Recogida Selectiva**
 - 5.1. Escenario A: Incineración con recuperación de energía**
 - 5.2. Escenario B: TMB + Incineración con recuperación de energía**
 - 5.3. Escenario C: TBM y biorreactor (tratamiento CSR mediante tecnologías emergentes)**
 - Opción C.1: coste tratamiento CSR = 50 €/t
 - Opción C.2: coste tratamiento CSR = 70 €/t
 - Opción C.3: coste tratamiento CSR = 90 €/t
 - 5.4. Escenario D: TBM y biorreactor (tratamiento CSR mediante cementeras)**
 - 5.5. Escenario E: TBM + Incineración con recuperación de energía**
 - 5.6. Escenario F: TMB + vertido**
- 6.- Resumen comparativo**

Analizar y comparar simulaciones de costes para diversos escenarios de tratamiento de la Fracción Resto en un territorio modelo

No se trata de una evaluación de alternativas, sino de una simulación basada en datos de instalaciones reales, que permite la aproximación al orden de magnitud de los costes de los diferentes modelos elegidos.

Evidentemente, la casuística es infinita y la elección de los modelos no pretende ser determinante, sino tener un carácter representativo de las diferentes familias de soluciones.

El modelo es un territorio de ficción y no debe identificarse con ningún ámbito territorial concreto.

2. CAPACIDAD DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LA FR y FORU-RS. DATOS DE PARTIDA

- ✓ Año de referencia: 2016 (todos los datos de partida se referirán a este año)
- ✓ Composición de los RU:
 - o Residuos domiciliarios: 70%
 - o Residuos industriales, comerciales, institucionales asimilables a urbanos (RICIA): 30%
- ✓ El paradigma de la gestión sostenible del trinomio recursos-productos-residuos se basa en:
 - o Disminuir la generación potencial de residuos mediante prevención + reutilización y máximo aprovechamiento de los recursos y disminución de la FR mediante:
 - máxima recuperación de materiales
 - máxima recuperación de la FORU
 - o Aprovechamiento de la FR

2. CAPACIDAD DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LA FR y FORU-RS. DATOS DE PARTIDA

Composición media de los Residuos Urbanos

- ✓ **Materia Orgánica: 37%**
- ✓ **Papel y Cartón: 21%**
- ✓ **Plásticos: 16%**
- ✓ **Vidrio: 9%**
- ✓ **Metales férricos: 4%**
- ✓ **Metales no férricos: 2%**
- ✓ **Madera: 1%**
- ✓ **Textil: 2%**
- ✓ **Celulósicos complejos: 3%**
- ✓ **Varios: 5%**

2. CAPACIDAD DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LA FR y FORU-RS. DATOS DE PARTIDA

- ✓ Para la simulación de costes relativa a la gestión de la FR, se han supuesto unos valores de prevención + reutilización, aprovechamiento de materiales y aprovechamiento de la FORU que determinan la capacidad de tratamiento para la FR.
- ✓ Se han utilizado como fuentes:
 - Planes elaborados por el ISR para diferentes CCAA
 - Otros Planes de Residuos (PNIR, Cataluña, Guipúzcoa y Vizcaya)
 - Estudios multiparticipantes del ISR: NERU I, NERU II, TEVER
 - Consultas directas a fabricantes de equipos

Aprovechamiento de la FORU

- La FORU supone el 37% de los RU del territorio. Esta FORU se descompone en:
 - 23,2% es FO de R Domiciliarios
 - 8,8% es FO de grandes consumidores (de RICIA)
 - 5% es restos de podas y jardinería (3% son RICIA)
- El 8,8% de grandes consumidores equivale al 23% de la MO putrescible.

2. CAPACIDAD DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LA FR y FORU-RS. DATOS DE PARTIDA

Dimensionamiento de diseño para la FORU recuperada

ORIGEN	% DE PARTIDA SOBRE RU	% OBJETIVO DE RECUPERACIÓN	% FO RECUPERADA RESPECTO TOTAL DE RU
RD	23,2	30	6,9
Grandes consumidores	8,8	66	5,8
Podas	5	46	2,3

TOTAL FO RECUPERADA: **15%**

2. CAPACIDAD DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LA FR y FORU-RS. DATOS DE PARTIDA

Aprovechamiento de los materiales

Envases

ORIGEN	% DE PARTIDA SOBRE RU	% OBJETIVO DE RECUPERACIÓN	% MAT. RECUPERADOS RESPECTO TOTAL DE RU
RD	16	60	9,6
RICIA	16	75	12

Total envases recuperados: 21,6%

No envases

RD Papel y cartón: 3,5%
RAEE y Otros: 2 %

RICIA

% DE PARTIDA SOBRE RU	% OBJETIVO DE RECUPERACIÓN	% MAT. RECUPERADOS RESPECTO TOTAL DE RU
5,2	75	3,9

Total no envases recuperados: 9,4%

TOTAL MATERIALES RECUPERADOS: 31%

2. CAPACIDAD DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LA FR y FORU-RS. DATOS DE PARTIDA

Capacidad diseño FR

- La FR = RU real - FORU recuperada - materiales recuperados
- La FR = 100 - 15 - 31 = 54%
- RU potencial = 580 kg/hab*año
- Prevención + Reutilización = 58 kg/hab*año
- RU real = 522 kg/hab*año
FR = 522 x 0,54 = 282 kg/hab*año
- Habitantes actuales : 1,1 millones
Prognosis 2016: 1,2 millones de habitantes
- Capacidad de diseño de la FR = 282 kg/hab*año x 1,2 mill. hab.
FR = 340.000 t/año

2. CAPACIDAD DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LA FR y FORU-RS. DATOS DE PARTIDA

Capacidad diseño FORU-RS

- Objetivo de recuperación de FORU-RS = 15% RU
- FORU-RS = $522 \text{ kg/hab} \cdot \text{año} \times 0,15 = \underline{78,3 \text{ kg/hab} \cdot \text{año}}$
- Habitantes actuales : 1,1 millones
Prognosis 2016: 1,2 millones de habitantes
- Capacidad de diseño FORU-RS = $78,3 \text{ kg/hab} \cdot \text{año} \times 1,2 \text{ mill. hab.}$

FORU-RS = 90.000 t/año

- **Pre-escenario común: Compostaje de Fracción Orgánica de Recogida Selectiva**
- **Escenario A: Incineración con recuperación de energía**
- **Escenario B: TMB + Incineración con recuperación de energía**
- **Escenario C: TBM y biorreactor (tratamiento CSR tecnologías emergentes)**
 - Opción C.1: coste tratamiento CSR = 50 €/t
 - Opción C.2: coste tratamiento CSR = 70 €/t
 - Opción C.3: coste tratamiento CSR = 90 €/t
- **Escenario D: TBM y biorreactor (tratamiento CSR mediante cementeras)**
- **Escenario E: TMB + Incineración con recuperación de energía**
- **Escenario F: TMB + Vertido**

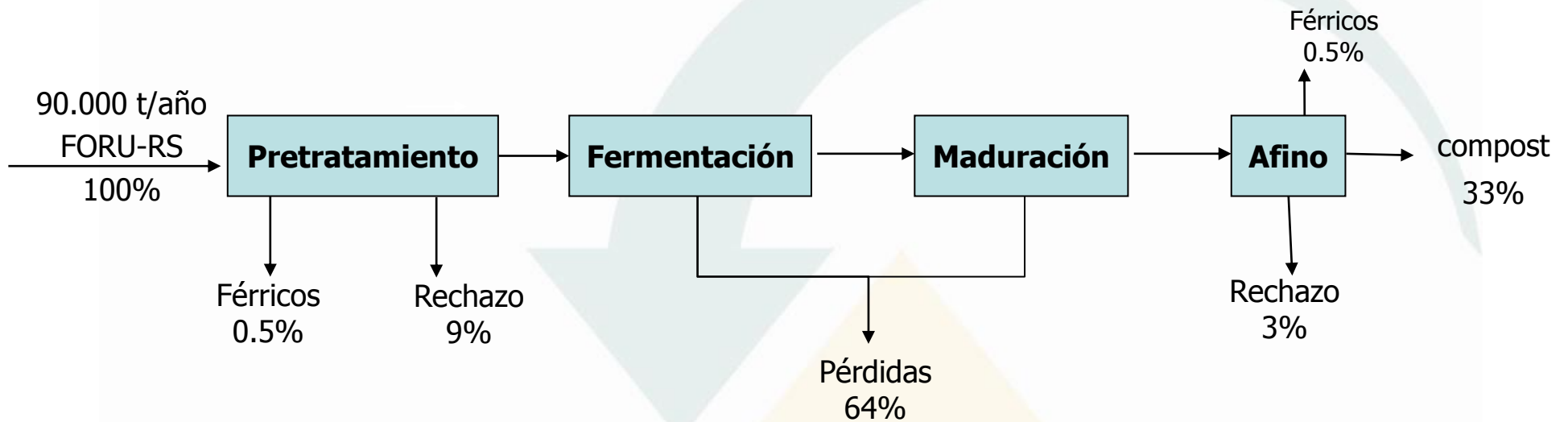
4. SIMULACIÓN DE COSTES. CONSIDERACIONES PRELIMINARES Y GENERALES

- **Coste tratamiento anual = Costes operación y mantenimiento + Amortización de inversión – ingresos por venta de energía y materiales**
- **Entrada de Fracción Resto en todos los escenarios: 340.000 t/año**
- **Amortización Obra civil: 20 años**
- **Amortización Equipos: 12 años**
- **Tipo de interés para el cálculo de la amortización: 5%**

- **Precio venta KWh: 0,06 €**
- **Precios de venta de materiales recuperados:**
 - Férricos: 59 €/t PET y PEAD: 247 €/t Vidrio: 3,9 €/t**
 - Aluminio: 102 €/t Cartón para bebidas: 212 €/t PEAD flexible y PEBD: 280 €/t**

- **Coste de vertido de cenizas en Depósito de Seguridad: 100 €/t**
- **Coste de aceptación de escorias por industriales: 0 €/t**
- **Costes de tratamiento de CSR mediante tecnologías emergentes en escenario C:**
 - Opción C.1: coste tratamiento CSR = 50 €/t
 - Opción C.2: coste tratamiento CSR = 70 €/t
 - Opción C.3: coste tratamiento CSR = 90 €/t
- **En el escenario B se considera que el estabilizado no tiene salida y se incorpora al combustible para la incineración**

5.0 Pre-escenario: Compostaje de Fracción Orgánica de Recogida Selectiva



- Pretratamiento con trómel y separador magnético
- Fermentación en túneles con alimentación mecánica
 - 18 túneles de fermentación y 10 de postfermentación.
 - Control automático de temperatura y oxígeno
- Maduración en nave con pavimento ventilado
- Afino en tambor rotativo con criba de 10 mm y separador magnético
- Tratamiento de olores mediante biofiltro
- Vertido de rechazos a 42,2 €/t

5.0 Pre-escenario: Compostaje de FORU-RS

Toneladas entrantes al sistema (FORU-RS)
90.000,00

Compostaje de FORU-RS

Tratamiento	% entrada resp total FORU-RS	Toneladas entrantes	Toneladas salientes	Inversión (M€)	Costes		Ingresos (M€/año)	
					Operación (M€/año)	Amortización de inversión (M€/año)		
Pretratamiento	100%	90.000,00		17,4	2,4	1,7		
Materiales recuperados	0,5%		450,00				0,03	por venta de magnéticos
Rechazo	9%		8.100,00					
Fermentación y maduración	91%	81.450,00						
Pérdidas	55%		49.050,00					
Material madurado	36%		32.400,00					
Afino	36%	32.400,00						
Materiales recuperados	0,5%		450,00				0,03	por venta de magnéticos
Compost	33%		29.700,00				0,2	por venta de compost
Rechazo	3%		2.700,00					
Vertido de rechazos		10.800,00			0,5			
Subtotales				17,4	2,8	1,7	0,2	

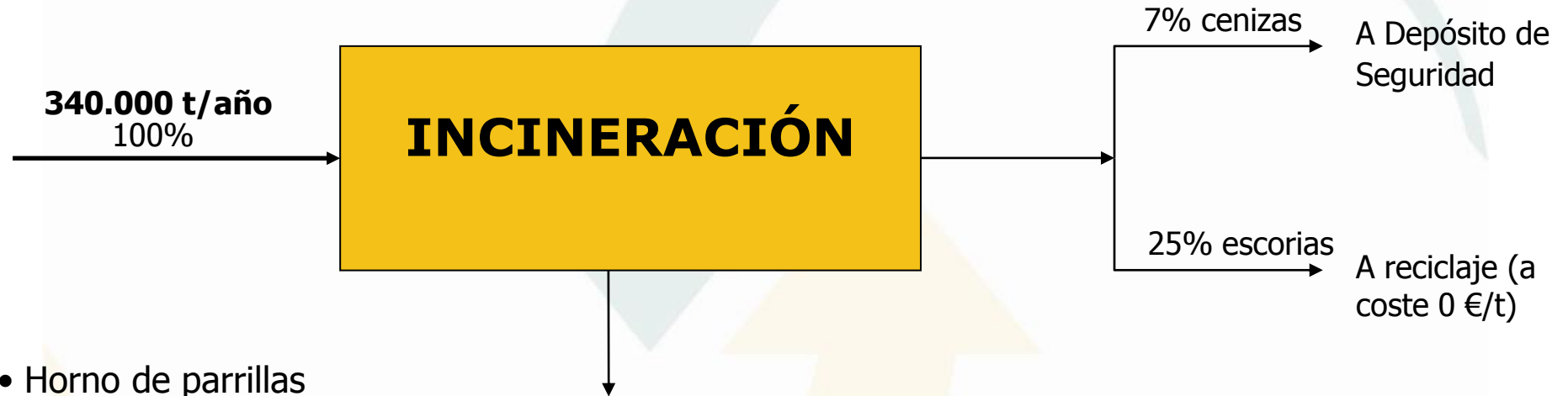
Coste total bruto (M€/año) = coste operación + coste amortización =	4,5
Ingresos (M€/año) , por venta de compost	0,2
Coste total neto (M€/año)	4,2
Coste por tonelada FORU-RS (€/Tm) , para FORU-RS = 90.000Tm/año	47,1

Inversión: 17,4 M€

Coste Tratamiento anual = Costes - ingresos = 4,24 M€/año

Coste por tonelada tratada de FORU-RS = = 4,3 M€/año / 90.000 t /año = 47,11 €/t

5.1 Escenario A. Incineración con recuperación de energía



- Horno de parrillas
- 2 líneas de 24 ton/h cada una
- PCI FR = 1650 Kcal/Kg
- Potencia térmica: 89,5 MWt
- Rendimiento de transformación: 23%
- Autoconsumo eléctrico: 17%
- Energía neta para venta: 128 GWh/año
- Vertido de cenizas en Depósito Seguridad: 100 €/t, 23.800 t/año

5. SIMULACIÓN DE COSTES PARA DIVERSOS ESCENARIOS

Escenario A.

Toneladas entrantes al sistema (fracción resto, FR)
340.000,00

Incineración con recuperación de energía

Tratamiento	% entrada resp total FR	Toneladas entrantes	Toneladas salientes	Inversión (M€)	Costes		Ingresos (M€/año)	
					Operación (M€/año)	Amortización de inversión (M€/año)		
Incineración (parrillas)	100%	340.000,00		150,0	12,5	15,3		
Escorias	25%		85.000,00				0	escorias a coste 0
Cenizas	7%		23.800,00					
Gas para producción energía							7,7	por venta de energía
Vertido de cenizas		23.800,00			2,4			
Subtotales				150,0	14,9	15,3	7,7	

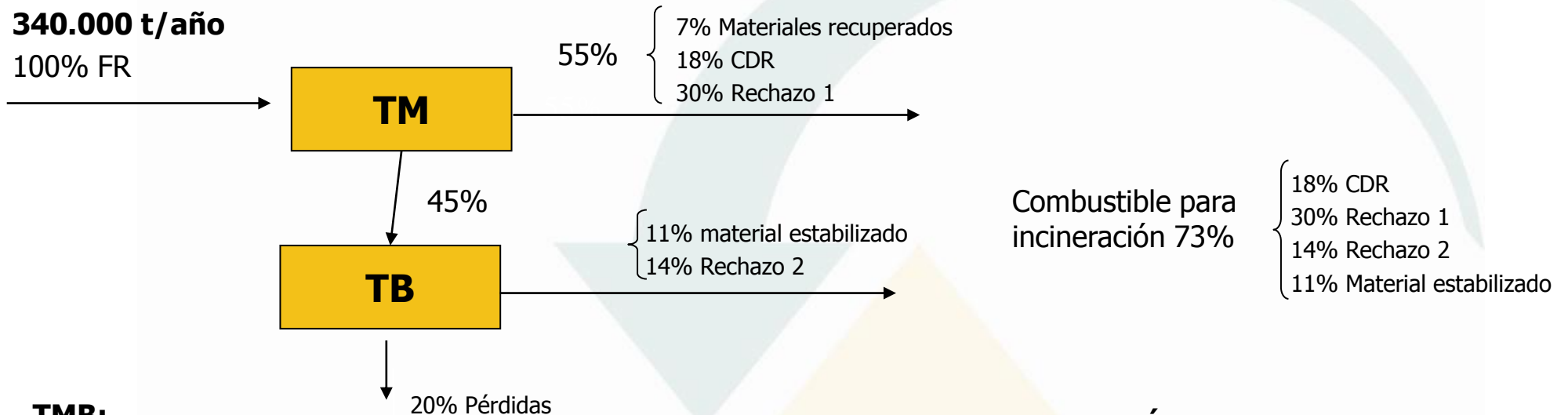
Coste total bruto (M€/año) = coste operación + coste amortización =	30,2
Ingresos (M€/año), por venta de electricidad	7,7
Coste total neto (M€/año)	22,5
Coste por tonelada FR (€/Tm), para FR = 340.000ton/año	66,2

Inversión: 150 M€

Coste Tratamiento anual = (Coste Incineración + Coste vertido cenizas) - ingresos = 22,5 M€/año

Coste por tonelada tratada de Fracción Resto = 22,5 M€/año / 340.000 t/año = 66,2 €/t

5.2 Escenario B. TMB e incineración con recuperación de energía



TMB:

- **Pretratamiento y clasificación (TM):**
 - 2 líneas de 35 Tm/h cada una; 310 días; 16 h/día
 - Tipo de instalación: Nave cerrada de tratamiento mecánico automatizado, con triaje de voluminosos, clasificación granulométrica en trómel, clasificación densimétrica, recuperación de subproductos con separadores automáticos y prensado de subproductos
- **Biometanización (TB):**
 - 3 digestores; 612 Tm/día; 250 días al año; 16 hdía
 - PCI biogás: 19,44 MJ/Nm³
 - Rendimiento de transformación: 32%
 - Autoconsumo eléctrico: 35%
 - Energía neta para venta: 28,64 GWh/año

INCINERACIÓN:

- Se incinera el CDR y el material estabilizado en biometanización (ya que éste no es vendible)
- Horno de parrillas
- 2 líneas de 17 Tm/h cada una
- PCI (CDR+material estabilizado) = 2400 Kcal/Kg
- Potencia térmica: 93 MWt
- Rendimiento de transformación: 23%
- Autoconsumo eléctrico: 17%
- Energía neta para venta: 133 GWh/año
- Vertido cenizas en Depósito Seguridad: 100 €/t

Escenario B.

Toneladas entrantes al sistema (fracción resto, FR)
340.000,00

Tratamiento Mecánico-Biológico e incineración

Fase de tratamiento	% entrada resp total FR	Toneladas entrantes	Toneladas salientes	Inversión (M€)	Costes		Ingresos (M€/año)
					Operación (M€/año)	Amortización de inversión (M€/año)	
Trat mecánico-biológico	100%	340.000,00		50,7	11,3	5,1	Por venta de materiales recuperados (7% de FR): 0,8 4% magnéticos 0,3 1% aluminio 0,9 1,2% PET y PEAD 0,4 0,5% bricks 0,0 0,3% vidrio 0,1 0,1% plásticos ligros 1,7 venta energía biometanización 8,0 por venta de energía
Parte inorgánica	55%		187.000,00				
Materiales recuperados	7%		23.800,00				
CDR	18%		61.200,00				
Rechazo 1	30%		102.000,00				
Parte orgánica	45%		153.000,00				
Rechazo 2	14%		47.600,00				
Pérdidas	20%		68.000,00				
Material estabilizado	11%		37.400,00				
Incineración	73%	248.200,00					
Vertido de cenizas		17.374,00			1,7		
Subtotales				170,7	23,1	17,3	12,2

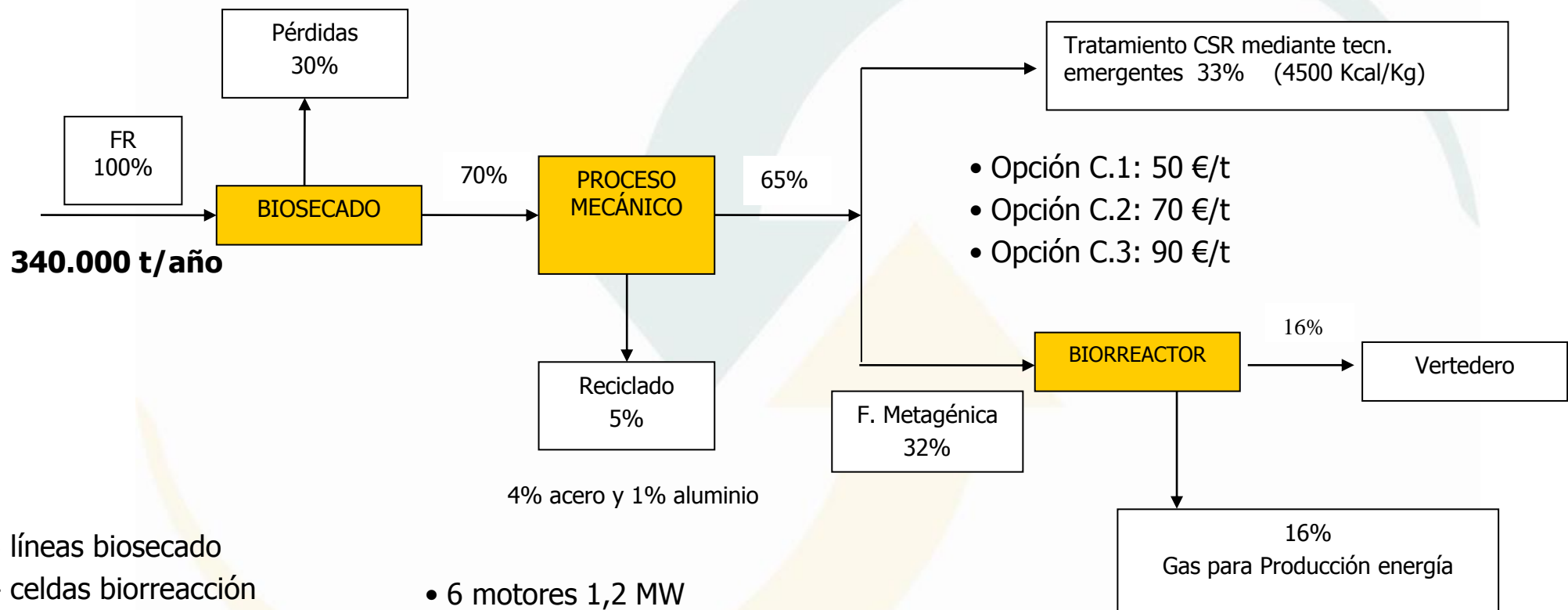
Coste total bruto (M€/año) = coste operación + coste amortización =	40,4
Ingresos (M€/año), por venta de electricidad y subproductos recuperados	12,2
Coste total neto (M€/año)	28,1
Coste por tonelada FR (€/Tm), para FR = 340.000Tm/año	82,7

Inversión: TMB: 50,7 M€; Incineración: 120 M€

Coste Tratamiento anual = (Coste TMB + Coste Incineración + Coste vertido cenizas) - ingresos = 28,1 M€/año

Coste por tonelada tratada de Fracción Resto = 28,1 M€/año / 340.000 t/año = 82,7 €/t

5.3 Escenario C. TBM y biorreactor (tratamiento CSR mediante tecnologías emergentes)



- 5 líneas biosecado
- 4 celdas biorreacción
 - llenado: 2 años
 - explotación biogás: 4 años
 - Aireación: 1 año
 - Vaciado: 1 año

- 6 motores 1,2 MW
- PCI CSR = 4500 Kcal/Kg
- Energía neta para venta: 43,5 GWh/año
- Tratamiento de CSR mediante tecnologías emergentes (50 €/t, 70 €/t y 90 €/t)

5. SIMULACIÓN DE COSTES PARA DIVERSOS ESCENARIOS

Escenario C

Toneladas entrantes al sistema (fracción resto, FR)		TBM y biorreactor (CSR a tecnologías emergentes)									
340.000,00		Fase de tratamiento	% entrada resp total FR	Toneladas entrantes	Toneladas salientes	Inversión (M€)	Costes		Ingresos (M€/año)		
							Operación (M€/año)	Amortización de inversión (M€/año)			
Planta tratamiento	Trituración	100%	340.000,00	340.000,00	66,3	4,3	7,5				
	Biosecado	100%	340.000,00	238.000,00							
	Separación metales	70%	238.000,00								
	Magnéticos	4%		13.600,00						0,8	por venta de magnéticos
	Aluminio	1%		3.400,00						0,3	por venta de aluminio
	Masa biosecada sin metales	65%		221.000,00							
	Afino de la masa biosecada	65%	221.000,00								
Recuperación externa	CSR	33%		112.200,00							
	Fracción metagénica	32%		108.800,00							
	Tratamiento CSR (4500Kcal/Kg) mediante tecnologías emergentes	33%	112.200,00								
	Opción C.1: Coste tratamiento 50€/Tm				5,6						
Opción C.2: Coste tratamiento 70€/Tm				7,9							
Opción C.3: Coste tratamiento 90€/Tm				10,1							
Biorreactor y vertedero	Biorreactor fracción metagénica	32%	108.800,00		16,7	1,7	1,8	2,6			
	Gas para producción energía	16%		54.400,00							por venta de energía
	Rechazo a vertedero	16%		54.400,00							
Vertedero	16%	54.400,00									
Subtotales opción C.1 (coste tratamiento CSR: 50€/Tm)					82,9	11,6	9,2	3,8			
Subtotales opción C.2 (coste tratamiento CSR: 70€/Tm)					82,9	13,9	9,2	3,8			
Subtotales opción C.3 (coste tratamiento CSR: 90€/Tm)					82,9	16,1	9,2	3,8			
OPCIÓN C.1											
Coste total bruto (M€/año) = coste operación + coste amortización =								20,9			
Ingresos (M€/año), por venta de electricidad y subproductos recuperados								3,8			
Coste total neto (M€/año)								17,1			
Coste por tonelada FR (€/Tm), para FR = 340.000Tm/año								50,3			
OPCIÓN C.2											
Coste total bruto (M€/año) = coste operación + coste amortización =								23,1			
Ingresos (M€/año), por venta de electricidad y subproductos recuperados								3,8			
Coste total neto (M€/año)								19,3			
Coste por tonelada FR (€/Tm), para FR = 340.000Tm/año								56,9			
OPCIÓN C.3											
Coste total bruto (M€/año) = coste operación + coste amortización =								25,3			
Ingresos (M€/año), por venta de electricidad y subproductos recuperados								3,8			
Coste total neto (M€/año)								21,6			
Coste por tonelada FR (€/Tm), para FR = 340.000Tm/año								63,5			

Inversión: Biosecado y afino: 66,3 M€; Biorreactor: 16,7 M€

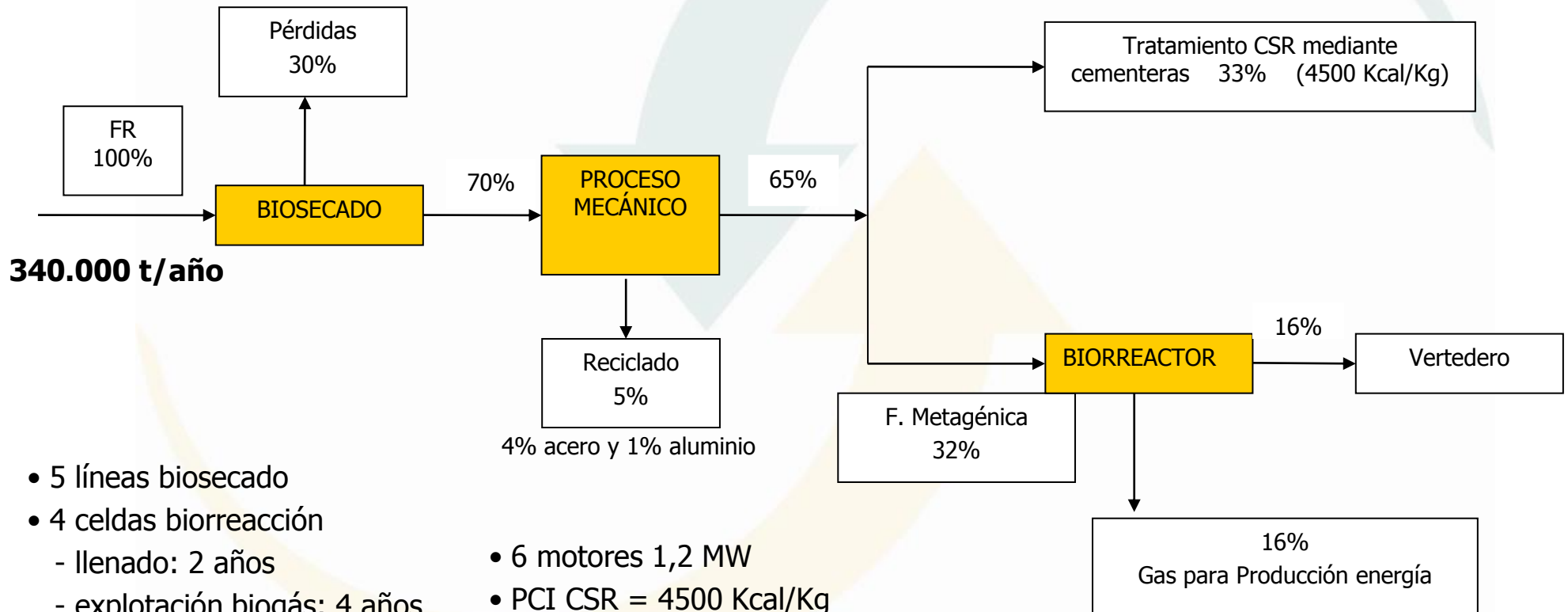
Coste Trat anual = Costes – ingresos. C.1 = 17,1 M€/año; C.2 = 19,3 M€/año; C.3 = 21,6 M€/año

Coste por tonelada tratada de FR = 17,1 M€/año/340.000 t/año = 50,3 €/t (C.1);

= 19,3 M€/año/340.000 t/año = 56,9 €/t (C.2);

= 21,6 M€/año/340.000 t/año = 63,5 €/t (C.3)

5.4 Escenario D. TBM y biorreactor (tratamiento CSR mediante cementeras)



- 5 líneas biosecado
- 4 celdas biorreacción
 - llenado: 2 años
 - explotación biogás: 4 años
 - Aireación: 1 año
 - Vaciado: 1 año

- 6 motores 1,2 MW
- PCI CSR = 4500 Kcal/Kg
- Energía neta para venta: 43,5 GWh/año
- Tratamiento de CSR mediante cementeras(20 €/t)

ESCENARIO D

Inversión: Biosecado y afino: 66,3 M€; Biorreactor: 16,7 M€

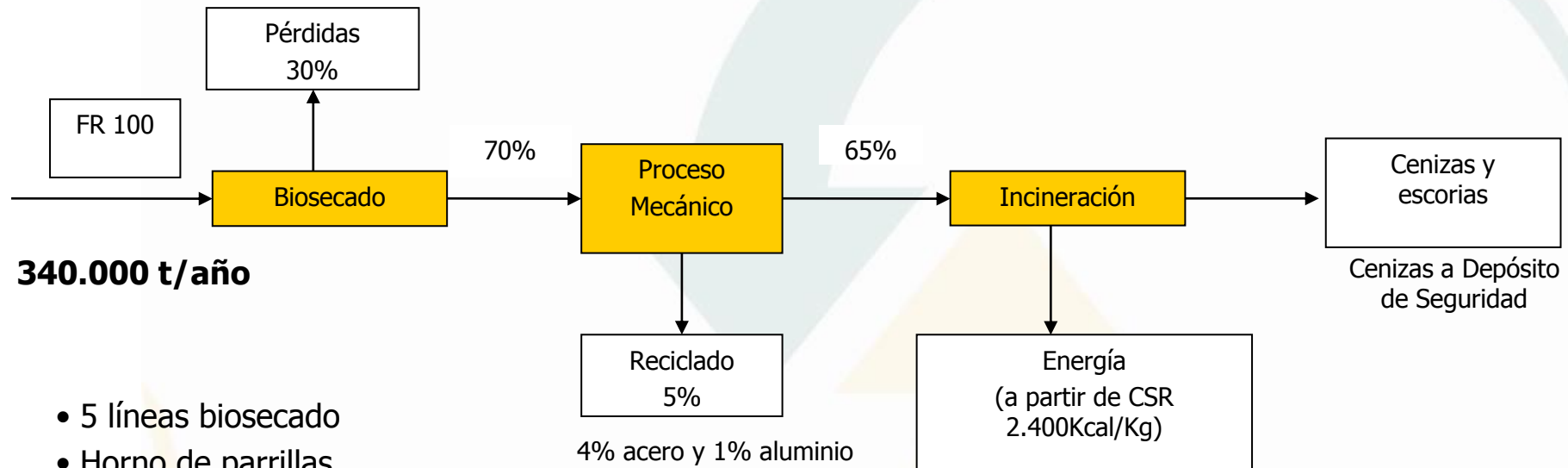
Coste total bruto (M€/año)=coste operación+coste amortización=8,2+9,2=17,4

Ingresos (M€/año), por venta de electricidad y subproductos recuperados=3,8

Coste Trat anual = Costes – ingresos = 13,6 M€/año

Coste por tonelada tratada de FR = 13,6 M€/año/340.000 t/año= 40 €/t

5.5 Escenario E: TBM + incineración con recuperación de energía



340.000 t/año

- 5 líneas biosecado
- Horno de parrillas
- 2 líneas de 17 Tm/h cada una
- PCI CSR = 2400 Kcal/Kg
- Potencia térmica: 82,25 MWt
- Rendimiento de transformación: 23%
- Autoconsumo eléctrico: 17%
- Energía neta para venta: 118 GWh/año
- Vertido en Depósito Seguridad: 100 €/t

5. SIMULACIÓN DE COSTES PARA DIVERSOS ESCENARIOS

Escenario E: TBM + incineración con recuperación de energía

Toneladas entrantes al sistema (fracción resto, FR)
340.000,00

TBM + incineración con recuperación de energía

	Fase de tratamiento	% entrada resp total FR	Toneladas entrantes	Toneladas salientes	Inversión (M€)	Costes		Ingresos (M€/año)		
						Operación (M€/año)	Amortización de inversión (M€/año)			
Planta tratamiento	Trituración	100%	340.000,00	340.000,00	50,0	3,0	5,6			
	Biosecado	100%	340.000,00	238.000,00						
	Separación metales	70%	238.000,00							
	Magnéticos	4%		13.600,00					0,8	por venta de magnéticos
	Aluminio	1%		3.400,00					0,3	por venta de aluminio
	Masa biosecada sin metales (CSR 2400Kcal/Kg)	65%		221.000,00						
Incineración	Incineración	65%	221.000,00		112,0	9,1	11,4	7,1	por venta de energía	
Vertido	Vertido de cenizas		15.470,00			1,5				
Subtotales					162,0	13,7	17,0	8,2		

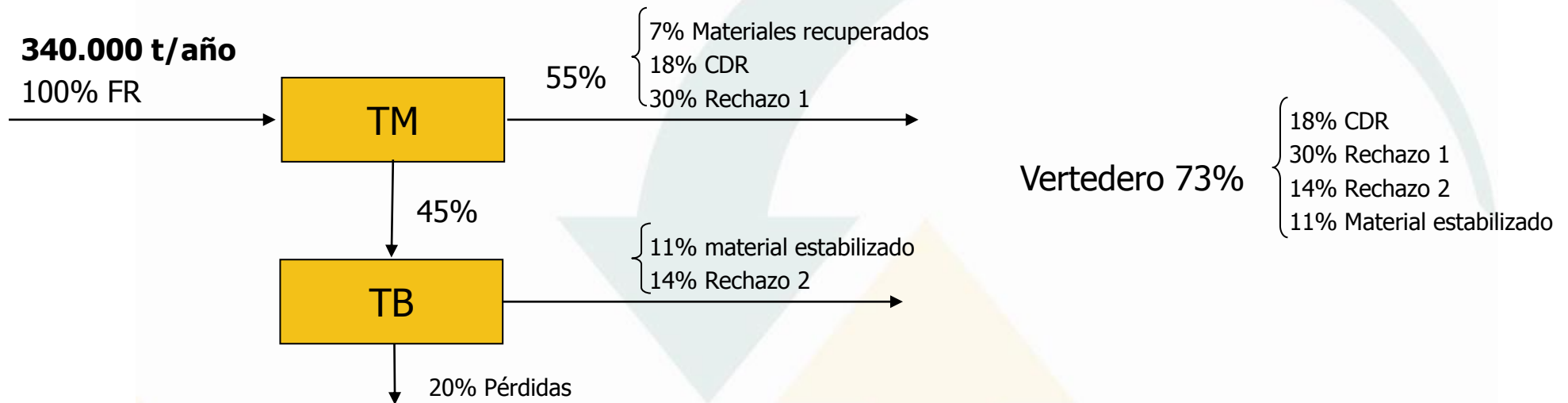
Coste total bruto (M€/año) = coste operación + coste amortización =	30,8
Ingresos (M€/año), por venta de electricidad y subproductos recuperados	8,2
Coste total neto (M€/año)	22,5
Coste por tonelada FR (€/Tm), para FR = 340.000Tm/año	66,3

Inversión: Biosecado: 50 M€; incineración: 112 M€

Coste Tratamiento anual = (Coste biosecado + Coste incineración y vertido cenizas) - ingresos = 22,5 M€/año

Coste por tonelada tratada de Fracción Resto = 22,5 M€/año / 340.000 t/año = 66,3 €/t

5.6 Escenario F: TMB + vertedero



TMB:

• Pretratamiento y clasificación (TM):

- 2 líneas de 35 Tm/h cada una; 310 días; 16h/día
- Tipo de instalación: Nave cerrada de tratamiento mecánico automatizado, con triaje de voluminosos, clasificación granulométrica en trómel, clasificación densimétrica, recuperación de subproductos con separadores automáticos y prensado de subproductos

• Biometanización (TB):

- 3 digestores; 612 Tm/día; 250 días al año; 16 hdía
- PCI biogás: 19,44 MJ/Nm³
- Rendimiento de transformación: 32%
- Autoconsumo eléctrico: 35%
- Energía neta para venta: 28,64 GWh/año

VERTEDERO:

- Se vierten los rechazos, el CDR y el material estabilizado en biometanización (ya que éste no es vendible)
- Funcionamiento: 20 años. Postclausura: 30 años
- 4 celdas de vertido
- Maquinaria: 4 palas cargadoras, 2 niveladoras, 4 compactadoras y 5 vehículos auxiliares
- Densidad de compactación: 0,9 Tm/m³
- Cobertura final geotextil-barrera impermeable-geotextil, drenaje superficial y tierra vegetal

5.6 Escenario F: TMB + vertedero

Toneladas entrantes al sistema (fracción resto, FR)

340.000,00

Tratamiento Mecánico-Biológico y vertido

Fase de tratamiento	% entrada resp total FR	Toneladas entrantes	Toneladas salientes	Inversión (M€)	Costes		Ingresos (M€/año)
					Operación ¹ (M€/año)	Amortización de inversión (M€/año)	
Trat mecánico-biológico	100%	340.000,00		50,7	11,3	5,1	Por venta de materiales recuperados (7% de FR): 0,8 4% magnéticos 0,3 1% aluminio 0,9 1,2% PET y PEAD 0,4 0,5% bricks 0,0 0,3% vidrio 0,1 0,1% plásticos ligros 1,7 venta energía biometanización
Parte inorgánica	55%		187.000,00				
Materiales recuperados	7%		23.800,00				
CDR	18%		61.200,00				
Rechazo 1	30%		102.000,00				
Parte orgánica	45%		153.000,00				
Rechazo 2	14%		47.600,00				
Pérdidas	20%		68.000,00				
Material estabilizado	11%		37.400,00				
Vertedero	73%	248.200,00					
Subtotales				69,9	20,1	6,7	4,3

¹ El coste de operación del vertedero incluye el coste durante los 20 años de funcionamiento y los 30 de postclausura

Coste total bruto (M€/año) = coste operación + coste amortización =	26,8
Ingresos (M€/año), por venta de electricidad y subproductos recuperados	4,3
Coste total neto (M€/año)	22,5
Coste por tonelada FR (€/Tm), para FR = 340.000Tm/año	66,3

Inversión: TMB: 50,7 M€; Vertedero: 19,2 M€

Coste Tratamiento anual = (Coste TMB + Coste Vertedero) - ingresos = 22,5 M€/año

Coste por tonelada tratada de Fracción Resto = 22,5 M€/año / 340.000 t/año = 66,3 €/t

Rendimiento energético

Escenario	Energía Eléctrica (GWh/a)	CSR/CDR (tep/a)	Reciclaje
A. Incineración	128		-
B. TMB + Incineración	161,54		*
C. TBM + Biorreactor	43,5	50.370	*
D. TBM + Cementera	43,5	50.370	*
E. TBM + Incineración	118		*
F. TMB + Vertido	28,64		*

Costes

PRE-ESCENARIO COMÚN (FORU-RS = 90.000 t/año)	Inversión	Coste tratamiento anual	Coste por Tm de FORU-RS
Compostaje de FORU-RS	17,4 M€	4,24 M€/año	47,11 €/t

ESCENARIO (FR = 340.000 t/año)	Inversión	Coste tratamiento anual	Coste por Tm de FR
A. Incineración con recuperación de energía	150 M€	22,5 M€/año	66,2 €/t
B. TMB + Incineración con recuperación de energía	170,7 M€	28,1 M€/año	82,7 €/t
	TMB: 50,7 M€		
	Incineración.: 120 M€		
C. TBM y Biorreactor (tratam. CSR tecnologías emergentes)	82,9 M€	C.1: 17,1 M€/año C.2: 19,3 M€/año C.3: 21,6 M€/año	C.1: 50,3 €/t C.2: 56,9 €/t C.3: 63,5 €/t
	Biosecafino: 66,3 M€		
	Biorreactor-vertido: 16,7 M€		
D. TBM y Biorreactor (tratam. CSR cementeras)	82,9 M€	13,6 M€/año	40 €/t
	Biosecafino: 66,3 M€		
	Biorreactor-vertido: 16,7 M€		
D. TBM + Incineración con recuperación de energía	162 M€	22,5 M€/año	66,3 €/t
	Biosecafino: 50 M€		
	Incineración: 112 M€		
F. TMB + vertido	69,9 M€	22,5 M€/año	66,3 €/t
	Biosecafino: 50 M€		
	Vertedero: 19,2 M€		

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

josem.oteiza@isrcer.org

www.isrcer.org