



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO TECNO-ECONÓMICO
DE UNA CENTRAL DE
GASIFICACIÓN EN DIFERENTES
MODOS DE AUTOCONSUMO
PARA DIFERENTES
COOPERATIVAS DE LA
PROVINCIA**

Alumno: Daniel Vacas Martín

Tutores: D.David Vera Candeas y D.Roque Aguado Molina
Depto.: Ingeniería Eléctrica

Febrero, 2023

ÍNDICE

1	RESUMEN	12
2	OBJETIVOS	13
3	INTRODUCCIÓN	14
3.1	BIOMASA	14
3.1.1	TIPOS DE BIOMASA	15
3.2	POTENCIAL DE BIOMASA EN ANDALUCÍA	16
3.3	RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DEL OLIVAR	17
3.3.1	PODA DE OLIVAR	18
3.3.2	HUESO DE ACEITUNA	18
3.3.3	HOJÍN	19
3.3.4	ALPERUJO	19
3.4	PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE	20
3.5	HISTORIA DE LA GASIFICACIÓN	22
3.5.1	INTRODUCCIÓN	22
3.5.2	LA GASIFICACIÓN HOY	23
3.6	PROCESO DE GASIFICACIÓN	25
3.6.1	PRECALENTAMIENTO O SECADO	26
3.6.2	PIRÓLISIS	26
3.6.3	GASIFICACIÓN O REDUCCIÓN	28
3.6.4	ETAPA DE COMBUSTIÓN	28
3.7	TIPO DE GASIFICADORES	29
3.7.1	GASIFICADORES DOWNDRAFT	30
3.7.2	GASIFICADORES UPDRAFT	31
3.8	PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE GASIFICACIÓN	32
3.8.1	TEMPERATURA	32
3.8.2	TIEMPO DE PERMANENCIA	32
3.8.3	AGENTE GASIFICANTE	32
3.8.4	MATERIA PRIMA	33
3.8.5	REACTIVIDAD	33
3.9	PLANTA DE GASIFICACIÓN	34
3.9.1	REACTOR	35
3.9.2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO Y LIMPIEZA	36
3.9.3	MEDIDORES DE PRESIÓN, TEMPERATURA Y COMPOSICIÓN DEL GAS	37
3.9.4	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	38
3.10	TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA	39
3.10.1	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	39
3.11	FABRICANTES DE GASIFICADORES	41
3.11.1	ANKUR	41
3.11.2	POWERMAX	42
3.12	PROYECTOS EN ESPAÑA	43
3.12.1	PROYECTO OLIVEN	43
3.12.2	PROYECTO REFFECT AFRICA	44
3.13	MERCADO ELÉCTRICO	45
3.13.1	AGENTES QUE INTERVIENEN EN EL POOL	46

3.13.2	DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .	47
3.13.3	FACTURA ELÉCTRICA	50
4	MATERIALES Y MÉTODOS	53
4.1	ANTECEDENTES	53
4.1.1	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE AUTOCONSUMO	53
4.1.2	CENTRAL DE GASIFICACIÓN CON EXCEDENTES SIN COMPEN- SACIÓN	54
4.1.3	MARCO LEGAL ACTUAL DEL AUTOCONSUMO	55
4.1.4	LEGISLACIÓN VIGENTE	58
4.1.5	AYUDAS OFRECIDAS AL AUTOCONSUMO	59
4.1.6	PROYECTOS CDTI	60
4.1.7	UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS ALMAZARAS	61
4.1.8	PRODUCCIÓN DE LA ALMAZARA SAN ISIDRO	63
4.1.9	PRODUCCIÓN DE LA ALMAZARA ACEITES S.C.A VIRGEN DEL PERPETUO SOCORRO	64
4.1.10	CONSUMO ELÉCTRICO DE LA ALMAZARA SAN ISIDRO	65
4.1.11	CONSUMO ELÉCTRICO DE LA ALMAZARA VIRGEN DEL PER- PETUO SOCORRO	67
4.2	COMBUSTIBLE UTILIZADO	69
4.3	PLANTA DE GASIFICACIÓN	69
4.3.1	FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA	69
4.4	CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE GASIFICACIÓN	69
4.4.1	GASIFICADOR 125 kWe	70
4.4.2	GASIFICADOR 250 kWe	70
4.4.3	GASIFICADOR 500 kWe	71
5	RESULTADOS ALMAZARA DE SAN ISIDRO	72
5.1	ESTUDIO DE LAS FACTURAS ELÉCTRICAS	72
5.1.1	TÉRMINO DE ENERGÍA	72
5.1.2	TÉRMINO DE POTENCIA	74
5.1.3	COSTES ADICIONALES FACTURA ELÉCTRICA	75
5.1.4	RESUMEN FACTURA ELÉCTRICA	76
5.2	ENERGÍA TÉRMICA NECESARIA EN LA ALMAZARA	77
5.2.1	CÁLCULO DE ENERGÍA TÉRMICA NECESARIA EN UNA AL- MAZARA	77
5.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	78
5.3.1	CÁLCULO DE BIOCHAR OBTENIDO	78
5.4	ABASTECIMIENTO DE BIOMASA	78
5.5	CÁLCULO DE PELLETS DE ORUJILLO DISPONIBLES	78
5.6	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 1	80
5.6.1	CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA	80
5.6.2	CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA	80
5.6.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	81
5.6.4	CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA	81
5.7	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 1	81
5.7.1	CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA	81
5.7.2	CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA	82
5.7.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	83
5.7.4	CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA	83

5.8	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 1	83
5.8.1	CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA	83
5.8.2	CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA	84
5.8.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	84
5.8.4	CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA	85
5.9	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 2	86
5.9.1	CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA	86
5.9.2	CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA	86
5.9.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	87
5.9.4	CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA	87
5.10	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 2	88
5.10.1	CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA	88
5.10.2	CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA	88
5.10.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	89
5.10.4	CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA	89
5.11	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 2	90
5.11.1	CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA	90
5.11.2	CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA	90
5.11.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	91
5.11.4	CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA	91
6	RESULTADOS ALMAZARA VIRGEN DEL PERPETUO SOCORRO	92
6.1	ESTUDIO DE LAS FACTURAS ELÉCTRICAS	92
6.1.1	TÉRMINO DE ENERGÍA	92
6.1.2	TÉRMINO DE POTENCIA	94
6.1.3	COSTES ADICIONALES FACTURA ELÉCTRICA	95
6.1.4	RESUMEN FACTURA ELÉCTRICA	96
6.2	ENERGÍA TÉRMICA NECESARIA EN LA ALMAZARA	97
6.2.1	CÁLCULO DE ENERGÍA TÉRMICA NECESARIA EN UNA ALMAZARA	97
6.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	98
6.3.1	CÁLCULO DE BIOCHAR OBTENIDO	98
6.4	ABASTECIMIENTO DE BIOMASA	98
6.5	CÁLCULO DE PELLETS DE ORUJILLO DISPONIBLES	98
6.6	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 1	100
6.6.1	CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA	100
6.6.2	CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA	100
6.6.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	101
6.6.4	CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA	101
6.7	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 1	101
6.7.1	CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA	101
6.7.2	CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA	102
6.7.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	103
6.7.4	CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA	103
6.8	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 1	103
6.8.1	CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA	103
6.8.2	CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA	104
6.8.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	104
6.8.4	CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA	105
6.9	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 2	106

6.9.1	CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA	106
6.9.2	CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA	106
6.9.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	107
6.9.4	CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA	107
6.10	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 2	108
6.10.1	CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA	108
6.10.2	CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA	108
6.10.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	109
6.10.4	CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA	109
6.11	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 2	110
6.11.1	CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA	110
6.11.2	CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA	110
6.11.3	PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	111
6.11.4	CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA	111
7	DISCUSIÓN DE RESULTADOS ALMAZARA SAN ISIDRO	112
7.1	ESTUDIO TECNO - ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN	112
7.1.1	CENTRAL DE GASIFICACIÓN 125 kWe ESCENARIO 1	113
7.1.2	CENTRAL DE GASIFICACIÓN 250 kWe ESCENARIO 1	118
7.1.3	CENTRAL DE GASIFICACIÓN 500 kWe ESCENARIO 1	122
7.1.4	CENTRAL DE GASIFICACIÓN 125 kWe ESCENARIO 2	125
7.1.5	CENTRAL DE GASIFICACIÓN 250 kWe ESCENARIO 2	129
7.1.6	CENTRAL DE GASIFICACIÓN 500 kWe ESCENARIO 2	133
7.2	PERIODO DE AMORTIZACIÓN	138
7.2.1	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 1	139
7.2.2	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 1	141
7.2.3	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 1	144
7.2.4	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 2	147
7.2.5	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 1	149
7.2.6	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 2	151
8	DISCUSIÓN DE RESULTADOS ALMAZARA VIRGEN DEL PERPETUO SO-CORRO	155
8.1	ESTUDIO TECNO - ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN	155
8.1.1	CENTRAL DE GASIFICACIÓN 125 kWe ESCENARIO 1	157
8.1.2	CENTRAL DE GASIFICACIÓN 250 kWe ESCENARIO 1	161
8.1.3	CENTRAL DE GASIFICACIÓN 500 kWe ESCENARIO 1	165
8.1.4	CENTRAL DE GASIFICACIÓN 125 kWe ESCENARIO 2	169
8.1.5	CENTRAL DE GASIFICACIÓN 250 kWe ESCENARIO 2	172
8.1.6	CENTRAL DE GASIFICACIÓN 500 kWe ESCENARIO 2	176
8.2	PERIODO DE AMORTIZACIÓN	181
8.2.1	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 1	182
8.2.2	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 1	185
8.2.3	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 1	187
8.2.4	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 2	190
8.2.5	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 2	193
8.2.6	CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 2	195
9	CONCLUSIONES	199
10	REFERENCIAS	201

LISTADO DE FIGURAS

1	Biomasa	14
2	Tipos de Biomasa	15
3	Cadena de valor del aceite de oliva y subproductos generados	17
4	Poda de Olivar	18
5	Hueso de aceituna	18
6	Hojín	19
7	Pellet de Orujillo	19
8	Procesos de obtención de aceite de Oliva	20
9	Valores obtenido por tonelada de aceituna recogida	21
10	Capacidad de gasificación mundial acumulada [1]	23
11	Aplicación del gas obtenido en la gasificación	23
12	Capacidad mundial de gasificación por producto [1]	24
13	Etapas del proceso de gasificación y reacciones involucradas [2]	25
14	Proceso de gasificación: subproceso pirólisis de la biomasa [2]	27
15	Tipo de Gasificadores	29
16	Gasificador Downdraft	30
17	Gasificador UpDraft	31
18	Esquema planta de gasificación	34
19	Partes del reactor	35
20	Sistema de enfriamiento y limpieza 1	36
21	Sistema de enfriamiento y limpieza 2 (Filtros)	36
22	Sistema limpieza de seguridad	36
23	Medidores de presión,temperatura y composición del gas	37
24	Sistema de tratamiento de aguas	38
25	Ciclo Otto	39
26	Ciclo Diesel	40
27	Características gasificadores Ankur [3]	41
28	Características gasificadores PowerMax [4]	42
29	Esquema economía circular OLIVEN [5]	43
30	Visita a Marrakech	44
31	Actividades destinadas al suministro de energía eléctrica [6]	45
32	Generación y comercialización de energía eléctrica [6]	46
33	Curva de oferta y demanda [7]	47
34	Orden de las ofertas en las subastas [7]	48
35	Mercado diario [7]	49
36	Términos que componen el precio de la electricidad [7]	50
37	Periodo de tarifas de acceso actual [7]	51
38	Horario de aplicación de los periodos [7]	51
39	Desglose de la factura eléctrica	52
40	Porcentaje de ayuda según su fin [8]	59
41	Vista aérea almazara San Isidro	61
42	Vista aérea almazara Virgen del Perpetuo Socorro	62
43	Datos de producción por campaña San Isidro	63
44	Datos de producción por campaña Virgen Perpetuo Socorro	64
45	Consumo campaña 20-21 almazara San Isidro	65
46	Consumo campaña 21-22 almazara San Isidro	65
47	Facturación Almazara de San Isidro	66
48	Consumo campaña 20-21 almazara San Isidro	67

49	Consumo campaña 21-22 almazara Virgen del Perpetuo Socorro	67
50	Facturación Almazara Virgen del Perpetuo Socorro	68
51	Características gasificador 125 kW	70
52	Características motor de gas 125-250 kWe	70
53	Características gasificador 250 kW	70
54	Características motor de gas 125-250 kWe	71
55	Características gasificador 500 kW	71
56	Características motor de gas 500 kWe	71
57	Consumo de energía por periodos San Isidro	72
58	Potencia contratada por periodos San Isidro	74
59	Facturación campaña 21-22 San Isidro	76
60	Esquema parte térmica 125	80
61	Esquema parte térmica 250	82
62	Esquema parte térmica 500	84
63	Esquema parte térmica 125	87
64	Esquema parte térmica 250	89
65	Esquema parte térmica 500	91
66	Consumo de energía por periodos Virgen del Perpetuo Socorro	92
67	Potencia contratada por periodos Virgen del Perpetuo Socorro	94
68	Facturación campaña 20-21 Virgen del Perpetuo Socorro	96
69	Esquema parte térmica 125	100
70	Esquema parte térmica 250	102
71	Esquema parte térmica 500	104
72	Esquema parte térmica 125	107
73	Esquema parte térmica 250	109
74	Esquema parte térmica 500	111
75	Costes almazara San Isidro Sin Gasificador	113
76	Reducción factura con Gasificador San Isidro	113
77	Balance de Energías central de 125 kWe San Isidro	114
78	Costes Central 125 kWe San Isidro	115
79	Balance de Energías central de 250 kWe San Isidro	118
80	Costes Central 250 kWe San Isidro	119
81	Balance de Energías central de 500 kWe San Isidro	122
82	Costes Central 500 kWe San Isidro	123
83	Balance de Energías central de 125 kWe San Isidro escenario 2	126
84	Costes Central 125 kWe San Isidro escenario 2	127
85	Balance de Energías central de 250 kWe San Isidro escenario 2	130
86	Costes Central 250 kWe San Isidro escenario 2	131
87	Balance de Energías central de 500 kWe San Isidro escenario 2	133
88	Costes Central 500 kWe San Isidro escenario 2	135
89	:Amortización Central 125 San Isidro Escenario 1 Sin Subvención	141
90	:Amortización Central 125 San Isidro Escenario 1 con Subvención	141
91	:Amortización Central 250 San Isidro Escenario 1 sin Subvención	143
92	:Amortización Central 250 San Isidro Escenario 1 con Subvención	143
93	:Amortización Central 500 San Isidro Escenario 1 sin Subvención	145
94	:Amortización Central 500 San Isidro Escenario 1 con Subvención	146
95	:Amortización Central 125 San Isidro Escenario 2 Sin Subvención	148
96	:Amortización Central 125 San Isidro Escenario 2 con Subvención	149
97	:Amortización Central 250 San Isidro Escenario 2 sin Subvención	151
98	:Amortización Central 250 San Isidro Escenario 2 con Subvención	151

99	:Amortización Central 500 San Isidro Escenario 2 sin Subvención	153
100	:Amortización Central 500 San Isidro Escenario 2 con Subvención	154
101	Costes almazara Virgen del Perpetuo Socorro Sin Gasificador	156
102	Reducción factura con Gasificador Virgen del Perpetuo Socorro	157
103	Balance de Energías central de 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	157
104	Costes Central 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	159
105	Balance de Energías central de 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	161
106	Costes Central 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	162
107	Balance de Energías central de 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	165
108	Costes Central 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	166
109	Balance de Energías central de 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2	169
110	Costes Central 125 kWe San Isidro escenario 2	170
111	Balance de Energías central de 250 kWe San Isidro escenario 2	173
112	Costes Central 250 kWe San Isidro escenario 2	174
113	Balance de Energías central de 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2	177
114	Costes Central 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2	178
115	Amortización Central 125 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 1 Sin Sub- vención	184
116	Amortización Central 125 Virgen del perpetuo Socorro Escenario 1 con Sub- vención	184
117	Amortización Central 250 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 1 sin Sub- vención	186
118	Amortización Central 250 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 1 con Sub- vención	187
119	Amortización Central 500 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 1 sin Sub- vención	189
120	Amortización Central 500 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 1 con Sub- vención	189
121	Amortización Central 125 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 2 Sin Sub- vención	191
122	Amortización Central 125 Virgen del perpetuo Socorro Escenario 2 con Sub- vención	192
123	Amortización Central 250 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 2 sin Sub- vención	194
124	Amortización Central 250 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 2 con Sub- vención	195
125	Amortización Central 500 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 2 sin Sub- vención	197
126	Amortización Central 500 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 2 con Sub- vención	197

LISTADO DE TABLAS

1	Compuestos formados en la etapa y su poder calorífico [2]	27
2	Rango de aplicación sistemas de gasificación [2]	29
3	Factura campaña 21-22 San Isidro	76
4	Resumen facturación campaña 20-21 Virgen Perpetuo Socorro	96
5	Consumo eléctrico campaña 21-22 Almazara San Isidro	112
6	Factura eléctrica con gasificador 125 kWe Almazara San Isidro	115
7	Factura eléctrica con gasificador 250 kWe Almazara San Isidro	119
8	Factura eléctrica con gasificador 500 kWe Almazara San Isidro	123
9	Factura eléctrica con gasificador 125 kWe Almazara San Isidro	126
10	Factura venta de energía 125 kWe San Isidro	128
11	Factura eléctrica con gasificador 250 kWe Almazara San Isidro	130
12	Factura venta de energía 250 kWe San Isidro	132
13	Factura eléctrica con gasificador 500 kWe Almazara San Isidro	134
14	Factura venta de energía 500 kWe San Isidro	136
15	Inversión Inicial central de 125 kWe San Isidro	139
16	Inversión Inicial central de 250 kWe San Isidro	142
17	Inversión Inicial central de 500 kWe San Isidro	144
18	Inversión Inicial central de 125 kWe San Isidro	147
19	Inversión Inicial central de 250 kWe San Isidro	149
20	Inversión Inicial central de 500 kWe San Isidro	152
21	Consumo eléctrico campaña 20-21 Almazara Virgen del Perpetuo Socorro . . .	155
22	Factura eléctrica con gasificador 125 kWe Almazara Virgen del Perpetuo Socorro	158
23	Factura eléctrica con gasificador 250 kWe Almazara San Isidro	162
24	Add caption	166
25	Factura eléctrica con gasificador 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	166
26	Add caption	170
27	Factura eléctrica con gasificador 125 kWe Almazara Virgen del Perpetuo Socorro	170
28	Factura venta de energía 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	171
29	Factura eléctrica con gasificador 250 kWe Almazara San Isidro	174
30	Factura venta de energía 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	175
31	Factura eléctrica con gasificador 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	177
32	Factura venta de energía 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	179
33	Inversión Inicial central de 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	182
34	Inversión Inicial central de 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	185
35	Inversión Inicial central de 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	187
36	Inversión Inicial central de 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	190
37	Inversión Inicial central de 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	193
38	Inversión Inicial central de 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro	195
39	Gasificador 125 kWe San Isidro 21-22	204
40	Viabilidad económica 500 kWe Virgen del perpetuo Socorro 1	205
41	Cash Outflows Gasificador 125 kWe Perpetuo Socorro escenario 2	206
42	Cash Outflows Gasificador 250 kWe Perpetuo Socorro escenario 2	207
43	Cash Outflows Gasificador 500 kWe Perpetuo Socorro escenario 2	208
44	Cash Intflows Gasificador 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2 . .	209
45	Cash Intflows Gasificador 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2 . .	210
46	Cash Intflows Gasificador 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2 . .	211
47	Viabilidad económica 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2	212
48	Viabilidad económica 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2	213

49	Viabilidad económica 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2	214
50	Variables estudio económico	215
51	Datos cosecha San Isidro 21-22	216
52	Consumo potencia San Isidro	216
53	Consumo Energía San Isidro	216
54	Gasificador 250 kWe San Isidro 21-22	218
55	Gasificador 500 kWe San Isidro 21-22	219
56	Gasificador 125 kWe San Isidro 21-22 Escenario 2	220
57	Gasificador 250 kWe San Isidro 21-22 Escenario 2	221
58	Gasificador 500 kWe San Isidro 21-22 Escenario 2	222
59	Venta de Energía 21-22 San Isidro 125 kWe	223
60	Venta de Energía 21-22 San Isidro 250 kWe	223
61	Venta de Energía 21-22 San Isidro 500 kWe	223
62	Cálculo energía térmica	224
63	Biochar Obtenido Escenario 1 San Isidro	225
64	Biochar Obtenido Escenario 2 San Isidro	225
65	Pellet necesario escenario 1 San Isidro	225
66	Pellet necesario escenario 2 San Isidro	225
67	Variables estudio económico Perpetuo Socorro 20-21	226
68	Datos cosecha Perpetuo Socorro 20-21	227
69	Consumo energía Perpetuo Socorro	227
70	Consumo potencia Perpetuo Socorro	227
71	Gasificador 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro 20-21	228
72	Gasificador 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro 20-21	229
73	Gasificador 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro 20-21	230
74	Gasificador 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro 20-21 Escenario 2	231
75	Gasificador 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro 20-21 Escenario 2	232
76	Gasificador 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro 20-21 Escenario 2	233
77	Venta de Energía 21-22 Virgen del Perpetuo Socorro 125 kWe	234
78	Venta de Energía 21-22 Virgen del Perpetuo Socorro 250 kWe	234
79	Venta de Energía 21-22 Virgen del Perpetuo Socorro 500 kWe	234
80	Cálculo energía térmica Virgen del Perpetuo Socorro 20-21	235
81	Biochar obtenido escenario 1 Perpetuo Socorro	236
82	Biochar obtenido escenario 2 Virgen del Perpetuo Socorro	236
83	Add caption	236
84	Pellet necesario escenario 1 Virgen del Perpetuo Socorro	236
85	Add caption	236
86	Pellet necesario escenario 2 Virgen del Perpetuo Socorro	236
87	Costes Almazara sin gasificador San Isidro	237
88	Cash Outflows Gasificador 125 kWe San Isidro escenario 1	238
89	Cash Outflows Gasificador 500 kWe San Isidro escenario 1	239
90	Cash Outflows Gasificador 125 kWe San Isidro escenario 1	240
91	Cash Intflows Gasificador 125 kWe San Isidro escenario 1	241
92	Cash Intflows Gasificador 250 kWe San Isidro escenario 1	242
93	Cash Intflows Gasificador 500 kWe San Isidro escenario 1	243
94	Viabilidad económica 500 kWe San Isidro escenario 1	244
95	Viabilidad económica 250 kWe San Isidro escenario 1	245
96	Viabilidad económica 125 kWe San Isidro escenario 1	246
97	Add caption	247
98	Cash Outflows Gasificador 125 kWe San Isidro escenario 2	247

99	Cash Outflows Gasificador 250 kWe San Isidro escenario 2	248
100	Cash Outflows Gasificador 500 kWe San Isidro escenario 2	249
101	Cash Intflows Gasificador 125 kWe San Isidro escenario 2	250
102	Cash Intflows Gasificador 250 kWe San Isidro escenario 2	251
103	Cash Intflows Gasificador 500 kWe San Isidro escenario 2	252
104	Viabilidad económica 125 kWe San Isidro escenario 2	253
105	Viabilidad económica 250 kWe San Isidro escenario 2	254
106	Viabilidad económica 500 kWe San Isidro escenario 2	255
107	Costes Almazara sin gasificador Virgen del Perpetuo Socorro	256
108	Cash Outflows Gasificador 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 1 .	257
109	Cash Outflows Gasificador 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 1 .	258
110	Cash Outflows Gasificador 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 1 .	259
111	Cash Intflows Gasificador 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 1 . .	260
112	Cash Intflows Gasificador 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 1 . .	261
113	Cash Intflows Gasificador 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 1 . .	262
114	Viabilidad económica 125 kWe Virgen del perpetuo Socorro 1	263
115	Viabilidad económica 250 kWe Virgen del perpetuo Socorro 1	264

1 RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto es el estudio Tecno-Económico de una central de gasificación en diferentes modos(autoconsumo o autoconsumo con excedentes sin compensación) para diferentes cooperativas de la provincia, viendo así, como de viable es su instalación y cual de los modos de autoconsumo es el mejor para cada una de las cooperativas. Este estudio irá enfocado al sector del olivar, concretamente a Almazaras.

En las cooperativas de la provincia el principal objetivo es el de elaborar aceite de oliva, lo que implica un gasto energético tanto eléctrico como térmico bastante elevado, lo que conlleva a un elevado coste de producción.

Es aquí donde entra nuestro sistema de gasificación, el cual mediante un motor de cogeneración produce energía eléctrica y del que se aprovechará el calor absorbido por el agua del circuito de refrigeración para la parte térmica y los gases de escape del motor para parte del secado de alperujo.

Consideramos que la Gasificación es una de las tecnologías incipientes en Europa que presenta mayores ventajas de carácter energético y medioambiental, lo cual es perfecto para avanzar junto a Europa hacia un futuro verde.

Este proceso de Gasificación consiste en la oxidación parcial a elevada temperatura de la biomasa a partir de la cual llegamos a obtener un gas de síntesis, el cual denominaremos como *syngas*, el cual utilizaremos, previo tratamiento, como combustible en un motor de combustión interna alternativo para la producción simultánea, si lo deseamos, de energía eléctrica y térmica.

La biomasa que vamos a utilizar para alimentar nuestro sistema, será pellets de orujillo. Aquí es donde intervienen las Almazaras, las cuales tienen millones de kg de orujo el cual no saben que hacer con él, almacenándolo en grandes balsas o incluso pagando para deshacerse de él, lo cual implica un gasto extra para dicha almazara. Por tanto, nuestro objetivo será entre otras cosas, ver como aprovechar un residuo como es el orujillo, en un combustible para nuestra planta de gasificación y como repercute en el bolsillo de una Almazara.

Por otro lado, vamos a estudiar el mercado eléctrico actual en España, donde vamos a ver que tipo de facturación tienen las Almazaras, explicando así como funcionan los periodos de facturación, la contratación de mayor o menor potencia, dependiendo de la exigencia de cada Almazara, las penalizaciones que se pueden llegar a obtener, etc.

Por último, queremos comentar, que para la realización de este estudio, nos basaremos en los datos proporcionados por varias cooperativas de la provincia de Jaén, en la que veremos todos los gastos que tiene una almazara, su producción de orujo por campaña, las posibles tecnologías a implementar para un proceso óptimo y rentable, etc.

2 OBJETIVOS

Los objetivos del presente TFG que van a ser desarrollados en el transcurso del estudio son los siguientes:

- Análisis del mercado eléctrico español actual y como afecta a las almazaras objetivo.
- Estudio de las facturas eléctricas de la almazara objetivo.
- Análisis y estado del arte de la tecnología de gasificación
- Cálculo y dimensionamiento de la central de gasificación para autoconsumo o bien autoconsumo con excedentes sin compensación.
- Cálculo de aprovisionamiento para el funcionamiento de la central de gasificación.
- Estudio económico de rentabilidad de la instalación.
- Estudio de la legislación vigente.

3 INTRODUCCIÓN

Es obligatorio empezar hablando de los diferentes tipos de biomasa que existen, ya que son el combustible de nuestra planta de Gasificación y como no, de las partes y funcionamiento de la planta.

3.1 BIOMASA

La biomasa puede ser definida como una materia orgánica no fosilizada de origen biológico (espontáneo o provocado). También puede definirse como la fracción biodegradable de los residuos orgánicos (incluido sustancias vegetales y animales), forestales (incluidos sus industrias), así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales. [9]

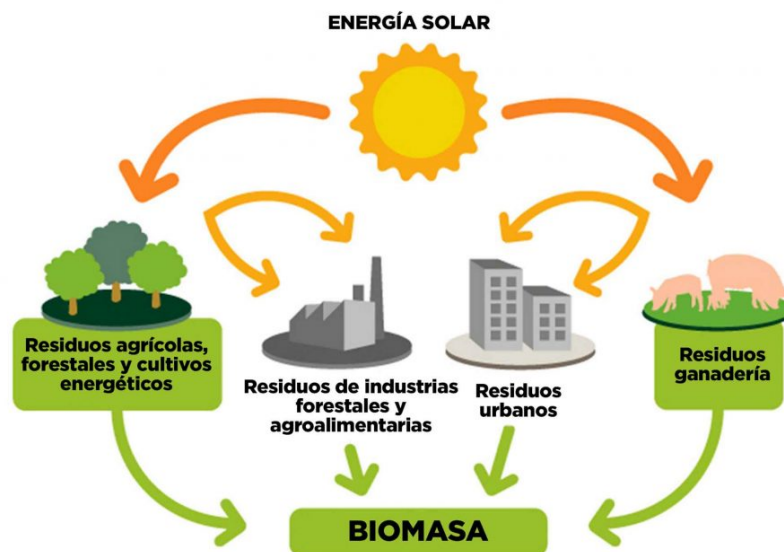


Figura 1: Biomasa

Gracias al uso de la biomasa, podemos cubrir necesidades básicas como pueden ser:

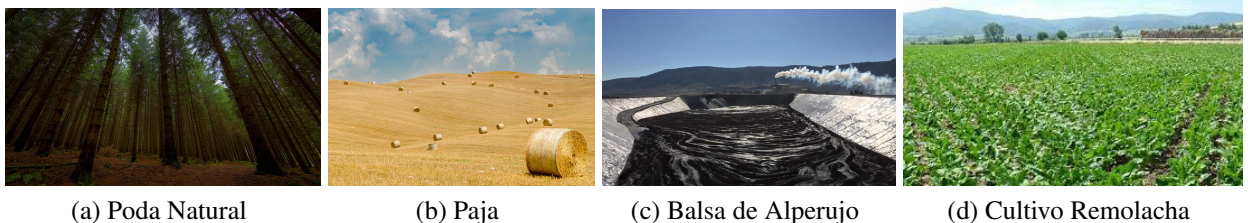
- Electricidad
- Calor
- Frío
- Movilidad

3.1.1 TIPOS DE BIOMASA

Cuando hablamos de tipos de biomasa, debemos saber que se clasifican dependiendo del proceso productivo o natural por el que es originado.

A continuación vamos a estudiar los tipos de biomasa que existen:

- **Biomasa natural:** No interviene el ser humano, se origina de manera espontánea en la naturaleza.
- **Biomasa residual seca:** Es la que se origina mediante una actividad forestal, agrícola, incluso la que genera la propia industria agroalimentaria. Un claro ejemplo de biomasa residual seca, es la poda del olivar.
- **Biomasa residual húmeda:** Procedente de vertidos biodegradables, formado por aguas residuales urbanas e industriales y también residuos ganaderos. Aquí debemos destacar, que este tipo de biomasa es la que vamos a usar para nuestro proceso de gasificación, ya que el orujo, es una biomasa residual húmeda.
- **Cultivos Energéticos:** Su finalidad es producir biomasa transformable en combustible. Incluyendo así cereales, remolacha, cultivos lignocelulósicos, etc.



(a) Poda Natural

(b) Paja

(c) Balsa de Alperujo

(d) Cultivo Remolacha

Figura 2: Tipos de Biomasa

El uso de biomasa se ha convertido en una muy buena alternativa a los combustibles tradicionales por diversas razones. Productos que provienen de distintas actividades, que evidentemente han agotado su vida útil y hay que desecharlos, pero se reutilizan e incluso pagan un alto precio por su obsolescencia. De esta forma, adquieren un nuevo valor, creando más puestos de trabajo en su recolección, procesamiento y transformación que si simplemente se desecharan [10].

Asimismo, se reducirá el uso de combustibles fósiles, por lo que se ayudará a reducir la huella de carbono al disminuir la emisión de gases contaminantes, lo que a su vez reducirá el pago de gastos, afectando positivamente la economía del país, por la ejecución de los derechos de emisión. También es importante mencionar el impacto ambiental de su uso, que es prácticamente nulo, ya que las emisiones de CO₂ de su quema son posteriormente absorbidas por árboles y plantas que en el futuro serán tratadas como biomasa, creando así un ciclo Cero de emisiones de CO₂ [10].

3.2 POTENCIAL DE BIOMASA EN ANDALUCÍA

Como fuente de energía renovable, la biomasa puede acumular energía fija durante la fase de crecimiento de la planta. A través de diferentes procesos de conversión, esta energía se libera, ganando calor, energía eléctrica o mecánica.

Andalucía cuenta con una importante riqueza en biomasa, procedente principalmente del cultivo del olivar y sus industrias derivadas. El aprovechamiento energético de esta biomasa permite sustitución de combustibles fósiles, aumento de la autosuficiencia y diversificación energética, y ayuda a mantener la actividad laboral en las zonas rurales [10].

Desde un punto de vista práctico, la biomasa se puede clasificar por sectores actividad de la que proviene:

- **Biomasa Agrícola:** Esta denominación incluye todos los restos agrícolas y residuos orgánicos. Plantas resultantes de actividades agrícolas, ya sean cultivos intensivos, extensivos, protegidos, etc. Debido a la importancia de las actividades agrícolas andaluzas, esta biomasa representa, un gran potencial junto con la biomasa de la industria agroalimentaria. Dentro de la biomasa agrícola destaca la biomasa procedente del cultivo del olivo. En nuestro caso, nos vamos a centrar en este tipo de biomasa, ya que será la que usemos como combustible para nuestro sistema [10].
- **Biomasa Forestal:** Los residuos provenientes de los bosques incluyen todos los productos o subproductos de procesos mineros y tratamientos silvícolas. Surgen de la necesidad de tratamientos selvícolas para su mantenimiento y mejora, mediante el cortado, podado y limpiado de arbustos. Por tanto se debe retirar la biomasa leñosa (leña, ramas y arbustos) del monte ya que son factores de riesgo muy importantes para la propagación de la plaga e incendios forestales. Es así, que obtenemos este tipo de biomasa [10].
- **Biomasa Ganadera:** El residuo del ganado es el desecho orgánico producido por especies ganaderas en explotaciones ganaderas intensivas. Dependiendo del ganado que produzca esta biomasa, escucharemos hablar de purines, gallinaza o estiércol
- **Biomasa Industrial:** son subproductos y residuos de origen orgánico que se generan en la industria, principalmente agroalimentaria, forestal, papelera y textil. En Andalucía destaca la biomasa en la industria del aceite de oliva.
- **Biomasa Urbana:** Dividido en dos categorías principales:
 - Fracción orgánica de los residuos municipales (FORM) (anteriormente conocidos como residuos sólidos urbanos (RSU)).
 - Aguas residuales domésticas (ARU)

Estos residuos incluyen aceites y grasas de fuentes vegetales o animales. Además, residuos vegetales de parques, jardines y zonas verdes donde sus principales usos son para aplicarlos directamente o convertirlos en otras sustancias combustibles, o para obtener materias primas para la elaboración de otros productos [10].

- **Biomasa acuícola/algal:** Los microorganismos fototróficos emplean la absorción de luz para convertir la materia. Las plantas utilizan la fotosíntesis para transformar la energía solar en energía química. La lluvia ácida y un clima controlado por la atmósfera de trabajo mitigan los efectos del efecto invernadero. Las tasas de crecimiento más altas ocurren bajo condiciones fluctuantes de pH y temperatura. Producirlos no requiere mucha energía ni agua; se puede hacer en cualquier lugar con cualquier suelo. Trabajar alrededor de los obstáculos que encuentran las algas los mantiene como un trabajo duro [10].

- **Cultivos energéticos:** Estas plantas se cultivan específicamente para un uso energético. Algunas de las especies que sobresalen en habilidades energéticas, son la Cardunculus, Brassica Carinata y una rotación corta de Paulownia, aunque hay muchos otros. Además, hay alimentos tradicionales que se pueden utilizar para uso energético, como pueden ser los cultivos de cereales y semillas oleaginosas, utilizándolos para la fabricación de biocarburantes [10].

Andalucía tiene un potencial de biomasa de 3.955 ktep. Sobre el consumo de energía primaria, equivale a 19.247,7 ktep, lo que demuestra que la biomasa puede llegar a abastecer más del 20 % de las necesidades energéticas totales de Andalucía. [10]

Se producen muchos tipos diferentes de biomasa, pudiendo así emplearlo como combustible. En nuestro caso, nos vamos a centrar en la Biomasa del olivar, ya que nos encontramos concretamente en la provincia de Jaén, donde predomina el cultivo del olivar. Por tanto, vamos a hablar sus principales usos y características energéticas.

3.3 RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DEL OLIVAR

A lo largo de la cadena de valor del aceite de oliva se genera una gran variedad de residuos y subproductos, incluidos los de las almazaras (hueso, hojas y tallos de aceituna, y alperujo) y los generados en el olivo, como puede ser la poda del olivar. Finalmente, el alperujo (residuo que obtenemos en mayor cantidad) se somete a un proceso de secado y extracción para obtener orujillo y aceite de orujo crudo.

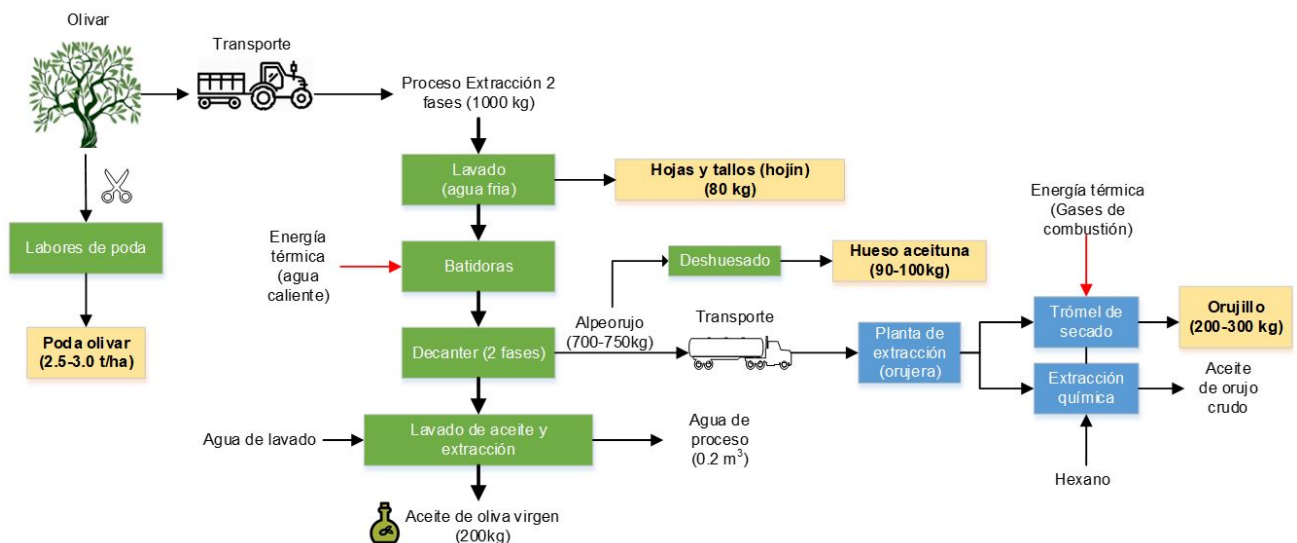


Figura 3: Cadena de valor del aceite de oliva y subproductos generados

En la figura 3 podemos ver de una manera general lo que llegamos a obtener del olivar de una manera proporcional.

Antes de entrar mas en detalle sobre los residuos que obtenemos en el olivar, vamos a hablar sobre el proceso de extracción del aceite.

3.3.1 PODA DE OLIVAR

El residuo de la poda del olivo consiste principalmente en madera (60 % en peso), pequeños tallos y hojas. Este residuo se produce al final de la campaña de recolección y, según el tipo de cultivo, se realiza anualmente (para olivares de regadío) o cada dos años (para olivares de secano). Según algunos estudios realizados, la cantidad producida por la poda se estima en unas 2,5-3 ton/ha por año. Actualmente, la poda se trocea y se reintegra al suelo como enmienda. En cambio, otros agricultores acumulan estos residuos y los queman directamente, arrojando grandes cantidades de dióxido de carbono biológico a la atmósfera. Es importante destacar que si dejamos la poda en el suelo, ayudamos a la proliferación del barrenillo, por lo que el agricultor opta por quemarlo o picarlo en el campo [11].



Figura 4: Poda de Olivar

3.3.2 HUESO DE ACEITUNA

El hueso de aceituna es un subproducto que se origina en las almazaras en la etapa de extracción del aceite de oliva. El alperujo resultante de la extracción en dos fases se pasa por una deshuesadora para extraer la mayor parte de los fragmentos óseos. Según estudios realizados, la cantidad de hueso producido es del 8-10 % del peso de las aceitunas procesadas. Actualmente, el hueso es considerado un muy buen combustible por su alto poder calorífico, baja humedad (ya que es menor al 30 %) y granulometría (2-5 mm de diámetro), lo que facilita su manipulación y transporte. Puesto que las almazaras poseen de este buen combustible, se usarán para la producción de agua caliente para mezcladores utilizando calderas de biomasa, mientras que el resto se vende a un precio de 60-70 €/tonelada [12].



Figura 5: Hueso de aceituna

3.3.3 HOJÍN

El hojín, hace referencia a los pequeños tallos y hojas siendo estos subproductos que se producen en la almazara durante la fase de limpieza de la aceituna. Esto viene con una cierta cantidad de hojas, tallos y arena que deben eliminarse antes de desecharse. Se estima que el hojín producido por las almazaras supone aproximadamente un 8% en peso del total de aceitunas procesadas. Actualmente, debido a su alto contenido de hojas y bajo poder calorífico, el hojín se acumula en las almazaras y es utilizado por los agricultores locales para alimentar al ganado [13].



Figura 6: Hojín

3.3.4 ALPERUJO

Finalmente, el alperujo es el subproducto más importante de la industria del aceite de oliva, con la mayor producción. Aproximadamente más del 70% de las aceitunas procesadas se convierten en alperujo. Este residuo se caracteriza por un alto contenido en agua (70%), orujo, pulpa y piel de aceituna. El alperujo se produce en almazaras y hay que sacarlo constantemente y transportarlo en camiones de carga hasta la planta de orujo. En las orujeras se deposita en grandes balsas para su posterior secado y extracción de aceite de orujo crudo. Como resultado de la extracción y secado se obtiene un subproducto llamado orujillo que, al igual que los huesos de aceituna, se utiliza para la aplicación de calor. El valor del alperujo se salda gracias al orujo y extractores, pero existen ciertos problemas con su manejo. Es un residuo que hay que expulsar, su acumulación provoca interrupciones en la producción y pérdidas económicas muy importantes. En los últimos años, el precio del alperujo ha ido bajando cada vez más, debido a los costes de transporte, gasto de cooperativas y almazaras privadas. Para los orujos y extractores, el procesado del alperujo representa una alta carga medioambiental y energética, ya que se emiten grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera durante el proceso de secado (por combustión en motores de gas natural o en cámaras de combustión de los orujos) [12].



Figura 7: Pellet de Orujillo

Dicho alperujo, pasará por un proceso de secado para llegar entorno al 15-20 % de humedad, que es el que necesitamos para poder introducir en nuestro gasificador. Una vez lleguemos a ese porcentaje de humedad, lo pelletizamos, obteniendo así el pellet de orujillo. Este pellet, del que posteriormente hablaremos, será el combustible de nuestra planta de gasificación.

3.4 PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE

Cuando hablamos de procesos de extracción del aceite, debemos diferenciar varios procesos. En Andalucía, el más utilizado es un proceso de centrifugación en dos fases. El 90 % de las almazaras y cooperativas utilizan este proceso por diversos motivos, aunque el más importante es el económico.

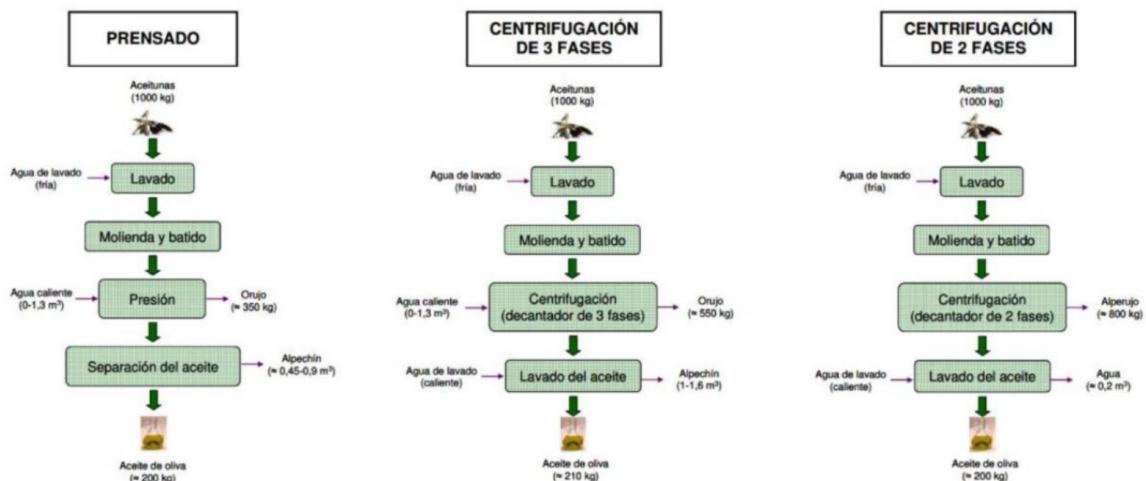


Figura 8: Procesos de obtención de aceite de Oliva

Si echamos un vistazo rápido a la figura 8, vemos como la diferencia entre centrifugación a 3 fases y 2 fases es de solamente 10 kg de aceite de oliva, y que para obtener esa cantidad hay que aplicar agua caliente, lo que aumentaría notablemente el coste de producción. Por tanto deducimos que no es totalmente rentable y que es uno de los motivos por los que las almazaras y cooperativas de la zona, utilizan el proceso de 2 fases como hemos comentado anteriormente. [14]

A continuación se detalla el proceso, desde la recolección de la aceituna hasta la obtención del aceite de oliva:

- En primer lugar, las aceitunas deben ser recogidas y transportadas a la almazara. El método de recolección más utilizado es el mecánico, aunque también puede ser recolección manual. [14].
- Con la aceituna recolectada en la almazara, esta se separa en elementos como hojas y ramas, constituyendo así el hojín. La producción del hojín está estimada entre el 8-10 % del total de la aceituna recogida. [14].
- Una vez separada la aceituna del hojín, esta debe ser lavada con agua fría, para así poder eliminar los restos de hojas o polvo que no hayan sido eliminados en los anteriores procesos. [14].
- A continuación, comienza la fase de trituración y batido. Mientras que se está moliendo, la aceituna es triturada aun sin ser deshuesada. El proceso crea una emulsión entre el aceite y el agua, por lo que es necesaria una etapa de batido para aumentar el tamaño de

las gotas de aceite. El proceso tiene lugar a una temperatura de alrededor de 40 °C y debe durar más de 1 hora [14].

- Finalmente tiene lugar el centrifugado, ya que tenemos extracción de 2 fases. El resultado es el aceite de oliva y una serie de residuos llamados orujos. Este orujo se separa del hueso de la aceituna y se lleva a la orujera, donde sufre una serie de procesos fisicoquímicos, dando como resultado el orujillo y el aceite de orujo [14].

En la figura 9 vemos como después del proceso comentado anteriormente obtenemos los siguientes valores por tonelada de aceituna recogida.

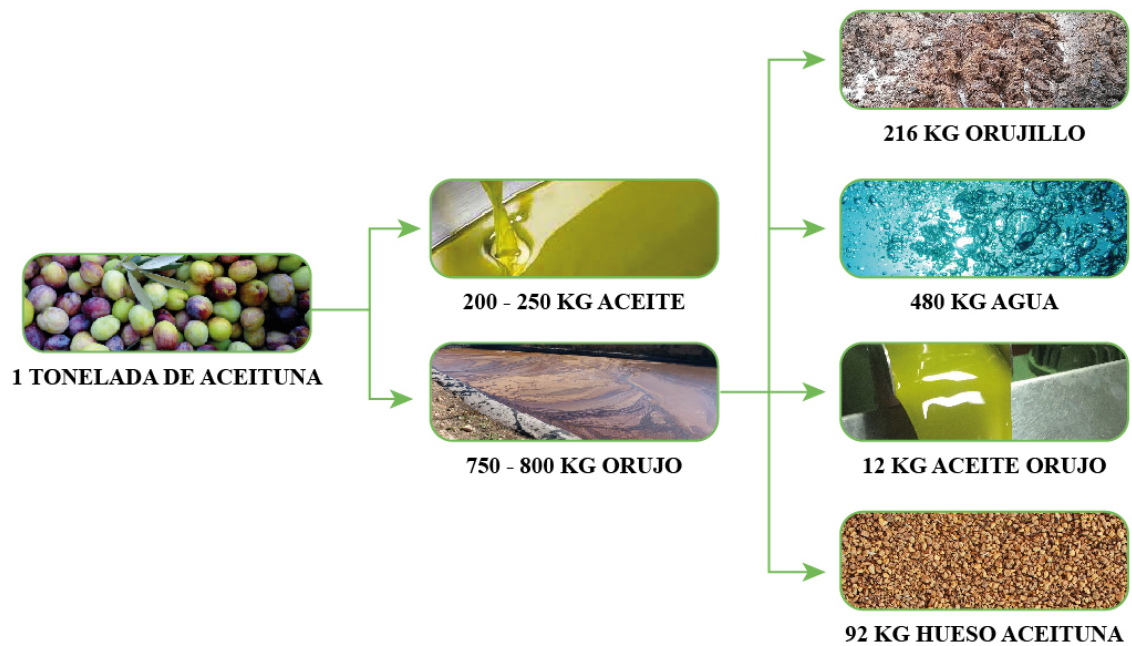


Figura 9: Valores obtenidos por tonelada de aceituna recogida

3.5 HISTORIA DE LA GASIFICACIÓN

3.5.1 INTRODUCCIÓN

En su sentido más amplio, el término gasificación incluye la conversión de cualquier combustible carbonoso en un producto gaseoso con poder calorífico aprovechable. "La oxidación parcial" se puede aplicar a materias primas sólidas, líquidas y gaseosas, como el carbón, el aceite usado y el gas natural. Aunque la pirólisis tiene lugar como un paso rápido intermedio en el proceso, en la gran parte de los nuevos procesos, es en el sentido de oxidación parcial que interpretaremos la palabra gasificación. [1]

El primer combustible utilizado por los humanos fue la madera, y millones de personas todavía utilizan este combustible para cocinar y calentarse. También se utiliza en la construcción y en procesos industriales en forma de carbón vegetal. A causa del exceso uso de estos materiales, en regiones densamente pobladas del mundo, conduce a que la madera escasee, a veces con resultados dramáticos. La solución obvia en retrospectiva fue el carbón. Aunque la producción de carbón se conoce desde hace mucho tiempo, esta realmente no se afianzó hasta la segunda mitad del siglo XVIII, pero no fue sorprendentemente, puesto que se originó en el lugar de nacimiento de la Revolución Industrial: Inglaterra. Como alternativa al carbón, los hornos de coque se desarrollaron para proporcionar coque a la industria metalúrgica. El gas natural no se extrajo del carbón hasta finales del siglo XVIII, por pirólisis a mayor escala. [1]

Con la fundación de London Gas, Light Fire and Coke Company en 1812, la gasificación finalmente se convirtió en un proceso comercial. Desde entonces, la gasificación ha jugado un papel importante en el desarrollo industrial. Los combustibles gaseosos más importantes utilizados en el primer siglo de desarrollo industrial fueron gas ciudad. La primera aplicación de los gases industriales fue para la iluminación. Seguido por la calefacción y la materia prima para la industria química. Actualmente se está usando la generación de energía eléctrica como es el caso de nuestro estudio y que comentaremos más adelante. [1]

Una desventaja del gas es su poder calorífico relativamente bajo, por lo que no se podía transportar económicamente a largas distancias. Se observa que el desarrollo de la máquina de vapor y muchos procesos industriales como la gasificación no hubiera sido posible sin el desarrollo paralelo de los tubos metálicos tambor de vapor. [1]

3.5.2 LA GASIFICACIÓN HOY

Los últimos 10–15 años han visto un renacimiento en la tecnología de gasificación como podemos ver en la figura 10. Hay varias razones diferentes para esto, pero la que tienes mayor peso, es el groso aumento del coste de la energía eléctrica. [1]

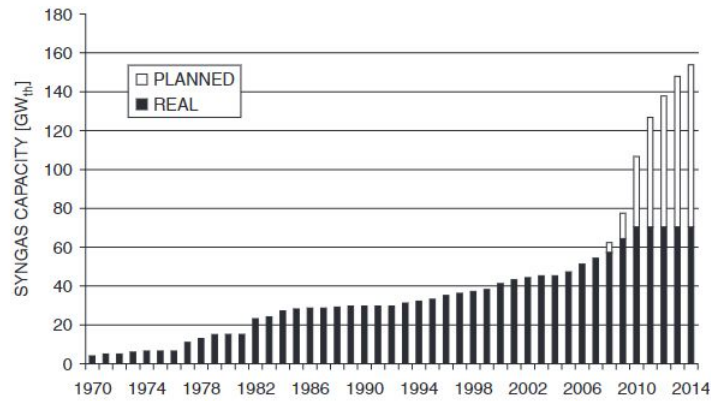


Figura 10: Capacidad de gasificación mundial acumulada [1]

Es aquí donde entra la gasificación, donde por medio de la biomasa,proporciona un medio para generar una amplia gama de productos, como podemos ver en la figura 11:

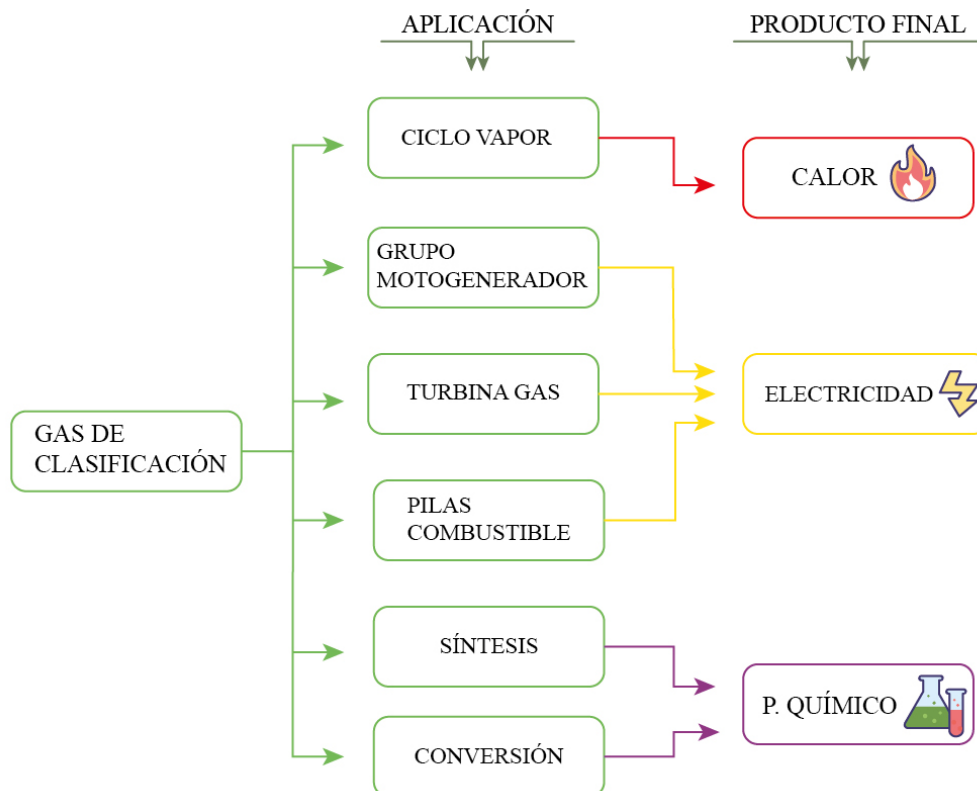


Figura 11: Aplicación del gas obtenido en la gasificación

La distribución de la capacidad de gasificación por aplicación se muestra en la figura 12. La generación de energía se ha convertido en un gran mercado nuevo para estos desarrollos, ya que la gasificación se considera un medio para mejorar la aceptabilidad ambiental del carbón y aumentar la eficiencia general de convertir la energía química de la biomasa en electricidad. [1]

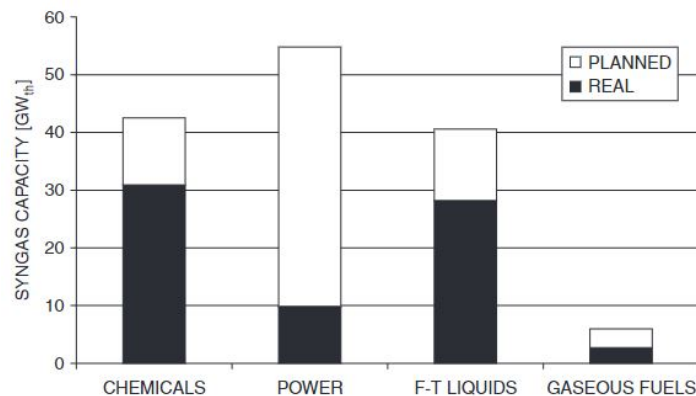


Figura 12: Capacidad mundial de gasificación por producto [1]

La generación de energía eléctrica se ha convertido en un gran mercado nuevo para los desarrolladores de esta tecnología, puesto que la gasificación es vista como un medio para mejorar la aceptabilidad ambiental, la calidad del carbón y la mejora de la eficiencia general de la conversión del carbón. La energía química del carbón se convierte en energía eléctrica. La idea de usar gas de síntesis como combustible tanto para turbina de gas como para motores de cogeneración como es nuestro caso. [1]

3.6 PROCESO DE GASIFICACIÓN

La gasificación de biomasa es una tecnología bien establecida que se utiliza actualmente en muchos países para la producción renovable de electricidad y calor (cogeneración). En muchos casos, puede reemplazar las centrales eléctricas de carbón a gran escala. La gasificación es ligeramente menos eficiente que la combustión, con conversiones de hasta el 85 %, sin embargo, tiene un mayor potencial de aplicación ya que permite utilizar biomasa con mayor contenido de humedad y cenizas (hasta un 25–60 % para reactores updraft) reduciendo así las emisiones de CO₂, partículas e incluso NO_x porque la temperatura de reacción es más baja que la temperatura de combustión. [15]

La gasificación es un proceso de conversión termoquímica en el que un combustible sólido se convierte en un gas (compuesto principalmente por H₂, CO, CH₄, H₂O, N₂ y CO₂), conocido como producto o gas de síntesis (syngas). Para el proceso de conversión, se requieren agentes de gasificación (oxidantes) para convertir la biomasa en gases producto a través de una serie de reacciones exotérmicas y endotérmicas, como podemos observar en la figura 13 [2]. Nuevamente si nos fijamos en la figura 13 durante el proceso de gasificación se llevan a cabo diversas reacciones dentro del reactor, observándose 4 etapas que varían con la temperatura de ocurrencia:

- **Etapa 1:** Secado → De 100 °C a 200°C
- **Etapa 2:** Pirólisis → De 200 °C a 700°C
- **Etapa 3:** Combustión → De 800 °C a 1200°C
- **Etapa 4:** Reducción → De 1000 °C a 800°C

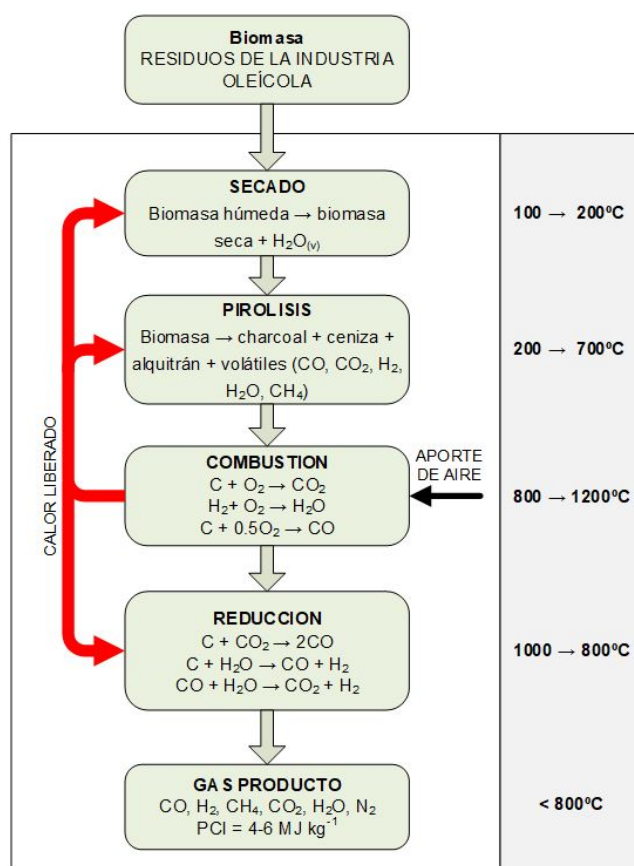


Figura 13: Etapas del proceso de gasificación y reacciones involucradas [2]

Cabe señalar que la gasificación es un proceso auto-térmico mediante el cual una reacción de combustión (exotérmica) proporciona energía suficiente para la reacción endotérmica responsable de la formación del gas producto final. [16]

A continuación estudiaremos detalladamente que ocurre en cada una de las etapas en el proceso de gasificación comentadas anteriormente.

3.6.1 PRECALENTAMIENTO O SECADO

El contenido típico de humedad de la biomasa variará dependiendo de su naturaleza. Hay residuos agrícolas como cascarilla de arroz, donde la humedad ronda el 10–15 %, mientras que los residuos industriales (como los purines) tienen un contenido de humedad que supera el 60–70 % [17].

No es recomendable tener un alto contenido de humedad en la materia prima a gasificar. Especialmente indicado para aplicaciones energéticas. Cuando hablamos de contenido de humedad por kilogramo, entendemos que el proceso de gasificación requiere 2.260 kJ de energía adicional para su vaporización, y esta energía ya no es recuperable. Aunque no es posible hacer mucho para reducir el agua inerte que forma las células, de la biomasa, sí que podemos reducir la humedad en la capa externa (humedad poco profunda). Por tanto, es altamente recomendable realizar las etapas preliminares de secado de materias primas hasta que se consigue un contenido de humedad inferior al 20 %, consiguiendo así obtener un gas producto de mejor calidad. Esto se puede hacer mediante la recirculación a alta temperatura de gases residuales de combustión en un secadero de tambor rotativo, en destiladores solares o simplemente en balsas de evaporación. [18].

El secado final ocurre internamente en el gasificador, después de que la biomasa sea introducida en el mismo. Esta recibe energía (en forma de calor) desde la parte más baja del reactor. El secado con energía térmica de las materias primas libera vapor de agua. Por encima de 100 °C el vapor de agua de las sustancias contenidas en la biomasa se liberan en forma de vapor y se descompone en sus constituyentes volátiles. [19]

Más adelante, explicaremos cual va a ser el método que propondremos a la Almazara para realizar este secado.

3.6.2 PIRÓLISIS

Cuando hablamos de pirólisis, estamos hablando de una etapa esencial en la gasificación y donde prácticamente no interviene el agente gasificante. En la etapa anterior, la biomasa se calentaba a temperaturas superiores a 200 °C provocando así que las grandes moléculas que componen la biomasa se descompongan térmicamente en moléculas de menor peso molecular reaccionando así con muy poca cantidad del agente gasificante. Los productos de pirólisis pueden dividirse en tres categorías [20]:

- **Sólido:** Gran parte compuesto por carbón (char).
- **Líquido:** Alquitranses (*tars*), hidrocarburos pesados y agua
- **Gas:** CO₂, H₂O, CO, C₂H₂, C₂H₄,...

En la figura 14 podemos ver un esquema detallado de los procesos anteriores.

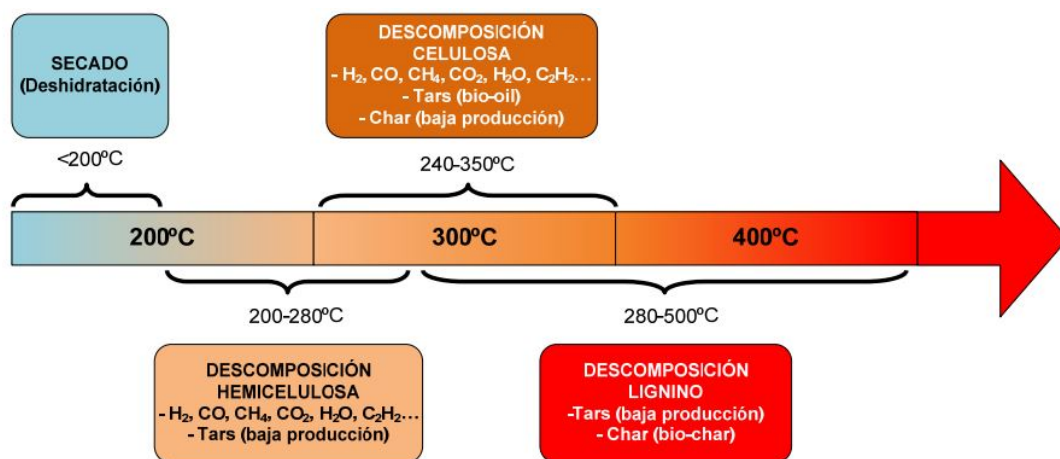


Figura 14: Proceso de gasificación: subprocesso pirólisis de la biomasa [2]

A partir de 200 °C, una vez liberada la humedad (en forma de vapor), La hemicelulosa presente en la biomasa comienza a descomponerse y liberar principalmente gas de bajo peso molecular y una pequeña parte de alquitrán (*tar*). Esta operación se realiza entre 200 y 280 °C. [2]

Entre 240 y 350 °C, la celulosa contenida en la biomasa se descompone. En esta etapa, se produce un compuesto líquido en su mayoría viscoso, conocido como alquitrán. Este se forma principalmente de benceno, compuestos fenólicos, ácido acético, otros aromáticos y agua (hasta un 20 %). Finalmente, la parte sólida formada se denomina char. Este compuesto se compone principalmente de carbono (85 %) con algunas trazas de oxígeno y hidrógeno. La formación de carbón vegetal, también llamado biocarbón o carbón vegetal, se produce principalmente entre 280 y 500 °C. [20]

En la tabla 1 podemos observar todos los compuestos que se originan en esta etapa, junto a su poder calorífico.

Productos derivados de la pirólisis	Estado	Constituyentes	PCI (MJ/kg)
Gas	Gaseoso	H ₂ , CO, CO ₂ , H ₂ O, C ₂ H ₂ , C ₆ H ₆ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₆	11–20 (MJ/Nm ³)
Alquitrán	Líquido	Benceno, Tolueno, Ácido acético, H ₂ O, compuestos aromáticos	13–18
char	Sólido	85 % Carbón, Hidrógeno, Oxígeno	30–32

Tabla 1: Compuestos formados en la etapa y su poder calorífico [2]

El poder calorífico (PCI) del "char" producido en la etapa de pirólisis es similar al coque de petróleo (29,8 MJ/kg) o carbón bituminoso (26,4 MJ/kg), Sin embargo, tiene un contenido de cenizas muy bajo en comparación con estos Combustibles fósiles [21].

Por último, debemos saber que es de vital importancia tener un gas producto final con poca cantidad de alquitranes, ya que esto es crucial para el buen funcionamiento de la planta, ya que si tenemos muchos alquitranes, dañaremos de forma grave los sistemas de generación eléctrica y térmica.

3.6.3 GASIFICACIÓN O REDUCCIÓN

En la etapa de gasificación previa a la pirólisis se realizan una serie de reacciones químicas complejas que son difíciles de predecir con precisión [22]. Algunos de los compuestos y oxidantes presentes son:

- Hidrocarburos combustibles
- Vapor de agua
- Dióxido de carbono
- Oxígeno
- Hidrógeno

La reacción más importante que se llega a producir es la del char. La gasificación del char producido tras el proceso de pirólisis implica una serie de reacciones entre el agente oxidante y el producto [22].

La velocidad a la que se produce la reacción de reducción del char depende de dos atributos principales:

- Grado de reactividad del char formado.
- Potencial de reacción del agente gasificante.

3.6.4 ETAPA DE COMBUSTIÓN

La mayoría de las reacciones de reducción son endotérmicas. La energía necesaria para que ocurran estas reacciones, además de los necesarios procesos de secado y pirólisis de biomasa, vienen a partir de reacciones de combustión del char. Todas estas son reacciones exotérmicas (liberan energía cuando se producen) [22].

Una reacción de combustión tiene una velocidad de reacción mayor que de reducción con las mismas condiciones de temperatura y presión. Llegar al tamaño de partícula de unos 6mm y temperatura de gasificación a 900 °C, se alcanza un velocidad de reacción de combustión 15 veces mayor que la de gasificación. Esta relación aumenta significativamente a medida que se reduce el tamaño de partícula del char (>0,1 mm) [22].

3.7 TIPO DE GASIFICADORES

Las etapas del proceso de gasificación, el tipo de biomasa y la temperatura están íntimamente relacionados con el tipo de reactor utilizado. Los gasificadores se clasifican principalmente según la forma en que el medio sólido gaseoso (lecho) entra en contacto con el agente gasificante (aire en nuestro caso). [16]

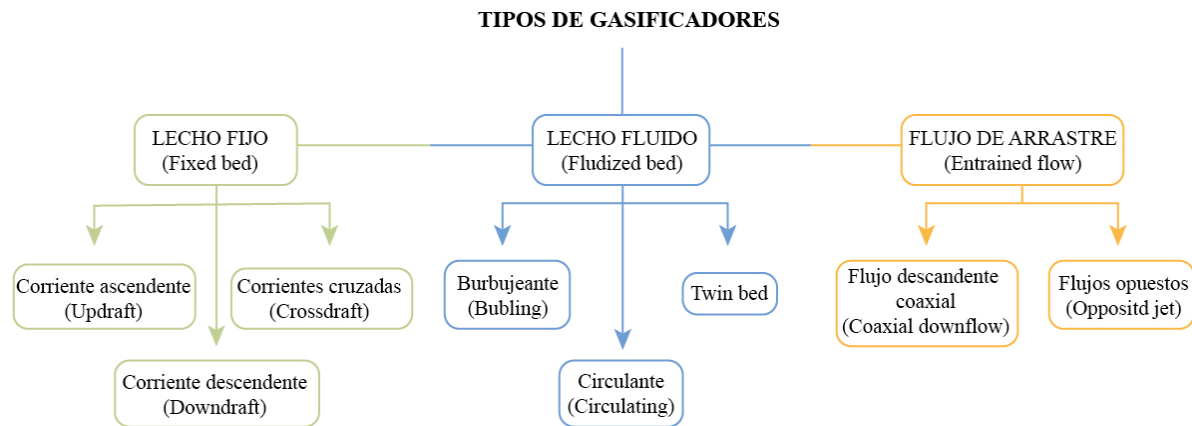


Figura 15: Tipo de Gasificadores

TIPO DE GASIFICADORES	RANGO DE FUNCIONAMIENTO
Downdraft	10kW - 100kW - 1MW
Updraft	1MW - 10MW
Fluidized bed	5MW- 10MW - 100MW
Entrained flow	50MW - 100MW - 1000 MW

Tabla 2: Rango de aplicación sistemas de gasificación [2]

Si nos fijamos en la figura 15 y en la tabla 2 podemos ver todos los tipos de gasificadores existentes y sus rangos de funcionamiento. En nuestro caso nos vamos a centrar concretamente en dos:

- Gasificadores tipo UPDRAFT.
- Gasificadores tipo DOWNDRAFT.

3.7.1 GASIFICADORES DOWNDRAFT

En los gasificadores Downdraft como el de la figura 16, tanto el sólido como el gas, se producen en la misma dirección. Este tipo de gasificador se caracteriza porque produce un gas prácticamente limpio de alquitranes, algo que es muy importante ya que estos alquitranes dañan los sistemas de operación de la planta. La temperatura de salida es alta porque el gas pasa por la zona de oxidación antes de salir del reactor. Sin embargo, su capacidad específica es baja y su potencial de expansión es muy limitado [16].

El gasificador es fácil de construir y operar aunque es cierto que lleva un largo tiempo hasta tener un buen know-how de la planta. La tendencia actual es combinando las zonas de pirólisis y oxidación en una sola, provocando de esta manera que los productos formados a causa de la pirólisis se quemen simultáneamente, por lo que en su área inferior, las reducciones se producen de manera similar al Downdraft tradicional. La principal ventaja de este gasificador es que produce un gas relativamente libre de alquitrán, mientras que su principal desventaja es que no podemos utilizar biomasa demasiado húmedas, obligándonos así a reducir el porcentaje de humedad de la biomasa [16]. Como comentamos en apartados anteriores, ese nivel de humedad apto, sería de entorno un 15-20 % de humedad.

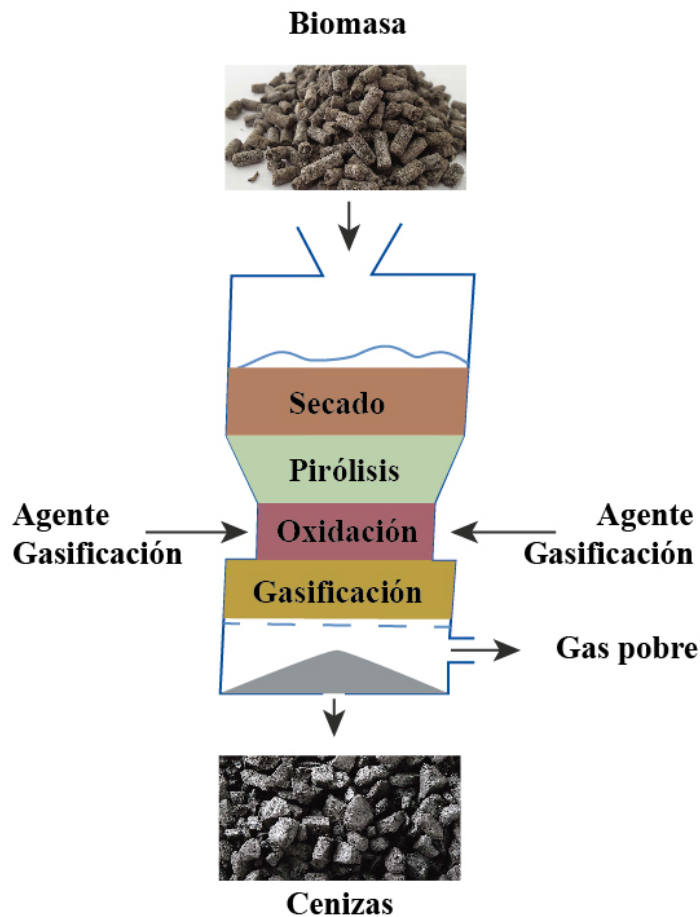


Figura 16: Gasificador Downdraft

3.7.2 GASIFICADORES UPDRAFT

En los gasificadores Updraft, como el de la figura 17, el sólido y el gas se mueven en sentidos contrarios, donde normalmente el sólido va en sentido descendiente y el gas ascendente. Este tipo de gasificadores tienen mayor eficiencia térmica debido a la baja temperatura de salida, pero con la desventaja del alto contenido de alquitrán en el gas producto. Esto implica una limpieza a fondo obligatoria del gas para determinados usos. Aunque mucho más alto que los gasificadores downdraft, el potencial de escalado y la capacidad específica siguen siendo bajos [16].

Como ocurría en el gasificador downdraft, el proceso de construcción y operación es sencillo, aunque volvemos a reiterar que conseguir el know-how de funcionamiento es la tarea más complicada y a su vez más importante. En este caso, la baja temperatura de salida del gas, hace que sea inmediatamente apto para la combustión directa. Una de las principales desventajas es el alto contenido de alquitranes y condensados producidos durante la pirólisis que se produce inicialmente de las partículas, por lo que el proceso de limpieza de gases puede volverse técnicamente compleja y económicamente costosa. Este tipo de gasificadores se han probado principalmente en plantas de baja potencia [16].

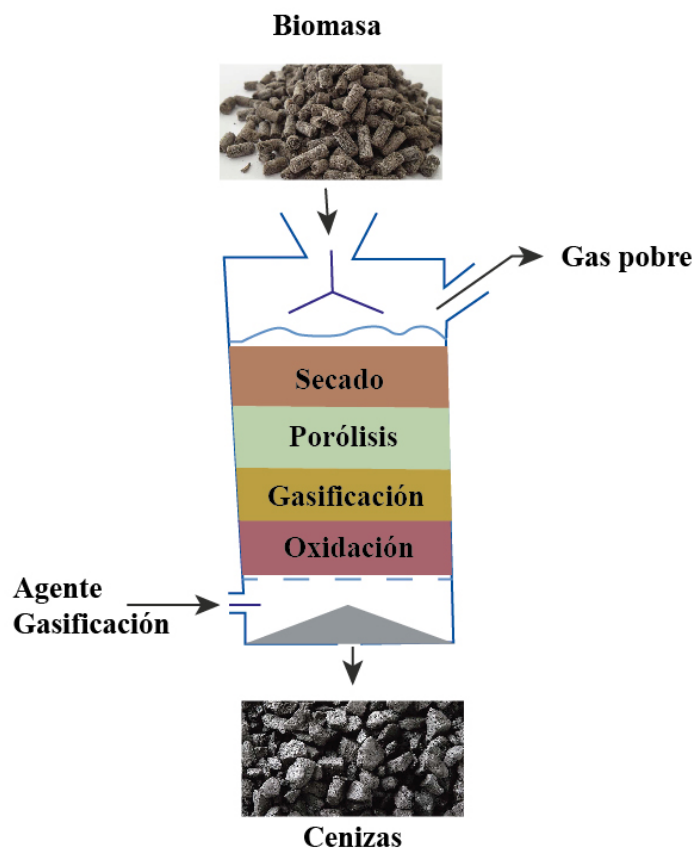


Figura 17: Gasificador UpDraft

3.8 PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE GASIFICACIÓN

Cuando hablamos de la gasificación, debemos tener en cuenta que para este proceso intervienen una serie de variables, que debemos tener cuenta en su desarrollo. Estas variables son las siguientes:

- Temperatura
- Tiempo de permanencia
- Agente gasificante
- Materia prima
- Reactividad

3.8.1 TEMPERATURA

La temperatura afecta la termodinámica y la cinética de las reacciones en el gasificador, y por lo tanto, la formación de alquitrán, de tal manera, debería ser lo más alta posible. Para que la cinética del proceso sea adecuada, la mayoría del proceso de gasificación ocurre a temperaturas de 700–900 °C.

Desde un punto de vista cinético, un aumento de temperatura implica una mayor concentración de H_2 , CO y CH_4 y consiguiente aumento del poder calorífico del gas producido (*syngas*) [16].

El proceso de gasificación tiene lugar a una temperatura constante en un medio de gasificación. Dicha temperatura se mantiene hasta que no haya más pérdida de masa. Hay 3 tipos de posibles gasificaciones dependiendo de si la temperatura es baja, media o alta.

Por tanto, la temperatura define claramente 3 zonas de gasificación [23]:

- **Zona de pirólisis** → De 400 °C a 700°C
- **Zona de combustión** → De 800 °C a 1300 °C
- **Zona de reducción** → De 700 °C a 900 °C

3.8.2 TIEMPO DE PERMANENCIA

Al aumentar el tiempo de reacción de la biomasa con el oxidante y la temperatura a la que se produce el proceso de gasificación, se reduce la cantidad de material sólido remanente y se aumenta la proporción de gas producido [23].

3.8.3 AGENTE GASIFICANTE

La presencia de diferentes agentes de gasificación afecta a la composición del gas. Dicha reacción determinará su poder calorífico y su aplicación potencial como combustible o en procesos de síntesis química. Estos se introdujeron para proporcionar calor y fluidificar los sólidos. Es fundamental que el gasificador seleccionado contenga el agente gasificante necesario para conseguir la combustión parcial del residuo que hemos empleado [23].

Se pueden usar diferentes reactivos para crear el proceso de gasificación. Estos incluyen aire, vapor de agua, dióxido de carbono, oxígeno o una mezcla de estos. Cada uno tiene diferentes efectos en la reacción [23].

- **Aire:** La gasificación mediante el agente gasificante del aire, produce un gas de baja calidad y bajo consumo energético debido a su baja densidad de energía térmica. El poder calorífico de este combustible es de 4-7 MJ/Nm³ [23].
- **Oxígeno:** La gasificación mediante el agente gasificante de oxígeno produce un gas de mayor calidad con 10–18 MJ/Nm³, pero producir oxígeno es costoso y peligroso durante el proceso [23].
- **Vapor de agua o dióxido de carbono:** La gasificación mediante el agente gasificante vapor de agua o dióxido de carbono es similar a la del oxígeno. Aunque la ventaja que tiene por encima del oxígeno es que estos incluyen menores costos de producción y menor riesgo para el usuario. Además, este proceso es de tres a cinco veces más rápido que los procesos que utilizan CO₂ como agente de gasificación. [23]

3.8.4 MATERIA PRIMA

La pirólisis completa con altas temperaturas produce una gran cantidad de carbono disponible para la reacción. Este material se denomina char y es la razón por la que la pirólisis de la madera produce gas [23].

Las cenizas se pueden formar a partir de los elementos magnesio, calcio, hierro, sodio y potasio actuando como catalizadores en la reacción de gasificación de la biomasa [23].

3.8.5 REACTIVIDAD

Las tendencias reactivas dependen de la configuración interna de la masa, de su superficie interior, porosidad, etc. Los compuestos inorgánicos con porosidad pueden servir como catalizadores o inhibidores de la reacción [23].

3.9 PLANTA DE GASIFICACIÓN

En este caso nos vamos a centrar en el tipo de planta que vamos a instalar en lasalmazaras de la provincia. Las características de la planta de gasificación que vamos a estudiar son las siguientes:

- Reactor de lecho fijo tipo *downdraft*.
- Sistema de enfriado.
- Limpieza del gas producto.
- Generador eléctrico de gas.

La elección del reactor de tiro descendente se ha basado en el hecho de que son adecuados para partículas gruesas en lugar de partículas finas (3 a 51 mm). Este tipo de biomasa como es el con orujillo peletizado, puede ser usado directamente en este tipo de reactores.

En la figura 18 vemos un esquema general de la planta de gasificación a instalar.

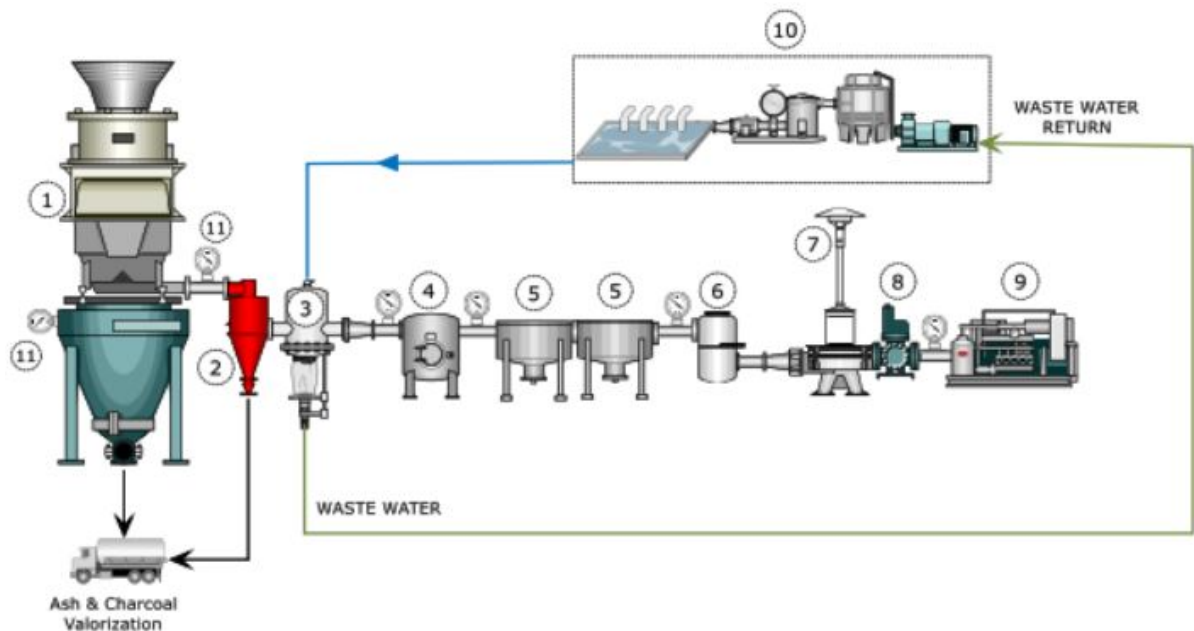


Figura 18: Esquema planta de gasificación

A continuación explicaremos cada una de las partes de la planta de gasificación con fotos reales de una planta de gasificación de este tipo, ya que he trabajado durante varios años con este tipo de sistemas.

3.9.1 REACTOR

El reactor hace referencia al elemento 1 de la figura 18. Es ahí donde introducimos la biomasa a utilizar, en nuestro caso concreto, es por donde introduciremos de forma continua el pellet de orujillo, a la misma vez que el agente gasificante, que en nuestro caso usamos aire. La biomasa entra por la tolva al reactor, mientras que nuestro agente gasificante se introduce mediante un pequeño inyector.

Es justo aquí, en la parte superior del reactor, donde se producen todos los procesos termoquímicos comentados anteriormente y que podemos ver en la figura 13, mientras que las reacciones de reducción que son las que generan el gas producto o syngas final, se producen en la parte inferior del reactor.

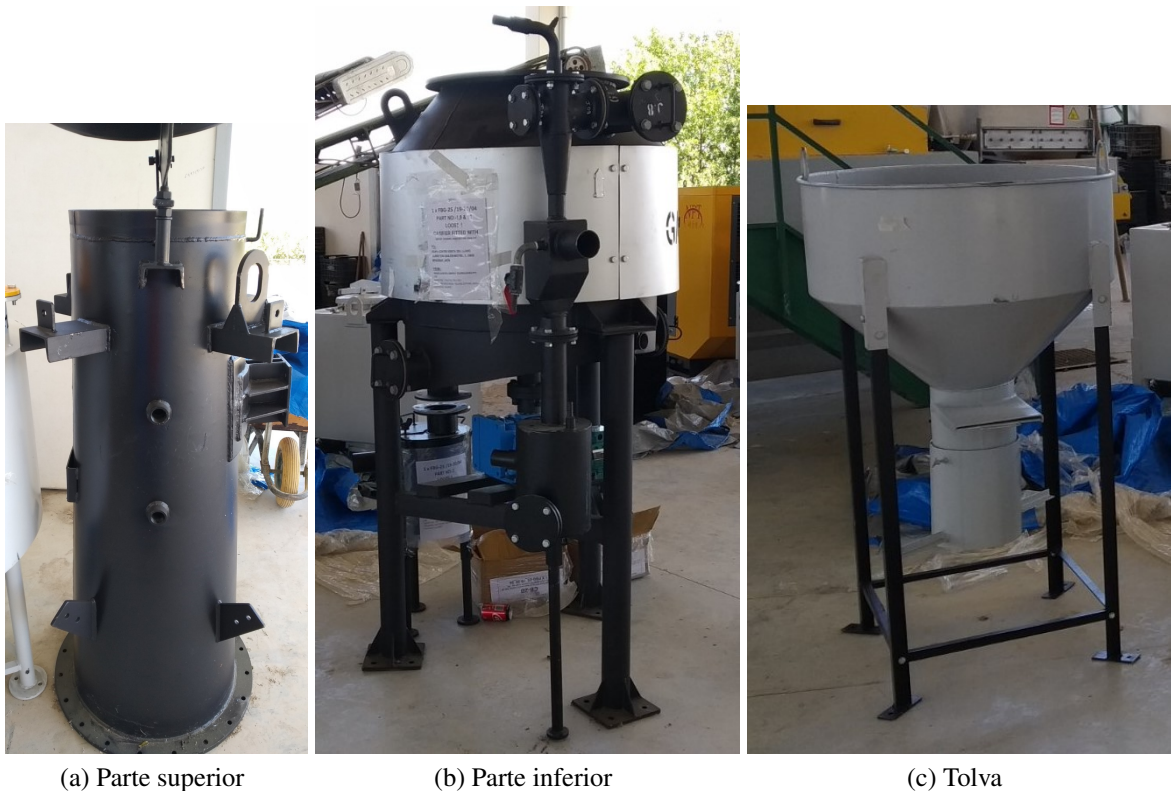


Figura 19: Partes del reactor

Como hemos comentado anteriormente, una vez se producen las reacciones en el interior del reactor, se genera un gas de síntesis o *syngas*. Este *syngas* sale a una temperatura muy alta, superior a los 400 °C y con muchas impurezas y alquitranes. Si este gas se introdujera directamente en el motor generador, esta sufriría daños irreversibles. Por tanto, procedemos a limpiar y enfriar el gas mediante el sistema que tiene el gasificador.

3.9.2 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO Y LIMPIEZA

En primer lugar vamos a hablar del primer sistema de limpieza y enfriamiento que nos encontramos. Este sistema se coloca justo a la salida del gas y consta de dos elementos:

- **Ciclón:** Su función es eliminar la mayor parte de partículas y polvo que tiene el gas. Si vemos la figura 18 sería el elemento 2
- **Lavador tipo Venturi:** Su función es eliminar alquitranes y reducir fuertemente la temperatura a través de un inyector de agua. Si vemos la figura 18 sería el elemento 3



(a) Scrubber

(b) Nozzle

Figura 20: Sistema de enfriamiento y limpieza 1

El segundo sistema de limpieza que nos encontramos está formado por 3 filtros en línea, siendo estos los elementos 4–5 y un filtro de seguridad que sería el elemento 6. Todos ellos se pueden ver en la figura 18

Estos filtros suelen estar rellenos de serrín y son los encargados de quitarle humedad al gas y terminar de limpiarlo. Por último tenemos un filtro de seguridad, el cual nos asegura la limpieza total del gas justo antes de ser metido al motor-generator.



(a) Coarse filter

(b) Fine filter 1

(c) Fine filter 2

Figura 21: Sistema de enfriamiento y limpieza 2 (Filtros)



Figura 22: Sistema limpieza de seguridad

3.9.3 MEDIDORES DE PRESIÓN, TEMPERATURA Y COMPOSICIÓN DEL GAS

Toda la planta está controlada y monitorizada mediante unos medidores de presión, temperatura y un analizador de gases (elemento 11 de la figura 18. Estos medidores son unos de los elementos básico y más importantes que tenemos a la hora de poder controlar la planta, ya que son nuestros ojos dentro del gasificador. Estos medidores nos arrojan información cada segundo y dependiendo de los valores marcados, actuaremos de una forma u otra.

A continuación vemos la función que tiene cada uno de ellos:

- **Medidores de presión:** Son los encargados de medir la presión en sitios concretos de la planta, como por ejemplo en los filtros, donde con un medidor de presión diferencial, medimos la presión a la entrada y a la salida del filtro. Dependiendo de los valores que nos proporcione el medidor, sabemos cuando es el momento de cambiar el filtro o incluso si hay algún problema en nuestro sistema. Estos sistemas de presión diferencial también son usados para el cálculo de caudal de gas que entra a nuestro motor. Estos medidores se colocan en un venturi, y de esa forma podemos realizar el cálculo.
- **Medidor de temperatura:** Son los encargados de medir la temperatura en zonas concretas del reactor (donde se producen los procesos termo-químicos) y a la salida del gas, para así poder controlar en todo momento nuestro proceso y poder actuar en caso de que haya algún fallo en el proceso.
- **Analizador de Gases:** Es el encargado de mostrarnos la composición y el PCI del gas en todo momento. Esto nos ayuda a la hora de saber si el gas producido es de buena calidad y podemos usarlo como combustible para nuestro generador sin miedo a dañarlo, o si por el contrario, el gas que estamos obteniendo no es de buena calidad y es mejor quemarlo que introducirlo al generador.



(a) Termopares



(b) Analizador de gases



(c) Medidor diferencial de presión

Figura 23: Medidores de presión, temperatura y composición del gas

3.9.4 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

Al usar un sistema con limpieza del gas y enfriamiento mediante agua, necesitamos un sistema de tratamiento de aguas que podemos ver en la figura 18 como el elemento 10. Este sistema está formado por dos elementos:

- **Torre de refrigeración:** Este sistema tiene en su interior un panel de abeja, lo que ayuda a que cuando caiga el agua dentro de la torre se enfríe de una manera más rápida.
- **Tanque de agua:** En él se encuentra el agua de nuestro circuito cerrado.



(a) Cooling Tower



(b) Tanque de agua

Figura 24: Sistema de tratamiento de aguas

3.10 TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Pasados todos los procesos previos de limpieza, bajada de temperatura y comprobación de la calidad del gas, este está preparado para ser introducido en un equipo generador de energía eléctrica.

A día de hoy existen varios tipos de tecnologías de generación eléctrica. Cada uno es utilizado dependiendo de su aplicación final.

Estos son algunos de los tipos de tecnologías generadoras de energía eléctrica:

- Motores de combustión interna.
- Turbinas o microturbinas de gas.
- Turbinas de vapor
- Pila de combustible

En nuestro caso particular, vamos a usar motores de combustión interna, por lo que son los que vamos a explicar mas detalladamente.

3.10.1 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

En un motor de combustión interna, la energía se produce quemando mediante la mezcla aire-combustible. Cuando hablamos de motores de combustión interna que usan gas de síntesis debemos diferenciar entre dos tipos de ciclo:

- Ciclo Otto
- Ciclo Diesel

Los motores que siguen el ciclo Otto son aquellos cuya compresión es producida con una mezcla de aire y combustible. Para este proceso son necesarias las bujías ya que estas deben provocar el encendido. De ahí a que se les llame motores de encendido por chispa. [24]

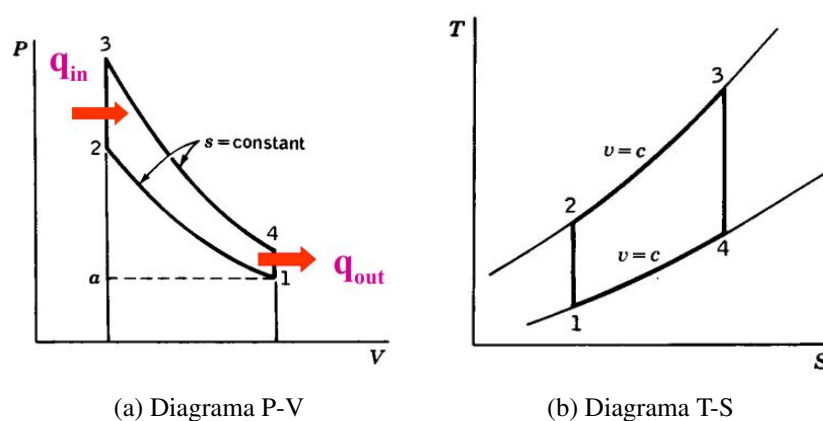


Figura 25: Ciclo Otto

En el ciclo diésel, el aire entra en los cilindros para la compresión, alcanzando temperaturas muy altas. Una vez comprimido, se inyecta el combustible, haciéndolo explotar al contacto con el aire, por lo que no es necesario su uso factores externos que lo estimulen. Por lo tanto, se denominan motores de encendido por compresión. [25]

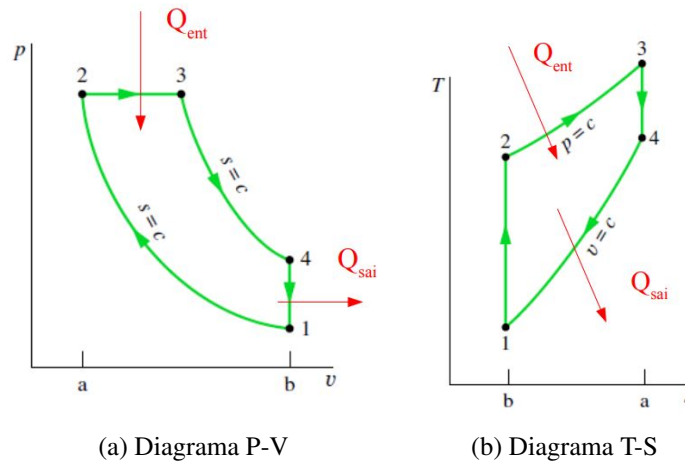


Figura 26: Ciclo Diesel

El rendimiento eléctrico de los motores de combustión interna está entre el 35 % y el 40 %. Una de las formas de mejorar este rendimiento es comprimir el aire antes de introducirlo en la cámara de combustión. Esta compresión la realiza un turbocompresor o un supercargador. De esta forma, la energía liberada durante la combustión aumenta. Sin embargo, la tecnología requerida es más avanzada, lo que aumenta su costo y mantenimiento [25].

Otra opción para mejorar el proceso de combustión es introducir aire más frío a través de un intercooler.

Cuanto mayor sea el tamaño del motor, mayor será su potencia y menor su velocidad de funcionamiento. Por lo general, la velocidad de operación de los motores de cogeneración fluctúa entre 400 y 500 rpm, lo que se refleja en un menor consumo de combustible, por lo que se traduce como un ahorro económico [25].

3.11 FABRICANTES DE GASIFICADORES

En este apartado vamos a comentar los principales fabricantes de gasificadores que hay en la actualidad.

3.11.1 ANKUR

Ankur es uno de los fabricantes más veteranos del mercado de gasificadores. Empresa India, donde sobre todo utilizan el sistema de gasificación con cáscara de arroz ya que es uno de los residuos que más abundan por la zona. Si miramos sus hojas de características, el PCI ronda entre 1000 - 1200 kcal/nm³ [3]

Los gasificadores que pueden utilizar biomasa agrícola pueden proporcionar una amplio rango de potencia eléctrica. Sus características se detallan en la figura 27.

Sr. No.	Gasifier Model	Biomass Consumption Capacity (Kilos/hour)#	Gross Power Generation (kWe/hour)#	Gross Thermal Output (kcal/hour)#
1	WBG-20	16	10	44,550
2	WBG-40	32	20	89,100
3	WBG-100	81	52	222,750
4	WBG-350	284	180	779,625
5	WBG-850	689	574	1,893,375
6	WBG-1500	1,215	1,013	3,341,250
7	WBG-2200	1,782	1,485	4,900,500

Figura 27: Características gasificadores Ankur [3]

Si nos fijamos en su página web, destacan 3 modelos diferentes de gasificadores como son:

- Hot Gas Mode
- Clean Gas Mode
- Ultra Clean Gas Mode

3.11.2 POWERMAX

Es una empresa de energía verde y limpia, además de tener una larga experiencia en la producción y el suministro de sistemas de gasificación y grupos electrógenos de gas de alto rendimiento y respetuosos con el medio ambiente. Esta empresa es especializada en la gasificación de biomasa, carbón y residuos para sistemas de energía, avalándole más de 30 años en el sector. [4]

Fabrican gasificadores de lecho fijo y lecho fluidizado para la producción simultánea de electricidad, calor o ambos, dependiendo de lo que se quiera hacer con la biomasa. Las características del gasificador de lecho fluidizado se detallan en la figura 28 [4]

Model	200CFBG	400CFBG	500CFBG	600CFBG	800CFBG	1000CFBG	1200CFBG	1500CFBG	2000CFBG
Rated Power(kw)	200	400	500	600	800	1000	1200	1500	2000
Rated Frequency	50 /60 HZ								
Rated Voltage(V)	220 / 400 / 440 / 6300 / 6600 / 11000 /13800								
Model of Gasifier	CFBG200	CFBG400	CFBG500	CFBG600	CFBG800	CFBG1000	CFBG1200	CFBG1500	CFBG2000
Gasifier Type	Circulating Fluidized Bed Gasifier(CFBG)								
Biomass Moisture Requirement	≤20% (wet basis)								
Biomass Size Requirement	≤8-15mm								
Biomass Consumption(Kg/hr)	200-360	400-720	500-900	600-1080	800-1440	1000-1800	1200-2160	1500-2700	2000-3600
Gas Production(Nm ³ /h)	500-600	1000-1200	1250-1500	1500-1800	2000-2400	2500-3000	3000-3600	3750-4500	5000-6000
Ash Discharge Type	Dry Ash Type								
Type of Gas Purification	POWERMAX Semi Dry Type Gas Purification System								
Heat Value of Gas	1200-1300Kcal/Nm ³								
Gas Composition	CO-12~18%, CO ₂ -10~16%, CH ₄ -4~8% H ₂ -3~7% CnHm-1~1.4% O ₂ -0.5~1.2% N ₂ -54~60%								
Model of Genset	100GFLS	400GFLS	500GFLS	300GFLS	400GFLS	1000GFLS	400GFLS	500GFLS	1000GFLS
Qty of Genset	2	1	1	2	2	1	3	3	2

Figura 28: Características gasificadores PowerMax [4]

3.12 PROYECTOS EN ESPAÑA

3.12.1 PROYECTO OLIVEN

El proyecto OLIVEN persigue oportunidades de mejora de la cadena de suministro del aceite de oliva mediante la valorización de subproductos. Es un proyecto perteneciente al séptimo programa marco ARIMNET2 de la Unión Europea, en el que participan múltiples instituciones como el Ministerio de Agricultura de Túnez, la Universidad de Ankara y el Instituto de Investigación del Olivoar y la Universidad de Jaén [26]. Además quiero destacar, que este fue el primer proyecto relacionado con la gasificación en el que he participado siendo estudiante de la universidad de Jaén.

El objetivo general de este proyecto es aumentar la rentabilidad y la eficiencia de la industria del aceite de oliva a través del suministro constante de energía y electricidad a través de energías renovables limpias consiguiendo a su vez una economía circular. Esto se logra mediante el uso de biomasa como fuente de energía limpia para la electricidad y el calor. Además, los residuos producidos por esta actividad son revalorizados y utilizados para generar energía mediante la gasificación [26].

El objetivo de este proyecto es exactamente el mismo que el de nuestro trabajo. A continuación veremos algunos de los beneficios que se obtuvieron con el proyecto:

- Reducir la factura un 85 %
- Disminuir costes de producción en un 15 %
- Al usar un sistema de cogeneración, el agua caliente que anteriormente necesitábamos para la extracción del aceite de oliva, ahora lo obtenemos mediante el sistema de gasificación.
- Secar el alperujo producido para su posterior uso como combustible al 20 % de humedad, usando los gases de escape del motor.
- Beneficio por la venta de uno de los "residuos" obtenidos con la gasificación como es el biochar, el cual utilizaremos como potenciador del suelo gracias a sus características. La cantidad de biochar que se obtiene ronda el 15 % del total de la biomasa introducida en el reactor.
- Reducción notable de CO₂ en la producción del aceite de oliva.

En la figura 29 vemos el proceso de economía circular conseguido con el proyecto OLIVEN

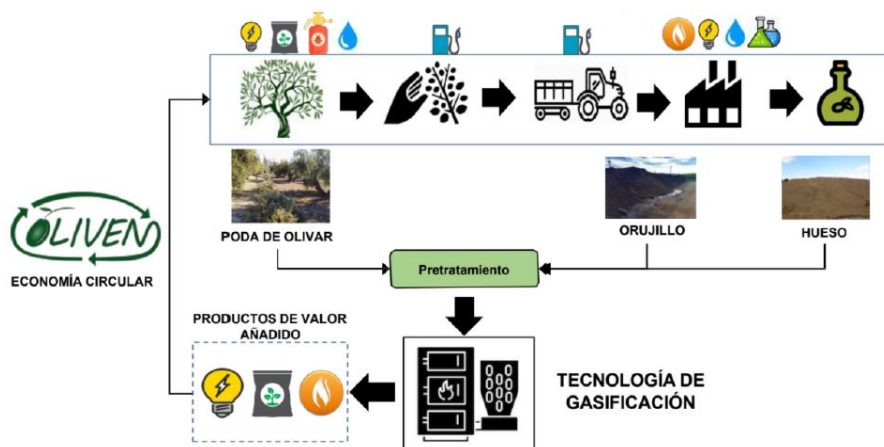


Figura 29: Esquema economía circular OLIVEN [5]

3.12.2 PROYECTO REFFECT AFRICA

Reffect Africa es un proyecto cuyo objetivo es desarrollar e instalar diferentes sistemas de energías renovables, como son por un lado, sistemas solares fotovoltaicos y sistemas de gasificación, utilizando para estos últimos biomasa de los residuos agrarios de la zona.

Nuevamente quiero destacar que Reffect Africa ha sido el último proyecto en el que he trabajado siendo estudiante de la Universidad de Jaén, siendo uno de los proyectos que más me ha ayudado a entender como funciona la tecnología de la gasificación y con el que he realizado viajes a África para realizar reuniones, tomar datos necesarios para el dimensionado del gasificador, etc.



(a) Cartel Reffect Africa

(b) Olivar Marrakech

Figura 30: Visita a Marrakech

Los lugares donde se instalarán estos sistemas de gasificación son Marruecos, Ghana y Sudáfrica.

Los principales objetivos de este proyecto son llevar la energía eléctrica a zonas subdesarrolladas donde no disponen de ella, como puede ser algún colegio. Otra parte del proyecto está destinada a la potabilización del agua.

El proyecto Reffect Africa es un gran proyecto que acaba de comenzar (solamente lleva 1 año) y el que durará unos 5 años, tiempo suficiente para tener funcionando en todas las localizaciones el sistema de gasificación adaptado a las necesidades.

3.13 MERCADO ELÉCTRICO

A continuación vamos a ver todas las etapas previas que hay para tener energía eléctrica en nuestra casa, trabajo, etc.

En el año 1997, el gobierno realizó la liberación del mercado eléctrico propiciando una serie de mejoras:

- Dejar de fijar las tarifas.
- Liberalización de mercado.
- Actividades reguladas y no reguladas.
- Se garantizó suministro, calidad y un menor coste.
- Protección del medio ambiente.

Esta base de liberalización, se reflejó en la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, la cual regula las actividades destinadas al suministro de energía eléctrica [6].

Estas actividades se pueden ver en la figura 31. Tras la liberación, estas actividades deben realizarlas empresas distintas con separación jurídica y contable, apareciendo así tres negocios diferenciados como serían:

- Generación
- Transporte
- Distribución

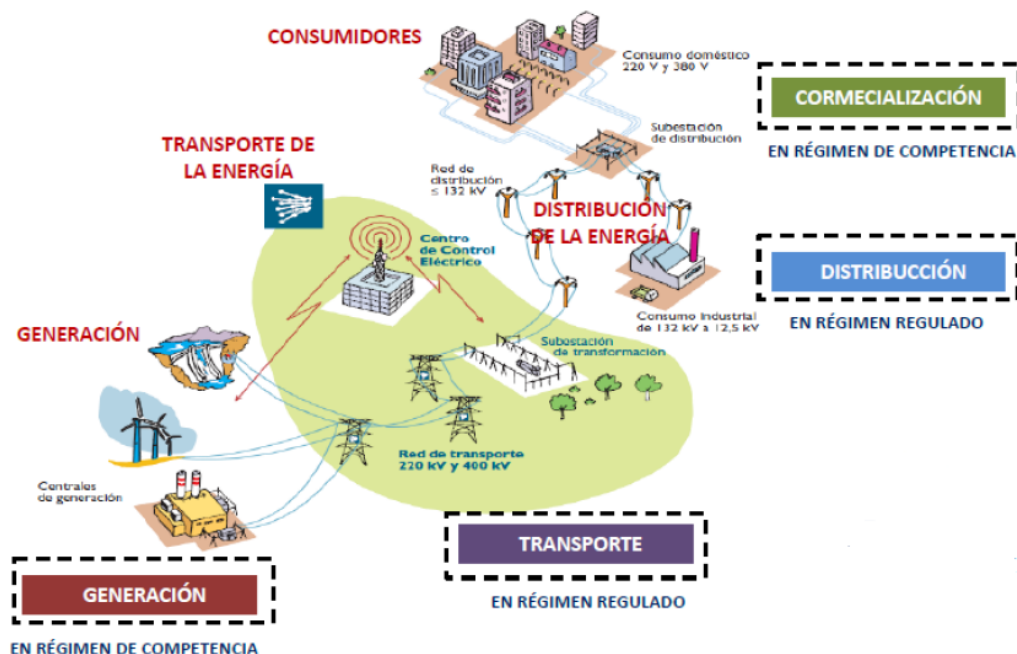


Figura 31: Actividades destinadas al suministro de energía eléctrica [6]

3.13.1 AGENTES QUE INTERVIENEN EN EL POOL

Es aquí donde se realiza la compra-venta de la energía eléctrica, funcionando de la siguiente manera:

- **Vendedores:** Son los generadores de la energía eléctrica. Esta energía eléctrica puede ser generada mediante la eólica, turbinas de gas, centrales eléctricas, etc
- **Compradores:** Los compradores son aquellos que compran la energía eléctrica generada. Estos compradores autorizados son:
 - Comercializadores.
 - Consumidores cualificados.
- **Compradores y vendedores:** Agentes externos

En la figura 32 vemos de una forma visual lo comentado anteriormente, donde podemos ver los principales centros de generación eléctrica y los pasos previos que hay antes de llegar al consumidor final.

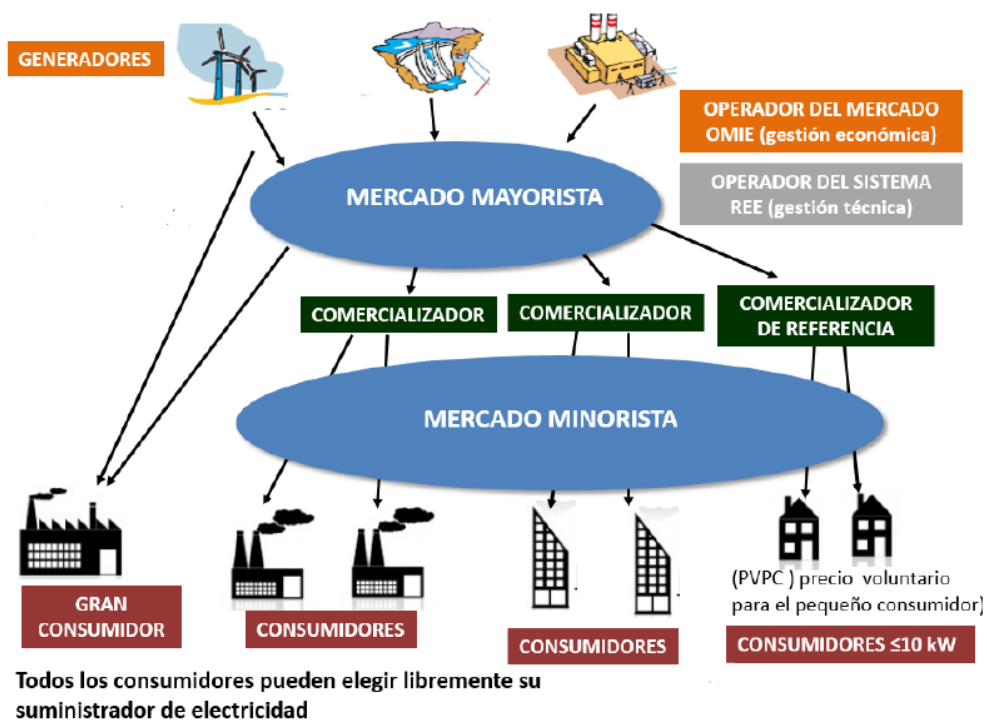


Figura 32: Generación y comercialización de energía eléctrica [6]

3.13.2 DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

OMIE, el operador del mercado mayorista de electricidad, es el encargado de aceptar las ofertas de los compradores y vendedores de electricidad. Además de fijar los precios en función de la oferta y la demanda, OMIE también supervisa todas las compras y ventas de electricidad [7].

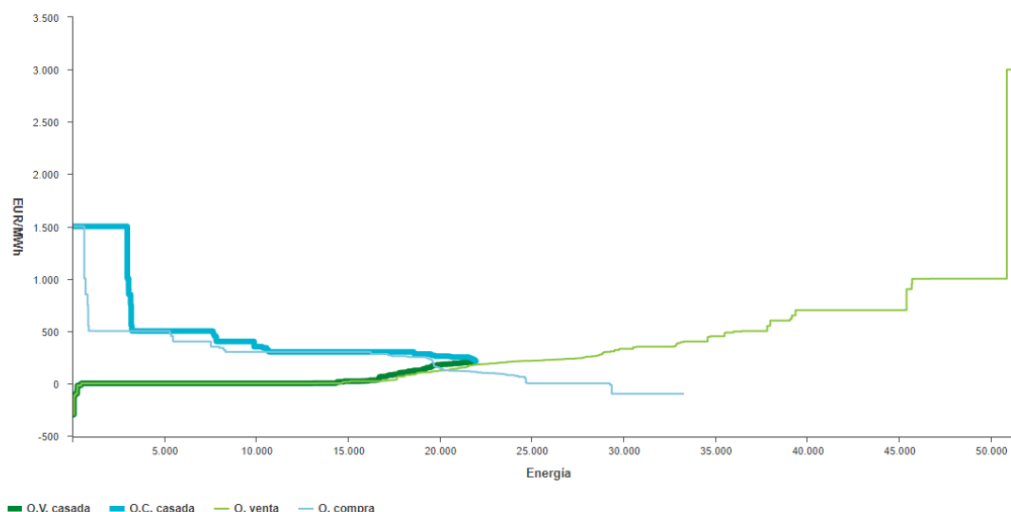


Figura 33: Curva de oferta y demanda [7]

Los vendedores fijan el precio de la energía que tienen a mano. Indican este precio y cuánta energía tienen en una cantidad concreta en la curva de ventas (figura 33). Los precios varían de la posición más baja a la más alta a lo largo del gráfico, formando una línea que sube hacia arriba. Los precios se fijan a 0 €/MWh en la compra de energía o incluso en precios negativos [7].

Los compradores especifican cuánta electricidad necesitan y el precio al que les gustaría comprarla. Estos pedidos forman la curva de compra (figura 33), que tiende de mayor a menor precio. Los compradores pueden pedir un precio máximo de 3.000 € por megavatio hora [7].

El precio coincidente de la electricidad es un punto específico en el que se cruzan las dos curvas. Este punto es donde se cruzan todos los proveedores y consumidores de electricidad. En este punto, los proveedores y consumidores de electricidad no compran ni venden electricidad durante una hora específica [7].

Comprender por qué los precios de la electricidad varían de una semana a otra requiere examinar las curvas de compra y venta.

CURVA DE VENTA

Los precios de la electricidad están determinados por las características de cada generador. Esto incluye el combustible nuclear, la energía eólica, los combustibles fósiles, la energía solar y la energía hidráulica. La gente en nuestro país tiene que entender las diferentes fuentes de electricidad de su país para entender por qué los precios son los que son [7].

Las centrales nucleares pueden producir energía eléctrica las 24 horas del día sin interrupción. Esto hace que la electricidad nuclear sea más asequible que otras formas de generadores, que pueden disminuir o aumentar la producción de electricidad [7].

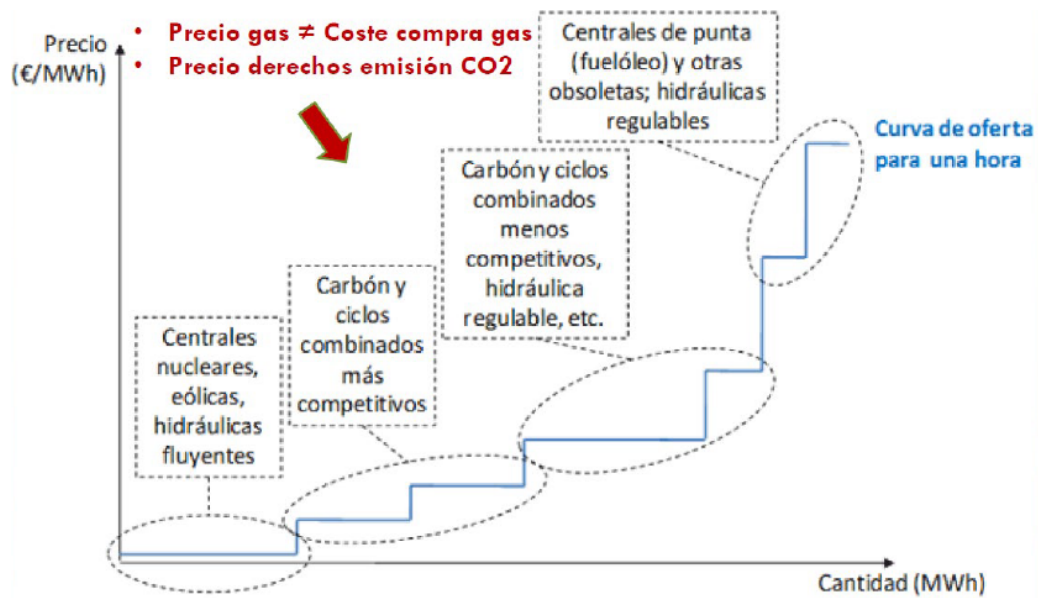


Figura 34: Orden de las ofertas en las subastas [7]

La energía renovable proviene de fuentes como el viento y el sol. Proporcionan una alternativa de bajo costo a la electricidad que utiliza el sol y el viento como fuentes de energía. Y estos generadores cuestan menos que sus costos de mantenimiento [7].

En comparación con las centrales eléctricas no térmicas, las centrales térmicas con combustible fósil generan un mayor costo por su energía. Esto se debe a los costos de combustible y mantenimiento asociados con el carbón, el gas natural y los combustibles fósiles. Además, los costos de puesta en marcha son rápidos y bajos para las centrales térmicas. En consecuencia, pueden producir electricidad en minutos o segundos, con el costo adicional de pagar un alto precio por la electricidad que proporcionan [7].

CURVA DE COMPRA

La necesidad de energía fluctúa según la estación y las rutinas diarias. Las personas crean esta necesidad al usar muchos productos e impulsa las tendencias de compra [7].

Debido a la necesidad de fuentes de energía que puedan igualar la oferta y la demanda, los productores y consumidores deben tener acceso inmediato a energía confiable. Es por esto que el mercado necesita fuentes de energía estables que puedan ser utilizadas para producción o desconexión. Hacer esto empareja rápidamente la producción y el consumo, asegurando que ambos sean iguales en tiempo real [7].

MERCADO DIARIO

El objetivo principal del mercado es establecer el costo de energía por cada hora. Para ello deben fijar la energía que cada fuente genera y la cantidad de energía que usan los consumidores. Una vez tenemos estos datos, podemos establecer el precio horario de cada día, llamándose este precio marginal o de ocasión.

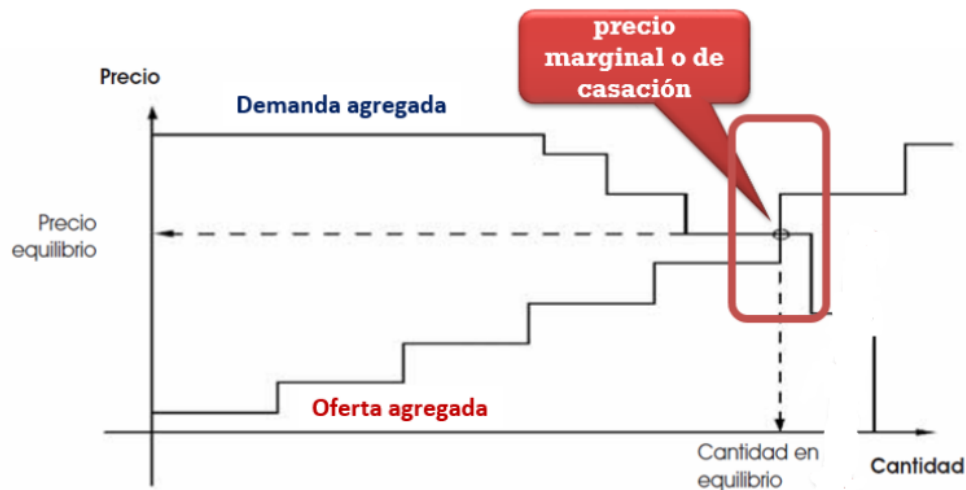


Figura 35: Mercado diario [7]

- Los proveedores que ofrecen precios inferiores a la media normalmente se enfrentan a una escasez de suministros. Cualquiera que presente una oferta por debajo del precio promedio se queda sin suministro.
- Toda la energía generada es remunerada al precio marginal o de ocasión.

3.13.3 FACTURA ELÉCTRICA

A continuación vamos a explicar todo lo relacionado con el método de facturación eléctrica y como entender una factura eléctrica.

Una factura eléctrica se componen por los siguientes términos:

- **Término fijo:** Un término fijo por conexión y por la potencia total contratada.
- **Término variable:** Donde se paga el consumo de energía eléctrica y se aplican cargos por exceso de potencia si los hubiera.
- **Impuesto eléctrico:** Coste fijo o de potencia + coste del consumo o de energía. Actualmente se encuentra en un 0.5 %
- **Alquiler contador:** Coste por alquiler de contador.
- **IVA:** Impuesto sobre todos los conceptos anteriores. Actualmente del 5 % para potencias inferiores a 10 kW

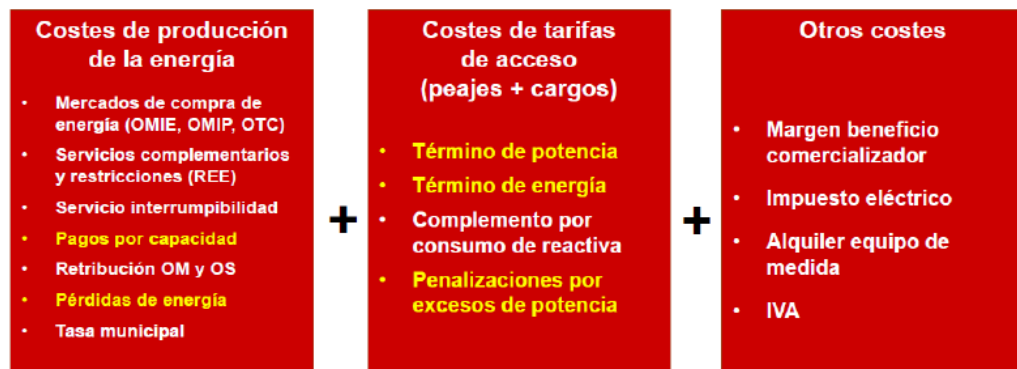


Figura 36: Términos que componen el precio de la electricidad [7]

- **Costes de producción de la energía:** Mercado mayorista. Precio variable en todo momento.
- **Coste de tarifas de acceso (peajes + cargos):** Peajes y cargos por el uso de las redes eléctricas. Regulado por la CNMC y el Gobierno.

ESTRUCTURA TARIFAS DE ACCESO

Como podemos ver en la figura 37 tenemos diferentes tarifas de acceso, dependiendo de la potencia contratada y de la tensión. Para viviendas, comúnmente se utiliza la tarifa 3.0 TD mientras que para industria suele ser la 6.1 TD aunque estas si pueden variar más.

Hace unos años los periodos de potencia y de energía eran diferentes, ya que solamente había 1,2 ó 3 periodos para cada una. En la actualidad, esto ha cambiado y y 6 periodos tanto para potencia como para energía.

PERIODOS DE PEAJES PROPUESTOS		
Tarifa acceso	Periodos potencia	Periodos energía
3.0TD	6	6
6.1TD	6	6
6.2TD	6	6
6.3TD	6	6
6.4TD	6	6

Figura 37: Periodo de tarifas de acceso actual [7]

Los periodos son tramos horarios en los que la potencia y la energía varían su precio. En la figura 38 podemos ver como se distribuyen a lo largo de un año esos tramos horarios. Cabe destacar, que el periodo 6 incluye todas las horas del fin de semana y fiestas nacionales. [7]

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0 a 1 h												
1 a 2 h												
2 a 3 h												
3 a 4 h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
4 a 5 h												
5 a 6 h												
6 a 7 h												
7 a 8 h												
8 a 9 h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2
9 a 10 h												
10 a 11 h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1
11 a 12 h												
12 a 13 h												
13 a 14 h												
14 a 15 h												
15 a 16 h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2
16 a 17 h												
17 a 18 h												
18 a 19 h												
19 a 20 h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1
20 a 21 h												
21 a 22 h												
22 a 23 h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2
23 a 24 h												

Figura 38: Horario de aplicación de los periodos [7]

TIPOS DE CONTRATO

Actualmente hay dos tipos de contrato:

- **Mercado Regulado PVCP:** A este tipo de contrato se puede acceder únicamente si la potencia contratada es menor a 10 kw. Su forma de facturación es horaria, lo que quiere decir que cada hora varía el precio de la energía.
- **Mercado Libre:** A este tipo de contrato se puede acceder con todas las potencias contratadas. Este es un contrato en el que tú fijas un precio tanto de energía como de potencia fijos, en lo que todas las horas las pagas al mismo precio.

DESGLOSE FACTURA ELÉCTRICA

En la figura 39 podemos ver una factura real, donde se desglosa todo lo comentado anteriormente, como puede ser: términos de energía, términos de potencia, IVA, tramos horarios, etc.

Facturación		IMPORTE
CONCEPTO	CÁLCULO	
Término de Energía Variable	P2: 1.792 kWh x 0,091759 Eur/kWh = 164,43 Eur P3: 1.236 kWh x 0,077916 Eur/kWh = 96,3 Eur P6: 1.468 kWh x 0,055182 Eur/kWh = 81,01 Eur	341,74
Fact. Potencia Contratada	P1: 80 kW x 24,732072 Eur/kW = 1.978,57 Eur P2: 80 kW x 21,529345 Eur/kW = 1.722,35 Eur P3: 80 kW x 12,319941 Eur/kW = 985,6 Eur P4: 80 kW x 9,897259 Eur/kW = 791,78 Eur P5: 80 kW x 2,83392 Eur/kW = 226,71 Eur P6: 260 kW x 1,571094 Eur/kW = 408,48 Eur 6.113,49 Eur X 30 DIAS / 365 días	502,48
Impuesto sobre la Electricidad	0,5 % sobre 844,22 Eur	4,22
Alquiler de Equipos de Medida		96,87
IVA normal	21 % sobre 945,31 EUR	198,52
Total Factura		1.143,83 EUR

Figura 39: Desglose de la factura eléctrica

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 ANTECEDENTES

El objetivo de este estudio es dimensionar una central de gasificación para cada una de las almazaras a estudiar, viendo que modelo de gasificador (125 kW, 250 kW o 500 kW) se ajusta más a la demanda de la almazara y cual es el mejor escenario posible.

- **Escenario 1:** Central de gasificación con autoconsumo.
- **Escenario 2:** Central de gasificación con excedentes sin compensación.

4.1.1 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE AUTOCONSUMO

Cuando hablamos de instalación aislada, debemos saber que este sistema se rige por el Real Decreto 244/2019 del 5 de abril y por el REBT, en concreto la IT-40.

Corresponde a las modalidades definidas en el artículo 9.1.a) de la Ley 24/2013, de 26 de Diciembre. Por tanto, hablamos de autoconsumo sin excedentes cuando se instalan dispositivos físicos que impiden la inyección de energía que se excede en nuestro sistema a la red de transporte, mediante un sistema antivertido [27]. Los sistemas antivertido los podemos ver más comúnmente en sistemas fotovoltaicos.

Por tanto el objetivo de este escenario y rigiéndonos a la ley, sería el siguiente:

- Abastecer a la almazara de energía eléctrica por medio del sistema generador de gasificación mientras este está funcionando, ahorrándonos así la importación de energía eléctrica de la red.

En este escenario, si usáramos la opción de autoconsumo sin excedentes, la energía que se excede no se utilizaría para nada, de modo que se estaría desaprovechando. Es por este motivo por el que debemos hacer un buen dimensionado de la planta de gasificación, para desperdiciar la menor cantidad de energía eléctrica. De este modo la planta de gasificación solo funcionaría en los meses de cosecha.

Se había barajado la opción de aprovechar esa energía excedida como por ejemplo para la producción de hidrógeno verde mediante electrolizadores, pero el actual coste de un electrolizador es demasiado elevado, por lo que de momento no es nada viable.

4.1.2 CENTRAL DE GASIFICACIÓN CON EXCEDENTES SIN COMPENSACIÓN

Corresponde a las modalidades definidas en el artículo 9.1.b) de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre. En estas modalidades las instalaciones de producción próximas y asociadas a las de consumo podrán, además de suministrar energía para autoconsumo, inyectar energía excedentaria en las redes de transporte y distribución [27].

Dentro de esta modalidad, podemos distinguir entre dos:

- **Con compensación:** En este caso el productor podrá vender la energía excedentaria hasta cubrir el importe máximo del término de energía de su factura.

Por otro lado, cuando queremos optar a la modalidad de autoconsumo sin excedentes con compensación, debemos cumplir una serie de requisitos, como veremos a continuación.

- La fuente de energía primaria sea de origen renovable.
 - La potencia total de las instalaciones de producción asociadas no sea superior a 100 kW. En caso de ser superior a 100 kW, se debe seguir una serie de actividades y trámites para la obtención de un permiso, en definitiva, mucha burocracia [27].
 - No tener otorgado un régimen retributivo adicional o específico [27].
- **Sin compensación:** En este caso, el productor podrá vender la energía excedentaria de la instalación. En esta modalidad, el consumidor podrá verter a la red aquellos excedentes de energía que ha generado de más su instalación y que no ha consumido. Esa energía se venderá al precio del mercado eléctrico en ese momento o puede llegar a un acuerdo con la comercializadora.

Además de la posibilidad de vender la energía al precio del mercado eléctrico, existe la posibilidad de obtener un PPAs. Un PPAs es un acuerdo o contrato de compraventa de energía a largo plazo entre un desarrollador renovable y un consumidor, o entre un desarrollador y un comercializador que revenderá la energía [28].

En este escenario, si usáramos la opción de autoconsumo con excedentes sin compensación, la energía que se excede es vertida a la red, obteniendo así su correspondiente compensación económica. Además, fuera de cosecha podríamos usar nuestro sistema de gasificación para generar energía eléctrica y verterla directamente a la red, teniendo así una fuente de ingresos económicos. De esta manera, la planta de gasificación funcionaría durante los meses de cosecha y fuera de cosecha.

4.1.3 MARCO LEGAL ACTUAL DEL AUTOCONSUMO

A continuación veremos todo lo referente al marco legal actual del autoconsumo en España.

SIMPLIFICACIÓN DE TRAMITES

Dependiendo de la potencia que instalemos tendremos una simplificación o no de trámites. Vamos a verlo en detalle:

- Estamos exentos de permisos de conexión y acceso cuando la instalación tenga alguna de estas características :
 - Sin excedentes.
 - $P \leq 15 \text{ kW}$
- Cuando $P \leq 100 \text{ kW}$ el contrato de acceso que se hace con la compañía distribuidora se realizará de oficio.
- Siempre y cuando la potencia instale sea $P \leq 100 \text{ kW}$ y con un suministro/generación en Baja Tensión, se realizará la inscripción automática en el registro [29].

SIMPLIFICACIÓN DE TÉCNICA

Normalmente se requerirá únicamente 1 contador bidireccional a excepción de los siguientes casos:

- Se precisará de 2 contadores(siendo uno de ellos un contador de generación y el restante un contador bidireccional de consumo) en los casos siguientes [29]:
 - Cuando sea un autoconsumo colectivo.
 - La instalación esté próxima a la red.
 - La tecnología de generación eléctrica no sea renovable.
 - La instalación generadora con potencia nominal aparente sea de 12 MVA

PASOS A SEGUIR SI NO CUMPLIMOS CON LAS SIMPLIFICACIONES

En el caso de que las simplificaciones anteriores no sean posibles por diversos motivos, habrá que llevar a cabo una serie de pasos. A continuación veremos los pasos a seguir y los plazos máximos que hay:

1. Deberemos presentar una solicitud de autorización administrativa y que esta sea aceptada:
 - **Plazo:**6 meses
2. Obtener una declaración sobre el impacto ambiental, con resultado favorable:
 - **Plazo:**22 meses → Ampliables 9 meses según el Real Decreto-ley 29/2021
3. Obtener autorización administrativa previa:
 - **Plazo:**25 meses → Ampliables 9 meses según el Real Decreto-ley 29/2021
4. Obtener autorización administrativa de construcción:
 - **Plazo:**28 meses → Ampliables 9 meses según el Real Decreto-ley 29/2021

5. Por último obtener la autorización administrativa de la explotación definitiva:

- **Plazo:** 5 años

6. **IMPORTANTE:** Todos los permisos de acceso y conexión anteriores que no se cumplan caducarán.

AVALES

Para poder llevar a cabo nuestro proyecto debemos pagar un aval. Este aval debe contener la siguiente información [29]:

- Definir si es red de transporte o distribución.
- Artículo de la normativa.
- Potencia que se va a instalar.
- Tipo de tecnología usada para la generación eléctrica.
- Nombre y ubicación

A continuación vemos el importe de este Aval y en que casos estamos exentos de pagarlo [29]:

- Están exentas de pagar este aval los siguientes tipos de instalaciones:
 - Instalaciones con $P \leq 15\text{kW}$.
 - Instalaciones de autoconsumo sin excedentes.
 - Aquellas instalaciones de autoconsumo con excedentes siempre y cuando $P \leq 100\text{kW}$.
- Se deberá pagar un aval de 40 €/kW
 - **IMPORTANTE:** En caso de que el punto de conexión sea denegado por falta de capacidad en la red, solo se podrá recuperar el 80 % del aval. Hay una modificación sobre este tema en el Real Decreto-Ley 29/2021 [29].

PROCESOS Y PLAZOS

A continuación veremos los plazos y procesos a seguir:

- **Solicitud de acceso y conexión:**
 - Solicitud de subsanación → 20 días.
 - Entregar toda la información → 20 días.
 - tiempo de notificación en caso de rechazo → 20 días.
- **Tiempo de remisión si la propuesta ha sido admitida:**
 - Instalaciones conectadas a una tensión $\leq 1 \text{ kV}$ → 15 días.
 - $1 \text{ kV} < \text{Tensión} \leq 36 \text{ kV}$ → 30 días.
 - Tensión $> 36 \text{ kV}$ → 40 días.
 - En caso de ser una instalación conectada a red de transporte → 60 días. arriba [29].

TRÁMITES PREVIOS A LA OBRA

A continuación vamos a ver los trámites que debemos seguir previos a la obra, y a que lugar debemos acudir para presentar los documentos que se soliciten.

- Debemos pedir el código que identifica de forma única al autoconsumo (CAU) [29].
 - **Lugar de tramitación:** Distribuidora.
- Permisos municipales, como pueden ser la declaración responsable y el certificado de obra mayor o menor (Incluir memoria técnica si es BT y $P \leq 10\text{kW}$ o proyecto técnico si es BT $> 10\text{kW}$ o AT). Además se deberá pagar las tasas ICIO y, en su caso fianzas [29].
 - **Lugar de tramitación:** Ayuntamiento.
- Obtención de la autorización ambiental y de utilidad pública [29]
 - **Lugar de tramitación:** CCAA.
- Todo tipo de autorizaciones administrativas previas y de construcción para BT, $P > 100\text{kW}$ o AT.
 - **Lugar de tramitación:** CCAA.
- AVAL
 - **Lugar de tramitación:** CCAA.

TRÁMITES POSTERIORES A LA OBRA

Una vez finalizada la obra deberemos de realizar los siguientes trámites:

- Certificado de instalación + fin de obra
 - **Lugar de tramitación:** CCAA.
- Realización de inspecciones tanto inicial como periódicas
 - **Lugar de tramitación:** OCCA $P > 25\text{kW}$.
- Autorización de explotación
 - **Lugar de tramitación:** CCAA o DGPEM.
- Informar sobre cambio de contrato
 - **Lugar de tramitación:** Distribuidora/Comercializadora.
- Inscripción en el Registro Administrativo de Instalaciones Productoras de Energía Eléctrica (RAIPRE) en caso de venta de energía [29].
 - **Lugar de tramitación:** CCAA
- Contrato de representación en mercado en caso de venta de energía [29].
 - **Lugar de tramitación:** Comercializadora.

4.1.4 LEGISLACIÓN VIGENTE

A continuación, resumiremos toda la normativa aplicada para estos sistemas de gasificación, comentada con anterioridad en los anteriores apartados.

- **Real Decreto Ley 244/2019:** Encargado de regular las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica [27].
 - **Autoconsumo sin excedentes:** Artículo 9.1.a) de la Ley 24/2013, de 26 de Diciembre [27]
 - **Autoconsumo con excedentes:** Artículo 9.1.b) de la Ley 24/2013, de 26 de Diciembre [27]
- **Real Decreto Ley 15/2018.** Modifica el RD 900/2015 y la Ley 24/2013. [29]
 - Eliminación de cargos al autoconsumo
 - Tipos de autoconsumo individual, colectivo, con o sin excedentes
 - Simplificación administrativa
 - Posibilidad de compensar excedentes
- **Real decreto 244/2019.** Regula las condiciones. [29]
- **Real Decreto 842/2002 (REBT).** Ejecución de instalación de $P \leq 100\text{kW}$. Conexión de instalaciones sin excedentes. [29]
- **Real Decreto 1699/2011.** Conexión de instalaciones con vertido de excedentes de $P \leq 100\text{kW}$. [29]
- **Real Decreto 1955/2000.** Conexión de instalaciones con vertido de excedentes de $P > 100\text{kW}$. [29]
- **Real Decreto ley 23/2020.** Medidas en materia de energía para la reactivación económica. [29]
- **Real Decreto 1183/2020.** Acceso y conexión a las redes. [29]
- **Real Decreto Ley 29/2021.** Eliminación de aval hasta 100kW y de BT en colectivos. [29]
- **Real Decreto Ley 14/2022.** Reducción tiempo de cambio de tipología. Simplificación administrativa. [29]

4.1.5 AYUDAS OFRECIDAS AL AUTOCONSUMO

La Junta de Andalucía concede subvenciones o incentivos a la energía auto-generada. Estos deben cumplir con criterios específicos, y parte del presupuesto anual de la junta se asigna para este propósito.

Los incentivos varían según el método de obtención de energía, así como el tipo de energía utilizada y quién la utiliza. Algunos de estos incentivos tienen en cuenta los avances tecnológicos y los avances en energía térmica o eléctrica.

La siguiente línea de incentivos a la que podemos tener acceso con nuestro sistema de gasificación es a la Acción 22CS:A.4.2.c, que se denomina “Instalaciones singulares aisladas o conectadas, avanzadas o con muy alto grado de autoconsumo”.

Esta ayuda tiene como finalidad incentivar a las nuevas unidades de cogeneración que generan tanto energía eléctrica como mecánica al mismo tiempo que se obtiene energía térmica a partir de los nuevos métodos de generación de energía. Esto ocurre debido al uso de nuevos métodos de generación de energía eléctrica [8].

INTENSIDADES DE INCENTIVO (**)						
GENERAL	ESPECÍFICAS					
45 % (**) 90% para centros educativos	45 % Integración arquitectónica de las instalaciones	60 % Servicios municipales en municipios con menos de 20.000 habitantes	45 % Ámbito prioritario RIS3 o uso de TIC para la medición y seguimiento energético	45 % Tecnologías incluidas en el Programa NER300	80 % Actuaciones en edificios de entidades locales	85 % Rehabilitaciones energéticas en viviendas sociales
Plazo Ejecución	Plazo Justificación	Inversión mínima	Solo para el caso de beneficiarios que ejercen actividad económica			
	 6 meses a contar desde la finalización del plazo máximo de ejecución	500 € (IVA excluido)	Régimen de ayudas Decreto 303/2015	¿Requiere inversión de referencia? 		
INTERVENCIÓN DE ENTIDADES COLABORADORAS						
Para suministro de bienes o prestación de servicios incentivables al beneficiario o entidad beneficiaria Obligatoria		Tramitación de solicitudes de incentivo en representación de las personas o entidades beneficiarias (*) Obligatoria		Empresas acreditadas del Real Decreto 56/2016 para la elaboración de los certificados previo y posterior Obligatoria		
Ejecución material de las actuaciones incentivables Obligatoria		Cesionarias de derecho de cobro (*) Obligatoria				

Figura 40: Porcentaje de ayuda según su fin [8]

En la figura 40 podemos ver el porcentaje de incentivo que se puede llegar a obtener dependiendo de cual sea nuestro fin. Además se muestran algunas condiciones mínimas, como puede ser, inversión mínima, plazo de ejecución, etc

4.1.6 PROYECTOS CDTI

Las empresas españolas deben llevar sus solicitudes de desarrollo tecnológico al CDTI, que es una Entidad Pública Empresarial. Esto se debe a que el CDTI está gestionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación; promueve el desarrollo tecnológico en las empresas españolas.

Existen diferentes programas de subvenciones para proyectos basados en sus necesidades específicas. Si un proyecto necesita asistencia con I+D, existe una opción para una subvención parcialmente reembolsable denominada “Proyectos de I+D”. Esta subvención generalmente se usa para investigar nuevas ideas en tecnología, crear nuevos productos o mejorar un proceso de producción existente [30].

En nuestro caso particular, por un lado lo que hacemos es mejorar el proceso de obtención del aceite de oliva, por lo que podemos acogernos a este tipo de programas.

A continuación veremos cuales son las características de este tipo de ayuda y las características que se deben cumplir para que se acepte la ayuda:

■ CARACTERÍSTICAS DE LA AYUDA:

- La tasa EURIBOR a 1 año sigue siendo la misma para cualquier proyecto dado.
- Hasta el 85 % del presupuesto recibe la ayuda necesaria.
- El tiempo de pago es de 10 a 15 años, con un período de gracia de 2 a 3 años.
- Una parte de la ayuda que no se puede devolver está entre el 20 % y el 33 %.
- Una empresa financiera debe crear proyecciones financieras para respaldar la necesidad de garantías constitucionales antes de acceder al CDTI.
- CDTI puede reducir o eliminar las garantías solicitadas por el proyecto.
- No son necesarias garantías adicionales para acogerse a esta opción de pago, eso sí se debe anticipar el 35 % de la ayuda hasta un máximo de 250.000 euros.
- La empresa debe aportar al menos el 15 % del presupuesto del proyecto utilizando sus recursos.

■ CARACTERÍSTICAS QUE DEBE CUMPLIR EL PROYECTO:

- 175.000€ es el presupuesto más bajo que puede tener un proyecto; las excepciones son CIEN con un presupuesto de 5.000 millones de euros.
- La duración del proyecto será de 12 meses a 48 meses los proyectos CIEN mientras que le siguen los proyectos de cooperación tecnológica nacional que tienen una duración de 12 a 36 meses.

4.1.7 UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS ALMAZARAS

Nuestro estudio se va a realizar para dos almazaras distintas de la provincia de Jaén. Estas almazaras son las siguientes:

- **ACEITES MONTEOLIVO S.L:** Ubicada en Villanueva de la Reina,Jaén.
- **S.C.A VIRGEN DEL PERPETUO SOCORRO:** Ubicada en Alcaudete,Jaén.

A continuación vamos a ver su ubicación exacta de las almazaras y hablaremos un poco sobre ellas.

SAN ISIDRO S.C.A

En 1958, la cooperativa de San Isidro SCA fue fundada por 26 agricultores cerca de la localidad de Valdepeñas de Jaén. La cooperativa produce una media de 6.000 toneladas de aceite de oliva virgen extra al año y cosechan alrededor de 1.400 toneladas de aceite de sus aceitunas.

- La ubicación cercana de la planta a las fuentes de combustible la hace conveniente para manejar las necesidades logísticas, ya que es en la provincia de Jaén donde se producen la mayor parte del orujo y hueso de aceituna.
- Su proximidad a la autopista lo convierte en un lugar ideal para abastecerse de combustible cuando se opera con normalidad. Esto se debe a que la carretera es una de las más transitadas de la provincia, lo que les da una ventaja. Aunque hay que destacar, que la intención en nuestro proyecto es que las almazaras no tenga que importar el combustible de otros lugares, sino obtener el combustible de su propio proceso.
- La instalación se encuentra a 2.3 km del municipio, por lo que la población local no tiene que preocuparse por los subproductos de la combustión.

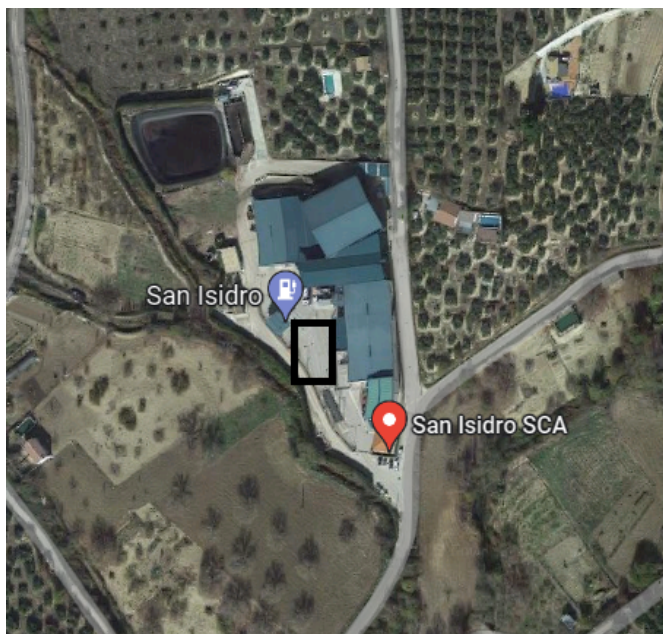


Figura 41: Vista aérea almazara San Isidro

La zona que se propone para la instalación de la planta de gasificación, es la señalada en la figura 41. La presencia de la planta de gasificación en la zona indicada no impide ningún procedimiento de pesaje o mantenimiento. Además, se proporciona suficiente espacio para la distribución de biomasa por camiones.

S.C.A VIRGEN DEL PERPETUO SOCORRO

La cooperativa SCA Virgen del Perpetuo Socorro tiene su sede en Alcaudete en el municipio situado en la provincia de Jaén. Esta ubicación trae consigo algunas ventajas, las cuales veremos a continuación.

- La ubicación cercana de la planta a las fuentes de combustible la hace conveniente para manejar las necesidades logísticas, ya que es en la provincia de Jaén donde se producen la mayor parte del orujo y hueso de aceituna.
- Su proximidad a la autopista lo convierte en un lugar ideal para abastecerse de combustible cuando se opera con normalidad. Esto se debe a que la carretera es una de las más transitadas de la provincia, lo que les da una ventaja. Aunque hay que destacar, que la intención en nuestro proyecto es que las almazaras no tenga que importar el combustible de otros lugares, sino obtener el combustible de su propio proceso.
- La instalación se encuentra a 3 km del municipio, por lo que la población local no tiene que preocuparse por los subproductos de la combustión.



Figura 42: Vista aérea almazara Virgen del Perpetuo Socorro

La zona que se propone para la instalación de la planta de gasificación, es la señalada en la figura 42. La presencia de la planta de gasificación en la zona indicada no impide ningún procedimiento de pesaje o mantenimiento. Además, se proporciona suficiente espacio para la distribución de biomasa por camiones.

4.1.8 PRODUCCIÓN DE LA ALMAZARA SAN ISIDRO

La actividad de la almazara se desarrolla principalmente en los meses de cosecha, siendo estos en los meses comprendidos entre octubre y marzo, ya que es en este periodo de tiempo cuando se recolectan las aceitunas para su posterior elaboración y transformación en aceite de oliva.

En la tabla 43 podemos ver los datos de producción que ha tenido la almazara por campaña.

DATOS ALMAZARA SAN ISIDRO			
CAMPAÑA	19-20	20-21	21-22
ACEITUNA (Kg)	8.035.338	11.061.687	10.597.869
ACEITE (Kg)	1.846.670	2.299.350	2.223.385
ORUJO OBTENIDO	6.923.950	9.119.820	8.844.400
HUESO OBTENIDO	556.376	884.901	883.007
HUESO AUTOCONSUMIDO	70.708	97.343	93.261

Figura 43: Datos de producción por campaña San Isidro

Después de estudiar varias cooperativas y ver sus cosechas, podemos saber el porcentaje medio que se obtiene de aceite, hueso, alpeorujo, etc.. A continuación vamos a ver esos porcentajes y que hace referencia:

- **% hueso de aceituna:** Es la cantidad de hueso que se obtiene una vez se moltura, siendo este entre el 5 % - 8 % del total de la aceituna recogida.
- **% hueso autoconsumido:** Es la cantidad de hueso que consume la almazara para la parte térmica(uso de las camisas para el proceso de extracción del aceite de oliva), siendo este entre el 10 % - 15 % del hueso obtenido en el proceso.
- **% de aceite:** Es la cantidad de aceite virgen que se obtiene del total de la aceituna recogida, siendo este entre el 20 % - 23 %.
- **% alperujo:** Es la cantidad de residuo que se obtiene del prensado de la aceituna, con un alto porcentaje de humedad(debe ser tratado), siendo este entre el 85 % - 89 %.

Sabiendo estos porcentajes, podemos obtener unos valores aproximados de todos los valores anteriores en caso de que únicamente nos den el dato de kg de aceituna recogidos en la campaña.

En el caso de esta almazara, si se nos ha proporcionado todos los datos de las campañas estudiadas, con lo que hemos podido corroborar que los porcentajes obtenidos están en el rango mostrado anteriormente.

4.1.9 PRODUCCIÓN DE LA ALMAZARA ACEITES S.C.A VIRGEN DEL PERPETUO SOCORRO

La actividad de la almazara se desarrolla principalmente en los meses de cosecha, siendo estos en los meses comprendidos entre octubre y marzo, ya que es en este periodo de tiempo cuando se recolectan las aceitunas para su posterior elaboración y transformación en aceite de oliva.

En la tabla 44 podemos ver los datos de producción que ha tenido la almazara por campaña

DATOS ALMAZARA VIRGEN DEL PERPETUO SOCORRO			
CAMPAÑA	19-20	20-21	21-22
ACEITUNA (Kg)	17.000.000	48.000.000	36.000.000
ACEITE (Kg)	3.400.000	9.600.000	7.200.000
ORUJO OBTENIDO	11.900.000	33.600.000	25.200.000
HUESO OBTENIDO	1.360.000	3.840.000	2.880.000
HUESO AUTOCONSUMIDO	142.800	403.200	302.400

Figura 44: Datos de producción por campaña Virgen Perpetuo Socorro

Después de estudiar varias cooperativas y ver sus cosechas, podemos saber el porcentaje medio que se obtiene de aceite, hueso, alpeorujo, etc. A continuación vamos a ver esos porcentajes y que hace referencia:

- **% hueso de aceituna:** Es la cantidad de hueso que se obtiene una vez se moltura, siendo este entre el 5 % - 8 % del total de la aceituna recogida.
- **% hueso autoconsumido:** Es la cantidad de hueso que consume la almazara para la parte térmica(uso de las camisas para el proceso de extracción del aceite de oliva), siendo este entre el 10 % - 15 % del hueso obtenido en el proceso.
- **% de aceite:** Es la cantidad de aceite virgen que se obtiene del total de la aceituna recogida, siendo este entre el 20 % - 23 %.
- **% alperujo:** Es la cantidad de residuo que se obtiene del prensado de la aceituna, con un alto porcentaje de humedad(debe ser tratado), siendo este entre el 70 % - 80 %.

Sabiendo estos porcentajes, podemos obtener unos valores aproximados de todos los valores anteriores en caso de que únicamente nos den el dato de kg de aceituna recogidos en la campaña.

En el caso de esta almazara, el único valor que nos han proporcionado ha sido el de kg de aceituna recolectada en la campaña, con lo que hemos utilizado los porcentajes anteriores para estimar aproximadamente los valores de kg de aceite, hueso, etc.

4.1.10 CONSUMO ELÉCTRICO DE LA ALMAZARA SAN ISIDRO

Las almazaras requieren una cantidad importante de energía térmica y eléctrica para producir aceite de oliva. Las facturas eléctricas de una almazara son bastante elevadas (dependiendo de la cantidad de kg de aceituna molturada) ya que necesitan gran cantidad de energía para poder realizar el proceso de extracción del aceite.

En nuestro caso, la almazara estudiada nos ha facilitado los datos de la cosecha 20-21 y 21-22.

En los siguientes gráficos vamos a ver reflejados los costes de energía y potencia que tiene la almazara en los meses de cosecha.

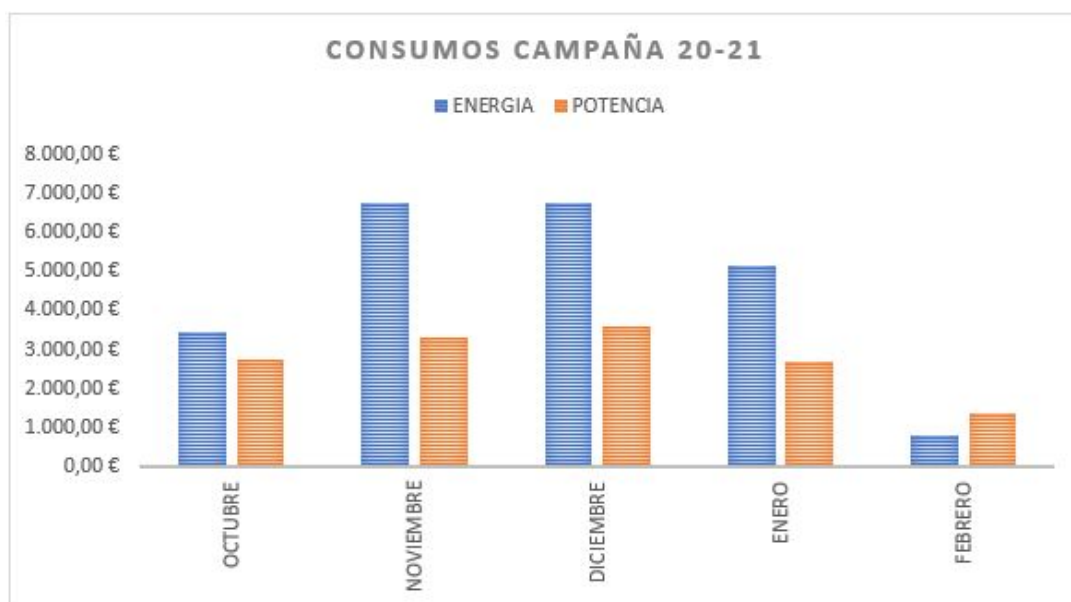


Figura 45: Consumo campaña 20-21 almazara San Isidro

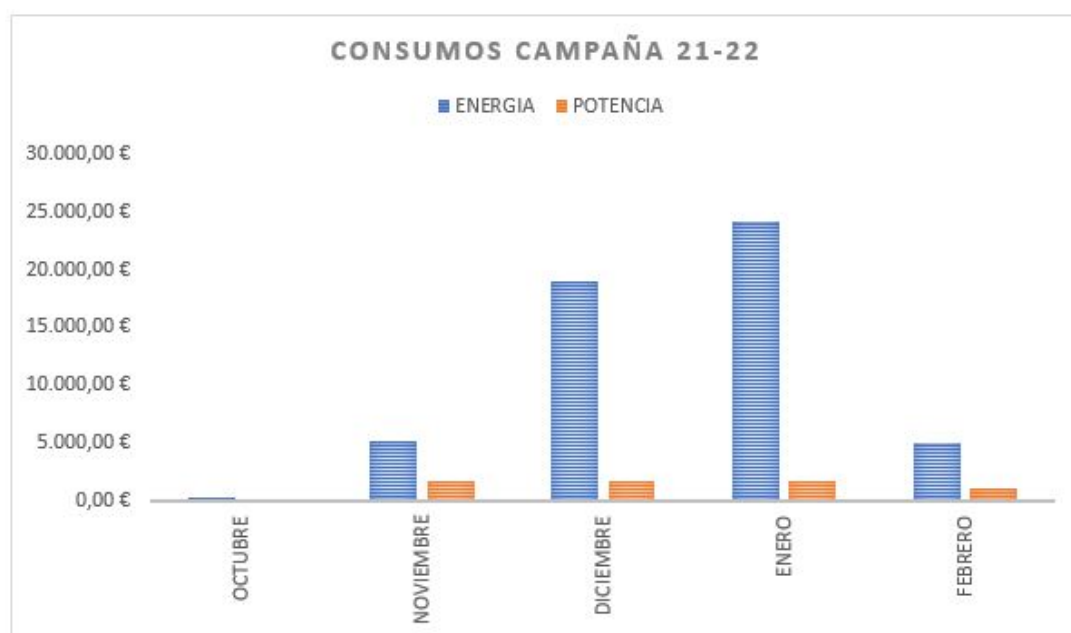


Figura 46: Consumo campaña 21-22 almazara San Isidro

Si nos fijamos en las figuras 48 y 46 vemos que hay algunas diferencias. Esto se debe a que como hemos comentado en apartados anteriores hay diversos motivos:

- Cada campaña es diferente, por lo que en unas campañas habrá una mayor molturación de aceituna, lo que puede implicar un mayor coste de energía eléctrica y térmica.
- El coste de la energía se pacta con la compañía, por lo que cada año puede variar, dependiendo de lo que la almazara pacte.
- El coste de la potencia, al igual que el de la energía, es pactado con la compañía, por lo que de una campaña a otra este valor puede variar.
- Penalizaciones por exceso de potencia.
- Penalizaciones por energía reactiva.

A continuación veremos un resumen de la facturación total de la almazara en las diferentes campañas.

RESUMEN FACTURACIÓN 20-21		RESUMEN FACTURACIÓN 21-22	
TOTAL ENERGÍA (kWh)	337479	TOTAL, ENERGÍA (kWh)	305796
ENERGÍA (€)	22.897,82 €	ENERGÍA (€)	53.649,92 €
POTENCIA (€)	13.704,99 €	POTENCIA (€)	6.584,95 €
REACTIVA (€)	0	REACTIVA (€)	0
PENALIZACIONES (€)	0	PENALIZACIONES (€)	0
RECARGO (€)	12629,05	RECARGO (€)	8128,76
ALQUILER EQUIPO (€)	135,67	ALQUILER EQUIPO (€)	0
DESCUENTO (€)	0	DESCUENTO (€)	16811,33
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	2.524,01 €	IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	2.635,71 €
IVA TOTAL (€)	10.897,22 €	IVA TOTAL (€)	11.379,48 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	62.788,76 €	TOTAL FACTURACIÓN(€)	65.567,49 €

(a) Facturación campaña 20-21

(b) Facturación campaña 21-22

Figura 47: Facturación Almazara de San Isidro

Si nos fijamos en la figura 47 podemos ver como la facturación es muy similar, por lo que en este caso, podemos coger cualquiera de las dos para realizar nuestro estudio. Aún así, vamos a realizar el estudio con los datos de la campaña 21-22 que son los más elevados, con el fin de dimensionar la planta de gasificación con los valores de consumo eléctrico más elevado de los que disponemos.

Queremos señalar, que a la hora de hacer el estudio, no vamos a tener en cuenta ni los recargos ni los descuentos, ya que interfieren en un resultado real para los pasos siguientes. Por tanto los valores de facturación que se verán en las siguientes tablas o gráficas difieren a estos

4.1.11 CONSUMO ELÉCTRICO DE LA ALMAZARA VIRGEN DEL PERPETUO SOCORRO

Las almazaras requieren una cantidad importante de energía térmica y eléctrica para producir aceite de oliva. Las facturas eléctricas de una almazara son bastante elevadas (dependiendo de la cantidad de kg de aceituna molturada) ya que necesitan gran cantidad de energía para poder realizar el proceso de extracción del aceite.

En nuestro caso, la almazara estudiada nos ha facilitado los datos de la cosecha 20-21 y 21-22.

En los siguientes gráficos vamos a ver reflejados los costes de energía y potencia que tiene la almazara en los meses de cosecha.

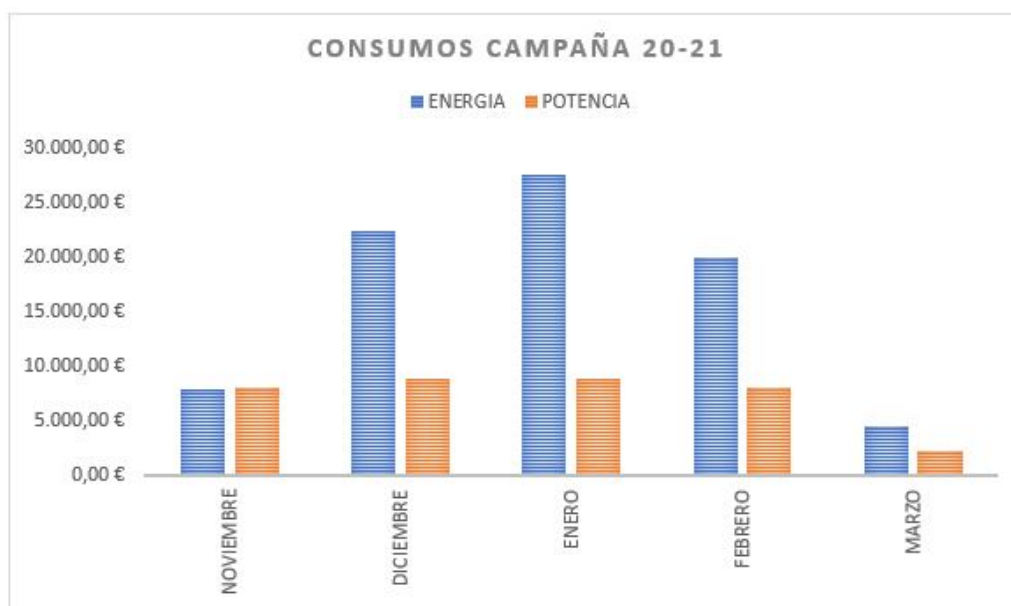


Figura 48: Consumo campaña 20-21 almazara San Isidro

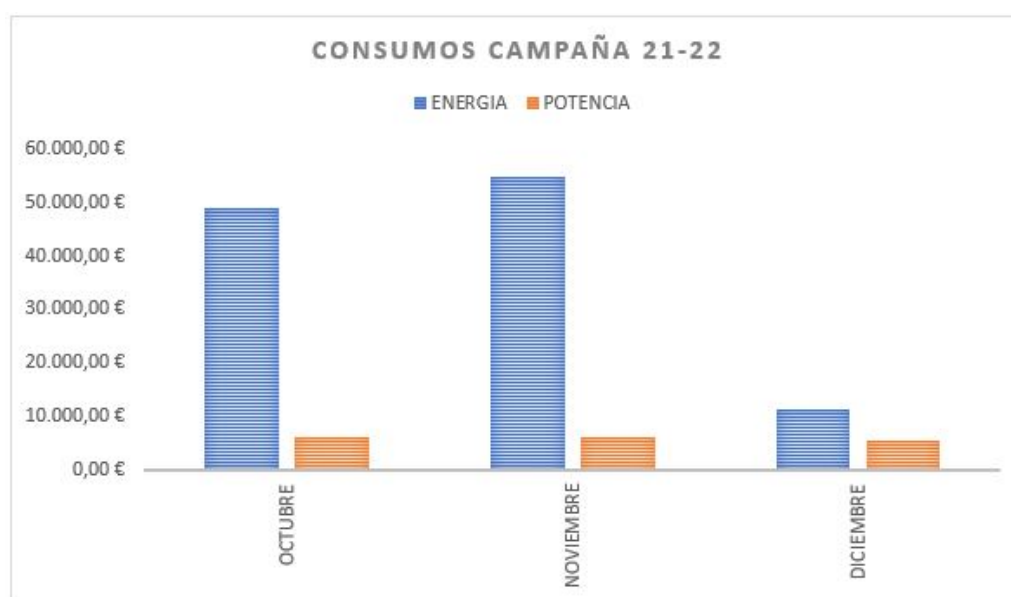


Figura 49: Consumo campaña 21-22 almazara Virgen del Perpetuo Socorro

Si nos fijamos en las figuras 49 y 49 vemos que hay algunas diferencias. Esto se debe a que como hemos comentado en apartados anteriores hay diversos motivos:

- Cada campaña es diferente, por lo que en unas campañas habrá una mayor molturación de aceituna, lo que puede implicar un mayor coste de energía eléctrica y térmica.
- El coste de la energía se pacta con la compañía, por lo que cada año puede variar, dependiendo de lo que la almazara pacte.
- El coste de la potencia, al igual que el de la energía, es pactado con la compañía, por lo que de una campaña a otra este valor puede variar.
- Penalizaciones por exceso de potencia.
- Penalizaciones por energía reactiva.

A continuación veremos un resumen de la facturación total de la almazara en las diferentes campañas.

RESUMEN FACTURACIÓN 20-21		RESUMEN FACTURACIÓN 21-22	
TOTAL ENERGÍA (kWh)	1192115	TOTAL ENERGÍA (kWh)	798438
ENERGÍA (€)	82.210,59 €	ENERGÍA (€)	114.755,75 €
POTENCIA (€)	36.162,00 €	POTENCIA (€)	17.923,50 €
REACTIVA (€)	0	REACTIVA (€)	0
PENALIZACIONES (€)	4750,22	PENALIZACIONES (€)	1493
RECARGO (€)	31015,71	RECARGO (€)	0
ALQUILER EQUIPO (€)	196,23	ALQUILER EQUIPO (€)	0
DESCUENTO (€)	0	DESCUENTO (€)	0
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	7.890,66 €	IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	6.859,82 €
IVA TOTAL (€)	34.067,34 €	IVA TOTAL (€)	29.616,73 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	196.292,75 €	TOTAL FACTURACIÓN(€)	170.648,80 €

(a) Facturación campaña 20-21

(b) Facturación campaña 21-22

Figura 50: Facturación Almazara Virgen del Perpetuo Socorro

Si nos fijamos en la figura 50 podemos ver como la facturación de la campaña 20-21 es bastante más elevada que la de la campaña 21-22, por tanto vamos a realizar el estudio con los datos de la campaña 20-21 que son los más elevados, con el fin de dimensionar la planta de gasificación con los valores de consumo eléctrico más elevado de los que disponemos.

Queremos señalar, que a la hora de hacer el estudio, no vamos a tener en cuenta ni los recargos ni los descuentos, ya que interfieren en un resultado real para los pasos siguientes. Por tanto los valores de facturación que se verán en las siguientes tablas o gráficas difieren a estos

4.2 COMBUSTIBLE UTILIZADO

En nuestro caso, teníamos claro que el combustible que íbamos a utilizar para abastecer a la planta de gasificación era el orujillo. Esta decisión se toma porque relación calidad - precio es la mejor opción. Es verdad que el hueso de aceituna tiene un mayor PCI, pero este se puede vender a un alto coste el kg, mientras que el orujillo tiene un PCI similar y no tiene salida, por tanto es muy bueno para usar como combustible.

$$\blacksquare \text{ PCI: } 16.300 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

OBTENCIÓN DEL PELLET DE ORUJILLO

Para obtener el combustible que vamos a utilizar dentro del reactor es necesario realizar un secado del alpeorujo graso que obtenemos en primera estancia.

Este alpeorujo graso tiene un 70 % de agua, lo que impide que con este alto porcentaje de humedad podamos usarlo directamente como combustible. Por tanto, necesitamos un secadero para conseguir reducirlo al 15 % - 20 % de humedad, con el objetivo de poder peletizarlo e introducirlo en el gasificador.

Este secadero a su vez se alimentará de pellet de orujillo, que serán introducidos en la cámara de combustión para producir gases de combustión y secar el alpeorujo graso.

4.3 PLANTA DE GASIFICACIÓN

En este apartado vamos a ver las características que tienen las plantas de gasificación que vamos a utilizar para realizar este estudio.

4.3.1 FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA

La planta de gasificación opera las 24 horas del día durante el período de molturación, excluyendo el tiempo de inactividad por mantenimiento, que representa el 6 % del tiempo total de operación.

Ese 6 % se debe aplicar ya que la planta tiene unas paradas programadas obligatorias para cambio de filtros, cambio de agua de lavado, revisión de los motores, etc.

Por tanto, para el cálculo total de horas reales de trabajo del gasificador se calcula de la siguiente manera:

$$\text{días cosecha} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = X \text{ horas} \cdot 0.94 = X \text{ Horas reales totales} \quad (1)$$

4.4 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE GASIFICACIÓN

Para nuestro estudio vamos a dimensionar 3 plantas de gasificación de diferentes potencias:

- Gasificador de 125 kWe
- Gasificador de 250 kWe
- Gasificador de 500 kWe

Para la producción de energía vamos a usar dos grupos electrógenos de gas. En este caso vamos a usar uno de 250 kW para las plantas de gasificación de 125 kWe y 250 kWe, mientras

que para el gasificador de 500 kWe usaremos un grupo electrógeno de 500 kW. Esto se debe a que debemos amoldarnos al tipo de motores generadores que hay en el mercado.

Especificaciones motor:

- Este sistema CHP se usa para recuperar el calor del agua d;de la camisa y el escape de gas.
- Necesita un PCI de $4.5 \frac{MJ}{Nm^3}$

4.4.1 GASIFICADOR 125 kWe

GASIFICADOR 125 kWe	
Consumo de biomasa (kg/h)	150 - 160
Rendimiento de conversión (%)	84

Figura 51: Características gasificador 125 kW

Grupo electrógeno de gas productor continuo de 250 kW	
Potencia Eléctrica	250 kW
Potencia térmica agua de refrigeración	184 kW
Salto térmico agua de refrigeración	78°C - 88°C
Flujo agua de refrigeración	15.8 m ³ /h
Potencia térmica gases de escape	163 kW
Salto térmico gases de escape	150 °C – 505 °C
Caudal gases de escape	1064 nm ³ /h
Rendimiento Eléctrico Syngas	25 %

Figura 52: Características motor de gas 125-250 kWe

4.4.2 GASIFICADOR 250 kWe

GASIFICADOR 250 kWe	
Consumo de biomasa (kg/h)	300 - 310
Rendimiento de conversión (%)	84

Figura 53: Características gasificador 250 kW

Grupo electrógeno de gas productor continuo de 250 kW	
Potencia Eléctrica	250 kW
Potencia térmica agua de refrigeración	184 kW
Salto térmico agua de refrigeración	78°C - 88°C
Flujo agua de refrigeración	15.8 m ³ /h
Potencia térmica gases de escape	163 kW
Salto térmico gases de escape	150 °C – 505 °C
Caudal gases de escape	1064 nm ³ /h
Rendimiento Eléctrico Syngas	25 %

Figura 54: Características motor de gas 125-250 kW

4.4.3 GASIFICADOR 500 kW

GASIFICADOR 500 kW	
Consumo de biomasa (kg/h)	610 - 620
Rendimiento de conversión (%)	84

Figura 55: Características gasificador 500 kW

Grupo electrógeno de gas productor continuo de 500 kW	
Potencia Eléctrica	500 kW
Potencia térmica agua de refrigeración	368 kW
Salto térmico agua de refrigeración	156°C - 176°C
Flujo agua de refrigeración	31.6 m ³ /h
Potencia térmica gases de escape	326 kW
Salto térmico gases de escape	300 °C – 1010 °C
Caudal gases de escape	2128 nm ³ /h
Rendimiento Eléctrico Syngas	25 %

Figura 56: Características motor de gas 500 kW

5 RESULTADOS ALMAZARA DE SAN ISIDRO

Como hemos comentado en anteriores apartados, tenemos la opción de instalar 3 gasificadores con potencia diferente. Por tanto, vamos a realizar 3 estudios independientes, uno para cada potencia de gasificador a instalar.

Los datos que vamos a utilizar son los de la campaña 21-22, los cuales aparecen en la figura 47

5.1 ESTUDIO DE LAS FACTURAS ELÉCTRICAS

Para determinar cual será tamaño de la planta, es necesario calcular en primer lugar las necesidades energéticas de la planta, lo que implica conocer su uso de energía eléctrica y térmica.

5.1.1 TÉRMINO DE ENERGÍA

El tipo de facturación que se utiliza actualmente en las almazaras es de 6 periodos para el término de energía. En la figura 57 vemos cuales han sido los consumos de la almazara por cada periodo.

En este caso todo el consumo se ha realizado en el periodo 1

En las tablas 53 y 52 podemos consultar los consumos de energía y potencia respectivamente de todos los meses de cosecha.

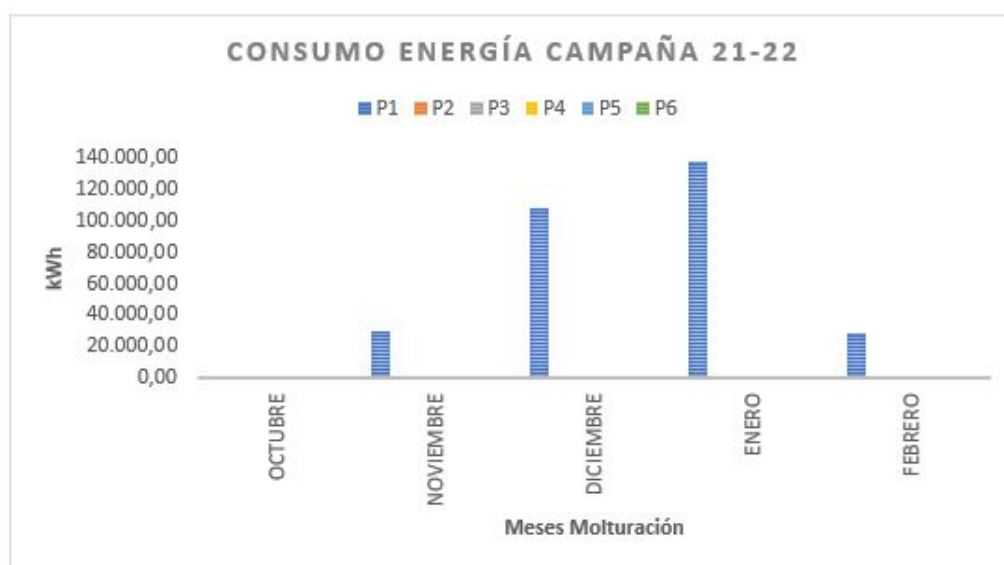


Figura 57: Consumo de energía por periodos San Isidro

Si sumamos los valores de cada mes, nuestra factura referente al término de energía asciende a 53649.92 €.

Como sabemos y hemos comentado anteriormente, las facturas eléctricas están divididas en periodos [P1,P2....P6], en nuestro caso, están divididas en 6 periodos y cada periodo tiene un precio pactado del coste de energía por año, lo que implica que el coste de la energía por periodos varía del año 2020 al 2021.

Por tanto, si queremos averiguar cual ha sido el precio medio de la energía en la campaña, debemos calcular lo que se llama, precio ponderado de la energía.

PRECIO KILOVATIO HORA PONDERADO

$$P_{kWh_m} = \frac{P_{kWh_1} \cdot E_1 + P_{kWh_2} \cdot E_2 + P_{kWh_3} \cdot E_3 + P_{kWh_4} \cdot E_4 + P_{kWh_5} \cdot E_5 + P_{kWh_6} \cdot E_6}{E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6} \quad (2)$$

Donde:

E_1 es la energía consumida durante el periodo 1

E_2 es la energía consumida durante el periodo 2

E_3 es la energía consumida durante el periodo 3

E_4 es la energía consumida durante el periodo 4

E_5 es la energía consumida durante el periodo 5

E_6 es la energía consumida durante el periodo 6

P_{kWh_1} es el precio del kilovatio hora durante el periodo 1

P_{kWh_2} es el precio del kilovatio hora durante el periodo 2

P_{kWh_3} es el precio del kilovatio hora durante el periodo 3

P_{kWh_4} es el precio del kilovatio hora durante el periodo 1

P_{kWh_5} es el precio del kilovatio hora durante el periodo 2

P_{kWh_6} es el precio del kilovatio hora durante el periodo 3

Este cálculo es realizado aplicando esta ecuación en una plantilla excell, de forma que el valor del kilovatio hora ponderado lo obtenemos de forma automática.

■ **Precio kilovatio hora ponderado:** 0.1754 €

Una vez tenemos calculado el valor del precio del kilovatio hora, podemos obtener de una manera rápida y efectiva el coste variable total de la energía en la campaña 21-22.

■ **Coste variable de la energía:**

$$CE_v = E_T \cdot P_{kWh} = 305796 \text{ kWh} \cdot 0.1754 \text{ €} = 53649.92 \text{ €} \quad (3)$$

Donde:

CE_v es el coste total de la energía eléctrica consumida

E_T es la energía eléctrica total consumida

5.1.2 TÉRMINO DE POTENCIA

El tipo de facturación que se utiliza actualmente en las almazaras es de 6 periodos para el término de potencia. En la figura 58 vemos cuales han sido las potencias contratadas en cada periodo

En este caso todo el consumo se ha realizado en el periodo 1

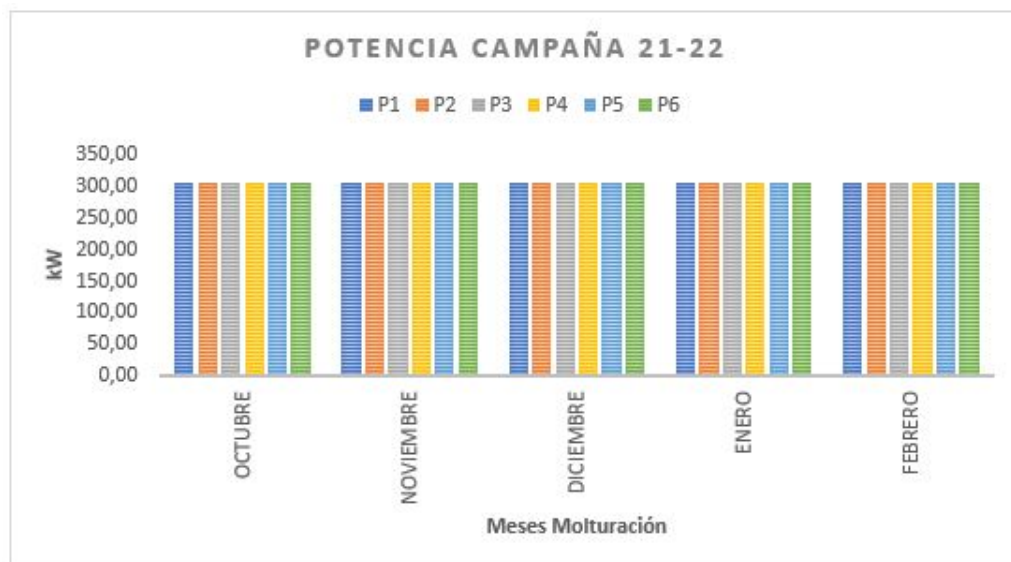


Figura 58: Potencia contratada por periodos San Isidro

Si sumamos los valores de cada mes, nuestra factura referente al término de potencia asciende a 6584.95 €.

Como sabemos y hemos comentado anteriormente, las facturas eléctricas están divididas en periodos [P1,P2....P6], en nuestro caso, están divididas en 6 periodos y cada periodo tiene un precio pactado del coste de la potencia por año, lo que implica que el coste de la potencia por periodos varía del año 2020 al 2021.

Al igual que pasaba con la energía, si queremos averiguar cual ha sido el precio medio de la potencia en la campaña, debemos calcular lo que se llama, precio ponderado de la potencia.

PRECIO KILOVATIO PONDERADO

$$P_{kW_m} = \frac{P_{kW_1} \cdot \text{días} \cdot \text{horas} \cdot P_1 + \dots + P_{kW_6} \cdot P_6 \cdot \text{días} \cdot \text{horas}}{P_1 \cdot \text{días} \cdot \text{horas} + \dots + P_6 \cdot \text{días} \cdot \text{horas}} \quad (4)$$

Donde:

P_1 es la potencia contratada durante el periodo 1

P_{kW_6} es el precio del kilovatio durante el periodo 3

Este cálculo es realizado aplicando esta ecuación en una plantilla excell, de forma que el valor del kilovatio ponderado lo obtenemos de forma automática.

■ **Precio kilovatio ponderado: 0.03 €**

Una vez tenemos calculado el valor del precio del kilovatio, podemos obtener de una manera rápida y efectiva el coste fijo total de la potencia en la campaña 21-22.

■ **Coste fijo de la potencia:**

$$CP_f = P_T \cdot P_{kW} = kW \cdot 0.03 \text{ €} = 6584.95 \text{ €} \quad (5)$$

Donde:

CP_F es el coste total de la potencia contratada

P_T es la potencia total

5.1.3 COSTES ADICIONALES FACTURA ELÉCTRICA

En las facturas eléctricas de la almazara suele haber costes adicionales o descuentos. A la hora de calcular la factura eléctrica hay que tenerlos en cuenta.

Costes adicionales:

- **Penalizaciones:** Estas penalizaciones se suelen dar por exceso de potencia durante un periodo de tiempo. Con la instalación del gasificador, estos excesos de potencia se reducirán, incluso llegándose a extinguir.
- **Recargos**
- **Descuentos**
- **Reactiva**
- **Alquiler de equipo**

Una vez tenemos todos los gastos localizados de nuestra factura, procedemos a calcular el IVA y el impuesto eléctrico:

- **Impuesto Eléctrico:** Se aplica el impuesto eléctrico del 5.11 % a la suma de :

- Energía consumida + potencia + reactiva + penalizaciones + recargos + alquiler de equipo - descuentos

$$Imp_E = [53649.92\text{€} + 6584.95\text{€} + 8128.76\text{€} - 16811.33\text{€}] \cdot 0.0511 = 2635.71\text{€} \quad (6)$$

- **IVA:** Se le aplica el 21 % a la suma de:

- Energía consumida + potencia + reactiva + penalizaciones + recargos + alquiler de equipo + impuesto eléctrico - descuentos

$$IVA = [53649.92\text{€} + 6584.95\text{€} + 8128.76\text{€} - 16811.33\text{€} + 2635.71\text{€}] \cdot 0.21 = 11379.48\text{€} \quad (7)$$

5.1.4 RESUMEN FACTURA ELÉCTRICA

Una vez tenemos todos los costes calculados, podemos representarlos para ver que costes son los más elevados en nuestra almazara y ver como reducirlos.

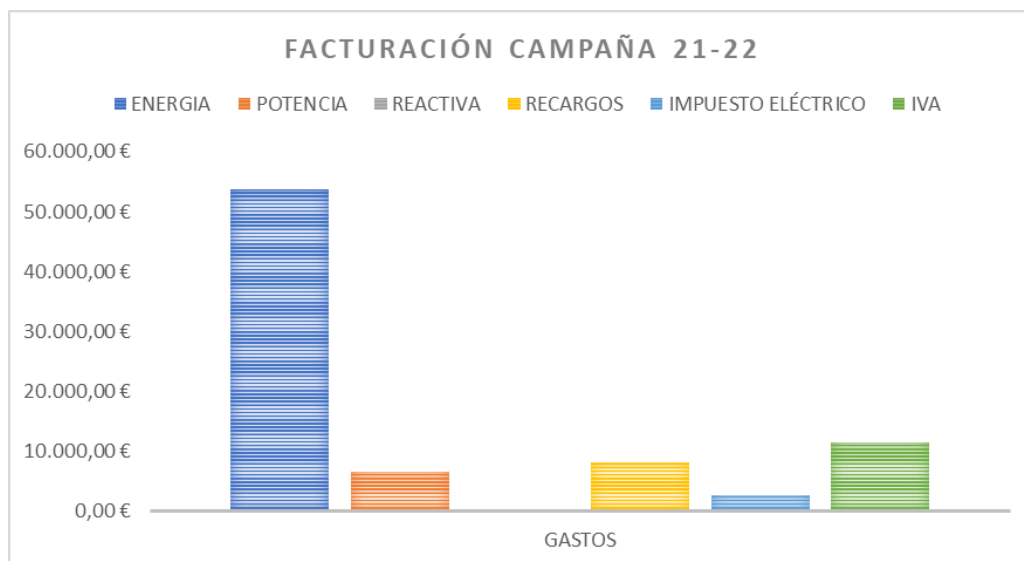


Figura 59: Facturación campaña 21-22 San Isidro

Si nos fijamos en la figura 59 vemos como gran parte de los costes son debidos a la energía consumida y al IVA. Pues bien, con el uso de la gasificación, vamos a conseguir ahorrar esos dos parámetros de una forma notoria.

RESUMEN FACTURACIÓN	
TOTAL ENERGÍA (kWh)	305796
ENERGÍA (€)	53.649,92 €
POTENCIA (€)	6.584,95 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	3.079,62 €
IVA TOTAL (€)	13.296,04 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	76.610,54 €

Tabla 3: Factura campaña 21-22 San Isidro

Como hemos comentado anteriormente, esta factura difiere de los anteriores por los motivos comentados.

5.2 ENERGÍA TÉRMICA NECESARIA EN LA ALMAZARA

Una almazara necesita agua caliente (energía térmica) para el uso de las batidoras.

La batidora es un mezclador redondo (u ovalado) de acero inoxidable que consta de dos cilindros apilados uno encima del otro. En la mitad inferior de la batidora, los tubos rodean la pasta a través de los cuales circula agua tibia. Esto mantiene la temperatura de la pasta por debajo de los 27°C. Los mezcladores se utilizan para mezclar continuamente cualquier masa que se muele en una pasta.

La batidora de aceite de oliva es el punto crítico del proceso. Debido a que controla la temperatura del aceite de oliva, es fundamental para obtener el grado virgen extra. Cuando las temperaturas suben, el contenido de cera del aceite aumenta y al probar el aceite con defectos, tendrá sabores y olores desagradables. Esto puede costarle al aceite su grado virgen extra.

Esta energía térmica la obtenemos mediante una caldera de hueso la cual se autobastece del hueso extraído en la campaña. Una almazara se autoconsume para la producción de energía térmica, aproximadamente entre el 10 %-13 % del hueso producido.

A continuación, vamos a calcular la energía térmica que se necesita para el uso de las batidoras. Este valor variará dependiendo de la producción de la campaña.

Datos a tener en cuenta:

- Poder calorífico del hueso, según datos del IDEA ES DE 17 '950 $\frac{kJ}{Kg}$
- El rendimiento de una caldera de hueso ronda el 70-75 %
- El precio de venta actual del hueso de aceituna según IDEA es de 60 €/ T

5.2.1 CÁLCULO DE ENERGÍA TÉRMICA NECESARIA EN UNA ALMAZARA

Para calcular la potencia térmica necesaria de la planta, debemos calcular cuantos kg de hueso de aceite se ha autoconsumido.

Para saber cuantos kg son, debemos aplicar el 10 % a la cantidad total de aceituna recogida. Estos datos podemos consultarlos en la tabla 51

Cálculo de la potencia térmica necesaria

$$PT_I = \frac{PCI(\frac{kJ}{Kg}) \cdot \eta_{Caldera} \cdot HuesoAutoconsumido(kg)}{Horasdefuncionamiento(\frac{h}{año})} \cdot \frac{1h}{3600s} = XkWt \quad (8)$$

5.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Después de gasificar la biomasa, se obtiene un subproducto llamado biochar - biocarbón. El producto tiene propiedades que ayudan a mejorar la calidad del suelo como comentamos en apartados anteriores, por lo que su producción tiene ventajas económicas y ambientales. El porcentaje de biocarbón producido por kg de biomasa gasificada es entorno al 12 % - 15 %. Por lo tanto, se puede calcular la cantidad de biocarbón producido por la planta de gasificación propuesta.

5.3.1 CÁLCULO DE BIOCHAR OBTENIDO

Cálculo del biochar obtenido

$$Biochar = ConsumoPellets\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot horas \cdot 0.15 = Xkg \quad (9)$$

5.4 ABASTECIMIENTO DE BIOMASA

Este apartado es muy importante, ya que es necesario conocer cuantos kg de pellets vamos a tener disponibles en la campaña para hacer funcionar nuestro gasificador, y si es necesario importar pellets.

El pellet se obtiene del alperujo graso comentado en apartados anteriores. Este alperujo graso tiene el problema de que el 70 % es agua y por tanto con este porcentaje de humedad no podemos usarlo para introducirlo directamente como combustible en el reactor, por lo que vamos a explicar el proceso a seguir para calcular la cantidad de kg que hay de ese alperujo graso pero reducido al 20 %.

5.5 CÁLCULO DE PELLETS DE ORUJILLO DISPONIBLES

El alperujo graso representa el 70 % de la cosecha de aceituna.

$$Alpeorujograsso = 0.70 \cdot cosechaAceituna(kg) = Xkg \quad (10)$$

Por tanto, esa cantidad de kg de alperujo graso contiene un 70 % de humedad. A continuación vamos a calcular cuantos kg son agua y cuantos sólido.

■ AGUA:

$$w = 70\% = \frac{W}{S + W} \rightarrow W = Xkg \quad (11)$$

■ SÓLIDO:

$$S = 30\% = \frac{S}{S + W} \rightarrow S = Xkg \quad (12)$$

Ya tenemos separado por kg nuestro alperujo graso en sólido y agua. Como para hacer el pellets necesitamos que tenga en torno a un 15 % - 20 % al sólido calculado, debemos añadirle un 15 % - 20 % del agua calculada. En nuestro caso vamos añadirle un 20 %.

■ **Pellet de Orujillo 20 %**

$$Pellet20\% = S + 0.20 \cdot W \quad (13)$$

De esta forma conocemos exactamente el combustible de pellets de orujillo al 20 % del que disponemos para nuestra central de gasificación. Los datos pueden ser consultados en la tabla [51](#)

5.6 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 1

5.6.1 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA

Para el cálculo de la energía eléctrica producida hay que tener en cuenta los días de funcionamiento, las horas y la potencia instalada. Para nuestro estudio, hemos tenido en cuenta los días de funcionamiento exactos de la campaña 21-22 respetando siempre las paradas previstas como comentamos en anteriores apartados. Además, como nos encontramos en el escenario 1, nuestra central únicamente funcionará en los meses de cosecha y como autoconsumo, lo que quiere decir que la energía que no auto-consumimos será "tirada". Los días de funcionamiento han sido 107, dato que puede ser consultado en la tabla adjunta [50](#)

■ Energía eléctrica producida:

$$E_P = \text{Potencia gasificador (kWe)} \cdot \frac{24h}{\text{día}} \cdot \frac{\text{días}}{\text{mes}} = X \text{ kWh} \quad (14)$$

Si aplicamos la ecuación [14](#) obtenemos la energía eléctrica generada por la planta de 125 kWe por cada mes. Estos cálculos pueden verse reflejados en la tabla [39](#)

■ Energía total generada por la planta de 125kWe campaña 20-21: 321.000 kwh

5.6.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA

El uso de la gasificación trae consigo diversas ventajas, como puede ser el ahorro en energía térmica. En este sistema de cogeneración la energía térmica que podemos aprovechar procede de 2 fuentes:

- Circuito de refrigeración.
- Gases de escape.

En nuestro caso, para la producción de energía térmica para el uso de las batidoras, únicamente vamos a usar la potencia que obtenemos mediante el circuito de refrigeración, con el uso de un intercambiador de calor. Por otro lado, la potencia obtenida con los gases de escape del motor van a ser utilizados para el secado de la biomasa.



Figura 60: Esquema parte térmica 125

Por tanto, la potencia total de la que disponemos es de 90 kW.

Para el cálculo de la potencia térmica de la almazara, aplicamos la ecuación [8](#).

■ Potencia térmica necesaria: 121 kWt

Por tanto, sin la instalación del gasificador, necesitaríamos obtener a través del hueso de aceituna una potencia térmica de 121 kWt, pero con la aplicación del sistema de gasificación, reduciríamos esa demanda a 30 kWt.

- **Potencia térmica necesaria con Gasificador:** 30 kWt

De esta manera, podríamos vender el hueso que no hemos utilizado gracias a la gasificación, obteniendo así unos beneficios.

Todos los cálculos comentados en este apartado los podemos ver reflejados en la tabla 62

5.6.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Aplicando la ecuación 9 podemos calcular el total del biochar obtenido.

- **Biochar Obtenido:** 59.32 T

Todos los cálculos comentados en este apartado pueden verse en la tabla 63

5.6.4 CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA

En primer lugar, debemos saber si con el alpeorujo que nuestra almazara produce tenemos para abastecer a nuestra central de gasificación.

Si aplicamos las ecuaciones 10, obtenemos la cantidad de alpeorujo graso con un 70 % de humedad que tenemos una vez molturada la aceituna.

A continuación aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para saber que porcentaje de ese alpeorujo es agua y cual sólido.

Por último, aplicamos la ecuación 13 y obtenemos la cantidad de orujo graso al 20 % tenemos disponible para pelletizar y utilizar como combustible.

- **Alpeorujo graso 20 % disponible:** 3.264 T Estos datos se pueden consultar en la tabla 51

A continuación realizamos el cálculo de kg que necesitamos para alimentar el gasificador. Para ello realizamos el siguiente cálculo:

$$Pelletnecesario\left(\frac{T}{año}\right) = \frac{ConsumoBiomasa\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot HorasFuncionamiento(h) \cdot DiasFuncionamiento}{1000} \quad (15)$$

- **Pellet necesario para consumo:** 395 T

Estos datos se pueden consultar en la tabla adjunta 65

Como podemos observar no habría ningún problema, ya que generamos muchas mas toneladas de pellet de las necesarias. En este caso se podría valorar almacenar y vender pellet para unas futuras plantas de gasificación, aunque esto no se contempla en este estudio.

5.7 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 1

5.7.1 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA

Para el cálculo de la energía eléctrica producida hay que tener en cuenta los días de funcionamiento, las horas y la potencia instalada. Para nuestro estudio, hemos tenido en cuenta los días de funcionamiento exactos de la campaña 21-22 respetando siempre las paradas previstas como comentamos en anteriores apartados. Además, como nos encontramos en el escenario 1, nuestra central únicamente funcionará en los meses de cosecha y como autoconsumo, lo que

quiere decir que la energía que no auto-consumimos será "tirada" . Los días de funcionamiento han sido 107, dato que puede ser consultado en la tabla adjunta [50](#)

■ **Energía eléctrica producida:**

$$E_p = \text{Potencia gasificador (kWe)} \cdot \frac{24h}{\text{día}} \cdot \frac{\text{días}}{\text{mes}} = X \text{ kWh} \quad (16)$$

Si aplicamos la ecuación [16](#) obtenemos la energía eléctrica generada por la planta de 250 kWe por cada mes. Estos cálculos pueden verse reflejados en la tabla [54](#)

■ **Energía total generada por la planta de 250 kWe campaña 20-21:** 642.000 kwh

5.7.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA

El uso de la gasificación trae consigo diversas ventajas, como puede ser el ahorro en energía térmica. En este sistema de cogeneración la energía térmica que podemos aprovechar procede de 2 fuentes:

- Circuito de refrigeración.
- Gases de escape.

En nuestro caso, para la producción de energía térmica para el uso de las batidoras, únicamente vamos a usar la potencia que obtenemos mediante el circuito de refrigeración, con el uso de un intercambiador de calor. Por otro lado, la potencia obtenida con los gases de escape del motor van a ser utilizados para el secado de la biomasa.



Figura 61: Esquema parte térmica 250

Por tanto, la potencia total de la que disponemos es de 184 kW.

Para el cálculo de la potencia térmica de la almazara, aplicamos la ecuación [8](#).

■ **Potencia térmica necesaria:** 121 kWt

Por tanto, sin la instalación del gasificador, necesitaríamos obtener a través del hueso de aceituna una potencia térmica de 121 kWt, pero con la aplicación del sistema de gasificación, reduciríamos esa demanda a 0 kWt.

■ **Potencia térmica necesaria con Gasificador:** 0 kWt

De esta manera, podríamos vender el hueso que no hemos utilizado gracias a la gasificación, obteniendo así unos beneficios.

Todos los cálculos comentados en este apartado los podemos ver reflejados en la tabla [62](#)

5.7.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Aplicando la ecuación 9 podemos calcular el total del biochar obtenido.

- **Biochar Obtenido:** 118 T

Todos los cálculos comentados en este apartado pueden verse en la tabla 63

5.7.4 CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA

En primer lugar, debemos saber si con el alpeorujó que nuestra alamazara produce tenemos para abastecer a nuestra central de gasificación.

Si aplicamos las ecuaciones 10, obtenemos la cantidad de alpeorujó graso con un 70 % de humedad que tenemos una vez molturada la aceituna.

A continuación aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para saber que porcentaje de ese alpeorujó es agua y cual sólido.

Por último, aplicamos la ecuación 13 y obtenemos la cantidad de orujó graso al 20 % tenemos disponible para pelletizar y utilizar como combustible.

- **Alpeorujó graso 20 % disponible:** 3.264 T Estos datos se pueden consultar en la tabla 51

A continuación realizamos el cálculo de kg que necesitamos para alimentar el gasificador. Para ello realizamos el siguiente cálculo:

$$Pelletnecesario\left(\frac{T}{año}\right) = \frac{ConsumoBiomasa\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot HorasFuncionamiento(h) \cdot DiasFuncionamiento}{1000} \quad (17)$$

- **Pellet necesario para consumo:** 792 T

Estos datos se pueden consultar en la tabla adjunta 65

Como podemos observar no habría ningún problema, ya que generamos muchas mas toneladas de pellet de las necesarias. En este caso se podría valorar almacenar y vender pellet para unas futuras plantas de gasificación, aunque esto no se contempla en este estudio.

5.8 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 1

5.8.1 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA

Para el cálculo de la energía eléctrica producida hay que tener en cuenta los días de funcionamiento, las horas y la potencia instalada. Para nuestro estudio, hemos tenido en cuenta los días de funcionamiento exactos de la campaña 21-22 respetando siempre las paradas previstas como comentamos en anteriores apartados. Además, como nos encontramos en el escenario 1, nuestra central únicamente funcionará en los meses de cosecha y como autoconsumo, lo que quiere decir que la energía que no auto-consumimos será "tirada". Los días de funcionamiento han sido 107, dato que puede ser consultado en la tabla adjunta 50

- **Energía eléctrica producida:**

$$E_P = \text{Potencia gasificador (kWe)} \cdot \frac{24h}{día} \cdot \frac{días}{mes} = X kWh \quad (18)$$

Si aplicamos la ecuación 18 obtenemos la energía eléctrica generada por la planta de 500 kWe por cada mes. Estos cálculos pueden verse reflejados en la tabla 55

- **Energía total generada por la planta de 500 kWe campaña 20-21:** 1.284.000 kwh

5.8.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA

El uso de la gasificación trae consigo diversas ventajas, como puede ser el ahorro en energía térmica. En este sistema de cogeneración la energía térmica que podemos aprovechar procede de 2 fuentes:

- Circuito de refrigeración.
- Gases de escape.

En nuestro caso, para la producción de energía térmica para el uso de las batidoras, únicamente vamos a usar la potencia que obtenemos mediante el circuito de refrigeración, con el uso de un intercambiador de calor. Por otro lado, la potencia obtenida con los gases de escape del motor van a ser utilizados para el secado de la biomasa.



Figura 62: Esquema parte térmica 500

Por tanto, la potencia total de la que disponemos es de 360 kW.

Para el cálculo de la potencia térmica de la almazara, aplicamos la ecuación 8.

- **Potencia térmica necesaria:** 121 kWt

Por tanto, sin la instalación del gasificador, necesitaríamos obtener a través del hueso de aceituna una potencia térmica de 121 kWt, pero con la aplicación del sistema de gasificación, reduciríamos esa demanda a 0 kWt.

- **Potencia térmica necesaria con Gasificador:** 0 kWt

De esta manera, podríamos vender el hueso que no hemos utilizado gracias a la gasificación, obteniendo así unos beneficios.

Todos los cálculos comentados en este apartado los podemos ver reflejados en la tabla 62

5.8.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Aplicando la ecuación que aparece en el apartado 9 podemos calcular el total del biochar obtenido.

- **Biochar Obtenido:** 237 T

Todos los cálculos comentados en este apartado pueden verse en la tabla 63

5.8.4 CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA

En primer lugar, debemos saber si con el alpeorujo que nuestra alamazara produce tenemos para abastecer a nuestra central de gasificación.

Si aplicamos las ecuaciones 10 , obtenemos la cantidad de alpeorujo graso con un 70 % de humedad que tenemos una vez molturada la aceituna.

A continuación aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para saber que porcentaje de ese alpeorujo es agua y cual sólido.

Por último, aplicamos la ecuación 13 y obtenemos la cantidad de orujo graso al 20 % tenemos disponible para pelletizar y utilizar como combustible.

- **Alpeorujo graso 20 % disponible:** 3.624 T Estos datos se pueden consultar en la tabla 51

A continuación realizamos el cálculo de kg que necesitamos para alimentar el gasificador. Para ello realizamos el siguiente cálculo:

$$Pelletnecesario\left(\frac{T}{año}\right) = \frac{ConsumoBiomasa\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot HorasFuncionamiento(h) \cdot DiasFuncionamiento}{1000} \quad (19)$$

- **Pellet necesario para consumo:** 1582 T

Estos datos se pueden consultar en la tabla adjunta 65

Como podemos observar no habría ningún problema, ya que generamos muchas mas toneladas de pellet de las necesarias. En este caso se podría valorar almacenar y vender pellet para unas futuras plantas de gasificación, aunque esto no se contempla en este estudio.

5.9 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 2

5.9.1 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA

Para el cálculo de la energía eléctrica producida hay que tener en cuenta los días de funcionamiento, las horas y la potencia instalada. Para nuestro estudio, hemos tenido en cuenta los días de funcionamiento exactos de la campaña 21-22 respetando siempre las paradas previstas como comentamos en anteriores apartados.

En este caso nos encontramos en el escenario 2, lo que quiere decir, que no auto-consumíamos, la vamos a vender a red a un precio y además, fuera de cosecha(a excepción de los meses de julio y agosto por descanso de personal) vamos a generar electricidad y a venderla a red.

En este caso los días de funcionamiento en cosecha son 107, mientras que los días de funcionamiento fuera de cosecha son 140. Estos datos pueden ser consultados en la tabla 50

■ Energía eléctrica producida:

$$E_p = \text{Potencia gasificador (kWe)} \cdot \frac{24h}{\text{día}} \cdot \frac{\text{días}}{\text{mes}} = X \text{ kWh} \quad (20)$$

Si aplicamos la ecuación 20 obtenemos la energía eléctrica generada por la planta de 125 kWe por cada mes. Estos cálculos pueden verse reflejados en la tabla ??

■ Energía total generada por la planta de 125kWe campaña 20-21: 321.000 kwh

En las tablas 56 y 59 podemos ver la energía total que será vendida durante la cosecha y fuera de cosecha.

■ ENERGÍA VENDIDA

- Durante la cosecha: 92.682 kWh
- Fuerza de cosecha: 420.000 kWh

5.9.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA

El uso de la gasificación trae consigo diversas ventajas, como puede ser el ahorro en energía térmica. En este sistema de cogeneración la energía térmica que podemos aprovechar procede de 2 fuentes:

- Circuito de refrigeración.
- Gases de escape.

En nuestro caso, para la producción de energía térmica para el uso de las batidoras, únicamente vamos a usar la potencia que obtenemos mediante el circuito de refrigeración, con el uso de un intercambiador de calor. Por otro lado, la potencia obtenida con los gases de escape del motor van a ser utilizados para el secado de la biomasa.

Por tanto, la potencia total de la que disponemos es de 90 kW.

Para el cálculo de la potencia térmica de la almazara, aplicamos la ecuación 8.

■ Potencia térmica necesaria: 121 kWt

Por tanto, sin la instalación del gasificador, necesitaríamos obtener a través del hueso de aceituna una potencia térmica de 121 kWt, pero con la aplicación del sistema de gasificación, reduciríamos esa demanda a 30 kWt.



Figura 63: Esquema parte térmica 125

■ **Potencia térmica necesaria con Gasificador:** 30 kWt

De esta manera, podríamos vender el hueso que no hemos utilizado gracias a la gasificación, obteniendo así unos beneficios.

Todos los cálculos comentados en este apartado los podemos ver reflejados en la tabla 62

5.9.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Aplicando la ecuación 9 podemos calcular el total del biochar obtenido.

■ **Biochar Obtenido:** 137 T

Todos los cálculos comentados en este apartado pueden verse en la tabla 64

5.9.4 CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA

En primer lugar, debemos saber si con el alpeorujo que nuestra almazara produce tenemos para abastecer a nuestra central de gasificación.

Si aplicamos las ecuaciones 10, obtenemos la cantidad de alpeorujo graso con un 70 % de humedad que tenemos una vez molturada la aceituna.

A continuación aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para saber que porcentaje de ese alpeorujo es agua y cual sólido.

Por último, aplicamos la ecuación 13 y obtenemos la cantidad de orujo graso al 20 % tenemos disponible para pelletizar y utilizar como combustible.

■ **Alpeorujo graso 20 % disponible:** 3.624 T Estos datos se pueden consultar en la tabla 51

A continuación realizamos el cálculo de kg que necesitamos para alimentar el gasificador. Para ello realizamos el siguiente cálculo:

$$Pelletnecesario\left(\frac{T}{año}\right) = \frac{ConsumoBiomasa\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot HorasFuncionamiento(h) \cdot DiasFuncionamiento}{1000} \quad (21)$$

■ **Pellet necesario para consumo:** 913 T

Estos datos se pueden consultar en la tabla adjunta 66

Como podemos observar no habría ningún problema, ya que generamos muchas mas toneladas de pellet de las necesarias. En este caso se podría valorar almacenar y vender pellet para unas futuras plantas de gasificación, aunque esto no se contempla en este estudio.

5.10 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 2

5.10.1 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA

Para el cálculo de la energía eléctrica producida hay que tener en cuenta los días de funcionamiento, las horas y la potencia instalada. Para nuestro estudio, hemos tenido en cuenta los días de funcionamiento exactos de la campaña 21-22 respetando siempre las paradas previstas como comentamos en anteriores apartados.

En este caso nos encontramos en el escenario 2, lo que quiere decir, que no auto-consumíamos, la vamos a vender a red a un precio y además, fuera de cosecha(a excepción de los meses de julio y agosto por descanso de personal) vamos a generar electricidad y a venderla a red.

En este caso los días de funcionamiento en cosecha son 107, mientras que los días de funcionamiento fuera de cosecha son 140. Estos datos pueden ser consultados en la tabla 50

■ Energía eléctrica producida:

$$E_p = \text{Potencia gasificador (kWe)} \cdot \frac{24h}{\text{día}} \cdot \frac{\text{días}}{\text{mes}} = X \text{ kWh} \quad (22)$$

Si aplicamos la ecuación 22 obtenemos la energía eléctrica generada por la planta de 125 kWe por cada mes. Estos cálculos pueden verse reflejados en la tabla ??

■ Energía total generada por la planta de 250 kWe campaña 20-21: 642.000 kwh

En las tablas 57 y 60 podemos ver la energía total que será vendida durante la cosecha y fuera de cosecha.

■ ENERGÍA VENDIDA

- Durante la cosecha: 336.204 kWh
- Fuerza de cosecha: 840.000 kWh

5.10.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA

El uso de la gasificación trae consigo diversas ventajas, como puede ser el ahorro en energía térmica. En este sistema de cogeneración la energía térmica que podemos aprovechar procede de 2 fuentes:

- Circuito de refrigeración.
- Gases de escape.

En nuestro caso, para la producción de energía térmica para el uso de las batidoras, únicamente vamos a usar la potencia que obtenemos mediante el circuito de refrigeración, con el uso de un intercambiador de calor. Por otro lado, la potencia obtenida con los gases de escape del motor van a ser utilizados para el secado de la biomasa.

Por tanto, la potencia total de la que disponemos es de 184 kW.

Para el cálculo de la potencia térmica de la almazara, aplicamos la ecuación 8.

■ Potencia térmica necesaria: 121 kWt

Por tanto, sin la instalación del gasificador, necesitaríamos obtener a través del hueso de aceituna una potencia térmica de 121 kWt, pero con la aplicación del sistema de gasificación, reduciríamos esa demanda a 0 kWt.



Figura 64: Esquema parte térmica 250

■ **Potencia térmica necesaria con Gasificador: 0 kWt**

De esta manera, podríamos vender el hueso que no hemos utilizado gracias a la gasificación, obteniendo así unos beneficios.

Todos los cálculos comentados en este apartado los podemos ver reflejados en la tabla 62

5.10.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Aplicando la ecuación ?? podemos calcular el total del biochar obtenido.

■ **Biochar Obtenido: 274 T**

Todos los cálculos comentados en este apartado pueden verse en la tabla 64

5.10.4 CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA

En primer lugar, debemos saber si con el alpeorujo que nuestra almazara produce tenemos para abastecer a nuestra central de gasificación.

Si aplicamos las ecuaciones 10 , obtenemos la cantidad de alpeorujo graso con un 70 % de humedad que tenemos una vez molturada la aceituna.

A continuación aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para saber que porcentaje de ese alpeorujo es agua y cual sólido.

Por último, aplicamos la ecuación 13 y obtenemos la cantidad de orujo graso al 20 % tenemos disponible para pelletizar y utilizar como combustible.

■ **Alpeorujo graso 20 % disponible: 3.624 T** Estos datos se pueden consultar en la tabla 51

A continuación realizamos el cálculo de kg que necesitamos para alimentar el gasificador. Para ello realizamos el siguiente cálculo:

$$Pelletnecesario\left(\frac{T}{año}\right) = \frac{ConsumoBiomasa\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot HorasFuncionamiento(h) \cdot DiasFuncionamiento}{1000} \quad (23)$$

■ **Pellet necesario para consumo: 1829 T**

Estos datos se pueden consultar en la tabla adjunta 66

Como podemos observar no habría ningún problema, ya que generamos muchas mas toneladas de pellet de las necesarias. En este caso se podría valorar almacenar y vender pellet para unas futuras plantas de gasificación, aunque esto no se contempla en este estudio.

5.11 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 2

5.11.1 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA

Para el cálculo de la energía eléctrica producida hay que tener en cuenta los días de funcionamiento, las horas y la potencia instalada. Para nuestro estudio, hemos tenido en cuenta los días de funcionamiento exactos de la campaña 21-22 respetando siempre las paradas previstas como comentamos en anteriores apartados.

En este caso nos encontramos en el escenario 2, lo que quiere decir, que no auto-consumíamos, la vamos a vender a red a un precio y además, fuera de cosecha(a excepción de los meses de julio y agosto por descanso de personal) vamos a generar electricidad y a venderla a red.

En este caso los días de funcionamiento en cosecha son 107, mientras que los días de funcionamiento fuera de cosecha son 140. Estos datos pueden ser consultados en la tabla 50

■ Energía eléctrica producida:

$$E_p = \text{Potencia gasificador (kWe)} \cdot \frac{24h}{\text{día}} \cdot \frac{\text{días}}{\text{mes}} = X \text{ kWh} \quad (24)$$

Si aplicamos la ecuación 24 obtenemos la energía eléctrica generada por la planta de 500 kWe por cada mes. Estos cálculos pueden verse reflejados en la tabla ??

■ Energía total generada por la planta de 500 kWe campaña 20-21: 1.284.000 kwh

En las tablas 58 y 61 podemos ver la energía total que será vendida durante la cosecha y fuera de cosecha.

■ ENERGÍA VENDIDA

- Durante la cosecha: 978.204 kWh
- Fuerza de cosecha: 1.680.000 kWh

5.11.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA

El uso de la gasificación trae consigo diversas ventajas, como puede ser el ahorro en energía térmica. En este sistema de cogeneración la energía térmica que podemos aprovechar procede de 2 fuentes:

- Circuito de refrigeración.
- Gases de escape.

En nuestro caso, para la producción de energía térmica para el uso de las batidoras, únicamente vamos a usar la potencia que obtenemos mediante el circuito de refrigeración, con el uso de un intercambiador de calor. Por otro lado, la potencia obtenida con los gases de escape del motor van a ser utilizados para el secado de la biomasa.

Por tanto, la potencia total de la que disponemos es de 360 kW.

Para el cálculo de la potencia térmica de la almazara, aplicamos la ecuación 8.

■ Potencia térmica necesaria: 121 kWt

Por tanto, sin la instalación del gasificador, necesitaríamos obtener a través del hueso de aceituna una potencia térmica de 121 kWt, pero con la aplicación del sistema de gasificación, reduciríamos esa demanda a 0 kWt.



Figura 65: Esquema parte térmica 500

■ **Potencia térmica necesaria con Gasificador: 0 kWt**

De esta manera, podríamos vender el hueso que no hemos utilizado gracias a la gasificación, obteniendo así unos beneficios.

Todos los cálculos comentados en este apartado los podemos ver reflejados en la tabla 62

5.11.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Aplicando la ecuación 9 podemos calcular el total del biochar obtenido.

■ **Biochar Obtenido: 547 T**

Todos los cálculos comentados en este apartado pueden verse en la tabla 64

5.11.4 CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA

En primer lugar, debemos saber si con el alpeorujo que nuestra almazara produce tenemos para abastecer a nuestra central de gasificación.

Si aplicamos las ecuaciones 10, obtenemos la cantidad de alpeorujo graso con un 70 % de humedad que tenemos una vez molturada la aceituna.

A continuación aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para saber que porcentaje de ese alpeorujo es agua y cual sólido.

Por último, aplicamos la ecuación 13 y obtenemos la cantidad de orujo graso al 20 % tenemos disponible para pelletizar y utilizar como combustible.

■ **Alpeorujo graso 20 % disponible: 3.264 T** Estos datos se pueden consultar en la tabla 51

A continuación realizamos el cálculo de kg que necesitamos para alimentar el gasificador. Para ello realizamos el siguiente cálculo:

$$Pelletnecesario\left(\frac{T}{año}\right) = \frac{ConsumoBiomasa\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot HorasFuncionamiento(h) \cdot DiasFuncionamiento}{1000} \quad (25)$$

■ **Pellet necesario para consumo: 3.651 T**

Estos datos se pueden consultar en la tabla adjunta 66

Como podemos en este caso si que tendríamos un problema de aprovisionamiento ya que necesitamos más pellet del que podemos llegar a producir. En este caso, deberíamos importar pellet de orujillo, lo que implicaría un gasto extra.

6 RESULTADOS ALMAZARA VIRGEN DEL PERPETUO SOCORRO

Como hemos comentado en anteriores apartados, tenemos la opción de instalar 3 gasificadores con potencia diferente. Por tanto, vamos a realizar 3 estudios independientes, uno para cada potencia de gasificador a instalar.

Los datos que vamos a utilizar son los de la campaña 21-22, los cuales aparecen en la figura 50

6.1 ESTUDIO DE LAS FACTURAS ELÉCTRICAS

Para determinar cual será tamaño de la planta, es necesario calcular en primer lugar las necesidades energéticas de la planta, lo que implica conocer su uso de energía eléctrica y térmica.

6.1.1 TÉRMINO DE ENERGÍA

El tipo de facturación que se utiliza actualmente en las almazaras es de 6 periodos para el término de energía. En la figura 49 vemos cuales han sido los consumos de la almazara por cada periodo.

En este caso todo el consumo se ha realizado en todos los periodos.

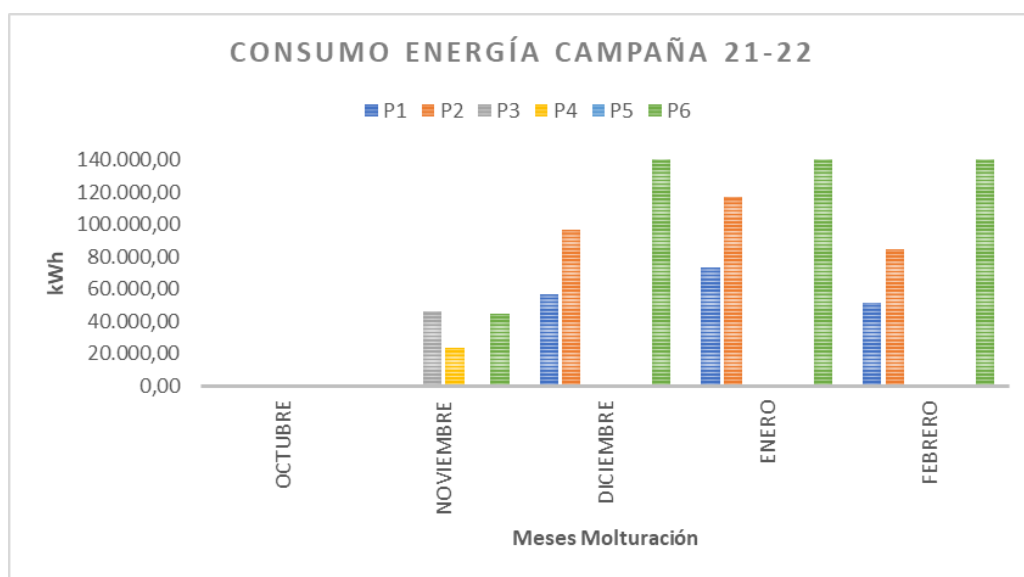


Figura 66: Consumo de energía por periodos Virgen del Perpetuo Socorro

En las tablas 69 y 70 podemos consultar los consumos de energía y potencia respectivamente de todos los meses de cosecha.

Si sumamos los valores de cada mes, nuestra factura referente al término de energía asciende a 82210.59 €.

Como sabemos y hemos comentado anteriormente, las facturas eléctricas están divididas en periodos [P1,P2....P6], en nuestro caso, están divididas en 6 periodos y cada periodo tiene un precio pactado del coste de energía por año, lo que implica que el coste de la energía por periodos varía del año 2020 al 2021.

Por tanto, si queremos averiguar cual ha sido el precio medio de la energía en la campaña, debemos calcular lo que se llama, precio ponderado de la energía.

PRECIO KILOVATIO HORA PONDERADO

$$P_{kWh_m} = \frac{P_{kWh_1} \cdot E_1 + P_{kWh_2} \cdot E_2 + P_{kWh_3} \cdot E_3 + P_{kWh_4} \cdot E_4 + P_{kWh_5} \cdot E_5 + P_{kWh_6} \cdot E_6}{E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6} \quad (26)$$

Donde:

E_1 es la energía consumida durante el periodo 1

E_2 es la energía consumida durante el periodo 2

E_3 es la energía consumida durante el periodo 3

E_4 es la energía consumida durante el periodo 4

E_5 es la energía consumida durante el periodo 5

E_6 es la energía consumida durante el periodo 6

P_{kWh_1} es el precio del kilovatio hora durante el periodo 1

P_{kWh_2} es el precio del kilovatio hora durante el periodo 2

P_{kWh_3} es el precio del kilovatio hora durante el periodo 3

P_{kWh_4} es el precio del kilovatio hora durante el periodo 1

P_{kWh_5} es el precio del kilovatio hora durante el periodo 2

P_{kWh_6} es el precio del kilovatio hora durante el periodo 3

Este cálculo es realizado aplicando esta ecuación en una plantilla excell, de forma que el valor del kilovatio hora ponderado lo obtenemos de forma automática.

■ **Precio kilovatio hora ponderado:** 0.0690 €

Una vez tenemos calculado el valor del precio del kilovatio hora, podemos obtener de una manera rápida y efectiva el coste variable total de la energía en la campaña 20-21.

■ **Coste variable de la energía:**

$$CE_v = E_T \cdot P_{kWh} = 1192115 \text{ kWh} \cdot 0.0690 \text{ €} = 82210.59 \text{ €} \quad (27)$$

Donde:

CE_v es el coste total de la energía eléctrica consumida

E_T es la energía eléctrica total consumida

6.1.2 TÉRMINO DE POTENCIA

El tipo de facturación que se utiliza actualmente en las almazaras es de 6 periodos para el término de potencia. En la figura 58 vemos cuales han sido las potencias contratadas en cada periodo

En este caso todo el consumo se ha realizado en el periodo 1

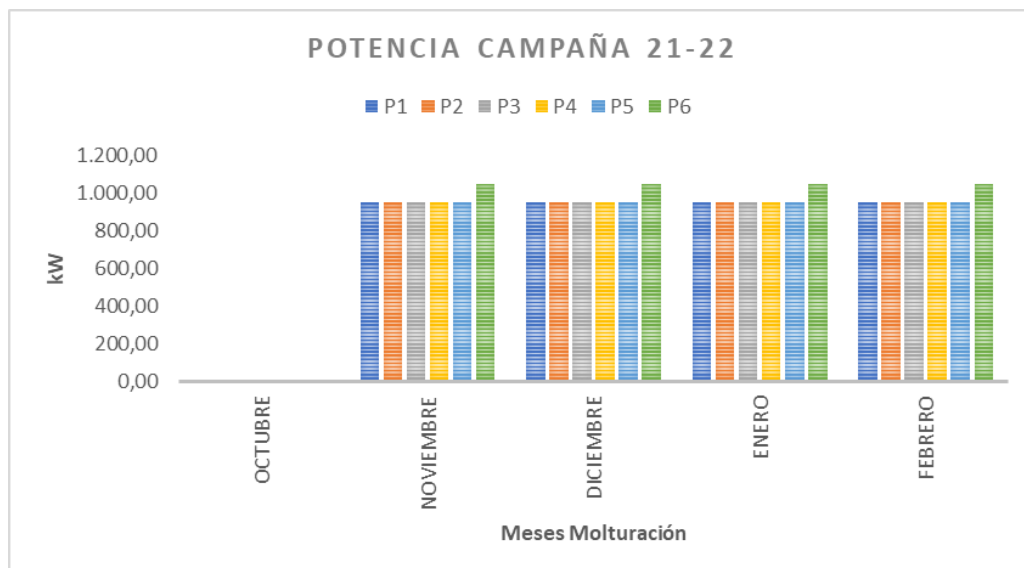


Figura 67: Potencia contratada por periodos Virgen del Perpetuo Socorro

Si sumamos los valores de cada mes, nuestra factura referente al término de potencia asciende a 36162.00 €.

Como sabemos y hemos comentado anteriormente, las facturas eléctricas están divididas en periodos [P1,P2....P6], en nuestro caso, están divididas en 6 periodos y cada periodo tiene un precio pactado del coste de la potencia por año, lo que implica que el coste de la potencia por periodos varía del año 2020 al 2021.

Al igual que pasaba con la energía, si queremos averiguar cual ha sido el precio medio de la potencia en la campaña, debemos calcular lo que se llama, precio ponderado de la potencia.

PRECIO KILOVATIO PONDERADO

$$P_{kW_m} = \frac{P_{kW_1} \cdot \text{días} \cdot \text{horas} \cdot P_1 + \dots + P_{kW_6} \cdot P_6 \cdot \text{días} \cdot \text{horas}}{P_1 \cdot \text{días} \cdot \text{horas} + \dots + P_6 \cdot \text{días} \cdot \text{horas}} \quad (28)$$

Donde:

P_1 es la potencia contratada durante el periodo 1

P_{kW_6} es el precio del kilovatio durante el periodo 3

Este cálculo es realizado aplicando esta ecuación en una plantilla excell, de forma que el valor del kilovatio ponderado lo obtenemos de forma automática.

■ **Precio kilovatio ponderado: 0.05 €**

Una vez tenemos calculado el valor del precio del kilovatio, podemos obtener de una manera rápida y efectiva el coste fijo total de la potencia en la campaña 20-21.

■ **Coste fijo de la potencia:**

$$CP_f = P_T \cdot P_{kW} = kW \cdot 0.05 \text{ €} = 36162.00 \text{ €} \quad (29)$$

Donde:

CP_f es el coste total de la potencia contratada

P_T es la potencia total

6.1.3 COSTES ADICIONALES FACTURA ELÉCTRICA

En las facturas eléctricas de la almazara suele haber costes adicionales o descuentos. A la hora de calcular la factura eléctrica hay que tenerlos en cuenta.

Costes adicionales:

- **Penalizaciones:** Estas penalizaciones se suelen dar por exceso de potencia durante un periodo de tiempo. Con la instalación del gasificador, estos excesos de potencia se reducirán, incluso llegando a extinguir.
- **Recargos**
- **Descuentos**
- **Reactiva**
- **Alquiler de equipo**

Una vez tenemos todos los gastos localizados de nuestra factura, procedemos a calcular el IVA y el impuesto eléctrico:

- **Impuesto Eléctrico:** Se aplica el impuesto eléctrico del 5.11 % a la suma de :

- Energía consumida + potencia + reactiva + penalizaciones + recargos + alquiler de equipo - descuentos

$$Imp_E = [82210.59\text{€} + 36162.00\text{€} + 4750.22\text{€} + 31015.71\text{€} + 196.23\text{€}] \cdot 0.0511 \quad (30)$$

$$Imp_E = 7890.66 \text{ €}$$

- **IVA:** Se le aplica el 21 % a la suma de:

- Energía consumida + potencia + reactiva + penalizaciones + recargos + alquiler de equipo + impuesto eléctrico - descuentos

$$IVA = [82210.59\text{€} + 36162.00\text{€} + 4750.22\text{€} + 31015.71\text{€} + 196.23\text{€}] + 7890.66\text{€} \cdot 0.21 \quad (31)$$

$$IVA = 34067.34 \text{ €}$$

6.1.4 RESUMEN FACTURA ELÉCTRICA

Una vez tenemos todos los costes calculados, podemos representarlos para ver que costes son los más elevados en nuestra almazara y ver como reducirlos.

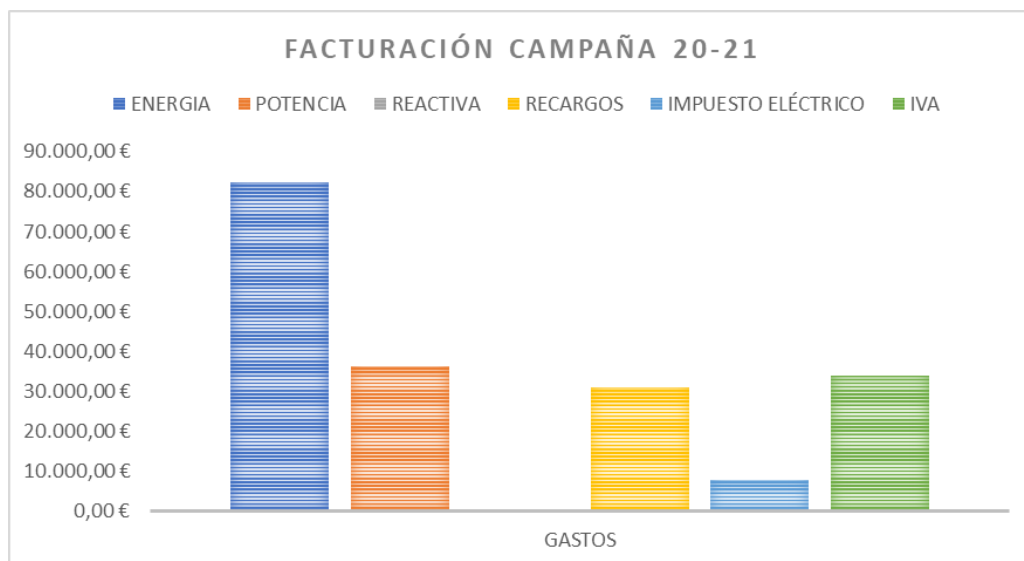


Figura 68: Facturación campaña 20-21 Virgen del Perpetuo Socorro

Si nos fijamos en la gráfica 68 vemos como gran parte de los costes son debidos a la energía consumida y al IVA. Pues bien, con el uso de la gasificación, vamos a conseguir ahorrar esos dos parámetros de una forma notoria.

RESUMEN FACTURACIÓN

RESUMEN FACTURACIÓN	
TOTAL ENERGÍA (kWh)	1192115
ENERGÍA (€)	82.210,59 €
POTENCIA (€)	36.162,00 €
PENALIZACIONES (€)	4750,22
RECARGO (€)	0
ALQUILER EQUIPO (€)	196,23
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	6.304,92 €
IVA TOTAL (€)	27.221,03 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	156.845,00 €

Tabla 4: Resumen facturación campaña 20-21 Virgen Perpetuo Socorro

Como hemos comentado anteriormente, esta factura difiere de los anteriores por los motivos comentados.

6.2 ENERGÍA TÉRMICA NECESARIA EN LA ALMAZARA

Una almazara necesita agua caliente (energía térmica) para el uso de las batidoras.

La batidora es un mezclador redondo (u ovalado) de acero inoxidable que consta de dos cilindros apilados uno encima del otro. En la mitad inferior de la batidora, los tubos rodean la pasta a través de los cuales circula agua tibia. Esto mantiene la temperatura de la pasta por debajo de los 27°C. Los mezcladores se utilizan para mezclar continuamente cualquier masa que se muele en una pasta.

La batidora de aceite de oliva es el punto crítico del proceso. Debido a que controla la temperatura del aceite de oliva, es fundamental para obtener el grado virgen extra. Cuando las temperaturas suben, el contenido de cera del aceite aumenta y al probar el aceite con defectos, tendrá sabores y olores desagradables. Esto puede costarle al aceite su grado virgen extra.

Esta energía térmica la obtenemos mediante una caldera de hueso la cual se autobastece del hueso extraído en la campaña. Una almazara se autoconsume para la producción de energía térmica, aproximadamente entre el 10 %-13 % del hueso producido.

A continuación, vamos a calcular la energía térmica que se necesita para el uso de las batidoras. Este valor variará dependiendo de la producción de la campaña.

Datos a tener en cuenta:

- Poder calorífico del hueso, según datos del IDEA ES DE $17'950 \frac{kJ}{Kg}$
- El rendimiento de una caldera de hueso ronda el 70-75 %
- El precio de venta actual del hueso de aceituna según IDEA es de 60 €/ T

6.2.1 CÁLCULO DE ENERGÍA TÉRMICA NECESARIA EN UNA ALMAZARA

Para calcular la potencia térmica necesaria de la planta, debemos calcular cuantos kg de hueso de aceite se ha autoconsumido.

Para saber cuantos kg son, debemos aplicar el 10 % a la cantidad total de aceituna recogida. Estos datos podemos consultarlos en la tabla 68

Cálculo de la potencia térmica necesaria

$$PT_I = \frac{PCI(\frac{kJ}{Kg}) \cdot \eta_{Caldera} \cdot HuesoAutoconsumido(kg)}{Horasdefuncionamiento(\frac{h}{año})} \cdot \frac{1h}{3600s} = XkWt \quad (32)$$

6.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Después de gasificar la biomasa, se obtiene un subproducto llamado biochar - biocarbón. El producto tiene propiedades que ayudan a mejorar la calidad del suelo como comentamos en apartados anteriores, por lo que su producción tiene ventajas económicas y ambientales. El porcentaje de biocarbón producido por kg de biomasa gasificada es entorno al 12 % - 15 %. Por lo tanto, se puede calcular la cantidad de biocarbón producido por la planta de gasificación propuesta.

6.3.1 CÁLCULO DE BIOCHAR OBTENIDO

Cálculo del biochar obtenido

$$Biochar = ConsumoPellets\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot horas \cdot 0.15 = Xkg \quad (33)$$

6.4 ABASTECIMIENTO DE BIOMASA

Este apartado es muy importante, ya que es necesario conocer cuantos kg de pellets vamos a tener disponibles en la campaña para hacer funcionar nuestro gasificador, y si es necesario importar pellets.

El pellet se obtiene del alperujo graso comentado en apartados anteriores. Este alperujo graso tiene el problema de que el 70 % es agua y por tanto con este porcentaje de humedad no podemos usarlo para introducirlo directamente como combustible en el reactor, por lo que vamos a explicar el proceso a seguir para calcular la cantidad de kg que hay de ese alperujo graso pero reducido al 20 %.

6.5 CÁLCULO DE PELLETS DE ORUJILLO DISPONIBLES

El alperujo graso representa el 70 % de la cosecha de aceituna.

$$Alperujograsso = 0.70 \cdot cosechaAceituna(kg) = Xkg \quad (34)$$

Por tanto, esa cantidad de kg de alperujo graso contiene un 70 % de humedad. A continuación vamos a calcular cuantos kg son agua y cuantos sólido.

■ AGUA:

$$w = 70\% = \frac{W}{S + W} \rightarrow W = Xkg \quad (35)$$

■ SÓLIDO:

$$S = 30\% = \frac{S}{S + W} \rightarrow S = Xkg \quad (36)$$

Ya tenemos separado por kg nuestro alperujo graso en sólido y agua. Como para hacer el pellets necesitamos que tenga en torno a un 15 % - 20 % al sólido calculado, debemos añadirle un 15 % - 20 % del agua calculada. En nuestro caso vamos añadirle un 20 %.

- **Pellet de Orujillo 20 %**

$$Pellet20\% = S + 0.20 \cdot W \quad (37)$$

De esta forma conocemos exactamente el combustible de pellets de orujillo al 20 % del que disponemos para nuestra central de gasificación. Los datos pueden ser consultados en la tabla [68](#)

6.6 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 1

6.6.1 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA

Para el cálculo de la energía eléctrica producida hay que tener en cuenta los días de funcionamiento, las horas y la potencia instalada. Para nuestro estudio, hemos tenido en cuenta los días de funcionamiento exactos de la campaña 20-21 respetando siempre las paradas previstas como comentamos en anteriores apartados. Además, como nos encontramos en el escenario 1, nuestra central únicamente funcionará en los meses de cosecha y como autoconsumo, lo que quiere decir que la energía que no auto-consumimos será "tirada". Los días de funcionamiento han sido 120, dato que puede ser consultado en la tabla adjunta [67](#)

■ Energía eléctrica producida:

$$E_P = \text{Potencia gasificador (kWe)} \cdot \frac{24h}{\text{día}} \cdot \frac{\text{días}}{\text{mes}} = X \text{ kWh} \quad (38)$$

Si aplicamos la ecuación [38](#) obtenemos la energía eléctrica generada por la planta de 125 kWe por cada mes. Estos cálculos pueden verse reflejados en la tabla [71](#)

■ Energía total generada por la planta de 125 kWe campaña 20-21: 360.000 kwh

6.6.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA

El uso de la gasificación trae consigo diversas ventajas, como puede ser el ahorro en energía térmica. En este sistema de cogeneración la energía térmica que podemos aprovechar procede de 2 fuentes:

- Circuito de refrigeración.
- Gases de escape.

En nuestro caso, para la producción de energía térmica para el uso de las batidoras, únicamente vamos a usar la potencia que obtenemos mediante el circuito de refrigeración, con el uso de un intercambiador de calor. Por otro lado, la potencia obtenida con los gases de escape del motor van a ser utilizados para el secado de la biomasa.



Figura 69: Esquema parte térmica 125

Por tanto, la potencia total de la que disponemos es de 90 kW.

Para el cálculo de la potencia térmica de la almazara, aplicamos la ecuación [32](#).

■ Potencia térmica necesaria: 489 kWt

Por tanto, sin la instalación del gasificador, necesitaríamos obtener a través del hueso de aceituna una potencia térmica de 489 kWt, pero con la aplicación del sistema de gasificación, reduciríamos esa demanda a 399 kWt.

■ **Potencia térmica necesaria con Gasificador:** 399 kWt

De esta manera, podríamos vender el hueso que no hemos utilizado gracias a la gasificación, obteniendo así unos beneficios.

Todos los cálculos comentados en este apartado los podemos ver reflejados en la tabla [80](#)

6.6.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Aplicando la ecuación [33](#) podemos calcular el total del biochar obtenido.

■ **Biochar Obtenido:** 66.528 T

Todos los cálculos comentados en este apartado pueden verse en la tabla [81](#)

6.6.4 CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA

En primer lugar, debemos saber si con el alpeorujo que nuestra almazara produce tenemos para abastecer a nuestra central de gasificación.

Si aplicamos las ecuaciones [34](#) , obtenemos la cantidad de alpeorujo graso con un 70 % de humedad que tenemos una vez molturada la aceituna.

A continuación aplicamos las ecuaciones [35](#) y [36](#) para saber que porcentaje de ese alpeorujo es agua y cual sólido.

Por último, aplicamos la ecuación [37](#) y obtenemos la cantidad de orujo graso al 20 % tenemos disponible para pelletizar y utilizar como combustible.

■ **Alpeorujo graso 20 % disponible:** 14.784 T Estos datos se pueden consultar en la tabla [68](#)

A continuación realizamos el cálculo de kg que necesitamos para alimentar el gasificador. Para ello realizamos el siguiente cálculo:

$$Pelletnecesario\left(\frac{T}{año}\right) = \frac{ConsumoBiomasa\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot HorasFuncionamiento(h) \cdot DiasFuncionamiento}{1000} \quad (39)$$

■ **Pellet necesario para consumo:** 444 T

Estos datos se pueden consultar en la tabla adjunta [84](#)

Como podemos observar no habría ningún problema, ya que generamos muchas mas toneladas de pellet de las necesarias. En este caso se podría valorar almacenar y vender pellet para unas futuras plantas de gasificación, aunque esto no se contempla en este estudio.

6.7 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 1

6.7.1 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA

Para el cálculo de la energía eléctrica producida hay que tener en cuenta los días de funcionamiento, las horas y la potencia instalada. Para nuestro estudio, hemos tenido en cuenta los días de funcionamiento exactos de la campaña 20-21 respetando siempre las paradas previstas como comentamos en anteriores apartados. Además, como nos encontramos en el escenario 1, nuestra central únicamente funcionará en los meses de cosecha y como autoconsumo, lo que

quiere decir que la energía que no auto-consumimos será "tirada" . Los días de funcionamiento han sido 120, dato que puede ser consultado en la tabla adjunta ??

■ **Energía eléctrica producida:**

$$E_p = \text{Potencia gasificador (kWe)} \cdot \frac{24h}{\text{día}} \cdot \frac{\text{días}}{\text{mes}} = X \text{ kWh} \quad (40)$$

Si aplicamos la ecuación 40 obtenemos la energía eléctrica generada por la planta de 250 kWe por cada mes. Estos cálculos pueden verse reflejados en la tabla 54

■ **Energía total generada por la planta de 250 kWe campaña 20-21:** 642.000 kwh

6.7.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA

El uso de la gasificación trae consigo diversas ventajas, como puede ser el ahorro en energía térmica. En este sistema de cogeneración la energía térmica que podemos aprovechar procede de 2 fuentes:

- Circuito de refrigeración.
- Gases de escape.

En nuestro caso, para la producción de energía térmica para el uso de las batidoras, únicamente vamos a usar la potencia que obtenemos mediante el circuito de refrigeración, con el uso de un intercambiador de calor. Por otro lado, la potencia obtenida con los gases de escape del motor van a ser utilizados para el secado de la biomasa.



Figura 70: Esquema parte térmica 250

Por tanto, la potencia total de la que disponemos es de 184 kW.

Para el cálculo de la potencia térmica de la almazara, aplicamos la ecuación 32.

■ **Potencia térmica necesaria:** 489 kWt

Por tanto, sin la instalación del gasificador, necesitaríamos obtener a través del hueso de aceituna una potencia térmica de 489 kWt, pero con la aplicación del sistema de gasificación, reduciríamos esa demanda a 305 kWt.

■ **Potencia térmica necesaria con Gasificador:** 305 kWt

De esta manera, podríamos vender el hueso que no hemos utilizado gracias a la gasificación, obteniendo así unos beneficios.

Todos los cálculos comentados en este apartado los podemos ver reflejados en la tabla 80

6.7.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Aplicando la ecuación 33 podemos calcular el total del biochar obtenido.

- **Biochar Obtenido:** 133 T

Todos los cálculos comentados en este apartado pueden verse en la tabla 81

6.7.4 CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA

En primer lugar, debemos saber si con el alpeorajo que nuestra alamazara produce tenemos para abastecer a nuestra central de gasificación.

Si aplicamos las ecuaciones 34, obtenemos la cantidad de alpeorajo graso con un 70 % de humedad que tenemos una vez molturada la aceituna.

A continuación aplicamos las ecuaciones 35 y 36 para saber que porcentaje de ese alpeorajo es agua y cual sólido.

Por último, aplicamos la ecuación 37 y obtenemos la cantidad de orujo graso al 20 % tenemos disponible para pelletizar y utilizar como combustible.

- **Alpeorajo graso 20 % disponible:** 14.784 T Estos datos se pueden consultar en la tabla 51

A continuación realizamos el cálculo de kg que necesitamos para alimentar el gasificador. Para ello realizamos el siguiente cálculo:

$$Pelletnecesario\left(\frac{T}{año}\right) = \frac{ConsumoBiomasa\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot HorasFuncionamiento(h) \cdot DiasFuncionamiento}{1000} \quad (41)$$

- **Pellet necesario para consumo:** 889 T

Estos datos se pueden consultar en la tabla adjunta 84

Como podemos observar no habría ningún problema, ya que generamos muchas mas toneladas de pellet de las necesarias. En este caso se podría valorar almacenar y vender pellet para unas futuras plantas de gasificación, aunque esto no se contempla en este estudio.

6.8 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 1

6.8.1 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA

Para el cálculo de la energía eléctrica producida hay que tener en cuenta los días de funcionamiento, las horas y la potencia instalada. Para nuestro estudio, hemos tenido en cuenta los días de funcionamiento exactos de la campaña 20-21 respetando siempre las paradas previstas como comentamos en anteriores apartados. Además, como nos encontramos en el escenario 1, nuestra central únicamente funcionará en los meses de cosecha y como autoconsumo, lo que quiere decir que la energía que no auto-consumimos será "tirada". Los días de funcionamiento han sido 120, dato que puede ser consultado en la tabla adjunta 67

- **Energía eléctrica producida:**

$$E_P = Potencia\ gasificador\ (kWe) \cdot \frac{24h}{día} \cdot \frac{días}{mes} = X\ kWh \quad (42)$$

Si aplicamos la ecuación 42 obtenemos la energía eléctrica generada por la planta de 500 kWe por cada mes. Estos cálculos pueden verse reflejados en la tabla 55

- **Energía total generada por la planta de 500 kWe campaña 20-21:** 1.284.000 kwh

6.8.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA

El uso de la gasificación trae consigo diversas ventajas, como puede ser el ahorro en energía térmica. En este sistema de cogeneración la energía térmica que podemos aprovechar procede de 2 fuentes:

- Circuito de refrigeración.
- Gases de escape.

En nuestro caso, para la producción de energía térmica para el uso de las batidoras, únicamente vamos a usar la potencia que obtenemos mediante el circuito de refrigeración, con el uso de un intercambiador de calor. Por otro lado, la potencia obtenida con los gases de escape del motor van a ser utilizados para el secado de la biomasa.



Figura 71: Esquema parte térmica 500

Por tanto, la potencia total de la que disponemos es de 360 kW.

Para el cálculo de la potencia térmica de la almazara, aplicamos la ecuación ??.

- **Potencia térmica necesaria:** 489 kWt

Por tanto, sin la instalación del gasificador, necesitaríamos obtener a través del hueso de aceituna una potencia térmica de 489 kWt, pero con la aplicación del sistema de gasificación, reduciríamos esa demanda a 129 kWt.

- **Potencia térmica necesaria con Gasificador:** 129 kWt

De esta manera, podríamos vender el hueso que no hemos utilizado gracias a la gasificación, obteniendo así unos beneficios.

Todos los cálculos comentados en este apartado los podemos ver reflejados en la tabla 80

6.8.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Aplicando la ecuación que aparece en el apartado 33 podemos calcular el total del biochar obtenido.

- **Biochar Obtenido:** 266 T

Todos los cálculos comentados en este apartado pueden verse en la tabla 81

6.8.4 CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA

En primer lugar, debemos saber si con el alpeorujo que nuestra alamazara produce tenemos para abastecer a nuestra central de gasificación.

Si aplicamos las ecuaciones 34 , obtenemos la cantidad de alpeorujo graso con un 70 % de humedad que tenemos una vez molturada la aceituna.

A continuación aplicamos las ecuaciones 35 y 36 para saber que porcentaje de ese alpeorujo es agua y cual sólido.

Por último, aplicamos la ecuación 37 y obtenemos la cantidad de orujo graso al 20 % tenemos disponible para pelletizar y utilizar como combustible.

- **Alpeorujo graso 20 % disponible:** 14.784 T Estos datos se pueden consultar en la tabla 68

A continuación realizamos el cálculo de kg que necesitamos para alimentar el gasificador. Para ello realizamos el siguiente cálculo:

$$Pelletnecesario\left(\frac{T}{año}\right) = \frac{ConsumoBiomasa\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot HorasFuncionamiento(h) \cdot DiasFuncionamiento}{1000} \quad (43)$$

- **Pellet necesario para consumo:** 1.774 T

Estos datos se pueden consultar en la tabla adjunta 84

Como podemos observar no habría ningún problema, ya que generamos muchas mas toneladas de pellet de las necesarias. En este caso se podría valorar almacenar y vender pellet para unas futuras plantas de gasificación, aunque esto no se contempla en este estudio.

6.9 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 2

6.9.1 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA

Para el cálculo de la energía eléctrica producida hay que tener en cuenta los días de funcionamiento, las horas y la potencia instalada. Para nuestro estudio, hemos tenido en cuenta los días de funcionamiento exactos de la campaña 20-21 respetando siempre las paradas previstas como comentamos en anteriores apartados.

En este caso nos encontramos en el escenario 2, lo que quiere decir, que no auto-consumíamos, la vamos a vender a red a un precio y además, fuera de cosecha(a excepción de los meses de julio y agosto por descanso de personal) vamos a generar electricidad y a venderla a red.

En este caso los días de funcionamiento en cosecha son 120, mientras que los días de funcionamiento fuera de cosecha son 140. Estos datos pueden ser consultados en la tabla 67

■ Energía eléctrica producida:

$$E_p = \text{Potencia gasificador (kWe)} \cdot \frac{24h}{\text{día}} \cdot \frac{\text{días}}{\text{mes}} = X \text{ kWh} \quad (44)$$

Si aplicamos la ecuación 44 obtenemos la energía eléctrica generada por la planta de 125 kWe por cada mes. Estos cálculos pueden verse reflejados en la tabla 74

■ Energía total generada por la planta de 125kWe campaña 20-21: 321.000 kwh

En las tablas 74 y 77 podemos ver la energía total que será vendida durante la cosecha y fuera de cosecha.

■ ENERGÍA VENDIDA

- Durante la cosecha: 0 kWh
- Fuerza de cosecha: 336.000 kWh

6.9.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA

El uso de la gasificación trae consigo diversas ventajas, como puede ser el ahorro en energía térmica. En este sistema de cogeneración la energía térmica que podemos aprovechar procede de 2 fuentes:

- Circuito de refrigeración.
- Gases de escape.

En nuestro caso, para la producción de energía térmica para el uso de las batidoras, únicamente vamos a usar la potencia que obtenemos mediante el circuito de refrigeración, con el uso de un intercambiador de calor. Por otro lado, la potencia obtenida con los gases de escape del motor van a ser utilizados para el secado de la biomasa.

Por tanto, la potencia total de la que disponemos es de 90 kW.

Para el cálculo de la potencia térmica de la almazara, aplicamos la ecuación 32.

■ Potencia térmica necesaria: 489 kWt

Por tanto, sin la instalación del gasificador, necesitaríamos obtener a través del hueso de aceituna una potencia térmica de 489 kWt, pero con la aplicación del sistema de gasificación, reduciríamos esa demanda a 399 kWt.



Figura 72: Esquema parte térmica 125

■ **Potencia térmica necesaria con Gasificador:** 399 kWt

De esta manera, podríamos vender el hueso que no hemos utilizado gracias a la gasificación, obteniendo así unos beneficios.

Todos los cálculos comentados en este apartado los podemos ver reflejados en la tabla 80

6.9.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Aplicando la ecuación 33 podemos calcular el total del biochar obtenido.

■ **Biochar Obtenido:** 144 T

Todos los cálculos comentados en este apartado pueden verse en la tabla 82

6.9.4 CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA

En primer lugar, debemos saber si con el alpeorujo que nuestra almazara produce tenemos para abastecer a nuestra central de gasificación.

Si aplicamos las ecuaciones 34, obtenemos la cantidad de alpeorujo graso con un 70 % de humedad que tenemos una vez molturada la aceituna.

A continuación aplicamos las ecuaciones 35 y 36 para saber que porcentaje de ese alpeorujo es agua y cual sólido.

Por último, aplicamos la ecuación 37 y obtenemos la cantidad de orujo graso al 20 % tenemos disponible para pelletizar y utilizar como combustible.

■ **Alpeorujo graso 20 % disponible:** 14.784 T Estos datos se pueden consultar en la tabla 51

A continuación realizamos el cálculo de kg que necesitamos para alimentar el gasificador. Para ello realizamos el siguiente cálculo:

$$Pelletnecesario\left(\frac{T}{año}\right) = \frac{ConsumoBiomasa\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot HorasFuncionamiento(h) \cdot DiasFuncionamiento}{1000} \quad (45)$$

■ **Pellet necesario para consumo:** 961 T

Estos datos se pueden consultar en la tabla adjunta 86

Como podemos observar no habría ningún problema, ya que generamos muchas mas toneladas de pellet de las necesarias. En este caso se podría valorar almacenar y vender pellet para unas futuras plantas de gasificación, aunque esto no se contempla en este estudio.

6.10 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 2

6.10.1 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA

Para el cálculo de la energía eléctrica producida hay que tener en cuenta los días de funcionamiento, las horas y la potencia instalada. Para nuestro estudio, hemos tenido en cuenta los días de funcionamiento exactos de la campaña 20-21 respetando siempre las paradas previstas como comentamos en anteriores apartados.

En este caso nos encontramos en el escenario 2, lo que quiere decir, que no auto-consumíamos, la vamos a vender a red a un precio y además, fuera de cosecha(a excepción de los meses de julio y agosto por descanso de personal) vamos a generar electricidad y a venderla a red.

En este caso los días de funcionamiento en cosecha son 120, mientras que los días de funcionamiento fuera de cosecha son 140. Estos datos pueden ser consultados en la tabla 50

■ Energía eléctrica producida:

$$E_p = \text{Potencia gasificador (kWe)} \cdot \frac{24h}{\text{día}} \cdot \frac{\text{días}}{\text{mes}} = X \text{ kWh} \quad (46)$$

Si aplicamos la ecuación 46 obtenemos la energía eléctrica generada por la planta de 125 kWe por cada mes. Estos cálculos pueden verse reflejados en la tabla 74

■ Energía total generada por la planta de 250 kWe campaña 20-21: 642.000 kwh

En las tablas 75 y 78 podemos ver la energía total que será vendida durante la cosecha y fuera de cosecha.

■ ENERGÍA VENDIDA

- Durante la cosecha: 53.919 kWh
- Fuerza de cosecha: 672.000 kWh

6.10.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA

El uso de la gasificación trae consigo diversas ventajas, como puede ser el ahorro en energía térmica. En este sistema de cogeneración la energía térmica que podemos aprovechar procede de 2 fuentes:

- Circuito de refrigeración.
- Gases de escape.

En nuestro caso, para la producción de energía térmica para el uso de las batidoras, únicamente vamos a usar la potencia que obtenemos mediante el circuito de refrigeración, con el uso de un intercambiador de calor. Por otro lado, la potencia obtenida con los gases de escape del motor van a ser utilizados para el secado de la biomasa.

Por tanto, la potencia total de la que disponemos es de 184 kW.

Para el cálculo de la potencia térmica de la almazara, aplicamos la ecuación 32.

■ Potencia térmica necesaria: 489 kWt

Por tanto, sin la instalación del gasificador, necesitaríamos obtener a través del hueso de aceituna una potencia térmica de 489 kWt, pero con la aplicación del sistema de gasificación, reduciríamos esa demanda a 305 kWt.



Figura 73: Esquema parte térmica 250

■ **Potencia térmica necesaria con Gasificador: 305 kWt**

De esta manera, podríamos vender el hueso que no hemos utilizado gracias a la gasificación, obteniendo así unos beneficios.

Todos los cálculos comentados en este apartado los podemos ver reflejados en la tabla 80

6.10.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Aplicando la ecuación 33 podemos calcular el total del biochar obtenido.

■ **Biochar Obtenido: 288 T**

Todos los cálculos comentados en este apartado pueden verse en la tabla 82

6.10.4 CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA

En primer lugar, debemos saber si con el alpeorujo que nuestra almazara produce tenemos para abastecer a nuestra central de gasificación.

Si aplicamos las ecuaciones 34, obtenemos la cantidad de alpeorujo graso con un 70 % de humedad que tenemos una vez molturada la aceituna.

A continuación aplicamos las ecuaciones 35 y 36 para saber que porcentaje de ese alpeorujo es agua y cual sólido.

Por último, aplicamos la ecuación 37 y obtenemos la cantidad de orujo graso al 20 % tenemos disponible para pelletizar y utilizar como combustible.

■ **Alpeorujo graso 20 % disponible: 14.784 T** Estos datos se pueden consultar en la tabla 68

A continuación realizamos el cálculo de kg que necesitamos para alimentar el gasificador. Para ello realizamos el siguiente cálculo:

$$Pelletnecesario\left(\frac{T}{año}\right) = \frac{ConsumoBiomasa\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot HorasFuncionamiento(h) \cdot DiasFuncionamiento}{1000} \quad (47)$$

■ **Pellet necesario para consumo: 1.924 T**

Estos datos se pueden consultar en la tabla adjunta 86

Como podemos observar no habría ningún problema, ya que generamos muchas mas toneladas de pellet de las necesarias. En este caso se podría valorar almacenar y vender pellet para unas futuras plantas de gasificación, aunque esto no se contempla en este estudio.

6.11 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 2

6.11.1 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA

Para el cálculo de la energía eléctrica producida hay que tener en cuenta los días de funcionamiento, las horas y la potencia instalada. Para nuestro estudio, hemos tenido en cuenta los días de funcionamiento exactos de la campaña 20-21 respetando siempre las paradas previstas como comentamos en anteriores apartados.

En este caso nos encontramos en el escenario 2, lo que quiere decir, que no auto-consumíamos, la vamos a vender a red a un precio y además, fuera de cosecha(a excepción de los meses de julio y agosto por descanso de personal) vamos a generar electricidad y a venderla a red.

En este caso los días de funcionamiento en cosecha son 120, mientras que los días de funcionamiento fuera de cosecha son 140. Estos datos pueden ser consultados en la tabla 50

■ Energía eléctrica producida:

$$E_p = \text{Potencia gasificador (kWe)} \cdot \frac{24h}{\text{día}} \cdot \frac{\text{días}}{\text{mes}} = X \text{ kWh} \quad (48)$$

Si aplicamos la ecuación 48 obtenemos la energía eléctrica generada por la planta de 500 kWe por cada mes. Estos cálculos pueden verse reflejados en la tabla 76

■ Energía total generada por la planta de 500 kWe campaña 20-21: 1.284.000 kwh

En las tablas 76 y 79 podemos ver la energía total que será vendida durante la cosecha y fuera de cosecha.

■ ENERGÍA VENDIDA

- Durante la cosecha: 310.192 kWh
- Fuerza de cosecha: 1.344.000 kWh

6.11.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA

El uso de la gasificación trae consigo diversas ventajas, como puede ser el ahorro en energía térmica. En este sistema de cogeneración la energía térmica que podemos aprovechar procede de 2 fuentes:

- Circuito de refrigeración.
- Gases de escape.

En nuestro caso, para la producción de energía térmica para el uso de las batidoras, únicamente vamos a usar la potencia que obtenemos mediante el circuito de refrigeración, con el uso de un intercambiador de calor. Por otro lado, la potencia obtenida con los gases de escape del motor van a ser utilizados para el secado de la biomasa.

Por tanto, la potencia total de la que disponemos es de 360 kW.

Para el cálculo de la potencia térmica de la almazara, aplicamos la ecuación ??.

■ Potencia térmica necesaria: 489 kWt

Por tanto, sin la instalación del gasificador, necesitaríamos obtener a través del hueso de aceituna una potencia térmica de 489 kWt, pero con la aplicación del sistema de gasificación, reduciríamos esa demanda a 129 kWt.



Figura 74: Esquema parte térmica 500

■ **Potencia térmica necesaria con Gasificador:** 129 kWt

De esta manera, podríamos vender el hueso que no hemos utilizado gracias a la gasificación, obteniendo así unos beneficios.

Todos los cálculos comentados en este apartado los podemos ver reflejados en la tabla 80

6.11.3 PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Aplicando la ecuación 33 podemos calcular el total del biochar obtenido.

■ **Biochar Obtenido:** 576 T

Todos los cálculos comentados en este apartado pueden verse en la tabla 82

6.11.4 CANTIDAD DE BIOMASA NECESARIA

En primer lugar, debemos saber si con el alpeorujo que nuestra almazara produce tenemos para abastecer a nuestra central de gasificación.

Si aplicamos las ecuaciones 34 , obtenemos la cantidad de alpeorujo graso con un 70 % de humedad que tenemos una vez molturada la aceituna.

A continuación aplicamos las ecuaciones 35 y 36 para saber que porcentaje de ese alpeorujo es agua y cual sólido.

Por último, aplicamos la ecuación 37 y obtenemos la cantidad de orujo graso al 20 % tenemos disponible para pelletizar y utilizar como combustible.

■ **Alpeorujo graso 20 % disponible:** 14.784 T Estos datos se pueden consultar en la tabla 68

A continuación realizamos el cálculo de kg que necesitamos para alimentar el gasificador. Para ello realizamos el siguiente cálculo:

$$Pelletnecesario\left(\frac{T}{año}\right) = \frac{ConsumoBiomasa\left(\frac{kg}{h}\right) \cdot HorasFuncionamiento(h) \cdot DiasFuncionamiento}{1000} \quad (49)$$

■ **Pellet necesario para consumo:** 3.843 T

Estos datos se pueden consultar en la tabla adjunta 86

Como podemos observar no habría ningún problema, ya que generamos muchas mas toneladas de pellet de las necesarias. En este caso se podría valorar almacenar y vender pellet para unas futuras plantas de gasificación, aunque esto no se contempla en este estudio.

7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS ALMAZARA SAN ISIDRO

7.1 ESTUDIO TECNO - ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN

El estudio se va a realizar para 3 centrales con distintas potencias instaladas y para 2 escenarios diferentes. Recordemos que los escenarios son los siguientes:

- **Escenario 1:** Central de gasificación con autoconsumo.
- **Escenario 2:** Central de gasificación con excedentes sin compensación.

El siguiente estudio determinará la viabilidad de instalar cada una de las centrales en cada escenario posible, pudiendo discutir finalmente que tipo de central y que tipo de escenario es el más adecuado para la almazara.

En primer lugar vamos a hacer un estudio previo al sistema de abastecimiento eléctrico sin cogeneración. En la tabla 5 podemos ver cuales son los costes eléctricos reales de la almazara sin gasificador.

RESUMEN FACTURACIÓN	
TOTAL ENERGÍA (kWh)	305796
ENERGÍA (€)	53.649,92 €
POTENCIA (€)	6.584,95 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	3.495,22 €
IVA TOTAL (€)	15.090,36 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	76.610,54 €

Tabla 5: Consumo eléctrico campaña 21-22 Almazara San Isidro

Una vez tenemos los costes totales de la parte eléctrica de la almazara, procedemos a calcular el coste asociado a la energía térmica que es demandada para el uso de las batidoras por la almazara.

Como ya hemos comentado en anteriores apartados, la almazara autoconsume el hueso que produce, por lo que en realidad no tendría ningún coste en lo referente a la parte térmica, sin embargo, este se va a tener en cuenta a la hora de realizar el estudio para ver como repercute en la factura el uso de la central de gasificación.

- **Cálculo económico hueso auto consumido:**

$$C_T = \text{HuesoAutoconsumido}(T) \cdot \text{Precio} \frac{\text{€}}{T} = X\text{€} \quad (50)$$

$$C_T = 89 T \cdot 60 \frac{\text{€}}{T} = 5341.33 \text{ €} \text{ (En la tabla 87) puede verse un resumen de los gastos de la almazara.}$$

En la gráfica siguiente 75 podemos ver de una forma gráfica todos los gastos de la almazara sin gasificador.

Como podemos observar en la figura 75 la energía acapara mas del 50 % de la factura eléctrica.

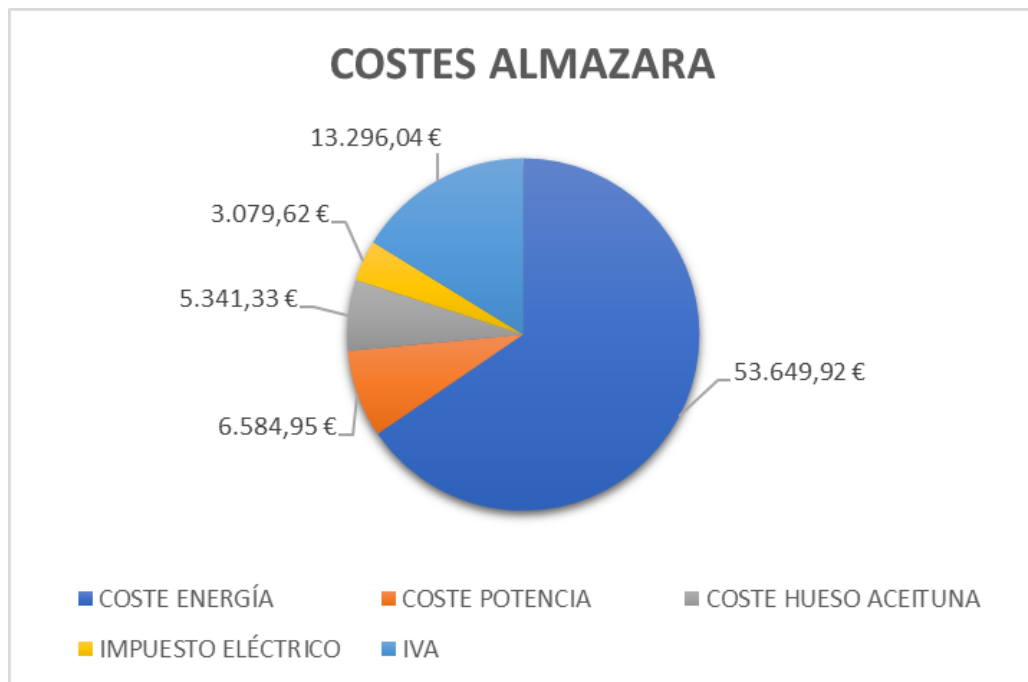


Figura 75: Costes almazara San Isidro Sin Gasificador

En este otro gráfico 76, podemos ver como con la instalación de diferentes gasificadores, conseguimos bajar la factura notablemente.

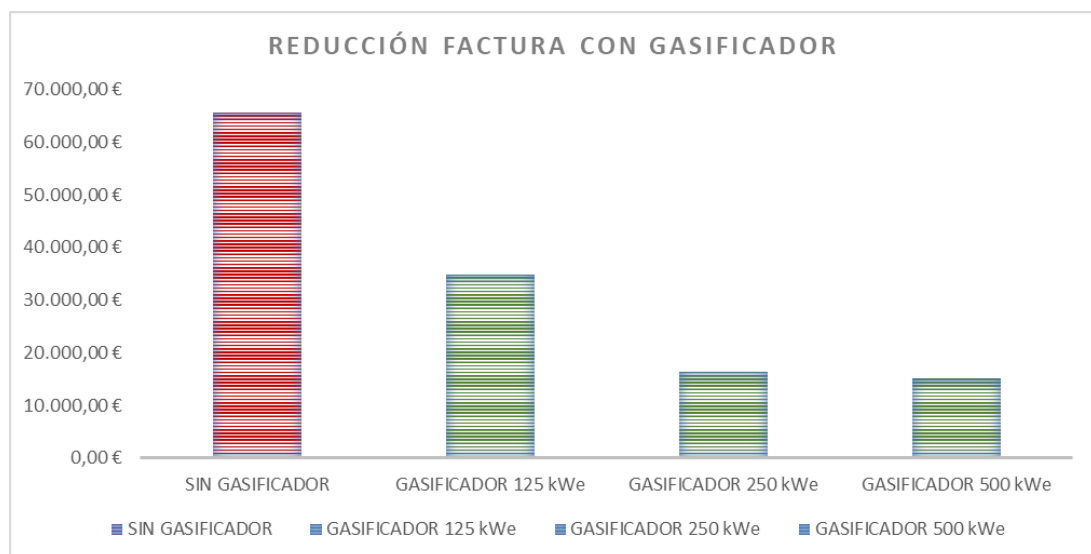


Figura 76: Reducción factura con Gasificador San Isidro

Una vez hemos realizado los cálculos del consumo energético de la almazara sin tener en cuenta la central de gasificación, ahora haremos el cálculo para cada una de las centrales y en cada uno de los escenarios.

7.1.1 CENTRAL DE GASIFICACIÓN 125 kW ESCENARIO 1

Llegados a este punto, debemos averiguar los siguientes puntos:

- Energía consumida mensualmente.
- Energía producida mensualmente.

- Energía autoconsumida mensualmente.
- Energía importada mensualmente.

En la siguiente gráfica podemos ver bien definidos todos los parámetros que hemos comentado. Una vez tenemos esos valores numéricos, podemos proceder a calcular numéricamente el nuevo coste de la factura eléctrica con la central estudiada.

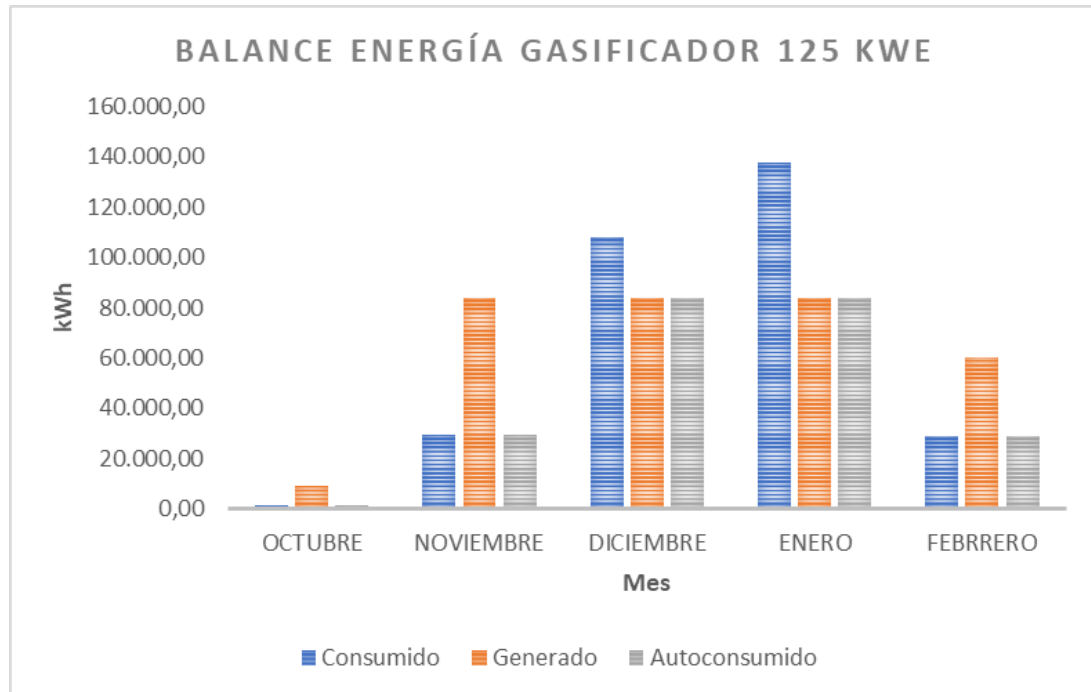


Figura 77: Balance de Energías central de 125 kWe San Isidro

Como podemos ver en la gráfica 77 y en la tabla 39 es necesario importar una parte de energía eléctrica para poder abastecer a la almazara, ya que solamente con el gasificador no llegamos a cubrir las necesidades.

El coste de la energía será el coste ponderado calculado en la ecuación 2, siendo este de 0.1754 €

Además del término variable de la energía, deberemos pagar el término fijo de la potencia. En este caso hemos reducido en un 12 % la potencia instalada, ya que al instalar el gasificador, podemos hacer una reducción del término de potencia.

El coste de la potencia será el coste ponderado calculado en la ecuación 4, siendo este de 0.03 €

Por tanto, esta sería nuestra nueva factura eléctrica:

Ya tenemos calculada la nueva factura eléctrica que tendremos si instalamos el gasificador de 125 kWe.

Además del coste de la factura eléctrica, tenemos otros costes nuevos como son el coste de personal, y coste de operación y mantenimiento.

El coste diario del personal es de 68 €, por tanto:

- **Coste Personal:**

$$\text{Coste Personal} = \text{Días Trabajados} \cdot \frac{\text{euros}}{\text{dia}} \quad (51)$$

RESUMEN FACTURACIÓN	
ENERGÍA (€)	13.593,01 €
POTENCIA (€)	5.643,59 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	983,51 €
IVA TOTAL (€)	4.246,22 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	24.466,33 €

Tabla 6: Factura eléctrica con gasificador 125 kWe Almazara San Isidro

■ **Coste de operación y mantenimiento:**

$$\text{Coste mantenimiento} = \text{Energía generada} \cdot 0.01 \quad (52)$$

Aplicando la ecuación 71 obtenemos que el coste de personal es de 7276 €

Aplicando la ecuación 72 obtenemos que el coste de operación y mantenimiento es de 3210 €.

En el siguiente gráfico, podemos ver los costes de la central de 125 kWe.

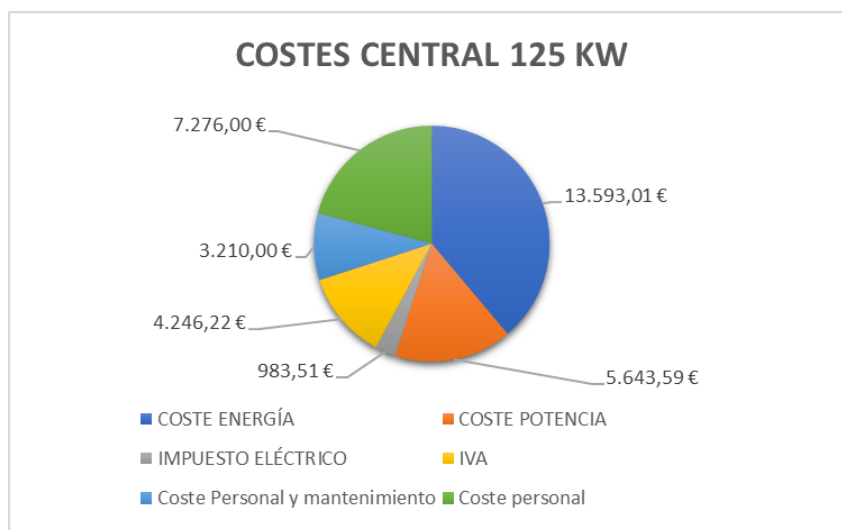


Figura 78: Costes Central 125 kWe San Isidro

Con la instalación de este gasificador, logramos un ahorro de energía del 74 %, con lo que además implica de forma directa un ahorro en el IVA y en el impuesto eléctrico.

Una vez tenemos definidos todos los costes, vamos a determinar los beneficios pasivos que tenemos a la hora de instalar la central de 125 kWe.

Estos beneficios de los que hablamos son los siguientes:

- **Ahorro de electricidad**
- **Venta de electricidad**
- **Ahorro exportación de orujillo**

- **Ahorro uso de hueso**
- **Venta de biochar**

Ahorro de electricidad

Este cálculo lo realizamos como:

$$\text{Ahorro electricidad} = \text{Factura Sin Gasificador} - \text{Factura Con gasificador} \quad (53)$$

De este modo si aplicamos la ecuación 53 obtenemos que el ahorro ha sido de 52144 €.

Venta de electricidad

Al encontrarnos en el escenario 1, no realizamos venta de electricidad.

Ahorro exportación de orujillo

En este caso, todo el orujo graso que usemos como combustible para la planta de gasificación, es un ahorro en transporte de este orujo graso a una balsa.

Para ello calculamos el orujo graso que se ha utilizado como combustible.

Si aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para 1 kg de alpeorujo graso, obtenemos la siguiente relación:

$$1\text{kg Alpeorujo graso} \rightarrow 0.44\text{kg de pellet} \quad (54)$$

Por tanto, si hemos utilizado 395 T de pellet para el funcionamiento de la planta, habremos usado el equivalente a 899 T de alpeorujo graso.

Es decir, nos estamos ahorrando en transportar 899 T de alpeorujo graso. A continuación calculamos el ahorro por transporte del alpeorujo:

- **Ahorro transporte de alpeorujo graso**

$$\text{Ahorro transporte alpeorujo graso} = 899 \text{ T} \cdot 9.7 \text{ €/ T} = 8718 \text{ €}$$

Venta de Biochar

Ahorro uso de hueso

Con la instalación del gasificador, nos ahorramos de forma total o parcial el coste de la energía térmica. Anteriormente nos autobastecíamos la parte térmica con el hueso de aceituna, sin embargo, con la instalación del gasificador, nos autobastecemos de forma parcial o total en el ámbito de energía térmica, lo que implica que el hueso que antes autconsumíamos, ahora podemos venderlo.

- **Cálculo de hueso excedente:** Para calcularlo, vamos a aplicar una relación. Sabemos que 89 T de hueso de aceituna equivalen a una potencia de 121 kWt. Por tanto:
 - Si la potencia térmica aportada por el gasificador es mayor que la potencia necesaria, entonces venderemos todo el hueso autoconsumido.

- Si por el contrario, la potencia térmica aportada por el gasificador es menor que la potencia necesaria, entonces solo podremos vender lo equivalente a la potencia aportada.

En el caso de la central de 125 kWe la potencia térmica aportada por el gasificador es 90 kWt mientras que la necesaria es 121 kWt, por lo que solo podremos vender el equivalente a 90 kWt.

Por tanto, el equivalente a 90 kWt son 66.22 T de hueso. A continuación calculamos el beneficio pasivo del hueso de aceituna.

■ **Venta de hueso:**

$$\text{Venta hueso} = 66.22 \text{ T} \cdot 60 \text{ €/ T} = 3973 \text{ €}$$

Venta de Biochar

Como hemos comentado anteriormente, el biochar es el subproducto que genera la central de gasificación. Este subproducto se vende a 100 €/ T.

Si recurrimos a la gráfica 63, vemos como el biochar obtenido para la planta de 125 kWe es de 59 T

Por tanto:

■ **Venta de biochar:**

$$\text{Venta biochar} = 59 \text{ T} \cdot 100 \text{ €/ T} = 5932 \text{ €}$$

7.1.2 CENTRAL DE GASIFICACIÓN 250 kWe ESCENARIO 1

Llegados a este punto, debemos averiguar los siguientes puntos:

- Energía consumida mensualmente.
- Energía producida mensualmente.
- Energía autoconsumida mensualmente.
- Energía importada mensualmente.

En la siguiente gráfica podemos ver bien definidos todos los parámetros que hemos comentado. Una vez tenemos esos valores numéricos, podemos proceder a calcular numéricamente el nuevo coste de la factura eléctrica con la central estudiada.

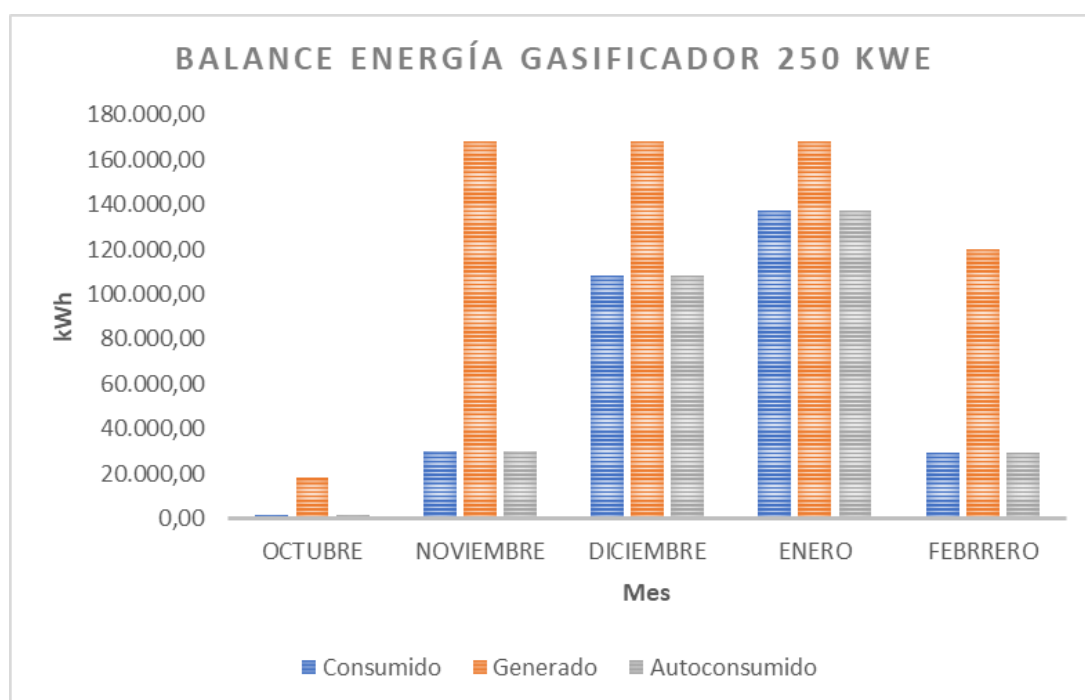


Figura 79: Balance de Energías central de 250 kWe San Isidro

Como podemos ver en la gráfica 79 y en la tabla 54 es necesario importar una parte de energía eléctrica para poder abastecer a la almazara, ya que solamente con el gasificador no llegamos a cubrir las necesidades.

El coste de la energía será el coste ponderado calculado en la ecuación 2, siendo este de 0.1754 €

Además del término variable de la energía, deberemos pagar el término fijo de la potencia. En este caso hemos reducido en un 25 % la potencia instalada, ya que al instalar el gasificador, podemos hacer una reducción del término de potencia.

El coste de la potencia será el coste ponderado calculado en la ecuación 4, siendo este de 0.03 €

Por tanto, esta sería nuestra nueva factura eléctrica:

Ya tenemos calculada la nueva factura eléctrica que tendremos si instalamos el gasificador de 250 kWe.

RESUMEN FACTURACIÓN	
ENERGÍA (€)	0,00 €
POTENCIA (€)	4.809,88 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	245,91 €
IVA TOTAL (€)	1.061,72 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	6.117,51 €

Tabla 7: Factura eléctrica con gasificador 250 kWe Almazara San Isidro

Además del coste de la factura eléctrica, tenemos otros costes nuevos como son el coste de personal, y coste de operación y mantenimiento.

El coste diario del personal es de 68 €, por tanto:

■ **Coste Personal:**

$$\text{Coste Personal} = \text{Días Trabajados} \cdot \frac{\text{euros}}{\text{dia}} \quad (55)$$

■ **Coste de operación y mantenimiento:**

$$\text{Coste mantenimiento} = \text{Energía generada} \cdot 0.01 \quad (56)$$

Aplicando la ecuación 55 obtenemos que el coste de personal es de 7276 €

Aplicando la ecuación 56 obtenemos que el coste de operación y mantenimiento es de 6420 €.

En el siguiente gráfico, podemos ver los costes de la central de 250 kWe.

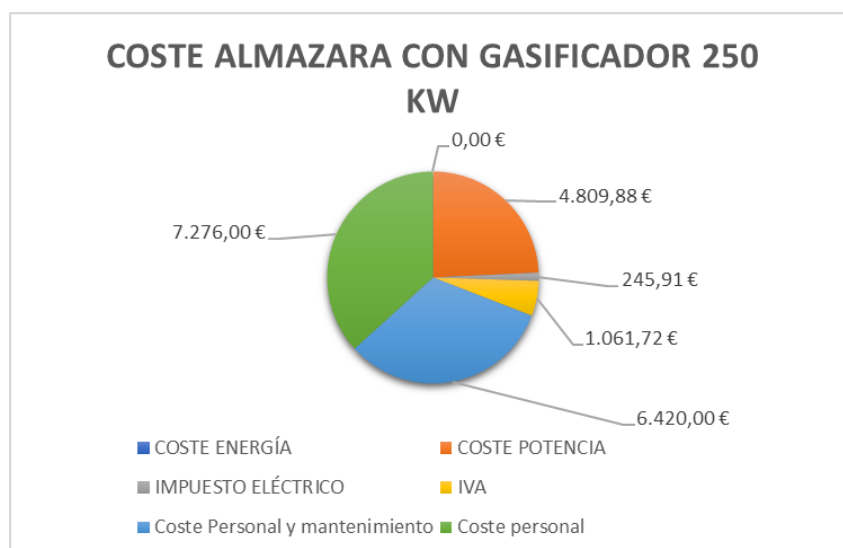


Figura 80: Costes Central 250 kWe San Isidro

Con la instalación de este gasificador, logramos un ahorro de energía del 100%, con lo que además implica de forma directa un ahorro en el IVA y en el impuesto eléctrico.

Una vez tenemos definidos todos los costes, vamos a determinar los beneficios pasivos que tenemos a la hora de instalar la central de 250 kWe.

Estos beneficios de los que hablamos son los siguientes:

- **Ahorro de electricidad**
- **Venta de electricidad**
- **Ahorro exportación de orujillo**
- **Ahorro uso de hueso**
- **Venta de biochar**

Ahorro de electricidad

Este cálculo lo realizamos como:

$$\text{Ahorro electricidad} = \text{Factura Sin Gasificador} - \text{Factura Con gasificador} \quad (57)$$

De este modo si aplicamos la ecuación 105 obtenemos que el ahorro ha sido de 70493 €.

Venta de electricidad

Al encontrarnos en el escenario 1, no realizamos venta de electricidad.

Ahorro exportación de orujillo

En este caso, todo el orujo graso que usemos como combustible para la planta de gasificación, es un ahorro en transporte de este orujo graso a una balsa.

Para ello calculamos el orujo graso que se ha utilizado como combustible.

Si aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para 1 kg de alpeorujo graso, obtenemos la siguiente relación:

$$1\text{kg Alpeorujo graso} \rightarrow 0.44\text{kg de pellet} \quad (58)$$

Por tanto, si hemos utilizado 792 T de pellet para el funcionamiento de la planta, habremos usado el equivalente a 1798 T de alpeorujo graso.

Es decir, nos estamos ahorrando en transportar 1798 T de alpeorujo graso. A continuación calculamos el ahorro por transporte del alpeorujo:

- **Ahorro transporte de alpeorujo graso**

$$\text{Ahorro transporte alpeorujo graso} = 1798 \text{ T} \cdot 9.7 \text{ €/ T} = 17436 \text{ €}$$

Ahorro uso de hueso

Con la instalación del gasificador, nos ahorramos de forma total o parcial el coste de la energía térmica. Anteriormente nos autobastecíamos la parte térmica con el hueso de aceituna, sin embargo, con la instalación del gasificador, nos autobastecemos de forma parcial o total en el ámbito de energía térmica, lo que implica que el hueso que antes autconsumíamos, ahora podemos venderlo.

- **Cálculo de hueso excedente:** Para calcularlo, vamos a aplicar una relación. Sabemos que 89 T de hueso de aceituna equivalen a una potencia de 121 kWt. Por tanto:

- Si la potencia térmica aportada por el gasificador es mayor que la potencia necesaria, entonces venderemos todo el hueso autoconsumido.
- Si por el contrario, la potencia térmica aportada por el gasificador es menor que la potencia necesaria, entonces solo podremos vender lo equivalente a la potencia aportada.

En el caso de la central de 250 kWe la potencia térmica aportada por el gasificador es 184 kWt mientras que la necesaria es 121 kWt, por lo podremos vender el equivalente a 121 kWt.

Por tanto, el equivalente a 121 kWt son 89 T de hueso. A continuación calculamos el beneficio pasivo del hueso de aceituna.

■ **Venta de hueso:**

$$\text{Venta hueso} = 89 \text{ T} \cdot 60 \text{ €/ T} = 5341 \text{ €}$$

Venta de Biochar

Como hemos comentado anteriormente, el biochar es el subproducto que genera la central de gasificación. Este subproducto se vende a 100 €/ T.

Si recurrimos a la gráfica 63, vemos como el biochar obtenido para la planta de 250 kWe es de 119 T

Por tanto:

■ **Venta de biochar:**

$$\text{Venta biochar} = 119 \text{ T} \cdot 100 \text{ €/ T} = 11879 \text{ €}$$

7.1.3 CENTRAL DE GASIFICACIÓN 500 kWe ESCENARIO 1

Llegados a este punto, debemos averiguar los siguientes puntos:

- Energía consumida mensualmente.
- Energía producida mensualmente.
- Energía autoconsumida mensualmente.
- Energía importada mensualmente.

En la siguiente gráfica podemos ver bien definidos todos los parámetros que hemos comentado. Una vez tenemos esos valores numéricos, podemos proceder a calcular numéricamente el nuevo coste de la factura eléctrica con la central estudiada.

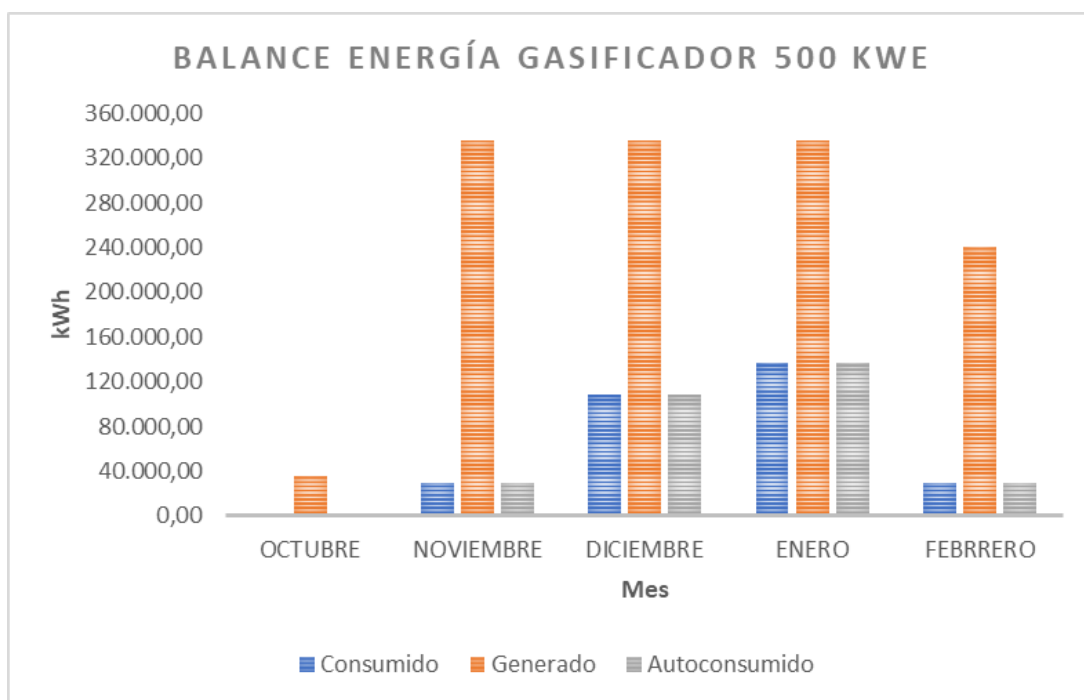


Figura 81: Balance de Energías central de 500 kWe San Isidro

Como podemos ver en la gráfica 81 y en la tabla 55 es necesario importar una parte de energía eléctrica para poder abastecer a la almazara, ya que solamente con el gasificador no llegamos a cubrir las necesidades.

El coste de la energía será el coste ponderado calculado en la ecuación 2, siendo este de 0.1754 €

Además del término variable de la energía, deberemos pagar el término fijo de la potencia. En este caso hemos reducido en un 40 % la potencia instalada, ya que al instalar el gasificador, podemos hacer una reducción del término de potencia.

El coste de la potencia será el coste ponderado calculado en la ecuación 4, siendo este de 0.03 €

Por tanto, esta sería nuestra nueva factura eléctrica:

Ya tenemos calculada la nueva factura eléctrica que tendremos si instalamos el gasificador de 250 kWe.

RESUMEN FACTURACIÓN	
ENERGÍA (€)	0,00 €
POTENCIA (€)	3.847,90 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	196,73 €
IVA TOTAL (€)	849,37 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	4.894,01 €

Tabla 8: Factura eléctrica con gasificador 500 kWe Almazara San Isidro

Ademas del coste de la factura eléctrica, tenemos otros costes nuevos como son el coste de personal, y coste de operación y mantenimiento.

El coste diario del personal es de 68 €, por tanto:

■ **Coste Personal:**

$$\text{Coste Personal} = \text{Días Trabajados} \cdot \frac{\text{euros}}{\text{dia}} \quad (59)$$

■ **Coste de operación y mantenimiento:**

$$\text{Coste mantenimiento} = \text{Energía generada} \cdot 0.01 \quad (60)$$

Aplicando la ecuación 59 obtenemos que el coste de personal es de 7276 €

Aplicando la ecuación 60 obtenemos que el coste de operación y mantenimiento es de 12840 €.

En el siguiente gráfico, podemos ver los costes de la central de 500 kWe.

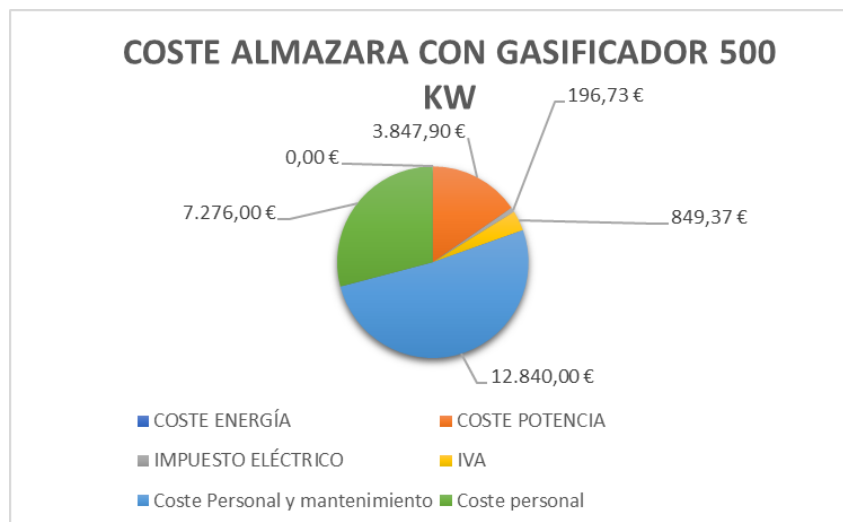


Figura 82: Costes Central 500 kWe San Isidro

Con la instalación de este gasificador, logramos un ahorro de energía del 100 %, con lo que además implica de forma directa un ahorro en el IVA y en el impuesto eléctrico.

Una vez tenemos definidos todos los costes, vamos a determinar los beneficios pasivos que tenemos a la hora de instalar la central de 500 kWe.

Estos beneficios de los que hablamos son los siguientes:

- **Ahorro de electricidad**
- **Venta de electricidad**
- **Ahorro exportación de orujillo**
- **Ahorro uso de hueso**
- **Venta de biochar**

Ahorro de electricidad

Este cálculo lo realizamos como:

$$\text{Ahorro electricidad} = \text{Factura Sin Gasificador} - \text{Factura Con gasificador} \quad (61)$$

De este modo si aplicamos la ecuación 61 obtenemos que el ahorro ha sido de 71717 €.

Venta de electricidad

Al encontrarnos en el escenario 1, no realizamos venta de electricidad.

Ahorro exportación de orujillo

En este caso, todo el orujo graso que usemos como combustible para la planta de gasificación, es un ahorro en transporte de este orujo graso a una balsa.

Para ello calculamos el orujo graso que se ha utilizado como combustible.

Si aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para 1 kg de alpeorujo graso, obtenemos la siguiente relación:

$$1\text{kg Alpeorujo graso} \rightarrow 0.44\text{kg de pellet} \quad (62)$$

Por tanto, si hemos utilizado 1582 T de pellet para el funcionamiento de la planta, habremos usado el equivalente a 3595 T de alpeorujo graso.

Es decir, nos estamos ahorrando en transportar 3595 T de alpeorujo graso. A continuación calculamos el ahorro por transporte del alpeorujo:

■ **Ahorro transporte de alpeorujo graso**

$$\text{Ahorro transporte alpeorujo graso} = 3595 \text{ T} \cdot 9.7 \text{ €/ T} = 34873 \text{ €}$$

Ahorro uso de hueso

Con la instalación del gasificador, nos ahorramos de forma total o parcial el coste de la energía térmica. Anteriormente nos autobastecíamos la parte térmica con el hueso de aceituna, sin embargo, con la instalación del gasificador, nos autobastecemos de forma parcial o total en el ámbito de energía térmica, lo que implica que el hueso que antes autconsumíamos, ahora podemos venderlo.

- **Cálculo de hueso excedente:** Para calcularlo, vamos a aplicar una relación. Sabemos que 89 T de hueso de aceituna equivalen a una potencia de 121 kWt. Por tanto:

- Si la potencia térmica aportada por el gasificador es mayor que la potencia necesaria, entonces venderemos todo el hueso autoconsumido.
- Si por el contrario, la potencia térmica aportada por el gasificador es menor que la potencia necesaria, entonces solo podremos vender lo equivalente a la potencia aportada.

En el caso de la central de 500 kWe la potencia térmica aportada por el gasificador es 360 kWt mientras que la necesaria es 121 kWt, por lo podremos vender el equivalente a 121 kWt.

Por tanto, el equivalente a 121 kWt son 89 T de hueso. A continuación calculamos el beneficio pasivo del hueso de aceituna.

■ **Venta de hueso:**

$$\text{Venta hueso} = 89 \text{ T} \cdot 60 \text{ €/ T} = 5341 \text{ €}$$

Venta de Biochar

Como hemos comentado anteriormente, el biochar es el subproducto que genera la central de gasificación. Este subproducto se vende a 100 €/ T.

Si recurrimos a la gráfica 63, vemos como el biochar obtenido para la planta de 500 kWe es de 237 T

Por tanto:

■ **Venta de biochar:**

$$\text{Venta biochar} = 237 \text{ T} \cdot 100 \text{ €/ T} = 23738 \text{ €}$$

7.1.4 CENTRAL DE GASIFICACIÓN 125 kWe ESCENARIO 2

Llegados a esta situación, debemos averiguar los siguientes puntos:

- Energía consumida mensualmente.
- Energía producida mensualmente.
- Energía autoconsumida mensualmente.
- Energía importada mensualmente.
- Venta de energía durante la cosecha.

En la siguiente gráfica podemos ver bien definidos todos los parámetros que hemos comentado. Una vez tenemos esos valores numéricos, podemos proceder a calcular numéricamente el nuevo coste de la factura eléctrica con la central estudiada. A diferencia del escenario 1, en el escenario 2 vamos a vender la energía excedida durante la cosecha y por otro lado generaremos y venderemos la energía fuera de cosecha.

Como podemos ver en la gráfica 77 y en la tabla 56 es necesario importar una parte de energía eléctrica para poder abastecer a la almazara, ya que solamente con el gasificador no llegamos a cubrir las necesidades.

El coste de la energía importada será el coste ponderado calculado en la ecuación 2, siendo este de 0.1754 €

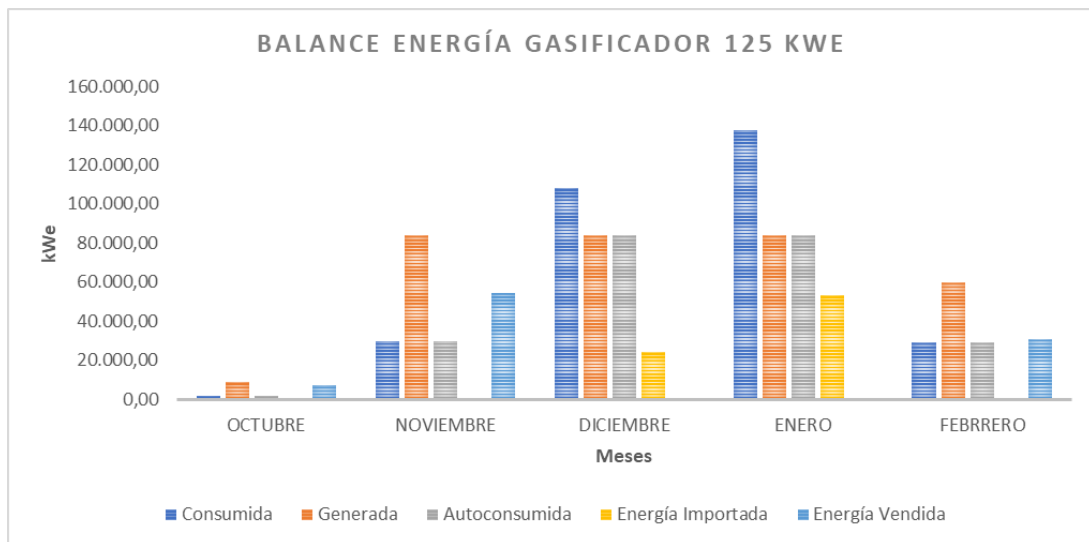


Figura 83: Balance de Energías central de 125 kWe San Isidro escenario 2

Además del término variable de la energía, deberemos pagar el término fijo de la potencia. En este caso hemos reducido en un 12 % la potencia instalada, ya que al instalar el gasificador, podemos hacer una reducción del término de potencia.

El coste de la potencia será el coste ponderado calculado en la ecuación 4, siendo este de 0.03 €

Por tanto, esta sería nuestra nueva factura eléctrica:

RESUMEN FACTURACIÓN	
ENERGÍA (€)	13.593,01 €
POTENCIA (€)	5.643,59 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	983,51 €
IVA TOTAL (€)	4.246,22 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	24.466,33 €

Tabla 9: Factura eléctrica con gasificador 125 kWe Almazara San Isidro

Ya tenemos calculada la nueva factura eléctrica que tendremos si instalamos el gasificador de 125 kWe.

Ademas del coste de la factura eléctrica, tenemos otros costes nuevos como son el coste de personal, y coste de operación y mantenimiento.

El coste diario del personal es de 68 €, por tanto:

■ **Coste Personal:**

$$\text{Coste Personal} = \text{Días Trabajados} \cdot \frac{\text{euros}}{\text{dia}} \quad (63)$$

■ **Coste de operación y mantenimiento:**

$$\text{Coste mantenimiento} = \text{Energía generada} \cdot 0.01 \quad (64)$$

Aplicando la ecuación 63 obtenemos que el coste de personal es de 16796 €

Aplicando la ecuación 64 obtenemos que el coste de operación y mantenimiento es de 3210 €.

En el siguiente gráfico, podemos ver los costes de la central de 125 kWe.

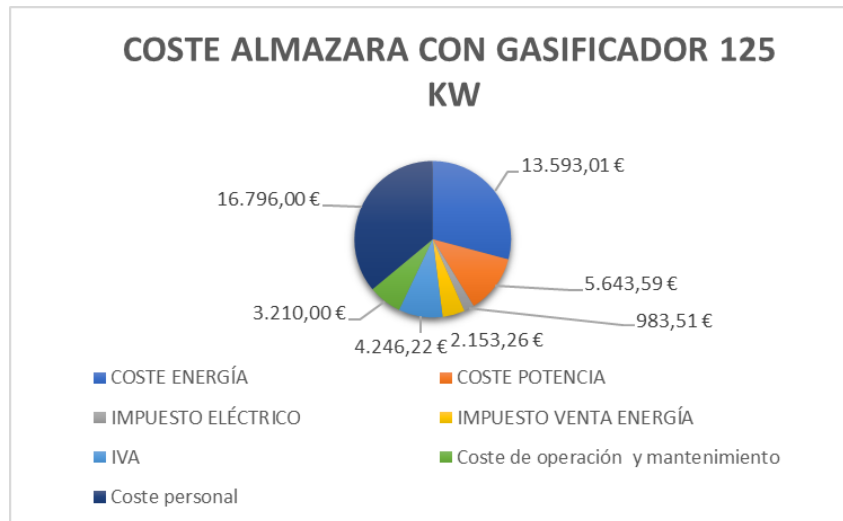


Figura 84: Costes Central 125 kWe San Isidro escenario 2

Con la instalación de este gasificador, logramos un ahorro de energía del 74 %, con lo que además implica de forma directa un ahorro en el IVA y en el impuesto eléctrico.

Una vez tenemos definidos todos los costes, vamos a determinar los beneficios pasivos que tenemos a la hora de instalar la central de 125 kWe.

Estos beneficios de los que hablamos son los siguientes:

- **Ahorro de electricidad**
- **Venta de electricidad**
- **Ahorro exportación de orujillo**
- **Ahorro uso de hueso**
- **Venta de biochar**

Ahorro de electricidad

Este cálculo lo realizamos como:

$$\text{Ahorro electricidad} = \text{Factura Sin Gasificador} - \text{Factura Con gasificador} \quad (65)$$

De este modo si aplicamos la ecuación 101 obtenemos que el ahorro ha sido de 52144 €.

Venta de electricidad

Recordamos que en el escenario 2, la almazara vendía la energía excedente durante la cosecha y fuera de cosecha funcionaba como generadora de energía durante los meses restantes, a excepción de julio y agosto.

La almazara debe llegar a un acuerdo sobre el precio de venta de energía con su comercializadora. En este caso vamos a estipular un precio de venta de energía de 0.06 €/ kWh.

Además, es importante tener en cuenta que al importe generado, se le aplica un impuesto del 7 %.

Por tanto, si echamos un vistazo a las tablas 56 y 59 tratadas anteriormente, podemos ver la energía que se vende durante la cosecha y fuera de la misma.

De esta forma, en la tabla 10 podemos ver el beneficio por venta de energía.

FACTURA VENTA DE ENERGÍA	
ENERGÍA EXPORTADA (€)	30.760,92 €
IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA (€)	2.153,26 €
TOTAL A PERCIBIR(€)	28.607,66 €

Tabla 10: Factura venta de energía 125 kWe San Isidro

Ahorro exportación de orujillo

En este caso, todo el orujo graso que usemos como combustible para la planta de gasificación, es un ahorro en transporte de este orujo graso a una balsa.

Para ello calculamos el orujo graso que se ha utilizado como combustible.

Si aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para 1 kg de alpeorujo graso, obtenemos la siguiente relación:

$$1\text{kg Alpeorujo graso} \rightarrow 0.44\text{kg de pellet} \quad (66)$$

Por tanto, si hemos utilizado 912 T de pellet para el funcionamiento de la planta, habremos usado el equivalente a 2074 T de alpeorujo graso.

Es decir, nos estamos ahorrando en transportar 2074 T de alpeorujo graso. A continuación calculamos el ahorro por transporte del alpeorujo:

■ Ahorro transporte de alpeorujo graso

$$\text{Ahorro transporte alpeorujo graso} = 2074 \text{ T} \cdot 9.7 \text{ €/ T} = 20125.56 \text{ €}$$

Ahorro uso de hueso

Con la instalación del gasificador, nos ahorramos de forma total o parcial el coste de la energía térmica. Anteriormente nos autobastecíamos la parte térmica con el hueso de aceituna, sin embargo, con la instalación del gasificador, nos autobastecemos de forma parcial o total en el ámbito de energía térmica, lo que implica que el hueso que antes autconsumíamos, ahora podemos venderlo.

■ Cálculo de hueso excedente: Para calcularlo, vamos a aplicar una relación. Sabemos que 89 T de hueso de aceituna equivalen a una potencia de 121 kWt. Por tanto:

- Si la potencia térmica aportada por el gasificador es mayor que la potencia necesaria, entonces venderemos todo el hueso autoconsumido.

- Si por el contrario, la potencia térmica aportada por el gasificador es menor que la potencia necesaria, entonces solo podremos vender lo equivalente a la potencia aportada.

En el caso de la central de 125 kWe la potencia térmica aportada por el gasificador es 90 kWt mientras que la necesaria es 121 kWt, por lo que solo podremos vender el equivalente a 90 kWt.

Por tanto, el equivalente a 90 kWt son 66.22 T de hueso. A continuación calculamos el beneficio pasivo del hueso de aceituna.

■ **Venta de hueso:**

$$\text{Venta hueso} = 66.22 \text{ T} \cdot 60 \text{ €/ T} = 3973 \text{ €}$$

Venta de Biochar

Como hemos comentado anteriormente, el biochar es el subproducto que genera la central de gasificación. Este subproducto se vende a 100 €/ T.

Si recurrimos a la gráfica 64, vemos como el biochar obtenido para la planta de 125 kWe es de 137 T

Por tanto:

■ **Venta de biochar:**

$$\text{Venta biochar} = 137 \text{ T} \cdot 100 \text{ €/ T} = 13693 \text{ €}$$

7.1.5 CENTRAL DE GASIFICACIÓN 250 kWe ESCENARIO 2

Llegados a esta situación, debemos averiguar los siguientes puntos:

- Energía consumida mensualmente.
- Energía producida mensualmente.
- Energía autoconsumida mensualmente.
- Energía importada mensualmente.
- Venta de energía durante la cosecha.

En la siguiente gráfica podemos ver bien definidos todos los parámetros que hemos comentado. Una vez tenemos esos valores numéricos, podemos proceder a calcular numéricamente el nuevo coste de la factura eléctrica con la central estudiada. A diferencia del escenario 1, en el escenario 2 vamos a vender la energía excedida durante la cosecha y por otro lado generaremos y venderemos la energía fuera de cosecha.

Como podemos ver en la gráfica 111 y en la tabla 57 es necesario importar una parte de energía eléctrica para poder abastecer a la almazara, ya que solamente con el gasificador no llegamos a cubrir las necesidades.

El coste de la energía importada será el coste ponderado calculado en la ecuación 2, siendo este de 0.1754 €

Además del término variable de la energía, deberemos pagar el término fijo de la potencia. En este caso hemos reducido en un 25 % la potencia instalada, ya que al instalar el gasificador, podemos hacer una reducción del término de potencia.

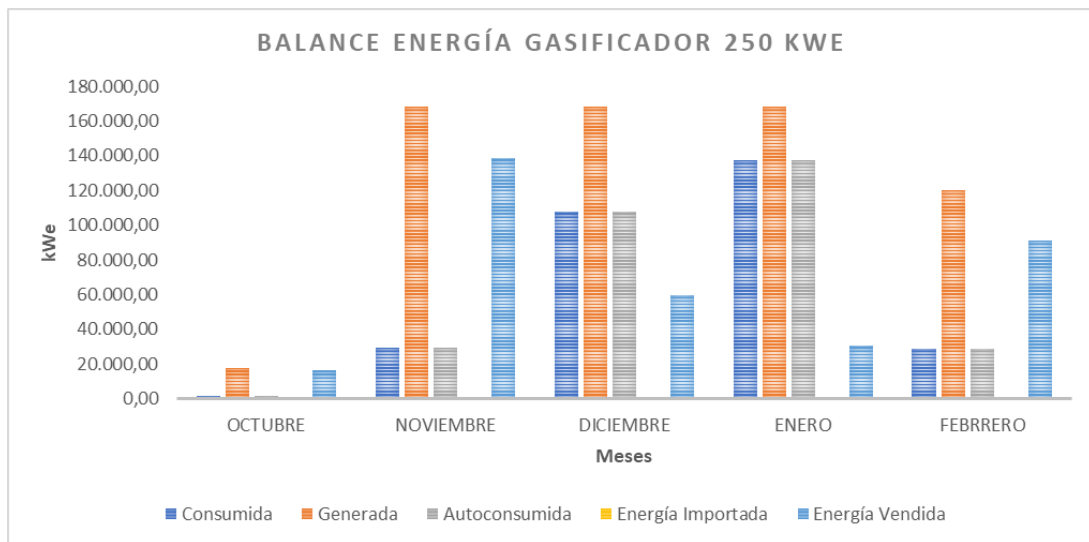


Figura 85: Balance de Energías central de 250 kWe San Isidro escenario 2

El coste de la potencia será el coste ponderado calculado en la ecuación 4, siendo este de 0.03 €

Por tanto, esta sería nuestra nueva factura eléctrica:

RESUMEN FACTURACIÓN	
ENERGÍA (€)	0,00 €
POTENCIA (€)	4.809,88 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	245,91 €
IVA TOTAL (€)	1.061,72 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	6.117,51 €

Tabla 11: Factura eléctrica con gasificador 250 kWe Almazara San Isidro

Ya tenemos calculada la nueva factura eléctrica que tendremos si instalamos el gasificador de 250 kWe.

Además del coste de la factura eléctrica, tenemos otros costes nuevos como son el coste de personal, y coste de operación y mantenimiento.

El coste diario del personal es de 68 €, por tanto:

■ **Coste Personal:**

$$\text{Coste Personal} = \text{Días Trabajados} \cdot \frac{\text{euros}}{\text{dia}} \quad (67)$$

■ **Coste de operación y mantenimiento:**

$$\text{Coste mantenimiento} = \text{Energía generada} \cdot 0.01 \quad (68)$$

Aplicando la ecuación 67 obtenemos que el coste de personal es de 16796 €

Aplicando la ecuación 68 obtenemos que el coste de operación y mantenimiento es de 8100 €.

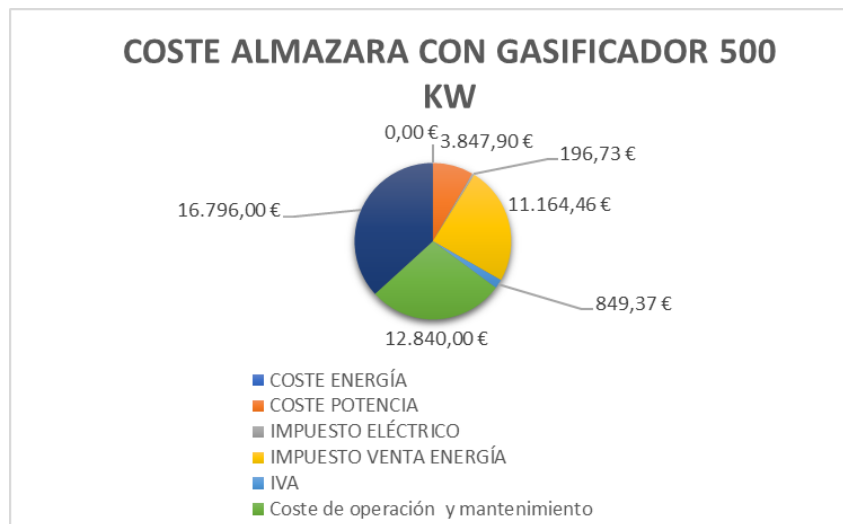


Figura 86: Costes Central 250 kWe San Isidro escenario 2

En el siguiente gráfico, podemos ver los costes de la central de 250 kWe.

Con la instalación de este gasificador, logramos un ahorro de energía del 100%, con lo que además implica de forma directa un ahorro en el IVA y en el impuesto eléctrico.

Una vez tenemos definidos todos los costes, vamos a determinar los beneficios pasivos que tenemos a la hora de instalar la central de 250 kWe.

Estos beneficios de los que hablamos son los siguientes:

- **Ahorro de electricidad**
- **Venta de electricidad**
- **Ahorro exportación de orujillo**
- **Ahorro uso de hueso**
- **Venta de biochar**

Ahorro de electricidad

Este cálculo lo realizamos como:

$$\text{Ahorro electricidad} = \text{Factura Sin Gasificador} - \text{Factura Con gasificador} \quad (69)$$

De este modo si aplicamos la ecuación 69 obtenemos que el ahorro ha sido de 70493 €.

Venta de electricidad

Recordamos que en el escenario 2, la almazara vendía la energía excedente durante la cosecha y fuera de cosecha funcionaba como generadora de energía durante los meses restantes, a excepción de julio y agosto.

La almazara debe llegar a un acuerdo sobre el precio de venta de energía con su comercializadora. En este caso vamos a estipular un precio de venta de energía de 0.06 €/ kWh.

Además, es importante tener en cuenta que al importe generado, se le aplica un impuesto del 7 %.

Por tanto, si echamos un vistazo a las tablas 57 y 60 tratadas anteriormente, podemos ver la energía que se vende durante la cosecha y fuera de la misma.

De esta forma, en la tabla 12 podemos ver el beneficio por venta de energía.

FACTURA VENTA DE ENERGÍA	
ENERGÍA EXPORTADA (€)	70.572,24 €
IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA (€)	4.940,06 €
TOTAL A PERCIBIR(€)	65.632,18 €

Tabla 12: Factura venta de energía 250 kWe San Isidro

Ahorro exportación de orujillo

En este caso, todo el orujo graso que usemos como combustible para la planta de gasificación, es un ahorro en transporte de este orujo graso a una balsa.

Para ello calculamos el orujo graso que se ha utilizado como combustible.

Si aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para 1 kg de alpeorujo graso, obtenemos la siguiente relación:

$$1\text{kg Alpeorujo graso} \rightarrow 0.44\text{kg de pellet} \quad (70)$$

Por tanto, si hemos utilizado 1828 T de pellet para el funcionamiento de la planta, habremos usado el equivalente a 4195 T de alpeorujo graso.

Es decir, nos estamos ahorrando en transportar 4195 T de alpeorujo graso. A continuación calculamos el ahorro por transporte del alpeorujo:

■ Ahorro transporte de alpeorujo graso

$$\text{Ahorro transporte alpeorujo graso} = 4195 \text{ T} \cdot 9.7 \text{ €/ T} = 40251.12 \text{ €}$$

Ahorro uso de hueso

Con la instalación del gasificador, nos ahorramos de forma total o parcial el coste de la energía térmica. Anteriormente nos autobastecíamos la parte térmica con el hueso de aceituna, sin embargo, con la instalación del gasificador, nos autobastecemos de forma parcial o total en el ámbito de energía térmica, lo que implica que el hueso que antes autconsumíamos, ahora podemos venderlo.

■ Cálculo de hueso excedente: Para calcularlo, vamos a aplicar una relación. Sabemos que 89 T de hueso de aceituna equivalen a una potencia de 121 kWt. Por tanto:

- Si la potencia térmica aportada por el gasificador es mayor que la potencia necesaria, entonces venderemos todo el hueso autoconsumido.
- Si por el contrario, la potencia térmica aportada por el gasificador es menor que la potencia necesaria, entonces solo podremos vender lo equivalente a la potencia aportada.

En el caso de la central de 250 kWe la potencia térmica aportada por el gasificador es 184 kWt mientras que la necesaria es 121 kWt, por lo podremos vender el equivalente a 121 kWt.

Por tanto, el equivalente a 121 kWt son 89 T de hueso. A continuación calculamos el beneficio pasivo del hueso de aceituna.

■ **Venta de hueso:**

$$\text{Venta hueso} = 89 \text{ T} \cdot 60 \text{ €/ T} = 5341 \text{ €}$$

Venta de Biochar

Como hemos comentado anteriormente, el biochar es el subproducto que genera la central de gasificación. Este subproducto se vende a 100 €/ T.

Si recurrimos a la gráfica 64, vemos como el biochar obtenido para la planta de 250 kWe es de 274 T

Por tanto:

■ **Venta de biochar:**

$$\text{Venta biochar} = 274 \text{ T} \cdot 100 \text{ €/ T} = 27422 \text{ €}$$

7.1.6 CENTRAL DE GASIFICACIÓN 500 kWe ESCENARIO 2

Llegados a este punto, debemos averiguar los siguientes puntos:

- Energía consumida mensualmente.
- Energía producida mensualmente.
- Energía autoconsumida mensualmente.
- Venta de energía durante la cosecha.

En la siguiente gráfica podemos ver bien definidos todos los parámetros que hemos comentado. Una vez tenemos esos valores numéricos, podemos proceder a calcular numéricamente el nuevo coste de la factura eléctrica con la central estudiada. A diferencia del escenario 1 , en el escenario 2 vamos a vender la energía excedida durante la cosecha y por otro lado generaremos y venderemos la energía fuera de cosecha.

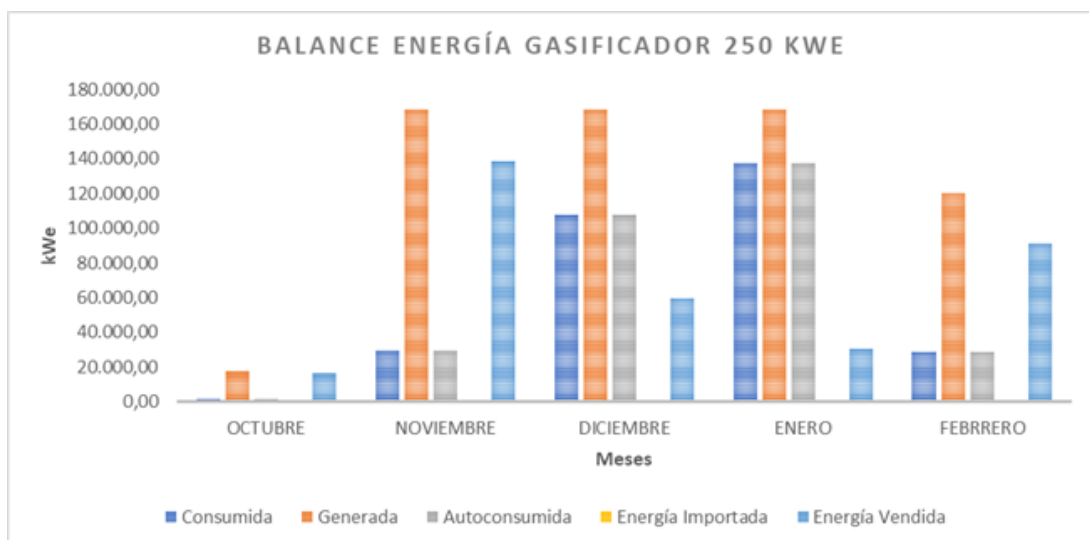


Figura 87: Balance de Energías central de 500 kWe San Isidro escenario 2

Como podemos ver en la gráfica 87 y en la tabla 58 es necesario importar una parte de energía eléctrica para poder abastecer a la almazara, ya que solamente con el gasificador no llegamos a cubrir las necesidades.

El coste de la energía será el coste ponderado calculado en la ecuación 2, siendo este de 0.1754 €

Además del término variable de la energía, deberemos pagar el término fijo de la potencia. En este caso hemos reducido en un 40 % la potencia instalada, ya que al instalar el gasificador, podemos hacer una reducción del término de potencia.

El coste de la potencia será el coste ponderado calculado en la ecuación 4, siendo este de 0.03 €

Por tanto, esta sería nuestra nueva factura eléctrica:

RESUMEN FACTURACIÓN	
ENERGÍA (€)	0,00 €
POTENCIA (€)	3.847,90 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	196,73 €
IVA TOTAL (€)	849,37 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	4.894,01 €

Tabla 13: Factura eléctrica con gasificador 500 kWe Almazara San Isidro

Ya tenemos calculada la nueva factura eléctrica que tendremos si instalamos el gasificador de 500 kWe.

Además del coste de la factura eléctrica, tenemos otros costes nuevos como son el coste de personal, y coste de operación y mantenimiento.

El coste diario del personal es de 68 €, por tanto:

■ **Coste Personal:**

$$\text{Coste Personal} = \text{Días Trabajados} \cdot \frac{\text{euros}}{\text{dia}} \quad (71)$$

■ **Coste de operación y mantenimiento:**

$$\text{Coste mantenimiento} = \text{Energía generada} \cdot 0.01 \quad (72)$$

Aplicando la ecuación 71 obtenemos que el coste de personal es de 16796 €

Aplicando la ecuación 72 obtenemos que el coste de operación y mantenimiento es de 29640 €.

En el siguiente gráfico, podemos ver los costes de la central de 500 kWe.

Con la instalación de este gasificador, logramos un ahorro de energía del 100 %, con lo que además implica de forma directa un ahorro en el IVA y en el impuesto eléctrico.

Una vez tenemos definidos todos los costes, vamos a determinar los beneficios pasivos que tenemos a la hora de instalar la central de 500 kWe.

Estos beneficios de los que hablamos son los siguientes:

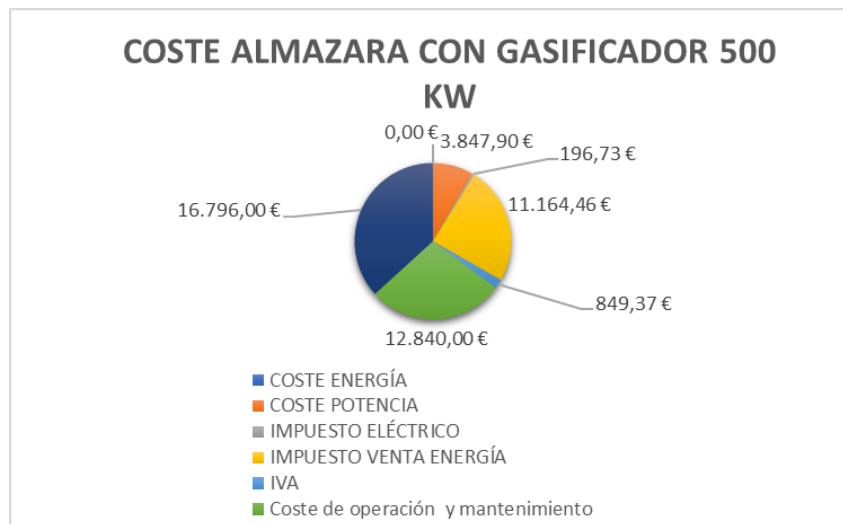


Figura 88: Costes Central 500 kWe San Isidro escenario 2

- **Ahorro de electricidad**
- **Venta de electricidad**
- **Ahorro exportación de orujillo**
- **Ahorro uso de hueso**
- **Venta de biochar**

Ahorro de electricidad

Este cálculo lo realizamos como:

$$\text{Ahorro electricidad} = \text{Factura Sin Gasificador} - \text{Factura Con gasificador} \quad (73)$$

De este modo si aplicamos la ecuación 73 obtenemos que el ahorro ha sido de 71717 €.

Venta de electricidad

Recordamos que en el escenario 2, la almazara vendía la energía excedente durante la cosecha y fuera de cosecha funcionaba como generadora de energía durante los meses restantes, a excepción de julio y agosto.

La almazara debe llegar a un acuerdo sobre el precio de venta de energía con su comercializadora. En este caso vamos a estipular un precio de venta de energía de 0.06 €/ kWh.

Además, es importante tener en cuenta que al importe generado, se le aplica un impuesto del 7%.

Por tanto, si echamos un vistazo a las tablas 58 y 61 tratadas anteriormente, podemos ver la energía que se vende durante la cosecha y fuera de la misma.

De esta forma, en la tabla 14 podemos ver el beneficio por venta de energía.

Ahorro exportación de orujillo

FACTURA VENTA DE ENERGÍA	
ENERGÍA EXPORTADA (€)	159.492,24 €
IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA (€)	11.164,46 €
TOTAL A PERCIBIR(€)	148.327,78 €

Tabla 14: Factura venta de energía 500 kWe San Isidro

En este caso, todo el orujo graso que usemos como combustible para la planta de gasificación, es un ahorro en transporte de este orujo graso a una balsa.

Para ello calculamos el orujo graso que se ha utilizado como combustible.

Si aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para 1 kg de alpeorujo graso, obtenemos la siguiente relación:

$$1\text{kg Alpeorujo graso} \rightarrow 0.44\text{kg de pellet} \quad (74)$$

Por tanto, si hemos utilizado 3652 T de pellet para el funcionamiento de la planta, habremos usado el equivalente a 8300 T de alpeorujo graso.

Es decir, nos estamos ahorrando en transportar 8300 T de alpeorujo graso. A continuación calculamos el ahorro por transporte del alpeorujo:

■ Ahorro transporte de alpeorujo graso

$$\text{Ahorro transporte alpeorujo graso} = 8300 \text{ T} \cdot 9.7 \text{ €/ T} = 80502 \text{ €}$$

Ahorro uso de hueso

Con la instalación del gasificador, nos ahorramos de forma total o parcial el coste de la energía térmica. Anteriormente nos autobastecíamos la parte térmica con el hueso de aceituna, sin embargo, con la instalación del gasificador, nos autobastecemos de forma parcial o total en el ámbito de energía térmica, lo que implica que el hueso que antes autconsumíamos, ahora podemos venderlo.

■ Cálculo de hueso excedente: Para calcularlo, vamos a aplicar una relación. Sabemos que 89 T de hueso de aceituna equivalen a una potencia de 121 kWt. Por tanto:

- Si la potencia térmica aportada por el gasificador es mayor que la potencia necesaria, entonces venderemos todo el hueso autoconsumido.
- Si por el contrario, la potencia térmica aportada por el gasificador es menor que la potencia necesaria, entonces solo podremos vender lo equivalente a la potencia aportada.

En el caso de la central de 500 kWe la potencia térmica aportada por el gasificador es 360 kWt mientras que la necesaria es 121 kWt, por lo podremos vender el equivalente a 121 kWt.

Por tanto, el equivalente a 121 kWt son 89 T de hueso. A continuación calculamos el beneficio pasivo del hueso de aceituna.

■ Venta de hueso:

$$\text{Venta hueso} = 89 \text{ T} \cdot 60 \text{ €/ T} = 5341 \text{ €}$$

Venta de Biochar

Como hemos comentado anteriormente, el biochar es el subproducto que genera la central de gasificación. Este subproducto se vende a 100 €/ T.

Si recurrimos a la gráfica 63, vemos como el biochar obtenido para la planta de 500 kWe es de 548 T

Por tanto:

■ Venta de biochar:

$$\text{Venta biochar} = 548 \text{ T} \cdot 100 \text{ €/ T} = 54774 \text{ €}$$

7.2 PERIODO DE AMORTIZACIÓN

Este es uno de los apartados más importantes del estudio, ya que es donde comprobamos como de viable es la instalación de cada una de las centrales para cada escenario propuesto.

Para realizar el cálculo de la amortización vamos a identificar 3 bloques:

- **Inversión Inicial.** Coste total de la planta. Llave en mano.
 - Gasificador + Sistema de enfriamiento y limpieza + Grupo electrógeno.
 - Peletizadora.
 - Secadero.
 - Gastos de instalación, montaje y puesta en marcha.
- **Variables para entradas de efectivo (Cash Inflows)**
 - Ahorro factura eléctrica.
 - Ahorro transporte de orujo graso.
 - Venta de hueso.
 - Venta de biochar.
 - Venta de energía eléctrica.
- **Salidas de efectivos(Cash Outflows)**
 - Coste de operación y mantenimiento.
 - Coste de personal.

Hay que tener en cuenta en que a estos costes ya sean de entrada o salida, se les aplica un incremento anual debido a los incrementos de precios tanto en energía, personal, etc.

Una vez que tenemos claras todas las entradas y salidas y hemos aplicado el incremento anual, procedemos a realizar lo que se llama como flujo de caja (cash flows). Los flujos de caja hacen referencia a las entradas y salidas netas de dinero que tiene una empresa o proyecto en un determinado tiempo. Con el flujo de cajas conseguimos saber el nivel de liquidez de la empresa.

Aplicaremos algunos métodos económicos para ver la viabilidad del proyecto como son los siguientes:

- **VAN:** Es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuanto se va a ganar o perder en la inversión
 - $VAN = 0 \rightarrow$ Proyecto indiferente, ni ganancias ni pérdidas.
 - $VAN > 0 \rightarrow$ El proyecto da ganancias.
 - $VAN < 0 \rightarrow$ El proyecto da pérdidas
- **TIR:** Tasa de descuento máxima a la que el VAN se hace 0.

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0 \quad (75)$$

- Si $TIR < r \rightarrow$ El proyecto debe ser rechazado.
- Si $TIR > r$ el proyecto es viable.

- Si $TIR = 0$ El proyecto debe ser rechazado.

Siendo r el costo de oportunidad

En donde:

- F_n es el flujo de caja en el periodo n .
- n es el número de períodos
- I es el valor de la inversión inicial

Esencialmente, la TIR determina la rentabilidad de una inversión financiera en términos de porcentaje. Mientras que el VAN calcula los valores monetarios relacionados con las ganancias, también calcula las ganancias en forma de porcentaje.

Una mayor TIR indica que es más rentable.

7.2.1 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 1

Ahora vamos a desglosar los apartados comentados anteriormente, para realizar el estudio de la central. Cabe destacar que el periodo de duración del proyecto es de 16 años.

INVERSIÓN INICIAL

INVERSIÓN GASIFICADOR 125 kWe	
Gasificador	375.000,00 €
Obra civil	60.000,00 €
Instalación	30.000,00 €
Secadero	200.000,00 €
Balsa	0,00 €
Subvención(30 %)	199.500,00 €
Total SIN subvención	665.000,00 €
Total CON Subvención	465.500,00 €

Tabla 15: Inversión Inicial central de 125 kWe San Isidro

En la tabla 18 podemos ver la inversión inicial que hay que realizar para la instalación de la central de gasificación de 125 kWe. En este caso, el coste de la balsa de alpeorujo nos lo vamos a ahorrar, ya que la almazara estudio dispone de esta balsa.

Queremos destacar, que la subvención se obtiene a partir de las ayudas comentadas en apartados anteriores, llegando a ser esta del 30%.

CASH INFLOWS

- **Ahorro factura eléctrica:** 52144 €
- **Ahorro transporte de orujo graso:** 8718 €
- **Venta de hueso:** 3973 €
- **Venta de biochar:** 5932 €

- **Venta de energía eléctrica:** 0 €

Cash Inflows: 70767 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [91](#)

CASH OUTFLOWS

- **Inversión Inicial SIN subvención:** 665000 €
- **Inversión Inicial CON subvención:** 465500 €
- **Coste de operación y mantenimiento:** 3210 €
- **Coste de personal:** 7276 €

Cash Outflows: 10486 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [90](#)

FLUJO DE CAJAS

El flujo de cajas se calcula como beneficio total - gastos totales es decir:

$$\text{Flujo de cajas} = \text{Cash Inflows} - \text{Cash Outflows} \quad (76)$$

Por tanto aplicando la ecuación [108](#) obtenemos que el primer año hay un flujo de cajas de :

Flujo de cajas: 70767 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [96](#)

AMORTIZACIÓN SIN SUBVENCIÓN

- **COMPROBACIONES DE VAN Y TIR**
 - **VAN:** 289958 €
 - **TIR:** 6 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla [96](#).

Como podemos ver en la figura [89](#) la amortización de la planta se realiza a partir del año 10.2.

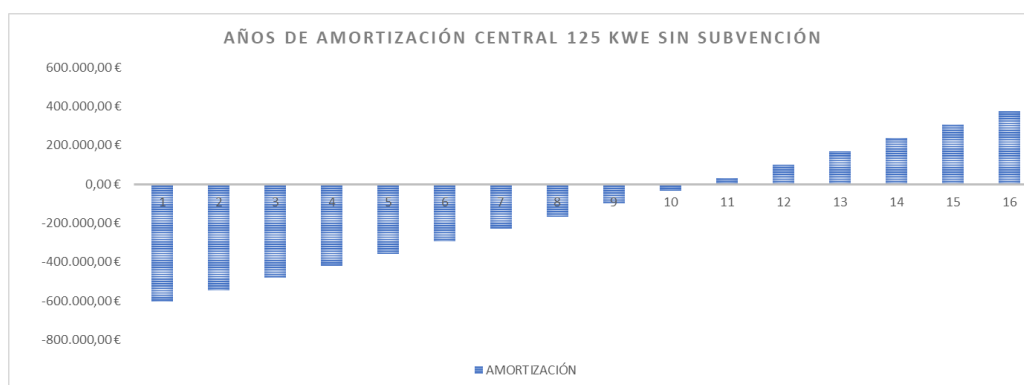


Figura 89: :Amortización Central 125 San Isidro Escenario 1 Sin Subvención

AMORTIZACIÓN CON SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

• **VAN:** 489458 €

• **TIR:** 11 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 96.

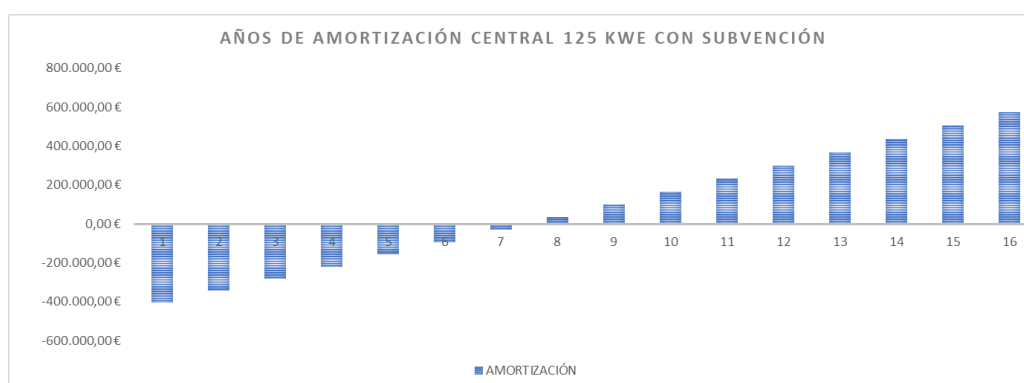


Figura 90: :Amortización Central 125 San Isidro Escenario 1 con Subvención

Como podemos ver la la figura 90 la amortización de la planta se realiza a partir del año 7.2.

7.2.2 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 1

Ahora vamos a desglosar los apartados comentados anteriormente, para realizar el estudio de la central. Cabe destacar que el periodo de duración del proyecto es de 16 años.

INVERSIÓN INICIAL

En la tabla 19 podemos ver la inversión inicial que hay que realizar para la instalación de la central de gasificación de 250 kWe. En este caso, el coste de la balsa de alpeorujos nos lo vamos a ahorrar, ya que la almazara estudio dispone de esta balsa.

Queremos destacar, que la subvención se obtiene a partir de las ayudas comentadas en apartados anteriores, llegando a ser esta del 30 %.

CASH INFLOWS

INVERSIÓN GASIFICADOR 250 kWe	
Gasificador	700.000,00 €
Obra civil	120.000,00 €
Instalación	60.000,00 €
Secadero	200.000,00 €
Balsa	0,00 €
Subvención(30 %)	324.000,00 €
Total SIN subvención	1.080.000,00 €
Total CON Subvención	756.000,00 €

Tabla 16: Inversión Inicial central de 250 kWe San Isidro

- **Ahorro factura eléctrica:** 70493 €
- **Ahorro transporte de orujo graso:** 17437 €
- **Venta de hueso:** 5341 €
- **Venta de biochar:** 11879 €
- **Venta de energía eléctrica:** 0 €

Cash Inflows: 105150 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [92](#)

CASH OUTFLOWS

- **Inversión Inicial SIN subvención:** 1.080.000 €
- **Inversión Inicial CON subvención:** 756000 €
- **Coste de operación y mantenimiento:** 6420 €
- **Coste de personal:** 7276 €

Cash Outflows: 13696 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla ??

FLUJO DE CAJAS

El flujo de cajas se calcula como beneficio total - gastos totales es decir:

$$\text{Flujo de cajas} = \text{Cash Inflows} - \text{Cash Outflows} \quad (77)$$

Por tanto aplicando la ecuación [77](#) obtenemos que el primer año hay un flujo de cajas de :

Flujo de cajas: 91454 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla 95

AMORTIZACIÓN SIN SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 368786 €
- **TIR:** 5 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 96.

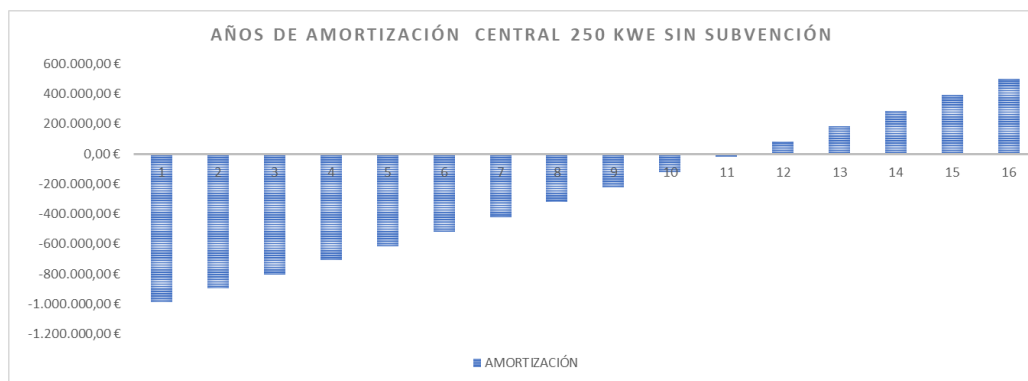


Figura 91: :Amortización Central 250 San Isidro Escenario 1 sin Subvención

Como podemos ver la la figura 91 la amortización de la planta se realiza a partir del año 11.3.

AMORTIZACIÓN CON SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 692786 €
- **TIR:** 10 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 96.

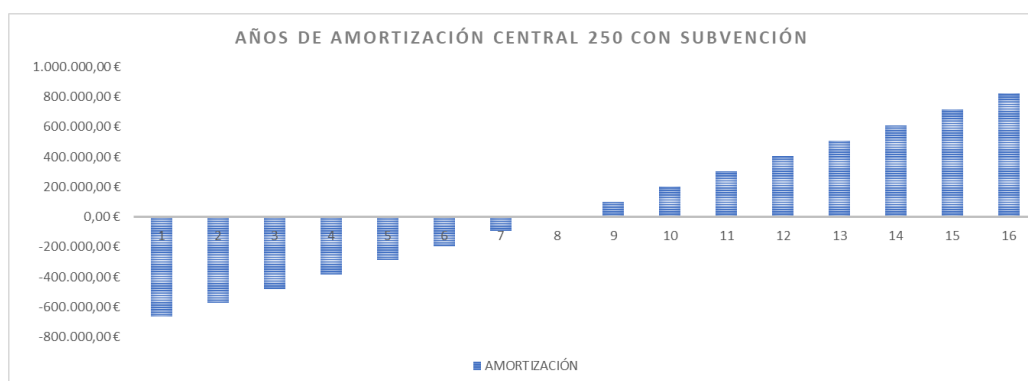


Figura 92: :Amortización Central 250 San Isidro Escenario 1 con Subvención

Como podemos ver la la figura 92 la amortización de la planta se realiza a partir del año 7.4.

7.2.3 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 1

Ahora vamos a desglosar los apartados comentados anteriormente, para realizar el estudio de la central. Cabe destacar que el periodo de duración del proyecto es de 16 años.

INVERSIÓN INICIAL

INVERSIÓN GASIFICADOR 500 kWe	
Gasificador	1.150.000,00 €
Obra civil	220.000,00 €
Instalación	110.000,00 €
Secadero	200.000,00 €
Balsa	0,00 €
Subvención(30 %)	504.000,00 €
Total SIN subvención	1.680.000,00 €
Total CON Subvención	1.176.000,00 €

Tabla 17: Inversión Inicial central de 500 kWe San Isidro

En la tabla 20 podemos ver la inversión inicial que hay que realizar para la instalación de la central de gasificación de 500 kWe. En este caso, el coste de la balsa de alpeorujo nos lo vamos a ahorrar, ya que la almazara estudio dispone de esta balsa.

Queremos destacar, que la subvención se obtiene a partir de las ayudas comentadas en apartados anteriores, llegando a ser esta del 30 %.

CASH INFLOWS

- Ahorro factura eléctrica: 71717 €
- Ahorro transporte de orujo graso: 34873 €
- Venta de hueso: 5341 €
- Venta de biochar: 23728 €
- Venta de energía eléctrica: 0 €

Cash Inflows: 135659 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla 93

CASH OUTFLOWS

- Inversión Inicial SIN subvención: 1.680.000 €
- Inversión Inicial CON subvención: 1.176.000 €
- Coste de operación y mantenimiento: 12840 €

- **Coste de personal:** 7276 €

Cash Outflows: 20116 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla ??

FLUJO DE CAJAS

El flujo de cajas se calcula como beneficio total - gastos totales es decir:

$$\text{Flujo de cajas} = \text{Cash Inflows} - \text{Cash Outflows} \quad (78)$$

Por tanto aplicando la ecuación 78 obtenemos que el primer año hay un flujo de cajas de :

Flujo de cajas: 115543 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla 94

AMORTIZACIÓN SIN SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 150393 €
- **TIR:** 2 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 94.

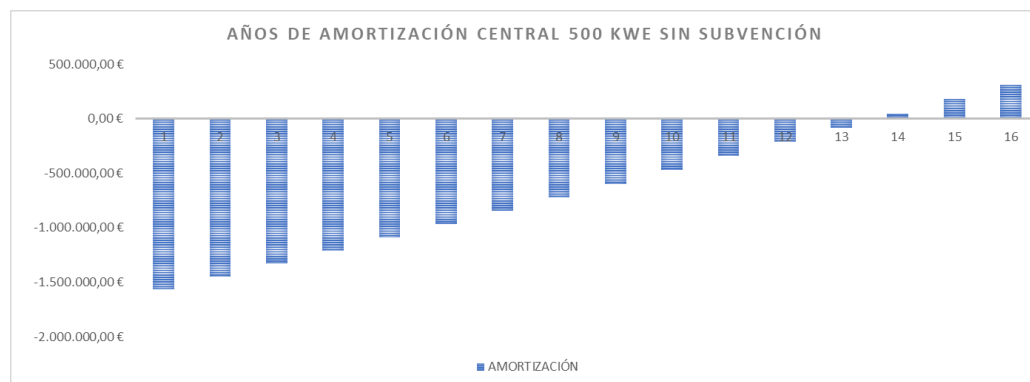


Figura 93: :Amortización Central 500 San Isidro Escenario 1 sin Subvención

Como podemos ver la la figura 93 la amortización de la planta se realiza a partir del año 13.4.

AMORTIZACIÓN CON SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

• **VAN:** 489458 €

• **TIR:** 11 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 94.

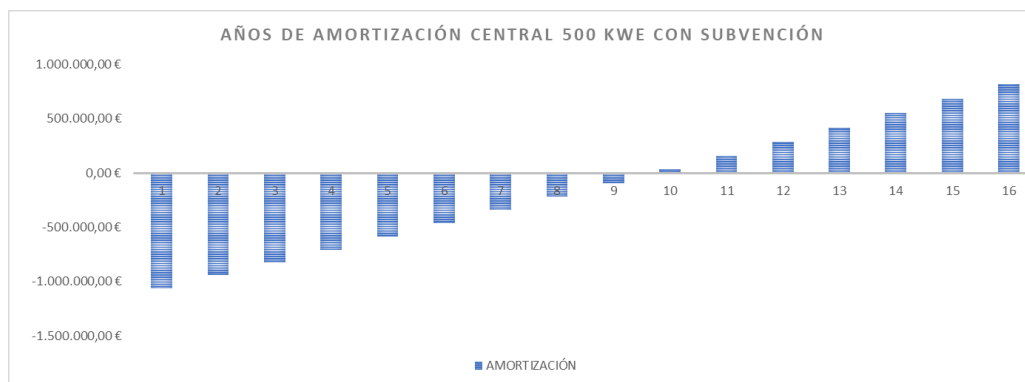


Figura 94: :Amortización Central 500 San Isidro Escenario 1 con Subvención

Como podemos ver la la figura 94 la amortización de la planta se realiza a partir del año 9.7.

A continuación, vamos a hacer un resumen de los resultados obtenidos de la cada una de las centrales

SIN SUBVENCIÓN

SIN SUBVENCIÓN			
TIPO DE GASIFICADOR	125 kWe	250 kWe	500kWe
VAN	289958 €	368786 €	150393€
TIR	6 %	5 %	2 %
AÑOS DE AMORTIZACIÓN	10.2	11.3	13.4

CON SUBVENCIÓN

CON SUBVENCIÓN			
TIPO DE GASIFICADOR	125 kWe	250 kWe	500kWe
VAN	489458 €	692786€	654393€
TIR	11 %	10 %	7 %
AÑOS DE AMORTIZACIÓN	7.2	7.7	9.7

7.2.4 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 2

Ahora vamos a desglosar los apartados comentados anteriormente, para realizar el estudio de la central. Cabe destacar que el periodo de duración del proyecto es de 16 años.

INVERSIÓN INICIAL

INVERSIÓN GASIFICADOR 125 kWe	
Gasificador	375.000,00 €
Obra civil	60.000,00 €
Instalación	30.000,00 €
Secadero	200.000,00 €
Balsa	0,00 €
Subvención(30 %)	199.500,00 €
Total SIN subvención	665.000,00 €
Total CON Subvención	465.500,00 €

Tabla 18: Inversión Inicial central de 125 kWe San Isidro

En la tabla 18 podemos ver la inversión inicial que hay que realizar para la instalación de la central de gasificación de 125 kWe. En este caso, el coste de la balsa de alpeorujo nos lo vamos a ahorrar, ya que la almazara estudio dispone de esta balsa.

Queremos destacar, que la subvención se obtiene a partir de las ayudas comentadas en apartados anteriores, llegando a ser esta del 30 %.

CASH INFLOWS

- Ahorro factura eléctrica: 52144 €
- Ahorro transporte de orujo graso: 20126 €
- Venta de hueso: 3973 €
- Venta de biochar: 13693 €
- Venta de energía eléctrica: 23436 €

Cash Inflows: 113372 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla 101

CASH OUTFLOWS

- Inversión Inicial SIN subvención: 665000 €
- Inversión Inicial CON subvención: 465500 €
- Coste de operación y mantenimiento: 4050 €

- **Coste de personal:** 16796 €
- **Impuesto venta de energía:** 2153 €

Cash Outflows: 23000 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [98](#)

FLUJO DE CAJAS

El flujo de cajas se calcula como beneficio total - gastos totales es decir:

$$\text{Flujo de cajas} = \text{Cash Inflows} - \text{Cash Outflows} \quad (79)$$

Por tanto aplicando la ecuación [79](#) obtenemos que el primer año hay un flujo de cajas de :

Flujo de cajas: 90373 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [104](#)

AMORTIZACIÓN SIN SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 766655 €
- **TIR:** 12 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla [104](#).

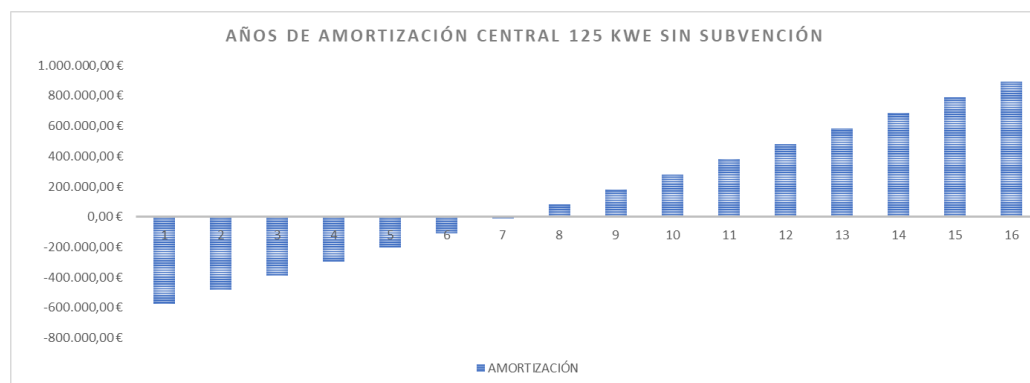


Figura 95: :Amortización Central 125 San Isidro Escenario 2 Sin Subvención

Como podemos ver en la figura [95](#) la amortización de la planta se realiza a partir del año 7.1.

AMORTIZACIÓN CON SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 966155 €

- **TIR:** 19 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 104.

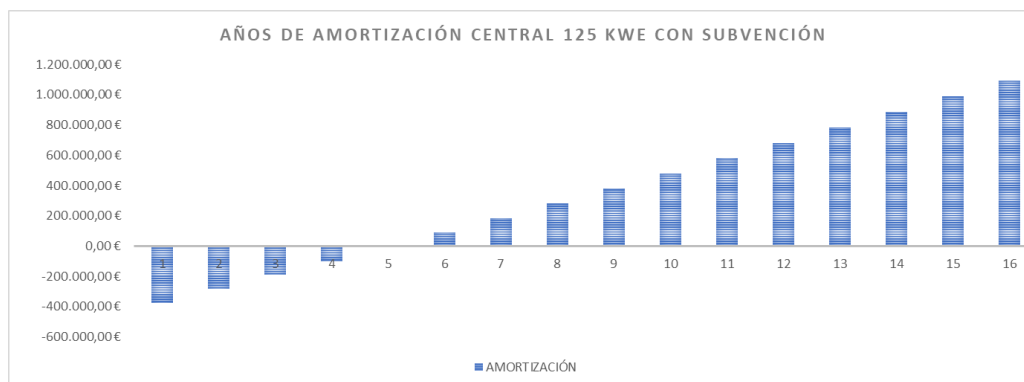


Figura 96: :Amortización Central 125 San Isidro Escenario 2 con Subvención

Como podemos ver la la figura 96 la amortización de la planta se realiza a partir del año 5.1.

7.2.5 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 1

Ahora vamos a desglosar los apartados comentados anteriormente, para realizar el estudio de la central. Cabe destacar que el periodo de duración del proyecto es de 16 años.

INVERSIÓN INICIAL

INVERSIÓN GASIFICADOR 250 kWe	
Gasificador	700.000,00 €
Obra civil	120.000,00 €
Instalación	60.000,00 €
Secadero	200.000,00 €
Balsa	0,00 €
Subvención(30 %)	324.000,00 €
Total SIN subvención	1.080.000,00 €
Total CON Subvención	756.000,00 €

Tabla 19: Inversión Inicial central de 250 kWe San Isidro

En la tabla 19 podemos ver la inversión inicial que hay que realizar para la instalación de la central de gasificación de 250 kWe. En este caso, el coste de la balsa de alpeorujos nos lo vamos a ahorrar, ya que la almazara estudio dispone de esta balsa.

Queremos destacar, que la subvención se obtiene a partir de las ayudas comentadas en apartados anteriores, llegando a ser esta del 30 %.

CASH INFLOWS

- **Ahorro factura eléctrica:** 70493 €
- **Ahorro transporte de orujo graso:** 40251 €
- **Venta de hueso:** 5341 €
- **Venta de biochar:** 27422 €
- **Venta de energía eléctrica:** 46872 €

Cash Inflows: 190380 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [102](#)

CASH OUTFLOWS

- **Inversión Inicial SIN subvención:** 1.080.000 €
- **Inversión Inicial CON subvención:** 756000 €
- **Coste de operación y mantenimiento:** 8100 €
- **Coste de personal:** 16796 €
- **Impuesto venta de energía:** 4940 €

Cash Outflows: 29836 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [99](#)

FLUJO DE CAJAS

El flujo de cajas se calcula como beneficio total - gastos totales es decir:

$$\text{Flujo de cajas} = \text{Cash Inflows} - \text{Cash Outflows} \quad (80)$$

Por tanto aplicando la ecuación [80](#) obtenemos que el primer año hay un flujo de cajas de :

Flujo de cajas: 143725 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [105](#)

AMORTIZACIÓN SIN SUBVENCIÓN

- **COMPROBACIONES DE VAN Y TIR**
 - **VAN:** 1356821 €

- **TIR:** 13 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 104.

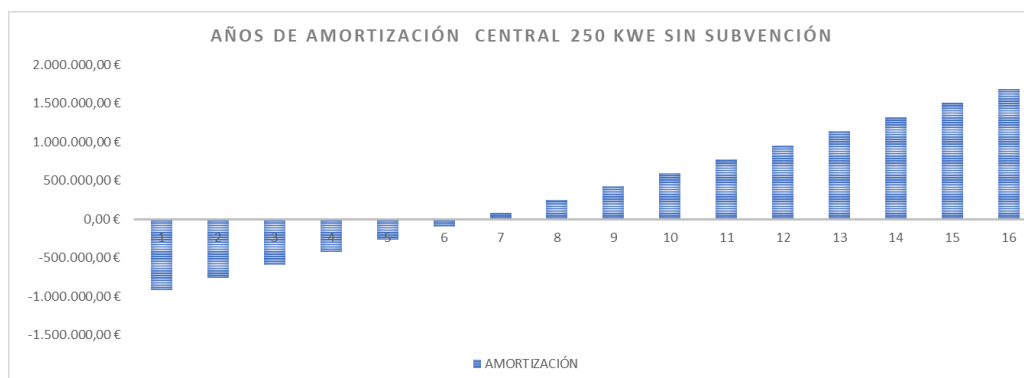


Figura 97: :Amortización Central 250 San Isidro Escenario 2 sin Subvención

Como podemos ver la la figura 97 la amortización de la planta se realiza a partir del año 6.4.

AMORTIZACIÓN CON SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 1680821 €
- **TIR:** 20 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 104.

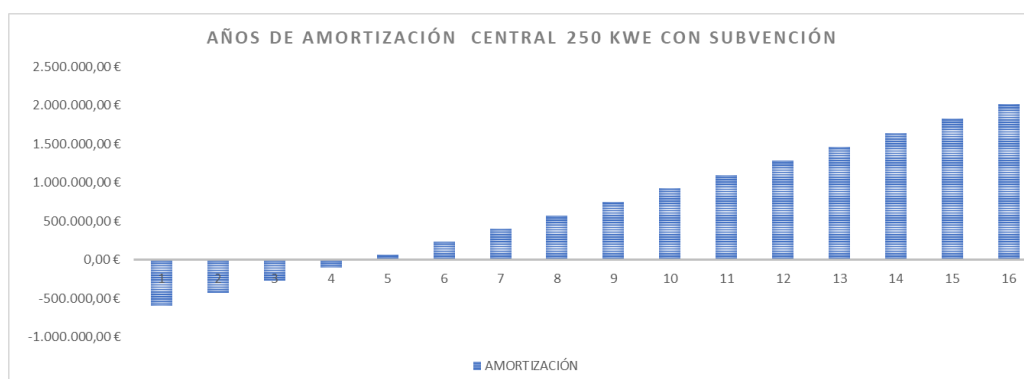


Figura 98: :Amortización Central 250 San Isidro Escenario 2 con Subvención

Como podemos ver la la figura 98 la amortización de la planta se realiza a partir del año 4.7.

7.2.6 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 2

Ahora vamos a desglosar los apartados comentados anteriormente, para realizar el estudio de la central. Cabe destacar que el periodo de duración del proyecto es de 16 años.

INVERSIÓN INICIAL

En la tabla 20 podemos ver la inversión inicial que hay que realizar para la instalación de la central de gasificación de 500 kWe. En este caso, el coste de la balsa de alpeorujo nos lo vamos a ahorrar, ya que la almazara estudio dispone de esta balsa.

INVERSIÓN GASIFICADOR 500 kWe	
Gasificador	1.150.000,00 €
Obra civil	220.000,00 €
Instalación	110.000,00 €
Secadero	200.000,00 €
Balsa	0,00 €
Subvención(30 %)	504.000,00 €
Total SIN subvención	1.680.000,00 €
Total CON Subvención	1.176.000,00 €

Tabla 20: Inversión Inicial central de 500 kWe San Isidro

Queremos destacar, que la subvención se obtiene a partir de las ayudas comentadas en apartados anteriores, llegando a ser esta del 30 %.

CASH INFLOWS

- Ahorro factura eléctrica: 71717 €
- Ahorro transporte de orujo graso: 71956 €
- Venta de hueso: 5341 €
- Venta de biochar: 54774 €
- Venta de energía eléctrica: 93744 €

Cash Inflows: 297532 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [103](#)

CASH OUTFLOWS

- Inversión Inicial SIN subvención: 1.680.000 €
- Inversión Inicial CON subvención: 1.176.000 €
- Coste de operación y mantenimiento: 29640 €
- Coste de personal: 16796 €
- Impuesto venta de energía: 11164 €
- Compra de pellet: 29000 €

Cash Outflows: 84690 €

Para el caso de la central de 500 kWe tenemos que destacar, que tenemos un gastos por comprar de pellets, ya que con el orujo que producimos, no llegamos a la demanda del gasificador. Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos

anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla 99

FLUJO DE CAJAS

El flujo de cajas se calcula como beneficio total - gastos totales es decir:

$$\text{Flujo de cajas} = \text{Cash Inflows} - \text{Cash Outflows} \quad (81)$$

Por tanto aplicando la ecuación 81 obtenemos que el primer año hay un flujo de cajas de :

Flujo de cajas: 208461 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla 106

AMORTIZACIÓN SIN SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 1722197 €
- **TIR:** 11 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 106.

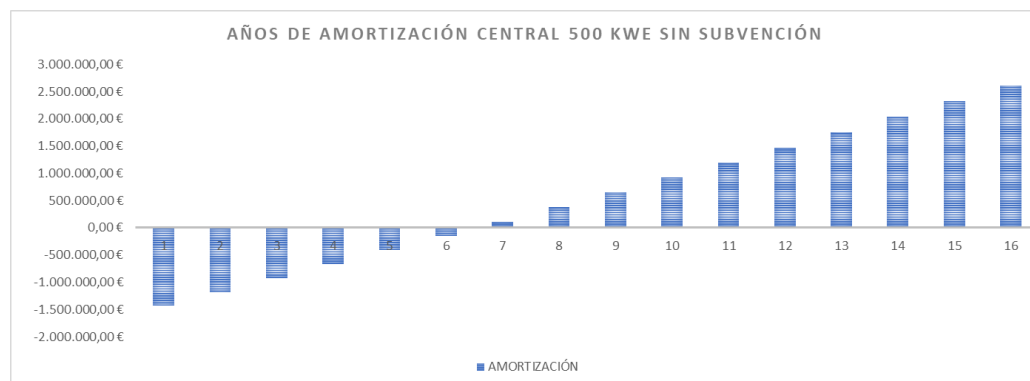


Figura 99: :Amortización Central 500 San Isidro Escenario 2 sin Subvención

Como podemos ver la la figura 99 la amortización de la planta se realiza a partir del año 7.6.

AMORTIZACIÓN CON SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 2226197 €

- **TIR:** 18 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 106.

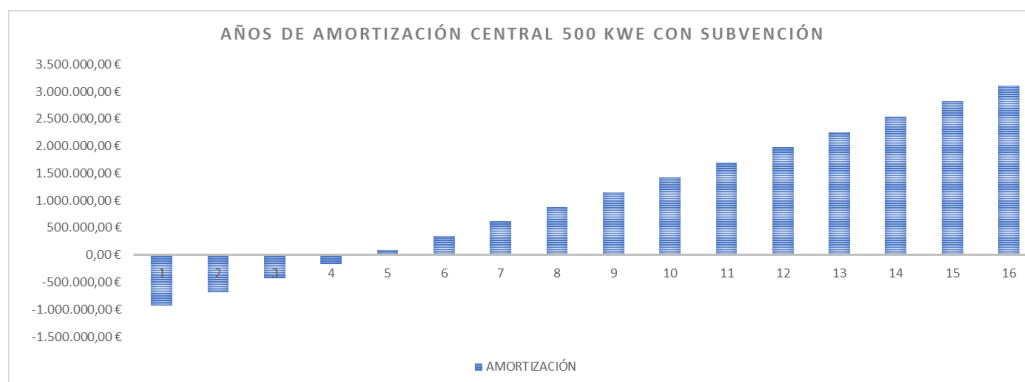


Figura 100: :Amortización Central 500 San Isidro Escenario 2 con Subvención

Como podemos ver la la figura 100 la amortización de la planta se realiza a partir del año 5.6.

A continuación, vamos a hacer un resumen de los resultados obtenidos de la cada una de las centrales

SIN SUBVENCIÓN

SIN SUBVENCIÓN			
TIPO DE GASIFICADOR	125 kWe	250 kWe	500kWe
VAN	713428 €	1356821 €	1722197€
TIR	11 %	13 %	11 %
AÑOS DE AMORTIZACIÓN	7.1	6.4	7.6

CON SUBVENCIÓN

CON SUBVENCIÓN			
TIPO DE GASIFICADOR	125 kWe	250 kWe	500kWe
VAN	912928 €	1680821 €	2226197€
TIR	18 %	20 %	18 %
AÑOS DE AMORTIZACIÓN	5.1	4.7	5.6

8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS ALMAZARA VIRGEN DEL PERPETUO SOCORRO

8.1 ESTUDIO TECNO - ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN

El estudio se va a realizar para 3 centrales con distintas potencias instaladas y para 2 escenarios diferentes. Recordemos que los escenarios son los siguientes:

- **Escenario 1:** Central de gasificación con autoconsumo.
- **Escenario 2:** Central de gasificación con excedentes sin compensación.

El siguiente estudio determinará la viabilidad de instalar cada una de las centrales en cada escenario posible, pudiendo discutir finalmente que tipo de central y que tipo de escenario es el más adecuado para la almazara.

En primer lugar vamos a hacer un estudio previo al sistema de abastecimiento eléctrico sin cogeneración. En la tabla 21 podemos ver cuales son los costes eléctricos reales de la almazara sin gasificador.

RESUMEN FACTURACIÓN	
TOTAL ENERGÍA (kWh)	1192115
ENERGÍA (€)	82.210,59 €
POTENCIA (€)	36.162,00 €
REACTIVA (€)	0
PENALIZACIONES (€)	4750,22
RECARGO (€)	31015,71
ALQUILER EQUIPO (€)	196,23
DESCUENTO (€)	0
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	7.890,66 €
IVA TOTAL (€)	34.067,34 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	196.292,75 €

Tabla 21: Consumo eléctrico campaña 20-21 Almazara Virgen del Perpetuo Socorro

Una vez tenemos los costes totales de la parte eléctrica de la almazara, procedemos a calcular el coste asociado a la energía térmica que es demandada para el uso de las batidoras por la almazara.

Como ya hemos comentado en anteriores apartados, la almazara autoconsume el hueso que produce, por lo que en realidad no tendría ningún coste en lo referente a la parte térmica, sin embargo, este se va a tener en cuenta a la hora de realizar el estudio para ver como repercute en la factura el uso de la central de gasificación.

■ **Cálculo económico hueso auto consumido:**

$$C_T = \text{HuesoAutoconsumido}(T) \cdot \text{Precio} \frac{\text{€}}{T} = X\text{€} \quad (82)$$

$C_T = 403 \, T \cdot 60 \frac{\text{€}}{T} = 24192 \, \text{€}$ (En la tabla 107) puede verse un resumen de los gastos de la almazara.

En la gráfica siguiente 101 podemos ver de una forma gráfica todos los gastos de la almazara sin gasificador.

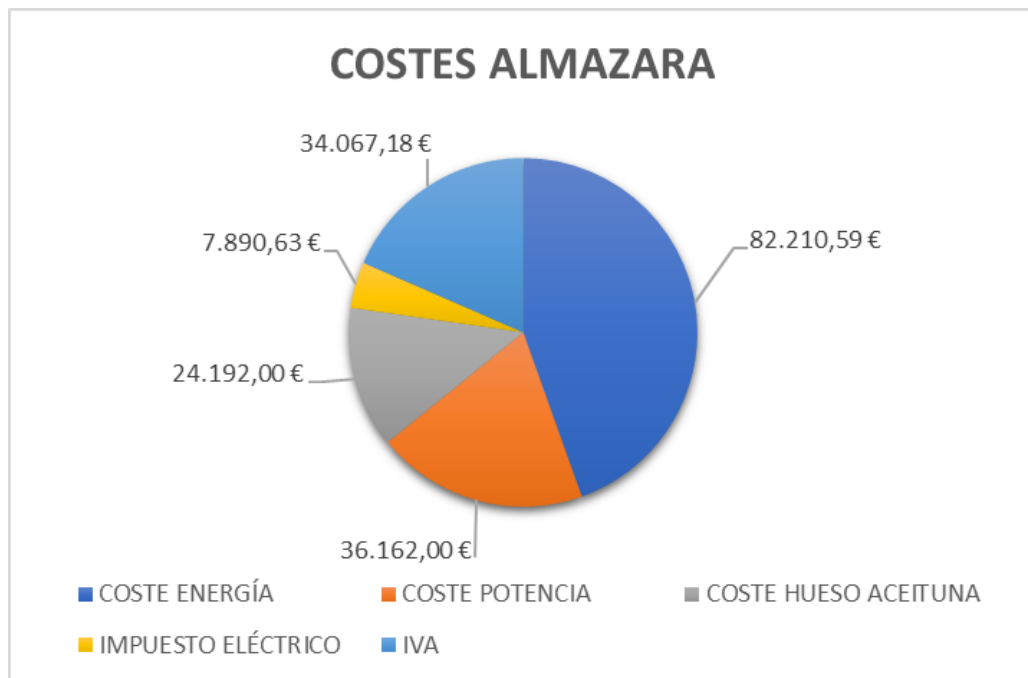


Figura 101: Costes almazara Virgen del Perpetuo Socorro Sin Gasificador

Como podemos observar en la figura 101 la energía acapara entorno al 50% de la factura eléctrica.

En este otro gráfico 102, podemos ver como con la instalación de diferentes gasificadores, conseguimos bajar la factura notablemente.

Una vez hemos realizado los cálculos del consumo energético de la almazara sin tener en cuenta la central de gasificación, ahora haremos el cálculo para cada una de las centrales y en cada uno de los escenarios.

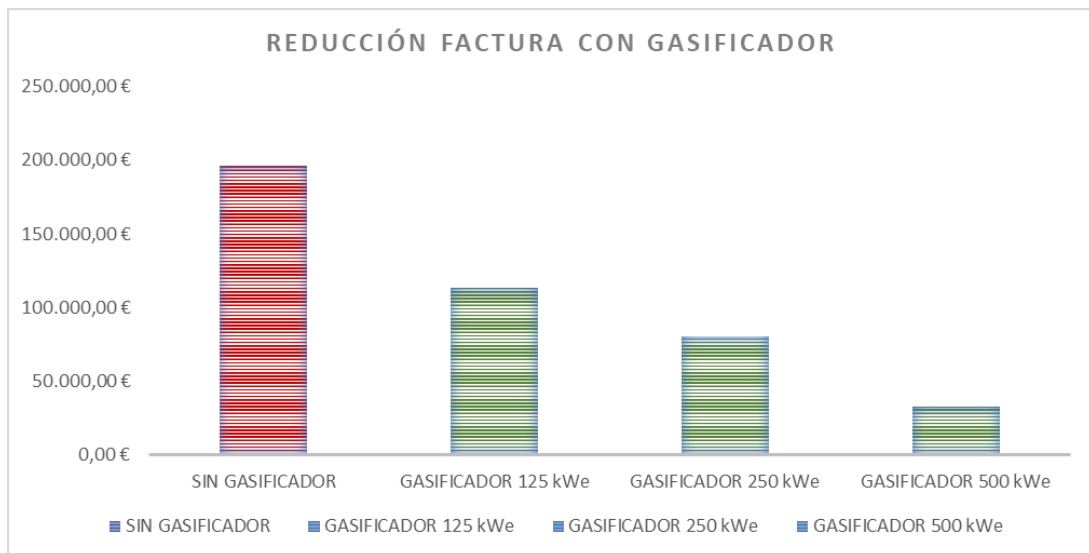


Figura 102: Reducción factura con Gasificador Virgen del Perpetuo Socorro

8.1.1 CENTRAL DE GASIFICACIÓN 125 kWe ESCENARIO 1

Llegados a este punto, debemos averiguar los siguientes puntos:

- Energía consumida mensualmente.
- Energía producida mensualmente.
- Energía autoconsumida mensualmente.
- Energía importada mensualmente.

En la siguiente gráfica podemos ver bien definidos todos los parámetros que hemos comentado. Una vez tenemos esos valores numéricos, podemos proceder a calcular numéricamente el nuevo coste de la factura eléctrica con la central estudiada.

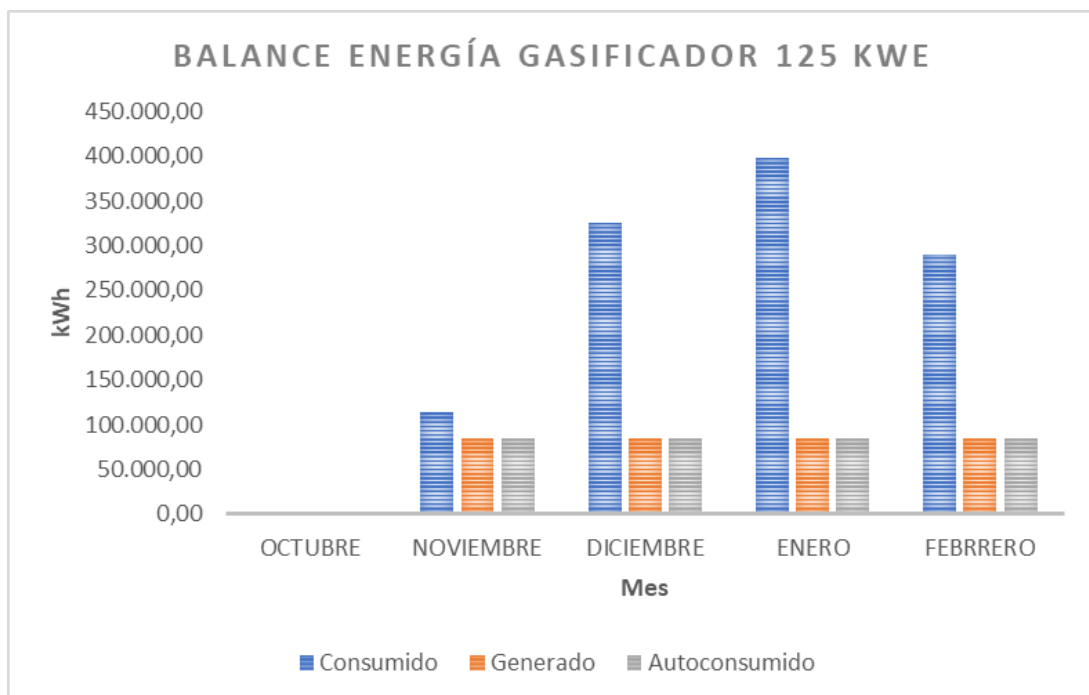


Figura 103: Balance de Energías central de 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

Como podemos ver en la gráfica 103 y en la tabla 71 es necesario importar una parte de energía eléctrica para poder abastecer a la almazara, ya que solamente con el gasificador no llegamos a cubrir las necesidades.

El coste de la energía será el coste ponderado calculado en la ecuación 2, siendo este de 0.0690 €

Además del término variable de la energía, deberemos pagar el término fijo de la potencia. En este caso hemos reducido en un 12 % la potencia instalada, ya que al instalar el gasificador, podemos hacer una reducción del término de potencia.

El coste de la potencia será el coste ponderado calculado en la ecuación 4, siendo este de 0.05 €

Por tanto, esta sería nuestra nueva factura eléctrica:

RESUMEN FACTURACIÓN	
ENERGÍA (€)	57.384,28 €
POTENCIA (€)	31.822,56 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	4.560,87 €
IVA TOTAL (€)	19.691,22 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	113.458,94 €

Tabla 22: Factura eléctrica con gasificador 125 kWe Almazara Virgen del Perpetuo Socorro

Ya tenemos calculada la nueva factura eléctrica que tendremos si instalamos el gasificador de 125 kWe.

Además del coste de la factura eléctrica, tenemos otros costes nuevos como son el coste de personal, y coste de operación y mantenimiento.

El coste diario del personal es de 68 €, por tanto:

■ **Coste Personal:**

$$\text{Coste Personal} = \text{Días Trabajados} \cdot \frac{\text{euros}}{\text{dia}} \quad (83)$$

■ **Coste de operación y mantenimiento:**

$$\text{Coste mantenimiento} = \text{Energía generada} \cdot 0.01 \quad (84)$$

Aplicando la ecuación 83 obtenemos que el coste de personal es de 8160 €

Aplicando la ecuación 84 obtenemos que el coste de operación y mantenimiento es de 3600 €.

En el siguiente gráfico, podemos ver los costes de la central de 125 kWe.

Con la instalación de este gasificador, logramos un ahorro de energía del 30 %, con lo que además implica de forma directa un ahorro en el IVA y en el impuesto eléctrico.

Una vez tenemos definidos todos los costes, vamos a determinar los beneficios pasivos que tenemos a la hora de instalar la central de 125 kWe.

Estos beneficios de los que hablamos son los siguientes:

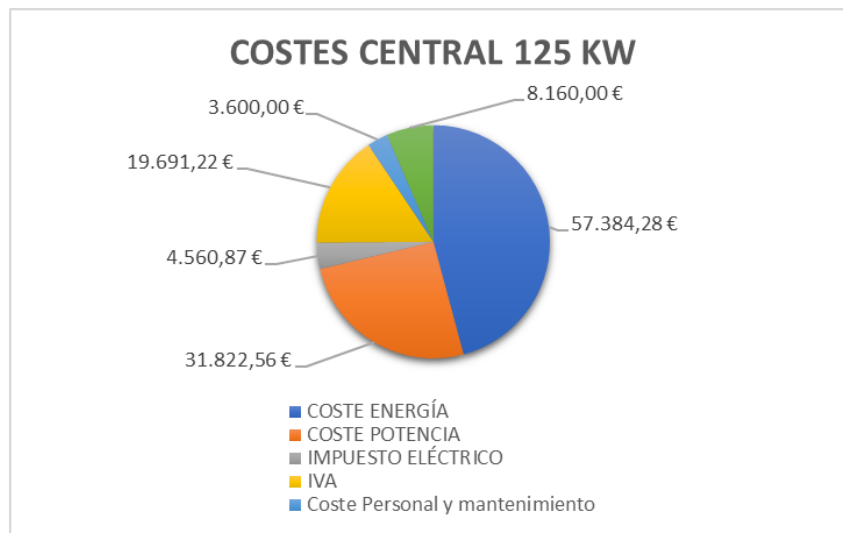


Figura 104: Costes Central 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

- **Ahorro de electricidad**
- **Venta de electricidad**
- **Ahorro exportación de orujillo**
- **Ahorro uso de hueso**
- **Venta de biochar**

Ahorro de electricidad

Este cálculo lo realizamos como:

$$\text{Ahorro electricidad} = \text{Factura Sin Gasificador} - \text{Factura Con gasificador} \quad (85)$$

De este modo si aplicamos la ecuación 85 obtenemos que el ahorro ha sido de 82833 €.

Venta de electricidad

Al encontrarnos en el escenario 1, no realizamos venta de electricidad.

Ahorro exportación de orujillo

En este caso, todo el orujo graso que usemos como combustible para la planta de gasificación, es un ahorro en transporte de este orujo graso a una balsa.

Para ello calculamos el orujo graso que se ha utilizado como combustible.

Si aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para 1 kg de alpeorujo graso, obtenemos la siguiente relación:

$$1\text{kg Alpeorujo graso} \rightarrow 0.44\text{kg de pellet} \quad (86)$$

Por tanto, si hemos utilizado 444 T de pellet para el funcionamiento de la planta, habremos usado el equivalente a 1008 T de alpeorujo graso.

Es decir, nos estamos ahorrando en transportar 1008 T de alpeorujo graso. A continuación calculamos el ahorro por transporte del alpeorujo:

■ **Ahorro transporte de alpeorujo graso**

$$\text{Ahorro transporte alpeorujo graso} = 1008 \text{ T} \cdot 9.7 \text{ €/ T} = 9777 \text{ €}$$

Ahorro uso de hueso

Con la instalación del gasificador, nos ahorramos de forma total o parcial el coste de la energía térmica. Anteriormente nos autobastecíamos la parte térmica con el hueso de aceituna, sin embargo, con la instalación del gasificador, nos autobastecemos de forma parcial o total en el ámbito de energía térmica, lo que implica que el hueso que antes autconsumíamos, ahora podemos venderlo.

■ **Cálculo de hueso excedente:** Para calcularlo, vamos a aplicar una relación. Sabemos que 403 T de hueso de aceituna equivalen a una potencia de 490 kWt. Por tanto:

- Si la potencia térmica aportada por el gasificador es mayor que la potencia necesaria, entonces venderemos todo el hueso autoconsumido.
- Si por el contrario, la potencia térmica aportada por el gasificador es menor que la potencia necesaria, entonces solo podremos vender lo equivalente a la potencia aportada.

En el caso de la central de 125 kWe la potencia térmica aportada por el gasificador es 90 kWt mientras que la necesaria es 488 kWt, por lo que solo podremos vender el equivalente a 90 kWt.

Por tanto, el equivalente a 90 kWt son 74 T de hueso. A continuación calculamos el beneficio pasivo del hueso de aceituna.

■ **Venta de hueso:**

$$\text{Venta hueso} = 74 \text{ T} \cdot 60 \text{ €/ T} = 4455 \text{ €}$$

Venta de Biochar

Como hemos comentado anteriormente, el biochar es el subproducto que genera la central de gasificación. Este subproducto se vende a 100 €/ T.

Si recurrimos a la gráfica 81, vemos como el biochar obtenido para la planta de 125 kWe es de 66 T

Por tanto:

■ **Venta de biochar:**

$$\text{Venta biochar} = 66 \text{ T} \cdot 100 \text{ €/ T} = 6652 \text{ €}$$

8.1.2 CENTRAL DE GASIFICACIÓN 250 kWe ESCENARIO 1

Llegados a este punto, debemos averiguar los siguientes puntos:

- Energía consumida mensualmente.
- Energía producida mensualmente.
- Energía autoconsumida mensualmente.
- Energía importada mensualmente.

En la siguiente gráfica podemos ver bien definidos todos los parámetros que hemos comentado. Una vez tenemos esos valores numéricos, podemos proceder a calcular numéricamente el nuevo coste de la factura eléctrica con la central estudiada.

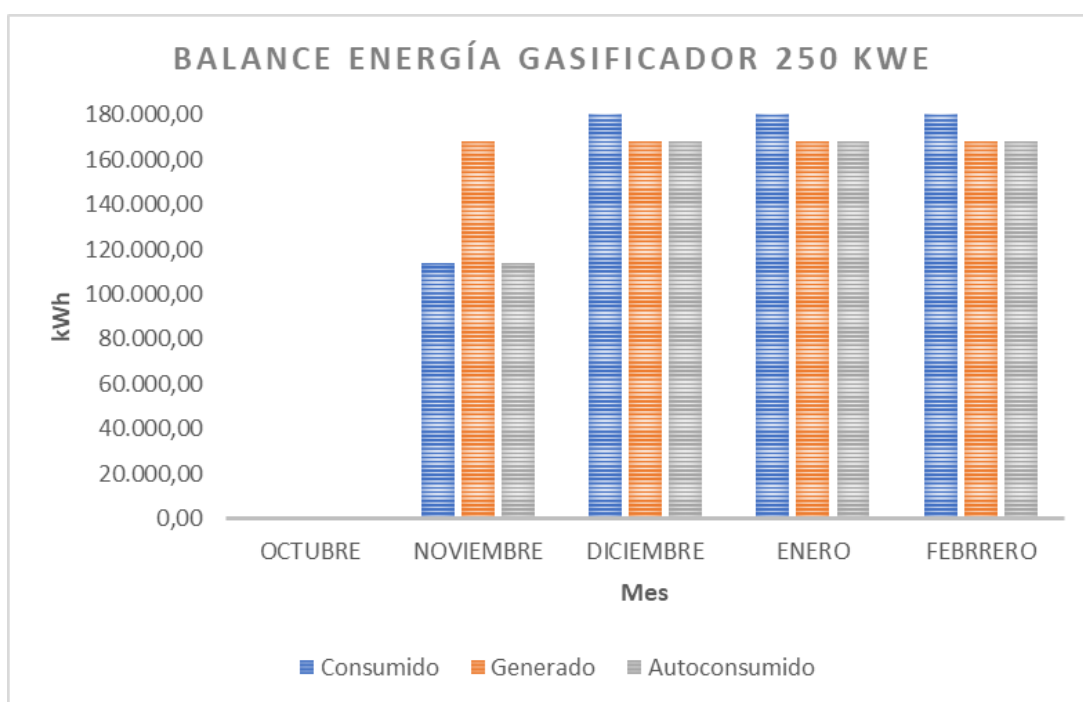


Figura 105: Balance de Energías central de 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

Como podemos ver en la gráfica 105 y en la tabla 54 es necesario importar una parte de energía eléctrica para poder abastecer a la almazara, ya que solamente con el gasificador no llegamos a cubrir las necesidades.

El coste de la energía será el coste ponderado calculado en la ecuación 2, siendo este de 0.0690 €

Además del término variable de la energía, deberemos pagar el término fijo de la potencia. En este caso hemos reducido en un 25 % la potencia instalada, ya que al instalar el gasificador, podemos hacer una reducción del término de potencia.

El coste de la potencia será el coste ponderado calculado en la ecuación 4, siendo este de 0.05 €

Por tanto, esta sería nuestra nueva factura eléctrica:

Ya tenemos calculada la nueva factura eléctrica que tendremos si instalamos el gasificador de 250 kWe.

RESUMEN FACTURACIÓN	
ENERGÍA (€)	36.276,34 €
POTENCIA (€)	27.121,50 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	3.241,34 €
IVA TOTAL (€)	13.994,23 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	80.633,40 €

Tabla 23: Factura eléctrica con gasificador 250 kWe Almazara San Isidro

Además del coste de la factura eléctrica, tenemos otros costes nuevos como son el coste de personal, y coste de operación y mantenimiento.

El coste diario del personal es de 68 €, por tanto:

■ **Coste Personal:**

$$\text{Coste Personal} = \text{Días Trabajados} \cdot \frac{\text{euros}}{\text{dia}} \quad (87)$$

■ **Coste de operación y mantenimiento:**

$$\text{Coste mantenimiento} = \text{Energía generada} \cdot 0.01 \quad (88)$$

Aplicando la ecuación 87 obtenemos que el coste de personal es de 8160 €

Aplicando la ecuación 88 obtenemos que el coste de operación y mantenimiento es de 7200 €.

En el siguiente gráfico, podemos ver los costes de la central de 250 kWe.

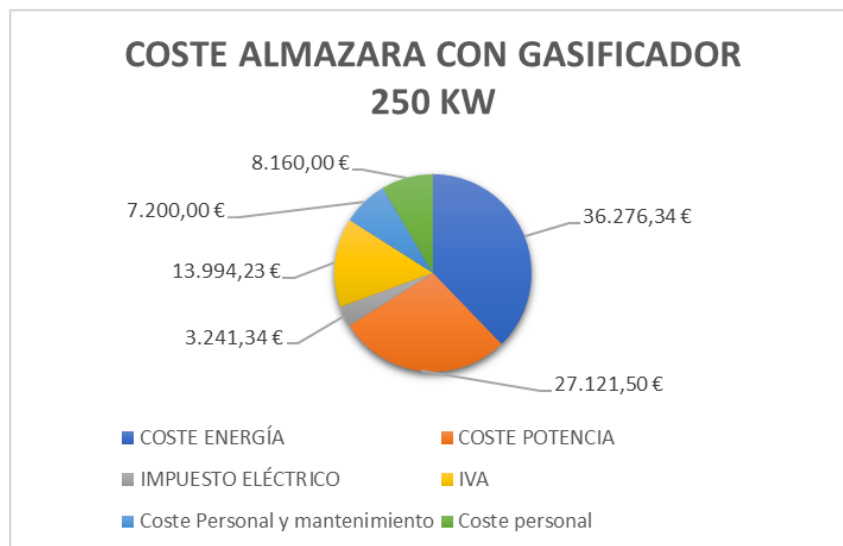


Figura 106: Costes Central 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

Con la instalación de este gasificador, logramos un ahorro de energía del 55.9 %, con lo que además implica de forma directa un ahorro en el IVA y en el impuesto eléctrico.

Una vez tenemos definidos todos los costes, vamos a determinar los beneficios pasivos que tenemos a la hora de instalar la central de 250 kWe.

Estos beneficios de los que hablamos son los siguientes:

- **Ahorro de electricidad**
- **Venta de electricidad**
- **Ahorro exportación de orujillo**
- **Ahorro uso de hueso**
- **Venta de biochar**

Ahorro de electricidad

Este cálculo lo realizamos como:

$$\text{Ahorro electricidad} = \text{Factura Sin Gasificador} - \text{Factura Con gasificador} \quad (89)$$

De este modo si aplicamos la ecuación 105 obtenemos que el ahorro ha sido de 115658 €.

Venta de electricidad

Al encontrarnos en el escenario 1, no realizamos venta de electricidad.

Ahorro exportación de orujillo

En este caso, todo el orujo graso que usemos como combustible para la planta de gasificación, es un ahorro en transporte de este orujo graso a una balsa.

Para ello calculamos el orujo graso que se ha utilizado como combustible.

Si aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para 1 kg de alpeorujo graso, obtenemos la siguiente relación:

$$1\text{kg Alpeorujo graso} \rightarrow 0.44\text{kg de pellet} \quad (90)$$

Por tanto, si hemos utilizado 888 T de pellet para el funcionamiento de la planta, habremos usado el equivalente a 2016 T de alpeorujo graso.

Es decir, nos estamos ahorrando en transportar 2016 T de alpeorujo graso. A continuación calculamos el ahorro por transporte del alpeorujo:

■ **Ahorro transporte de alpeorujo graso**

$$\text{Ahorro transporte alpeorujo graso} = 2016 \text{ T} \cdot 9.7 \text{ €/ T} = 19555 \text{ €}$$

Ahorro uso de hueso

Con la instalación del gasificador, nos ahorramos de forma total o parcial el coste de la energía térmica. Anteriormente nos autobastecíamos la parte térmica con el hueso de aceituna, sin embargo, con la instalación del gasificador, nos autobastecemos de forma parcial o total en el ámbito de energía térmica, lo que implica que el hueso que antes autconsumíamos, ahora podemos venderlo.

- **Cálculo de hueso excedente:** Para calcularlo, vamos a aplicar una relación. Sabemos que 403 T de hueso de aceituna equivalen a una potencia de 489 kWt. Por tanto:

- Si la potencia térmica aportada por el gasificador es mayor que la potencia necesaria, entonces venderemos todo el hueso autoconsumido.
- Si por el contrario, la potencia térmica aportada por el gasificador es menor que la potencia necesaria, entonces solo podremos vender lo equivalente a la potencia aportada.

En el caso de la central de 250 kWe la potencia térmica aportada por el gasificador es 184 kWt mientras que la necesaria es 488 kWt, por lo podremos vender el equivalente a 184 kWt.

Por tanto, el equivalente a 184 kWt son 8152 T de hueso. A continuación calculamos el beneficio pasivo del hueso de aceituna.

■ **Venta de hueso:**

$$\text{Venta hueso} = 152 \text{ T} \cdot 60 \text{ €/ T} = 9109 \text{ €}$$

Venta de Biochar

Como hemos comentado anteriormente, el biochar es el subproducto que genera la central de gasificación. Este subproducto se vende a 100 €/ T.

Si recurrimos a la gráfica ??, vemos como el biochar obtenido para la planta de 250 kWe es de 133 T

Por tanto:

■ **Venta de biochar:**

$$\text{Venta biochar} = 133 \text{ T} \cdot 100 \text{ €/ T} = 13322 \text{ €}$$

8.1.3 CENTRAL DE GASIFICACIÓN 500 kWe ESCENARIO 1

Llegados a este punto, debemos averiguar los siguientes puntos:

- Energía consumida mensualmente.
- Energía producida mensualmente.
- Energía autoconsumida mensualmente.
- Energía importada mensualmente.

En la siguiente gráfica podemos ver bien definidos todos los parámetros que hemos comentado. Una vez tenemos esos valores numéricos, podemos proceder a calcular numéricamente el nuevo coste de la factura eléctrica con la central estudiada.

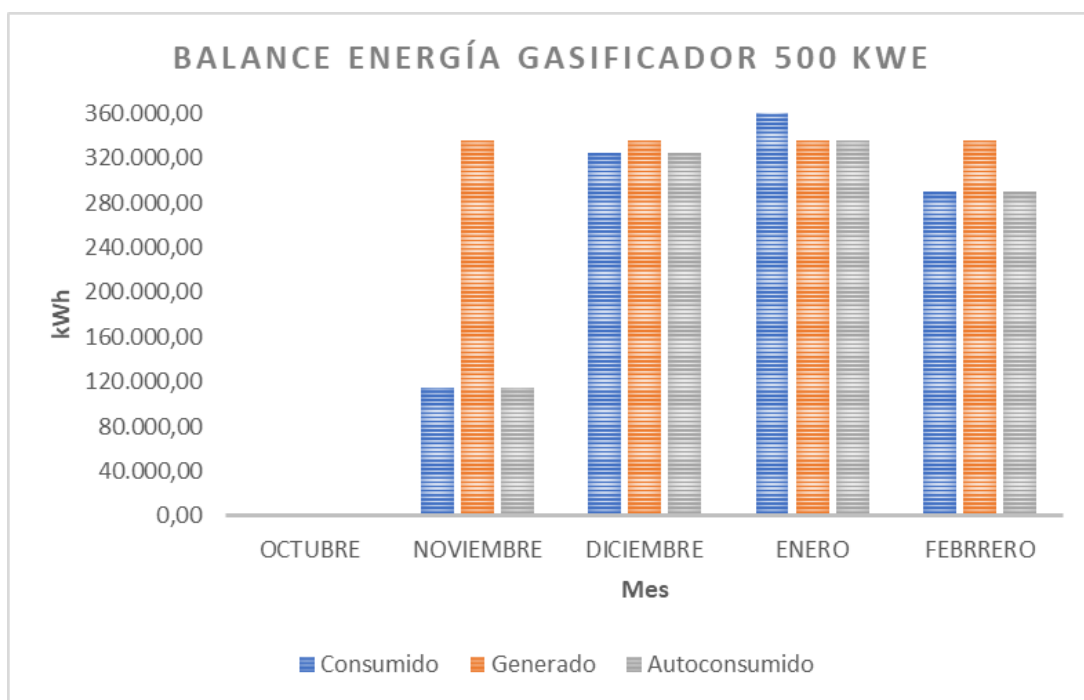


Figura 107: Balance de Energías central de 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

Como podemos ver en la gráfica 107 y en la tabla 55 es necesario importar una parte de energía eléctrica para poder abastecer a la almazara, ya que solamente con el gasificador no llegamos a cubrir las necesidades.

El coste de la energía será el coste ponderado calculado en la ecuación 2, siendo este de 0.0690 €

Además del término variable de la energía, deberemos pagar el término fijo de la potencia. En este caso hemos reducido en un 40 % la potencia instalada, ya que al instalar el gasificador, podemos hacer una reducción del término de potencia.

El coste de la potencia será el coste ponderado calculado en la ecuación 4, siendo este de 0.05 €

Por tanto, esta sería nuestra nueva factura eléctrica:

Ya tenemos calculada la nueva factura eléctrica que tendremos si instalamos el gasificador de 250 kWe.

Tabla 24: Add caption

RESUMEN FACTURACIÓN	
ENERGÍA (€)	4.296,81 €
POTENCIA (€)	21.697,20 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	1.328,99 €
IVA TOTAL (€)	5.737,83 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	33.060,84 €

Tabla 25: Factura eléctrica con gasificador 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

Ademas del coste de la factura eléctrica, tenemos otros costes nuevos como son el coste de personal, y coste de operación y mantenimiento.

El coste diario del personal es de 68 €, por tanto:

■ **Coste Personal:**

$$\text{Coste Personal} = \text{Días Trabajados} \cdot \frac{\text{euros}}{\text{dia}} \quad (91)$$

■ **Coste de operación y mantenimiento:**

$$\text{Coste mantenimiento} = \text{Energía generada} \cdot 0.01 \quad (92)$$

Aplicando la ecuación 91 obtenemos que el coste de personal es de 22560 €

Aplicando la ecuación 92 obtenemos que el coste de operación y mantenimiento es de 14400 €.

En el siguiente gráfico, podemos ver los costes de la central de 500 kWe.

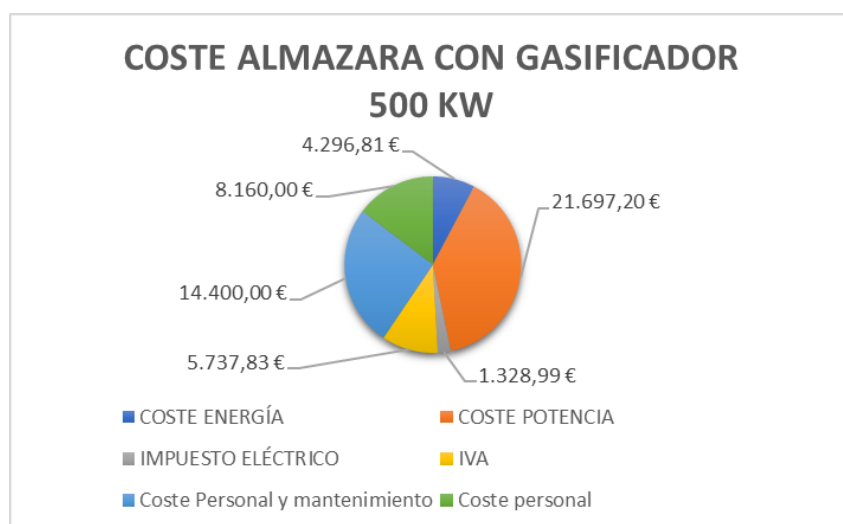


Figura 108: Costes Central 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

Con la instalación de este gasificador, logramos un ahorro de energía del 94.8 %, con lo que además implica de forma directa un ahorro en el IVA y en el impuesto eléctrico.

Una vez tenemos definidos todos los costes, vamos a determinar los beneficios pasivos que tenemos a la hora de instalar la central de 500 kWe.

Estos beneficios de los que hablamos son los siguientes:

- **Ahorro de electricidad**
- **Venta de electricidad**
- **Ahorro exportación de orujillo**
- **Ahorro uso de hueso**
- **Venta de biochar**

Ahorro de electricidad

Este cálculo lo realizamos como:

$$\text{Ahorro electricidad} = \text{Factura Sin Gasificador} - \text{Factura Con gasificador} \quad (93)$$

De este modo si aplicamos la ecuación 105 obtenemos que el ahorro ha sido de 163231 €.

Venta de electricidad

Al encontrarnos en el escenario 1, no realizamos venta de electricidad.

Ahorro exportación de orujillo

En este caso, todo el orujo graso que usemos como combustible para la planta de gasificación, es un ahorro en transporte de este orujo graso a una balsa.

Para ello calculamos el orujo graso que se ha utilizado como combustible.

Si aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para 1 kg de alpeorujo graso, obtenemos la siguiente relación:

$$1\text{kg Alpeorujo graso} \rightarrow 0.44\text{kg de pellet} \quad (94)$$

Por tanto, si hemos utilizado 1774 T de pellet para el funcionamiento de la planta, habremos usado el equivalente a 4032 T de alpeorujo graso.

Es decir, nos estamos ahorrando en transportar 3595 T de alpeorujo graso. A continuación calculamos el ahorro por transporte del alpeorujo:

- **Ahorro transporte de alpeorujo graso**

$$\text{Ahorro transporte alpeorujo graso} = 4032 \text{ T} \cdot 9.7 \text{ €/ T} = 39110 \text{ €}$$

Ahorro uso de hueso

Con la instalación del gasificador, nos ahorramos de forma total o parcial el coste de la energía térmica. Anteriormente nos autobastecíamos la parte térmica con el hueso de aceituna, sin embargo, con la instalación del gasificador, nos autobastecemos de forma parcial o total en el ámbito de energía térmica, lo que implica que el hueso que antes autconsumíamos, ahora podemos venderlo.

- **Cálculo de hueso excedente:** Para calcularlo, vamos a aplicar una relación. Sabemos que 403 T de hueso de aceituna equivalen a una potencia de 488 kWt. Por tanto:

- Si la potencia térmica aportada por el gasificador es mayor que la potencia necesaria, entonces venderemos todo el hueso autoconsumido.
- Si por el contrario, la potencia térmica aportada por el gasificador es menor que la potencia necesaria, entonces solo podremos vender lo equivalente a la potencia aportada.

En el caso de la central de 500 kWe la potencia térmica aportada por el gasificador es 360 kWt mientras que la necesaria es 488 kWt, por lo podremos vender el equivalente a 360 kWt.

Por tanto, el equivalente a 360 kWt son 297 T de hueso. A continuación calculamos el beneficio pasivo del hueso de aceituna.

■ **Venta de hueso:**

$$\text{Venta hueso} = 297 \text{ T} \cdot 60 \text{ €/ T} = 17832 \text{ €}$$

Venta de Biochar

Como hemos comentado anteriormente, el biochar es el subproducto que genera la central de gasificación. Este subproducto se vende a 100 €/ T.

Si recurrimos a la gráfica 81, vemos como el biochar obtenido para la planta de 500 kWe es de 266 T

Por tanto:

■ **Venta de biochar:**

$$\text{Venta biochar} = 266 \text{ T} \cdot 100 \text{ €/ T} = 26611 \text{ €}$$

8.1.4 CENTRAL DE GASIFICACIÓN 125 kWe ESCENARIO 2

Llegados a esta situación, debemos averiguar los siguientes puntos:

- Energía consumida mensualmente.
- Energía producida mensualmente.
- Energía autoconsumida mensualmente.
- Energía importada mensualmente.
- Venta de energía durante la cosecha.

En la siguiente gráfica podemos ver bien definidos todos los parámetros que hemos comentado. Una vez tenemos esos valores numéricos, podemos proceder a calcular numéricamente el nuevo coste de la factura eléctrica con la central estudiada. A diferencia del escenario 1, en el escenario 2 vamos a vender la energía excedida durante la cosecha y por otro lado generaremos y venderemos la energía fuera de cosecha.

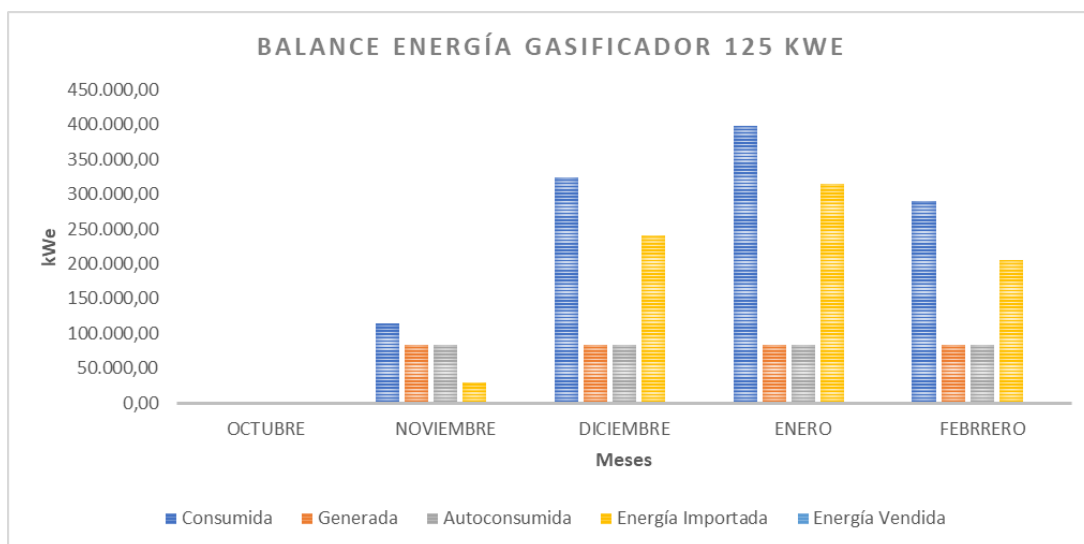


Figura 109: Balance de Energías central de 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2

Como podemos ver en la gráfica 109 y en la tabla 74 es necesario importar una parte de energía eléctrica para poder abastecer a la almazara, ya que solamente con el gasificador no llegamos a cubrir las necesidades.

El coste de la energía importada será el coste ponderado calculado en la ecuación 2, siendo este de 0.0690 €

Además del término variable de la energía, deberemos pagar el término fijo de la potencia. En este caso hemos reducido en un 12 % la potencia instalada, ya que al instalar el gasificador, podemos hacer una reducción del término de potencia.

El coste de la potencia será el coste ponderado calculado en la ecuación 4, siendo este de 0.05 €

Por tanto, esta sería nuestra nueva factura eléctrica:

Ya tenemos calculada la nueva factura eléctrica que tendremos si instalamos el gasificador de 125 kWe.

Tabla 26: Add caption

RESUMEN FACTURACIÓN	
ENERGÍA (€)	57.384,28 €
POTENCIA (€)	31.822,56 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	4.560,87 €
IVA TOTAL (€)	19.691,22 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	113.458,94 €

Tabla 27: Factura eléctrica con gasificador 125 kWe Almazara Virgen del Perpetuo Socorro

Además del coste de la factura eléctrica, tenemos otros costes nuevos como son el coste de personal, y coste de operación y mantenimiento.

El coste diario del personal es de 68 €, por tanto:

■ **Coste Personal:**

$$\text{Coste Personal} = \text{Días Trabajados} \cdot \frac{\text{euros}}{\text{dia}} \quad (95)$$

■ **Coste de operación y mantenimiento:**

$$\text{Coste mantenimiento} = \text{Energía generada} \cdot 0.01 \quad (96)$$

Aplicando la ecuación 95 obtenemos que el coste de personal es de 17680 €

Aplicando la ecuación 96 obtenemos que el coste de operación y mantenimiento es de 6960 €.

En el siguiente gráfico, podemos ver los costes de la central de 125 kWe.

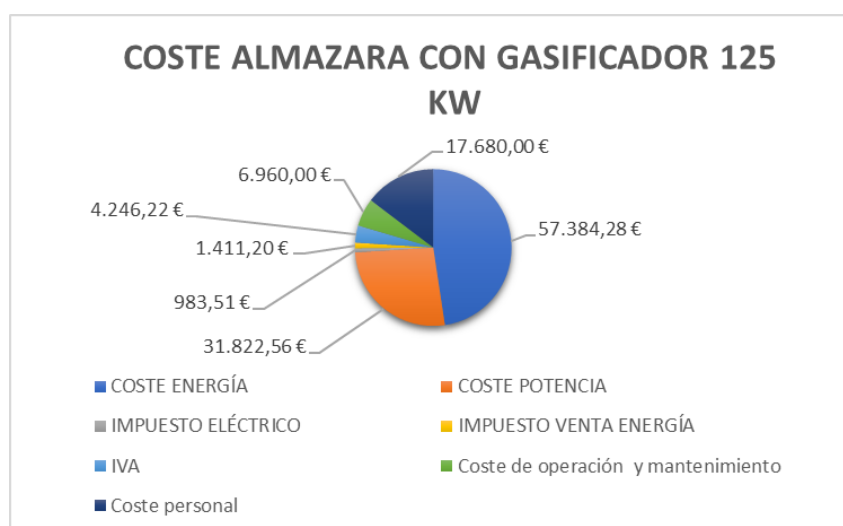


Figura 110: Costes Central 125 kWe San Isidro escenario 2

Con la instalación de este gasificador, logramos un ahorro de energía del 30 %, con lo que además implica de forma directa un ahorro en el IVA y en el impuesto eléctrico.

Una vez tenemos definidos todos los costes, vamos a determinar los beneficios pasivos que tenemos a la hora de instalar la central de 125 kWe.

Estos beneficios de los que hablamos son los siguientes:

- **Ahorro de electricidad**
- **Venta de electricidad**
- **Ahorro exportación de orujillo**
- **Ahorro uso de hueso**
- **Venta de biochar**

Ahorro de electricidad

Este cálculo lo realizamos como:

$$\text{Ahorro electricidad} = \text{Factura Sin Gasificador} - \text{Factura Con gasificador} \quad (97)$$

De este modo si aplicamos la ecuación 97 obtenemos que el ahorro ha sido de 82933€.

Venta de electricidad

Recordamos que en el escenario 2, la almazara vendía la energía excedente durante la cosecha y fuera de cosecha funcionaba como generadora de energía durante los meses restantes, a excepción de julio y agosto.

La almazara debe llegar a un acuerdo sobre el precio de venta de energía con su comercializadora. En este caso vamos a estipular un precio de venta de energía de 0.06 €/ kWh.

Además, es importante tener en cuenta que al importe generado, se le aplica un impuesto del 7%.

Por tanto, si echamos un vistazo a las tablas 56 y 59 tratadas anteriormente, podemos ver la energía que se vende durante la cosecha y fuera de la misma.

De esta forma, en la tabla 28 podemos ver el beneficio por venta de energía.

FACTURA VENTA DE ENERGÍA	
ENERGÍA EXPORTADA (€)	20.160,00 €
IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA (€)	1.411,20 €
TOTAL A PERCIBIR(€)	18.748,80 €

Tabla 28: Factura venta de energía 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

Ahorro exportación de orujillo

En este caso, todo el orujo graso que usemos como combustible para la planta de gasificación, es un ahorro en transporte de este orujo graso a una balsa.

Para ello calculamos el orujo graso que se ha utilizado como combustible.

Si aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para 1 kg de alpeorujo graso, obtenemos la siguiente relación:

$$1\text{ kg Alpeoruj o graso} \rightarrow 0.44\text{ kg de pellet} \quad (98)$$

Por tanto, si hemos utilizado 96 T de pellet para el funcionamiento de la planta, habremos usado el equivalente a 2184 T de alpeoruj o graso.

Es decir, nos estamos ahorrando en transportar 2184 T de alpeoruj o graso. A continuación calculamos el ahorro por transporte del alpeoruj o:

■ **Ahorro transporte de alpeoruj o graso**

$$\text{Ahorro transporte alpeoruj o graso} = 2184 \text{ T} \cdot 9.7 \text{ €/ T} = 21185 \text{ €}$$

Ahorro uso de hueso

Con la instalación del gasificador, nos ahorramos de forma total o parcial el coste de la energía térmica. Anteriormente nos autobastecíamos la parte térmica con el hueso de aceituna, sin embargo, con la instalación del gasificador, nos autobastecemos de forma parcial o total en el ámbito de energía térmica, lo que implica que el hueso que antes autconsumíamos, ahora podemos venderlo.

- **Cálculo de hueso excedente:** Para calcularlo, vamos a aplicar una relación. Sabemos que 403 T de hueso de aceituna equivalen a una potencia de 490 kWt. Por tanto:

- Si la potencia térmica aportada por el gasificador es mayor que la potencia necesaria, entonces venderemos todo el hueso autoconsumido.
- Si por el contrario, la potencia térmica aportada por el gasificador es menor que la potencia necesaria, entonces solo podremos vender lo equivalente a la potencia aportada.

En el caso de la central de 125 kWe la potencia térmica aportada por el gasificador es 90 kWt mientras que la necesaria es 488 kWt, por lo que solo podremos vender el equivalente a 90 kWt.

Por tanto, el equivalente a 90 kWt son 74 T de hueso. A continuación calculamos el beneficio pasivo del hueso de aceituna.

■ **Venta de hueso:**

$$\text{Venta hueso} = 74 \text{ T} \cdot 60 \text{ €/ T} = 4455 \text{ €}$$

Como hemos comentado anteriormente, el biochar es el subproducto que genera la central de gasificación. Este subproducto se vende a 100 €/ T.

Si recurrimos a la gráfica 64, vemos como el biochar obtenido para la planta de 125 kWe es de 137 T

Por tanto:

■ **Venta de biochar:**

$$\text{Venta biochar} = 137 \text{ T} \cdot 100 \text{ €/ T} = 13700 \text{ €}$$

8.1.5 CENTRAL DE GASIFICACIÓN 250 kWe ESCENARIO 2

Llegados a esta situación, debemos averiguar los siguientes puntos:

- Energía consumida mensualmente.
- Energía producida mensualmente.

- Energía autoconsumida mensualmente.
- Energía importada mensualmente.
- Venta de energía durante la cosecha.

En la siguiente gráfica podemos ver bien definidos todos los parámetros que hemos comentado. Una vez tenemos esos valores numéricos, podemos proceder a calcular numéricamente el nuevo coste de la factura eléctrica con la central estudiada. A diferencia del escenario 1, en el escenario 2 vamos a vender la energía excedida durante la cosecha y por otro lado generaremos y venderemos la energía fuera de cosecha.

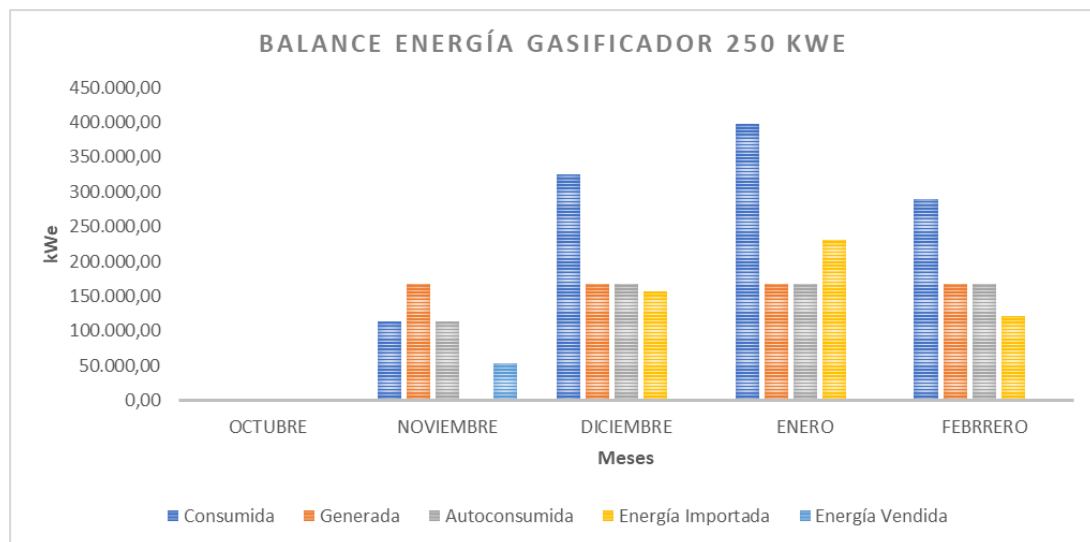


Figura 111: Balance de Energías central de 250 kWe San Isidro escenario 2

Como podemos ver en la gráfica 111 y en la tabla 57 es necesario importar una parte de energía eléctrica para poder abastecer a la almazara, ya que solamente con el gasificador no llegamos a cubrir las necesidades.

El coste de la energía importada será el coste ponderado calculado en la ecuación 2, siendo este de 0.069 €

Además del término variable de la energía, deberemos pagar el término fijo de la potencia. En este caso hemos reducido en un 25 % la potencia instalada, ya que al instalar el gasificador, podemos hacer una reducción del término de potencia.

El coste de la potencia será el coste ponderado calculado en la ecuación 4, siendo este de 0.05 €

Por tanto, esta sería nuestra nueva factura eléctrica:

Ya tenemos calculada la nueva factura eléctrica que tendremos si instalamos el gasificador de 250 kWe.

Además del coste de la factura eléctrica, tenemos otros costes nuevos como son el coste de personal, y coste de operación y mantenimiento.

El coste diario del personal es de 68 €, por tanto:

■ Coste Personal:

$$\text{Coste Personal} = \text{Días Trabajados} \cdot \frac{\text{euros}}{\text{dia}} \quad (99)$$

RESUMEN FACTURACIÓN	
ENERGÍA (€)	36.276,34 €
POTENCIA (€)	27.121,50 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	3.241,34 €
IVA TOTAL (€)	13.994,23 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	80.633,40 €

Tabla 29: Factura eléctrica con gasificador 250 kWe Almazara San Isidro

■ **Coste de operación y mantenimiento:**

$$\text{Coste mantenimiento} = \text{Energía generada} \cdot 0.01 \quad (100)$$

Aplicando la ecuación 99 obtenemos que el coste de personal es de 16796 €

Aplicando la ecuación 100 obtenemos que el coste de operación y mantenimiento es de 8100 €.

En el siguiente gráfico, podemos ver los costes de la central de 250 kWe.

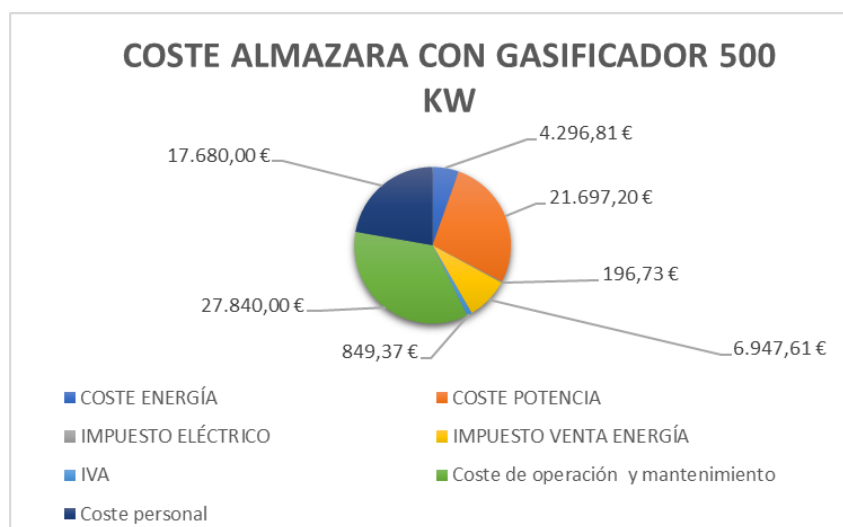


Figura 112: Costes Central 250 kWe San Isidro escenario 2

Con la instalación de este gasificador, logramos un ahorro de energía del 55.9 %, con lo que además implica de forma directa un ahorro en el IVA y en el impuesto eléctrico.

Una vez tenemos definidos todos los costes, vamos a determinar los beneficios pasivos que tenemos a la hora de instalar la central de 250 kWe.

Estos beneficios de los que hablamos son los siguientes:

- **Ahorro de electricidad**
- **Venta de electricidad**
- **Ahorro exportación de orujillo**
- **Ahorro uso de hueso**

■ Venta de biochar

Ahorro de electricidad

Este cálculo lo realizamos como:

$$\text{Ahorro electricidad} = \text{Factura Sin Gasificador} - \text{Factura Con gasificador} \quad (101)$$

De este modo si aplicamos la ecuación 101 obtenemos que el ahorro ha sido de 115658 €.

Venta de electricidad

Recordamos que en el escenario 2, la almazara vendía la energía excedente durante la cosecha y fuera de cosecha funcionaba como generadora de energía durante los meses restantes, a excepción de julio y agosto.

La almazara debe llegar a un acuerdo sobre el precio de venta de energía con su comercializadora. En este caso vamos a estipular un precio de venta de energía de 0.06 €/ kWh.

Además, es importante tener en cuenta que al importe generado, se le aplica un impuesto del 7%.

Por tanto, si echamos un vistazo a las tablas 57 y 60 tratadas anteriormente, podemos ver la energía que se vende durante la cosecha y fuera de la misma.

De esta forma, en la tabla 12 podemos ver el beneficio por venta de energía.

FACTURA VENTA DE ENERGÍA	
ENERGÍA EXPORTADA (€)	43.555,14 €
IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA (€)	3.048,86 €
TOTAL A PERCIBIR(€)	40.506,28 €

Tabla 30: Factura venta de energía 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

Ahorro exportación de orujillo

En este caso, todo el orujo graso que usemos como combustible para la planta de gasificación, es un ahorro en transporte de este orujo graso a una balsa.

Para ello calculamos el orujo graso que se ha utilizado como combustible.

Si aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para 1 kg de alpeorujo graso, obtenemos la siguiente relación:

$$1\text{kg Alpeorujo graso} \rightarrow 0.44\text{kg de pellet} \quad (102)$$

Por tanto, si hemos utilizado 1924 T de pellet para el funcionamiento de la planta, habremos usado el equivalente a 4368 T de alpeorujo graso.

Es decir, nos estamos ahorrando en transportar 4368 T de alpeorujo graso. A continuación calculamos el ahorro por transporte del alpeorujo:

■ Ahorro transporte de alpeorujo graso

$$\text{Ahorro transporte alpeorujo graso} = 4368 \text{ T} \cdot 9.7 \text{ €/ T} = 42370 \text{ €}$$

Ahorro uso de hueso

Con la instalación del gasificador, nos ahorramos de forma total o parcial el coste de la energía térmica. Anteriormente nos autobastecíamos la parte térmica con el hueso de aceituna, sin embargo, con la instalación del gasificador, nos autobastecemos de forma parcial o total en el ámbito de energía térmica, lo que implica que el hueso que antes autconsumíamos, ahora podemos venderlo.

- **Cálculo de hueso excedente:** Para calcularlo, vamos a aplicar una relación. Sabemos que 403 T de hueso de aceituna equivalen a una potencia de 489 kWt. Por tanto:

- Si la potencia térmica aportada por el gasificador es mayor que la potencia necesaria, entonces venderemos todo el hueso autoconsumido.
- Si por el contrario, la potencia térmica aportada por el gasificador es menor que la potencia necesaria, entonces solo podremos vender lo equivalente a la potencia aportada.

En el caso de la central de 250 kWe la potencia térmica aportada por el gasificador es 184 kWt mientras que la necesaria es 488 kWt, por lo podremos vender el equivalente a 184 kWt.

Por tanto, el equivalente a 184 kWt son 8152 T de hueso. A continuación calculamos el beneficio pasivo del hueso de aceituna.

■ Venta de hueso:

$$\text{Venta hueso} = 152 \text{ T} \cdot 60 \text{ €/ T} = 9109 \text{ €}$$

Venta de Biochar

Como hemos comentado anteriormente, el biochar es el subproducto que genera la central de gasificación. Este subproducto se vende a 100 €/ T.

Si recurrimos a la gráfica 82, vemos como el biochar obtenido para la planta de 250 kWe es de 288 T

Por tanto:

■ Venta de biochar:

$$\text{Venta biochar} = 288 \text{ T} \cdot 100 \text{ €/ T} = 28866 \text{ €}$$

8.1.6 CENTRAL DE GASIFICACIÓN 500 kWe ESCENARIO 2

Llegados a este punto, debemos averiguar los siguientes puntos:

- Energía consumida mensualmente.
- Energía producida mensualmente.
- Energía autoconsumida mensualmente.
- Venta de energía durante la cosecha.

En la siguiente gráfica podemos ver bien definidos todos los parámetros que hemos comentado. Una vez tenemos esos valores numéricos, podemos proceder a calcular numéricamente el

nuevo coste de la factura eléctrica con la central estudiada. A diferencia del escenario 1 , en el escenario 2 vamos a vender la energía excedida durante la cosecha y por otro lado generaremos y venderemos la energía fuera de cosecha.

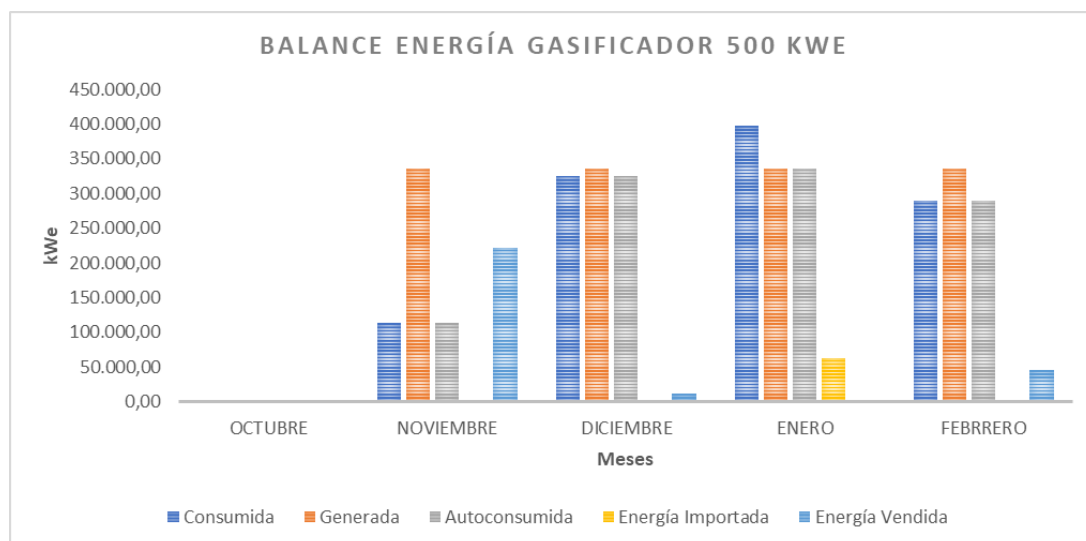


Figura 113: Balance de Energías central de 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2

Como podemos ver en la gráfica 113 y en la tabla 76 es necesario importar una parte de energía eléctrica para poder abastecer a la almazara, ya que solamente con el gasificador no llegamos a cubrir las necesidades.

El coste de la energía será el coste ponderado calculado en la ecuación 2, siendo este de 0.069 €

Además del término variable de la energía, deberemos pagar el término fijo de la potencia. En este caso hemos reducido en un 40 % la potencia instalada, ya que al instalar el gasificador, podemos hacer una reducción del término de potencia.

El coste de la potencia será el coste ponderado calculado en la ecuación 4, siendo este de 0.05 €

Por tanto, esta sería nuestra nueva factura eléctrica:

RESUMEN FACTURACIÓN	
ENERGÍA (€)	4.296,81 €
POTENCIA (€)	21.697,20 €
IMPUESTO ELÉCTRICO (€)	1.328,99 €
IVA TOTAL (€)	5.737,83 €
TOTAL FACTURACIÓN(€)	33.060,84 €

Tabla 31: Factura eléctrica con gasificador 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

Ya tenemos calculada la nueva factura eléctrica que tendremos si instalamos el gasificador de 500 kWe.

Además del coste de la factura eléctrica, tenemos otros costes nuevos como son el coste de personal, y coste de operación y mantenimiento.

El coste diario del personal es de 68 €, por tanto:

■ **Coste Personal:**

$$\text{Coste Personal} = \text{Días Trabajados} \cdot \frac{\text{euros}}{\text{dia}} \quad (103)$$

■ **Coste de operación y mantenimiento:**

$$\text{Coste mantenimiento} = \text{Energía generada} \cdot 0.01 \quad (104)$$

Aplicando la ecuación 103 obtenemos que el coste de personal es de 17680 €

Aplicando la ecuación 104 obtenemos que el coste de operación y mantenimiento es de 27840 €.

En el siguiente gráfico, podemos ver los costes de la central de 500 kWe.

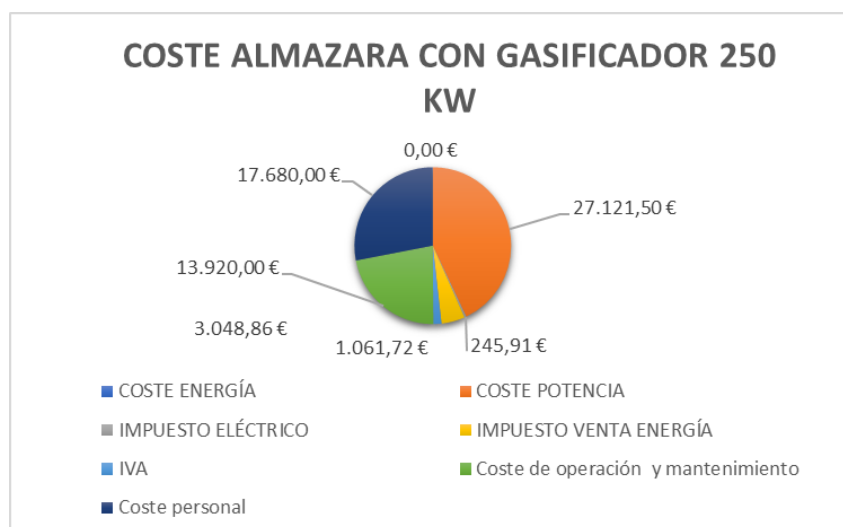


Figura 114: Costes Central 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2

Con la instalación de este gasificador, logramos un ahorro de energía del 94.8 %, con lo que además implica de forma directa un ahorro en el IVA y en el impuesto eléctrico.

Una vez tenemos definidos todos los costes, vamos a determinar los beneficios pasivos que tenemos a la hora de instalar la central de 500 kWe.

Estos beneficios de los que hablamos son los siguientes:

- **Ahorro de electricidad**
- **Venta de electricidad**
- **Ahorro exportación de orujillo**
- **Ahorro uso de hueso**
- **Venta de biochar**

Ahorro de electricidad

Este cálculo lo realizamos como:

$$\text{Ahorro electricidad} = \text{Factura Sin Gasificador} - \text{Factura Con gasificador} \quad (105)$$

De este modo si aplicamos la ecuación 105 obtenemos que el ahorro ha sido de 123784 €.

Venta de electricidad

Recordamos que en el escenario 2, la almazara vendía la energía excedente durante la cosecha y fuera de cosecha funcionaba como generadora de energía durante los meses restantes, a excepción de julio y agosto.

La almazara debe llegar a un acuerdo sobre el precio de venta de energía con su comercializadora. En este caso vamos a estipular un precio de venta de energía de 0.06 €/ kWh.

Además, es importante tener en cuenta que al importe generado, se le aplica un impuesto del 7 %.

Por tanto, si echamos un vistazo a las tablas 58 y 61 tratadas anteriormente, podemos ver la energía que se vende durante la cosecha y fuera de la misma.

De esta forma, en la tabla 14 podemos ver el beneficio por venta de energía.

FACTURA VENTA DE ENERGÍA	
ENERGÍA EXPORTADA (€)	99.251,52 €
IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA (€)	6.947,61 €
TOTAL A PERCIBIR(€)	92.303,91 €

Tabla 32: Factura venta de energía 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

Ahorro exportación de orujillo

En este caso, todo el orujo graso que usemos como combustible para la planta de gasificación, es un ahorro en transporte de este orujo graso a una balsa.

Para ello calculamos el orujo graso que se ha utilizado como combustible.

Si aplicamos las ecuaciones 11 y 12 para 1 kg de alpeorujo graso, obtenemos la siguiente relación:

$$1\text{kg Alpeorujo graso} \rightarrow 0.44\text{kg de pellet} \quad (106)$$

Por tanto, si hemos utilizado 3843 T de pellet para el funcionamiento de la planta, habremos usado el equivalente a 84739 T de alpeorujo graso.

Es decir, nos estamos ahorrando en transportar 8300 T de alpeorujo graso. A continuación calculamos el ahorro por transporte del alpeorujo:

■ Ahorro transporte de alpeorujo graso

$$\text{Ahorro transporte alpeorujo graso} = 8736 \text{ T} \cdot 9.7 \text{ €/ T} = 84739 \text{ €}$$

Ahorro uso de hueso

Con la instalación del gasificador, nos ahorramos de forma total o parcial el coste de la energía térmica. Anteriormente nos autobasteciamos la parte térmica con el hueso de aceituna, sin embargo, con la instalación del gasificador, nos autobastecemos de forma parcial o total en el ámbito de energía térmica, lo que implica que el hueso que antes autconsumíamos, ahora podemos venderlo.

■ **Cálculo de hueso excedente:** Para calcularlo, vamos a aplicar una relación. Sabemos que 403 T de hueso de aceituna equivalen a una potencia de 488 kWt. Por tanto:

- Si la potencia térmica aportada por el gasificador es mayor que la potencia necesaria, entonces venderemos todo el hueso autoconsumido.
- Si por el contrario, la potencia térmica aportada por el gasificador es menor que la potencia necesaria, entonces solo podremos vender lo equivalente a la potencia aportada.

En el caso de la central de 500 kWe la potencia térmica aportada por el gasificador es 360 kWt mientras que la necesaria es 488 kWt, por lo podremos vender el equivalente a 360 kWt.

Por tanto, el equivalente a 360 kWt son 297 T de hueso. A continuación calculamos el beneficio pasivo del hueso de aceituna.

■ **Venta de hueso:**

$$\text{Venta hueso} = 297 \text{ T} \cdot 60 \text{ €/ T} = 17832 \text{ €}$$

Venta de Biochar

Como hemos comentado anteriormente, el biochar es el subproducto que genera la central de gasificación. Este subproducto se vende a 100 €/ T.

Si recurrimos a la gráfica 63, vemos como el biochar obtenido para la planta de 500 kWe es de 576 T

Por tanto:

■ **Venta de biochar:**

$$\text{Venta biochar} = 576 \text{ T} \cdot 100 \text{ €/ T} = 57657 \text{ €}$$

8.2 PERIODO DE AMORTIZACIÓN

Este es uno de los apartados más importantes del estudio, ya que es donde comprobamos como de viable es la instalación de cada una de las centrales para cada escenario propuesto.

Para realizar el cálculo de la amortización vamos a identificar 3 bloques:

- **Inversión Inicial.** Coste total de la planta. Llave en mano.
 - Gasificador + Sistema de enfriamiento y limpieza + Grupo electrógeno.
 - Peletizadora.
 - Secadero + Balsa
 - Gastos de instalación, montaje y puesta en marcha.
- **Variables para entradas de efectivo (Cash Inflows)**
 - Ahorro factura eléctrica.
 - Ahorro transporte de orujo graso.
 - Venta de hueso.
 - Venta de biochar.
 - Venta de energía eléctrica.
- **Salidas de efectivos(Cash Outflows)**
 - Coste de operación y mantenimiento.
 - Coste de personal.

Hay que tener en cuenta en que a estos costes ya sean de entrada o salida, se les aplica un incremento anual debido a los incrementos de precios tanto en energía, personal, etc.

Una vez que tenemos claras todas las entradas y salidas y hemos aplicado el incremento anual, procedemos a realizar lo que se llama como flujo de caja (cash flows). Los flujos de caja hacen referencia a las entradas y salidas netas de dinero que tiene una empresa o proyecto en un determinado tiempo. Con el flujo de cajas conseguimos saber el nivel de liquidez de la empresa.

Aplicaremos algunos métodos económicos para ver la viabilidad del proyecto como son los siguientes:

- **VAN:** Es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuanto se va a ganar o perder en la inversión
 - $VAN = 0 \rightarrow$ Proyecto indiferente, ni ganancias ni pérdidas.
 - $VAN > 0 \rightarrow$ El proyecto da ganancias.
 - $VAN < 0 \rightarrow$ El proyecto da pérdidas
- **TIR:** Tasa de descuento máxima a la que el VAN se hace 0.

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0 \quad (107)$$

- Si $TIR < r \rightarrow$ El proyecto debe ser rechazado.
- Si $TIR > r$ el proyecto es viable.

- Si $TIR = 0$ El proyecto debe ser rechazado.

Siendo r el costo de oportunidad

En donde:

- F_n es el flujo de caja en el periodo n .
- n es el número de períodos
- I es el valor de la inversión inicial

Esencialmente, la TIR determina la rentabilidad de una inversión financiera en términos de porcentaje. Mientras que el VAN calcula los valores monetarios relacionados con las ganancias, también calcula las ganancias en forma de porcentaje.

Una mayor TIR indica que es más rentable.

8.2.1 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 1

Ahora vamos a desglosar los apartados comentados anteriormente, para realizar el estudio de la central. Cabe destacar que el periodo de duración del proyecto es de 16 años.

INVERSIÓN INICIAL

INVERSIÓN GASIFICADOR 125 kWe	
Gasificador	375.000,00 €
Obra civil	60.000,00 €
Instalación	30.000,00 €
Secadero	200.000,00 €
Balsa	150.000,00 €
Subvención(30 %)	244.500,00 €
Total SIN subvención	815.000,00 €
Total CON Subvención	570.500,00 €

Tabla 33: Inversión Inicial central de 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

En la tabla 18 podemos ver la inversión inicial que hay que realizar para la instalación de la central de gasificación de 125 kWe.

Queremos destacar, que la subvención se obtiene a partir de las ayudas comentadas en apartados anteriores, llegando a ser esta del 30%.

CASH INFLOWS

- **Ahorro factura eléctrica:** 82833 €
- **Ahorro transporte de orujo graso:** 9777 €
- **Venta de hueso:** 4455 €
- **Venta de biochar:** 6652 €

- **Venta de energía eléctrica:** 0 €

Cash Inflows: 103719 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [111](#)

CASH OUTFLOWS

- **Inversión Inicial SIN subvención:** 815000 €
- **Inversión Inicial CON subvención:** 570000 €
- **Coste de operación y mantenimiento:** 3600 €
- **Coste de personal:** 8160 €

Cash Outflows: 11760 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [108](#)

FLUJO DE CAJAS

El flujo de cajas se calcula como beneficio total - gastos totales es decir:

$$\text{Flujo de cajas} = \text{Cash Inflows} - \text{Cash Outflows} \quad (108)$$

Por tanto aplicando la ecuación [108](#) obtenemos que el primer año hay un flujo de cajas de :

Flujo de cajas: 11760 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [114](#)

AMORTIZACIÓN SIN SUBVENCIÓN

- **COMPROBACIONES DE VAN Y TIR**
 - **VAN:** 641778 €
 - **TIR:** 9 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla [114](#).

Como podemos ver en la figura [115](#) la amortización de la planta se realiza a partir del año 8.2.

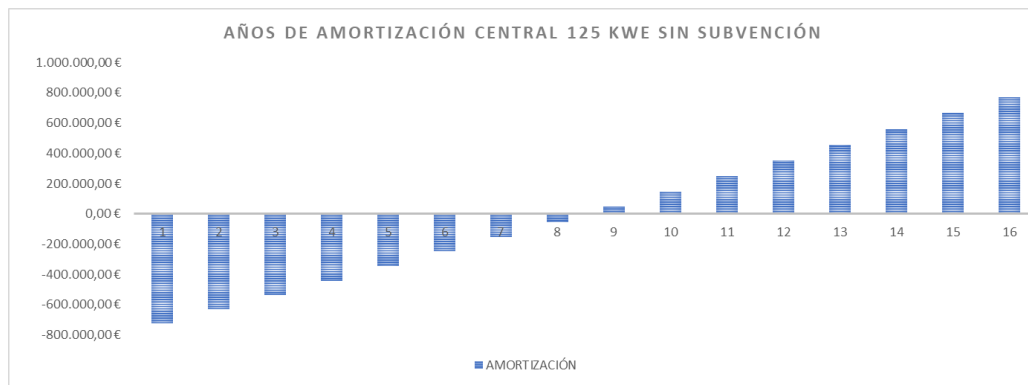


Figura 115: Amortización Central 125 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 1 Sin Subvención

AMORTIZACIÓN CON SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 886278 €
- **TIR:** 15 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 114.

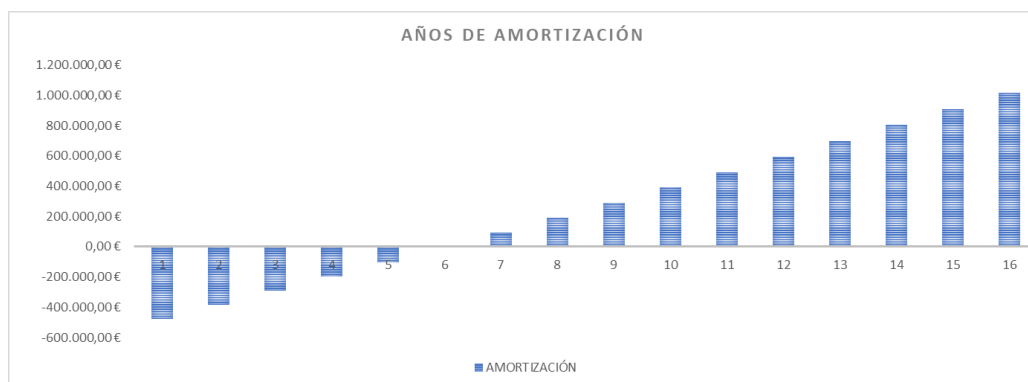


Figura 116: Amortización Central 125 Virgen del perpetuo Socorro Escenario 1 con Subvención

Como podemos ver la la figura 116 la amortización de la planta se realiza a partir del año 6.2.

8.2.2 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 1

Ahora vamos a desglosar los apartados comentados anteriormente, para realizar el estudio de la central. Cabe destacar que el periodo de duración del proyecto es de 16 años.

INVERSIÓN INICIAL

INVERSIÓN GASIFICADOR 250 kWe	
Gasificador	700.000,00 €
Obra civil	120.000,00 €
Instalación	60.000,00 €
Secadero	200.000,00 €
Balsa	250.000,00 €
Subvención(30 %)	399.000,00 €
Total SIN subvención	1.330.000,00 €
Total CON Subvención	931.000,00 €

Tabla 34: Inversión Inicial central de 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

En la tabla 37 podemos ver la inversión inicial que hay que realizar para la instalación de la central de gasificación de 250 kWe. En este caso, el coste de la balsa de alpeorujo nos lo vamos a ahorrar, ya que la almazara estudio dispone de esta balsa.

Queremos destacar, que la subvención se obtiene a partir de las ayudas comentadas en apartados anteriores, llegando a ser esta del 30 %.

CASH INFLOWS

- Ahorro factura eléctrica: 115658 €
- Ahorro transporte de orujo graso: 19555 €
- Venta de hueso: 9109 €
- Venta de biochar: 13322 €
- Venta de energía eléctrica: 0 €

Cash Inflows: 157646 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla 112

CASH OUTFLOWS

- Inversión Inicial SIN subvención: 1.330.000 €
- Inversión Inicial CON subvención: 931000 €
- Coste de operación y mantenimiento: 7200 €

- **Coste de personal:** 8160 €

Cash Outflows: 15360 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [109](#)

FLUJO DE CAJAS

El flujo de cajas se calcula como beneficio total - gastos totales es decir:

$$\text{Flujo de cajas} = \text{Cash Inflows} - \text{Cash Outflows} \quad (109)$$

Por tanto aplicando la ecuación [109](#) obtenemos que el primer año hay un flujo de cajas de :

Flujo de cajas: 142286 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [115](#)

AMORTIZACIÓN SIN SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 924038 €
- **TIR:** 8 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla [114](#).

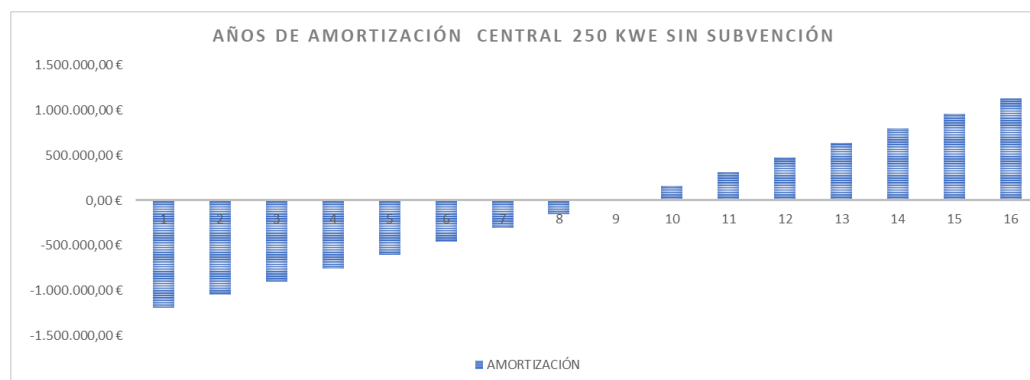


Figura 117: Amortización Central 250 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 1 sin Subvención

Como podemos ver la la figura [117](#) la amortización de la planta se realiza a partir del año 8.8.

AMORTIZACIÓN CON SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 1323038 €
- **TIR:** 14 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 115.

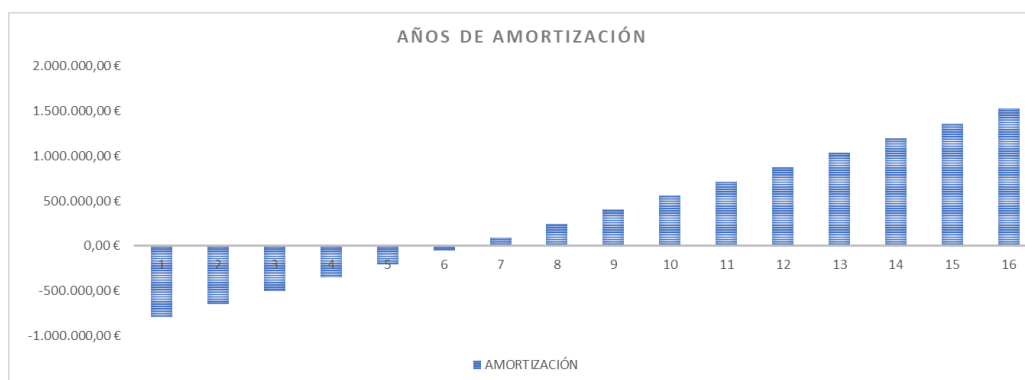


Figura 118: Amortización Central 250 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 1 con Subvención

Como podemos ver en la figura 118 la amortización de la planta se realiza a partir del año 6.

8.2.3 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 1

Ahora vamos a desglosar los apartados comentados anteriormente, para realizar el estudio de la central. Cabe destacar que el periodo de duración del proyecto es de 16 años.

INVERSIÓN INICIAL

INVERSIÓN GASIFICADOR 500 kWe	
Gasificador	1.150.000,00 €
Obra civil	220.000,00 €
Instalación	110.000,00 €
Secadero	200.000,00 €
Balsa	400.000,00 €
Subvención(30 %)	624.000,00 €
Total SIN subvención	2.080.000,00 €
Total CON Subvención	1.456.000,00 €

Tabla 35: Inversión Inicial central de 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

En la tabla 38 podemos ver la inversión inicial que hay que realizar para la instalación de la central de gasificación de 500 kWe. En este caso, el coste de la balsa de alpeorujo nos lo vamos a ahorrar, ya que la almazara estudio dispone de esta balsa.

Queremos destacar, que la subvención se obtiene a partir de las ayudas comentadas en apartados anteriores, llegando a ser esta del 30%.

CASH INFLOWS

- Ahorro factura eléctrica: 123784 €
- Ahorro transporte de orujo graso: 34873 €

- **Venta de hueso:** 39110 €
- **Venta de biochar:** 26611 €
- **Venta de energía eléctrica:** 0 €

Cash Inflows: 207328 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [113](#)

CASH OUTFLOWS

- **Inversión Inicial SIN subvención:** 2.080.000 €
- **Inversión Inicial CON subvención:** 1.456.000 €
- **Coste de operación y mantenimiento:** 14400 €
- **Coste de personal:** 8160 €

Cash Outflows: 22560 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [109](#)

FLUJO DE CAJAS

El flujo de cajas se calcula como beneficio total - gastos totales es decir:

$$\text{Flujo de cajas} = \text{Cash Inflows} - \text{Cash Outflows} \quad (110)$$

Por tanto aplicando la ecuación [110](#) obtenemos que el primer año hay un flujo de cajas de :

Flujo de cajas: 184768 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [40](#)

AMORTIZACIÓN SIN SUBVENCIÓN

- **COMPROBACIONES DE VAN Y TIR**
 - **VAN:** 847033 €
 - **TIR:** 5 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla [40](#).

Como podemos ver en la figura [119](#) la amortización de la planta se realiza a partir del año 7.8.

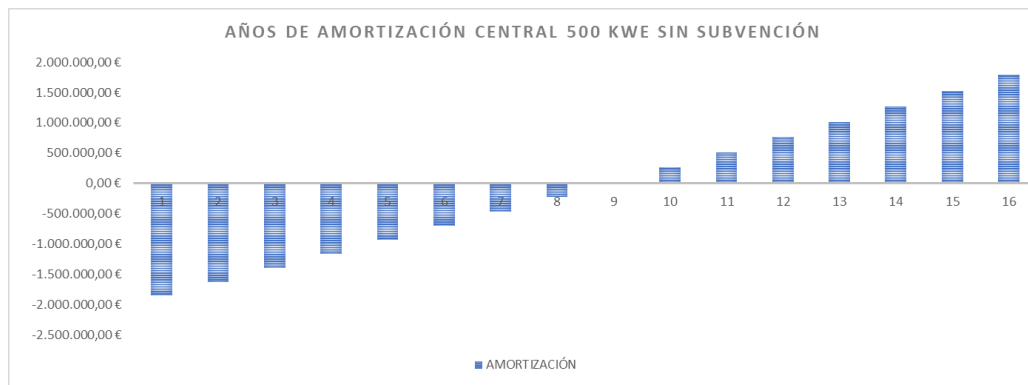


Figura 119: Amortización Central 500 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 1 sin Subvención

AMORTIZACIÓN CON SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 1471033 €
- **TIR:** 11 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla ??.

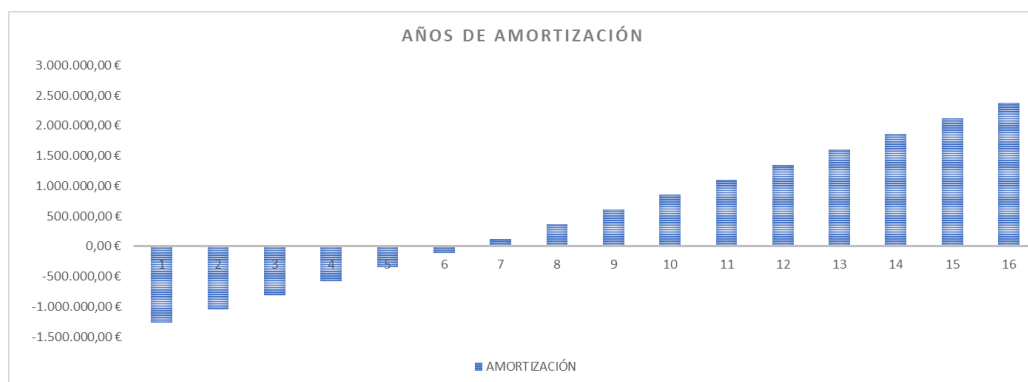


Figura 120: Amortización Central 500 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 1 con Subvención

Como podemos ver la la figura 120 la amortización de la planta se realiza a partir del año 7.8.

A continuación, vamos a hacer un resumen de los resultados obtenidos de la cada una de las centrales

SIN SUBVENCIÓN

SIN SUBVENCIÓN			
TIPO DE GASIFICADOR	125 kWe	250 kWe	500kWe
VAN	641778 €	924038 €	1471933€
TIR	9 %	8 %	8 %
AÑOS DE AMORTIZACIÓN	8.2	8.6	8.9

CON SUBVENCIÓN

CON SUBVENCIÓN			
TIPO DE GASIFICADOR	125 kWe	250 kWe	500kWe
VAN	886278 €	1323038 €	2095933€
TIR	15 %	14 %	14 %
AÑOS DE AMORTIZACIÓN	6.2	6.4	6.6

8.2.4 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 125 kWe ESCENARIO 2

Ahora vamos a desglosar los apartados comentados anteriormente, para realizar el estudio de la central. Cabe destacar que el periodo de duración del proyecto es de 16 años.

INVERSIÓN INICIAL

INVERSIÓN GASIFICADOR 125 kWe	
Gasificador	375.000,00 €
Obra civil	60.000,00 €
Instalación	30.000,00 €
Secadero	200.000,00 €
Balsa	150.000,00 €
Subvención(30 %)	244.500,00 €
Total SIN subvención	815.000,00 €
Total CON Subvención	570.500,00 €

Tabla 36: Inversión Inicial central de 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

En la tabla 36 podemos ver la inversión inicial que hay que realizar para la instalación de la central de gasificación de 125 kWe.

Queremos destacar, que la subvención se obtiene a partir de las ayudas comentadas en apartados anteriores, llegando a ser esta del 30 %.

CASH INFLOWS

- Ahorro factura eléctrica: 82833 €
- Ahorro transporte de orujo graso: 21185 €
- Venta de hueso: 4455 €
- Venta de biochar: 14414 €
- Venta de energía eléctrica: 18748 €

Cash Inflows: 141636 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla 44

CASH OUTFLOWS

- **Inversión Inicial SIN subvención:** 815000 €
- **Inversión Inicial CON subvención:** 570000 €
- **Coste de operación y mantenimiento:** 6960 €
- **Coste de personal:** 17680 €

Cash Outflows: 26051 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla ??

FLUJO DE CAJAS

El flujo de cajas se calcula como beneficio total - gastos totales es decir:

$$\text{Flujo de cajas} = \text{Cash Inflows} - \text{Cash Outflows} \quad (111)$$

Por tanto aplicando la ecuación 111 obtenemos que el primer año hay un flujo de cajas de :

Flujo de cajas: 115585 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla 47

AMORTIZACIÓN SIN SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 1016057 €
- **TIR:** 13 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 47.

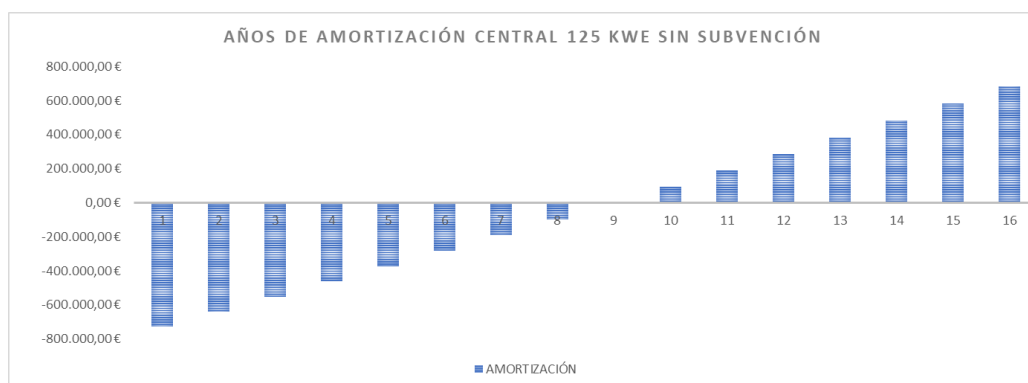


Figura 121: Amortización Central 125 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 2 Sin Subvención

Como podemos ver la la figura 121 la amortización de la planta se realiza a partir del año 7.6.

AMORTIZACIÓN CON SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 1260557 €

- **TIR:** 20 %

En ambos casos los parámetros nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla ??.

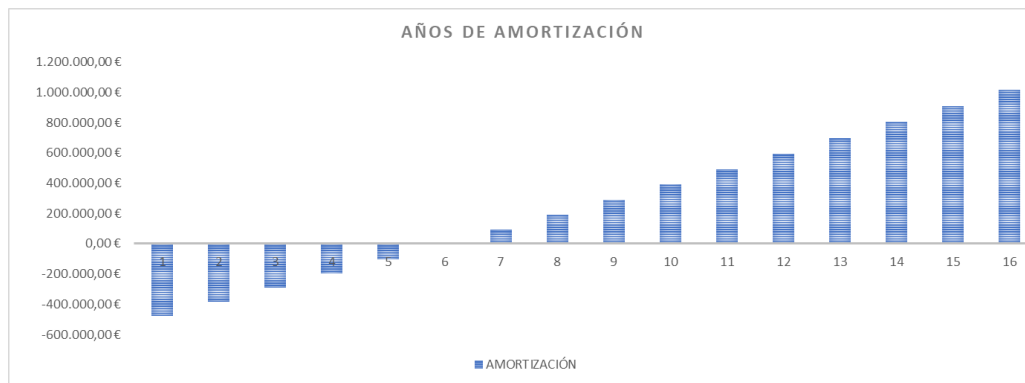


Figura 122: Amortización Central 125 Virgen del perpetuo Socorro Escenario 2 con Subvención

Como podemos ver la la figura 122 la amortización de la planta se realiza a partir del año 4.5.

8.2.5 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 250 kWe ESCENARIO 2

Ahora vamos a desglosar los apartados comentados anteriormente, para realizar el estudio de la central. Cabe destacar que el periodo de duración del proyecto es de 16 años.

INVERSIÓN INICIAL

INVERSIÓN GASIFICADOR 250 kWe	
Gasificador	700.000,00 €
Obra civil	120.000,00 €
Instalación	60.000,00 €
Secadero	200.000,00 €
Balsa	250.000,00 €
Subvención(30 %)	399.000,00 €
Total SIN subvención	1.330.000,00 €
Total CON Subvención	931.000,00 €

Tabla 37: Inversión Inicial central de 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

En la tabla 37 podemos ver la inversión inicial que hay que realizar para la instalación de la central de gasificación de 250 kWe. En este caso, el coste de la balsa de alpeorujo nos lo vamos a ahorrar, ya que la almazara estudio dispone de esta balsa.

Queremos destacar, que la subvención se obtiene a partir de las ayudas comentadas en apartados anteriores, llegando a ser esta del 30 %.

CASH INFLOWS

- Ahorro factura eléctrica: 115568 €
- Ahorro transporte de orujo graso: 42370 €
- Venta de hueso: 9109 €
- Venta de biochar: 28866 €
- Venta de energía eléctrica: 37497 €

Cash Inflows: 233501 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla 45

CASH OUTFLOWS

- Inversión Inicial SIN subvención: 1.330.000 €
- Inversión Inicial CON subvención: 931000 €
- Coste de operación y mantenimiento: 13920 €
- Coste de personal: 17680 €

- **Impuesto venta de energía:** 3049 €

Cash Outflows: 34649 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla ??

FLUJO DE CAJAS

El flujo de cajas se calcula como beneficio total - gastos totales es decir:

$$\text{Flujo de cajas} = \text{Cash Inflows} - \text{Cash Outflows} \quad (112)$$

Por tanto aplicando la ecuación 112 obtenemos que el primer año hay un flujo de cajas de :

Flujo de cajas: 198852 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla 48

AMORTIZACIÓN SIN SUBVENCIÓN

▪ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 1820141 €
- **TIR:** 14 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 47.

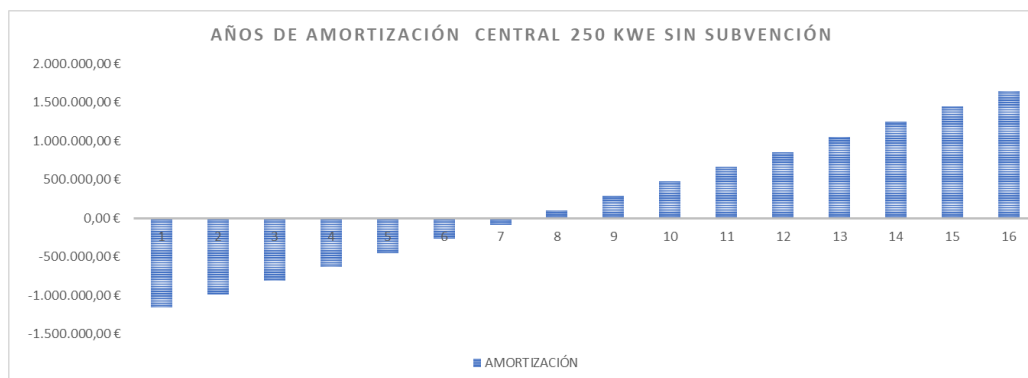


Figura 123: Amortización Central 250 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 2 sin Subvención

Como podemos ver en la figura 123 la amortización de la planta se realiza a partir del año 6.5.

AMORTIZACIÓN CON SUBVENCIÓN

▪ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 2219141 €
- **TIR:** 21 %

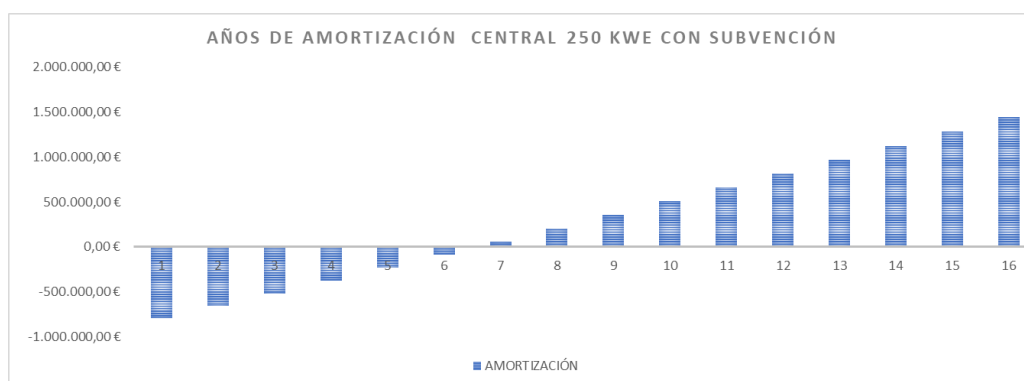


Figura 124: Amortización Central 250 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 2 con Subvención

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 48.

Como podemos ver en la figura 124 la amortización de la planta se realiza a partir del año 4.4.

8.2.6 CENTRAL DE GASIFICACIÓN DE 500 kWe ESCENARIO 2

Ahora vamos a desglosar los apartados comentados anteriormente, para realizar el estudio de la central. Cabe destacar que el periodo de duración del proyecto es de 16 años.

INVERSIÓN INICIAL

INVERSIÓN GASIFICADOR 500 kWe	
Gasificador	1.150.000,00 €
Obra civil	220.000,00 €
Instalación	110.000,00 €
Secadero	200.000,00 €
Balsa	400.000,00 €
Subvención(30 %)	624.000,00 €
Total SIN subvención	2.080.000,00 €
Total CON Subvención	1.456.000,00 €

Tabla 38: Inversión Inicial central de 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro

En la tabla 38 podemos ver la inversión inicial que hay que realizar para la instalación de la central de gasificación de 500 kWe. En este caso, el coste de la balsa de alpeorujo nos lo vamos a ahorrar, ya que la almazara estudio dispone de esta balsa.

Queremos destacar, que la subvención se obtiene a partir de las ayudas comentadas en apartados anteriores, llegando a ser esta del 30%.

CASH INFLOWS

- Ahorro factura eléctrica: 163231 €
- Ahorro transporte de orujo graso: 84739 €

- **Venta de hueso:** 17823 €
- **Venta de biochar:** 57657 €
- **Venta de energía eléctrica:** 74995 €

Cash Inflows: 398446 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [46](#)

CASH OUTFLOWS

- **Inversión Inicial SIN subvención:** 2.080.000 €
- **Inversión Inicial CON subvención:** 1.456.000 €
- **Coste de operación y mantenimiento:** 27840 €
- **Coste de personal:** 17680 €

Cash Outflows: 52468 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [43](#)

FLUJO DE CAJAS

El flujo de cajas se calcula como beneficio total - gastos totales es decir:

$$\text{Flujo de cajas} = \text{Cash Inflows} - \text{Cash Outflows} \quad (113)$$

Por tanto aplicando la ecuación [113](#) obtenemos que el primer año hay un flujo de cajas de :

Flujo de cajas: 345978 €

Esta operación la vamos a realizar para los años posteriores, aumentando así, como dijimos anteriormente, los costes de electricidad, personal, etc. Estos cálculos pueden verse en la tabla [49](#)

AMORTIZACIÓN SIN SUBVENCIÓN

- **COMPROBACIONES DE VAN Y TIR**
 - **VAN:** 340849 €
 - **TIR:** 16 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla [49](#).

Como podemos ver en la figura [119](#) la amortización de la planta se realiza a partir del año 5.9.

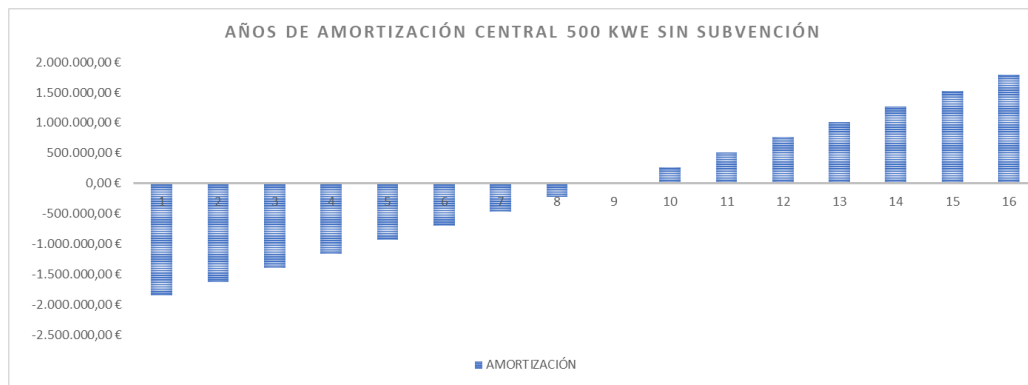


Figura 125: Amortización Central 500 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 2 sin Subvención

AMORTIZACIÓN CON SUBVENCIÓN

■ COMPROBACIONES DE VAN Y TIR

- **VAN:** 4024849 €
- **TIR:** 24 %

Ambos indicadores nos dan un valor positivo por lo que nos indica que es una buena inversión. Estos datos se pueden consultar en la tabla 49.

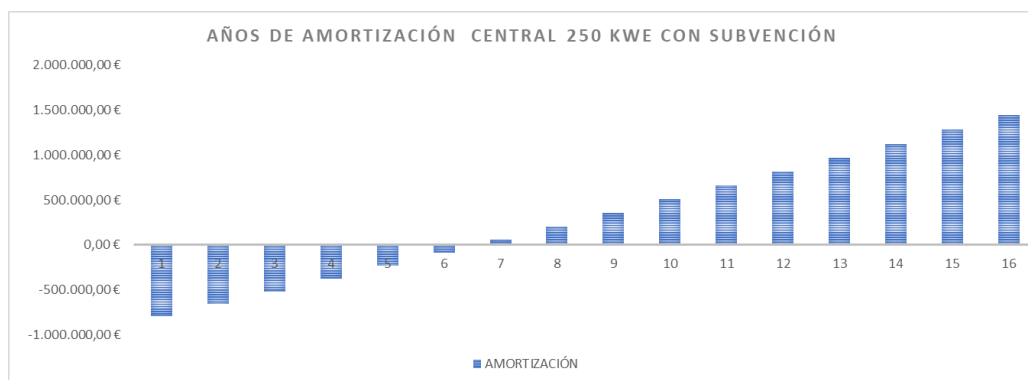


Figura 126: Amortización Central 500 Virgen del Perpetuo Socorro Escenario 2 con Subvención

Como podemos ver la la figura 126 la amortización de la planta se realiza a partir del año 4.3.

A continuación, vamos a hacer un resumen de los resultados obtenidos de la cada una de las centrales

SIN SUBVENCIÓN

SIN SUBVENCIÓN			
TIPO DE GASIFICADOR	125 kWe	250 kWe	500kWe
VAN	1016057 €	1820141 €	3400849€
TIR	13 %	14 %	16 %
AÑOS DE AMORTIZACIÓN	6.4	6.5	5.9

CON SUBVENCIÓN

CON SUBVENCIÓN			
TIPO DE GASIFICADOR	125 kWe	250 kWe	500kWe
VAN	1260557 €	2219141 €	4024849€
TIR	20 %	21 %	24 %
AÑOS DE AMORTIZACIÓN	4.5	4.4	4.3

9 CONCLUSIONES

El uso de esta biomasa en gasificación trae consigo muchas ventajas como hemos visto a lo largo del estudio. Ventajas como reducir la contaminación y aumentar el valor monetario de los materiales de desecho de otras industrias, puestos de empleo, etc. Actualmente, España genera una gran cantidad de biomasa, y si nos reducimos al sector del olivar, Jaén en concreto es la que más biomasa del olivar produce, sin embargo, a menudo se deshacen de él quemándolo o deshaciéndose de él, siendo sólo un pequeño porcentaje el que se convierte en energía.

La gasificación es una forma de utilizar este combustible. Implica procesar combustible sintético en gas de síntesis y biocarbón. El biocarbón contiene propiedades que mejoran la calidad del suelo, gracias al proceso químico al que se somete. Cuando se quema biomasa para generar electricidad, se libera CO₂ y luego se vuelve a absorber en el sistema. Los procesos de gasificación producen las mismas emisiones de CO₂ que la biomasa, lo que indica que el proceso sigue un ciclo de carbono cero y produce energía limpia.

Los sistemas eléctricos españoles están centralizados en el sentido de que no hay muchas plantas de energía en comparación con otros países, pero las que tenemos son de una gran potencia. Esto a su vez implica que el transporte de la energía de los núcleos donde se generan a los núcleos donde se consumen, es de largas distancias, lo que induce a grandes pérdidas en el transporte de energía. En cambio, al usar sistemas de cogeneración como son la gasificación, hace que se reduzcan costes y pérdidas en transporte, ya que la generación se produce cerca de los consumidores. A este sistema se le llama generación distribuida.

Por tanto, de forma resumida, estas son las ventajas que nos ofrece el sistema de gasificación:

- Pagos de facturas de electricidad reducidos.
- La electricidad y la energía térmica se generan simultáneamente.
- La creación de puestos de trabajo para operar la planta.
- Abastecimiento de energía limpia para la reducción energética a través de la huella de carbono.
- Revalorización de los subproductos procedentes de la almazara.
- Subproducto de la gasificación muy útil para la aplicación en el suelo.

ALMAZARA SAN ISIDRO

Como hemos comentado durante todo el estudio, teníamos dos escenarios distintos. Uno en el que simplemente nos autoconsumíamos, y otro en el que la energía excedente durante la cosecha y la energía que generábamos fuera de cosecha, la vertíamos a red a un precio pactado. Para la elección del tipo de escenario y tipo de gasificador, nos hemos ayudado de los indicadores económicos TIR y VAN.

Por tanto, para la almazara de San Isidro, hemos optado por un gasificador de 250 kWe en el escenario 2, ya que la TIR es la más elevada (comparándola tanto con escenario 1 como con escenario 2) con un 13 % y con un retorno de la inversión de 6.4 años.

Por otro lado, podemos pedir la subvención del 30 % que hemos visto en el estudio, lo que implicaría una TIR mayor, siendo esta del 20 % y un retorno de la inversión más rápido, siendo este de 4.7 años.

En caso de no querer optar por la venta de energía, y simplemente abastecernos en modo autoconsumo, optaremos por el gasificador de 125 kWe, con una TIR de 6 % y un retorno de

la inversión en 10.2 años. En caso de obtener la subvención, pasaríamos a una TIR del 11 % y un retorno de la inversión en el año 7.2

ALMAZARA VIRGEN DEL PERPETUO SOCORRO

Como hemos comentado durante todo el estudio, teníamos dos escenarios distintos. Uno en el que simplemente nos autoconsumíamos, y otro en el que la energía excedente durante la cosecha y la energía que generábamos fuera de cosecha, la vertíamos a red a un precio pactado. Para la elección del tipo de escenario y tipo de gasificador, nos hemos ayudado de los indicadores económicos TIR y VAN.

Por tanto, para la almazara de Virgen del Perpetuo Socorro, hemos optado por un gasificador de 500 kWe en el escenario 2, ya que la TIR es la más elevada (comparándola tanto con escenario 1 como con escenario 2) con un 16% y con un retorno de la inversión de 5.9 años.

Por otro lado, podemos pedir la subvención del 30 % que hemos visto en el estudio, lo que implicaría una TIR mayor, siendo esta del 24 % y un retorno de la inversión más rápido, siendo este de 4.3 años.

En caso de no querer optar por la venta de energía, y simplemente abastecernos en modo autoconsumo, optaremos por el gasificador de 125 kWe, con una TIR de 9% y un retorno de la inversión en 8.2 años. En caso de obtener la subvención, pasaríamos a una TIR del 15 % y un retorno de la inversión en el año 6.2

Ante el aumento de los precios de la electricidad en los últimos meses, impuestos como el del tope del gas, etc, la idea del autoconsumo de energía se está convirtiendo cada vez más en una opción real y viable económicamente, especialmente en sectores como el de la aceituna. Actualmente, los costos de producción se han aumentado drásticamente, mientras que los beneficios por venta de aceite de oliva no consiguen equiparar a los gastos producidos por la almazara. Por tanto, una opción que ya es real y posible, es la instalación de este tipo de centrales, con la que estos costos se reducirán considerablemente.

10 REFERENCIAS

REFERENCIAS

- [1] Higman, Christopher y Maarten van der Burgt: *Chapter 1 - Introduction*. En Higman, Christopher y Maarten van der Burgt (editores): *Gasification (Second Edition)*, páginas 1–9. Gulf Professional Publishing, Burlington, second edition edición, 2008, ISBN 978-0-7506-8528-3. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750685283000018>.
- [2] Vera Candeas, David: *Generación eléctrica distribuida y aprovechamiento de los residuos de la industria del olivar*. Tesis de Doctorado, Universidad de Jaén, 2013, ISBN 9788484398561. <https://ruja.ujaen.es/handle/10953/557>.
- [3] ANKUR SCIENTIFIC. 2020. <https://www.ankurscientific.com/ankur-gasifiers-biomass-woody.html>.
- [4] POWERMAX. *Powermax gasifiers*. 2020. <https://www.powermaxgasifiers.com/>.
- [5] OLIVEN. *Oportunidades para la mejora de la cadena de suministro del aceite de oliva a través de la valorización de subproductos*. 2020. <https://youtu.be/F8jQfVz8zDM>.
- [6] Ogayar Fernández, Blas: *Análisis del sistema actual de facturación y suministro eléctrico. Posibilidades de ahorro*. UJA, 2022.
- [7] *Determinación del precio de la electricidad en España*. 2022. <https://www.certificadosenergeticos.com/como-se-determina-el-precio-de-la-electricidad-en-espana>.
- [8] *Programa para el desarrollo energético sostenible en Andalucía*. 2022. https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/Incentivos/soporte_22CS.pdf.
- [9] Vera Candeas, David: *Apuntes de Centrales Eléctricas de Biomasa*. Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Jaén, 2022.
- [10] *Agencia Andaluza de la Energía: La Biomasa en Andalucía*. 2020. https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/3_2_0068_20_LA_BIOENERGIA_EN_ANDALUCIA.PDF.
- [11] García-Maraver, A, LC Terron, A Ramos-Ridao y M Zamorano: *Effects of mineral contamination on the ash content of olive tree residual biomass*. *Biosystems engineering*, 118:167–173, 2014.
- [12] Vera, David, Francisco Jurado, Bárbara de Mena y Jesús C. Hernández: *A distributed generation hybrid system for electric energy boosting fueled with olive industry wastes*. *Energies*, 12(3):500, 2019.
- [13] Ghani, Wan Azlina Wan Abdul Karim, Ayaz Mohd, Gabriel da Silva, Robert T Bachmann, Yun H Taufiq-Yap, Umer Rashid y H Ala'a: *Biochar production from waste rubber-wood-sawdust and its potential use in C sequestration: chemical and physical characterization*. *Industrial Crops and Products*, 44:18–24, 2013.

- [14] S.COOP.SAN JOSÉ. *Elaboración del aceite de oliva*. <http://ruedaoliva.com/web/es/6/proceso-elaboracion.html>.
- [15] Higman, Christopher, Maarten van der Burgt, C Higman y M Vanderburgt: *The thermodynamics of gasification*. Gasification. Amsterdam, Boston: Gulf Professional Pub./Elsevier Science, páginas 11–31, 2008.
- [16] López, Ismael Sánchez, Antonio Gallargo Izquierdo y NE Alcón: *Análisis comparativo de las tecnologías de valorización de residuos basadas en la gasificación*. En Conama: Congreso Nacional del Medio Ambiente, 2014.
- [17] Noon, Charles E y Michael J Daly: *GIS-based biomass resource assessment with BRAVO*. Biomass and Bioenergy, 10(2-3):101–109, 1996.
- [18] Vera, David, Julio Carabias, Francisco Jurado y Nicolás Ruiz-Reyes: *A Honey Bee Foraging approach for optimal location of a biomass power plant*. Applied Energy, 87(7):2119–2127, 2010.
- [19] García-Maraver, A, M Zamorano, A Ramos-Ridao y LF Díaz: *Analysis of olive grove residual biomass potential for electric and thermal energy generation in Andalusia (Spain)*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(1):745–751, 2012.
- [20] Vera, David, Julio Carabias, Francisco Jurado y Nicolás Ruiz-Reyes: *A Honey Bee Foraging approach for optimal location of a biomass power plant*. Applied Energy, 87(7):2119–2127, 2010.
- [21] Mitchell, CP: *New cultural treatments and yield optimisation*. Biomass and bioenergy, 9(1-5):11–34, 1995.
- [22] Vera, David, Julio Carabias, Francisco Jurado y Nicolás Ruiz-Reyes: *A Honey Bee Foraging approach for optimal location of a biomass power plant*. Applied Energy, 87(7):2119–2127, 2010.
- [23] Ramírez Rubio, Santiago, Fabio Emiro Sierra y Carlos Alberto Guerrero: *Gasificación de materiales orgánicos residuales*. Ingeniería e Investigación, 31(3):17–25, 2011.
- [24] Sebastián Nogués, Fernando, Daniel García Galindo y Adeline Rezeau: *Energía de la biomasa II (Energías renovables)*, volumen 182. Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2010.
- [25] Negrete Gomez, Edwin Daniel y Cristian Felipe Zubiria Díaz: *Implementación de un prototipo para la microgeneración de potencia eléctrica empleando gas pobre en motores de combustión interna de encendido por chispa*. 2017.
- [26] OLIVEN. *Oportunidades para la mejora de la cadena de suministro del aceite de oliva a través de la valorización de subproductos*. 2020. <https://www.oleorevista.com/texto-diario/mostrar/3657021/oliven-proyecto-valorizar-subproductos-aceite>.
- [27] Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. BOE. 2019. <https://www.boe.es/boe/dias/2019/04/06/pdfs/BOE-A-2019-5089.pdf>.
- [28] Morales Díaz, José y Constancio Zamora Ramírez: *Los contratos de energía renovable (PPA)¿ deben registrarse contablemente como derivados o como simples acuerdos de suministro?* AECA. Revista de la Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas, 134, 12-14., 2021.

- [29] Corredoira, Pablo: *Mercado Eléctrico y precio de la electricidad en España*. HazEnergía, 2022.
- [30] *CENTRO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL. Programas de investigación y desarrollo*. 2019. <https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=802&MN=2>.
- [31] Aguado, Roque, David Vera, Diego A López-García, Juan P Torreglosa y Francisco Jurado: *Techno-economic assessment of a gasification plant for distributed cogeneration in the agrifood sector*. Applied Sciences, 11(2):660, 2021.
- [32] Mountouris, A., E. Voutsas y D. Tassios: *Solid waste plasma gasification: Equilibrium model development and exergy analysis*. Energy Conversion and Management, 47(13):1723–1737, 2006, ISSN 0196-8904. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890405002694>.
- [33] Basu, Prabir Kanti: *Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory*. 2010.
- [34] *Guía Técnica de Aplicación BT 40.INSTALACIONES GENERADORAS DE BAJA TENSIÓN*. 2013. https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/bt/Guia_bt_40_sep13R1.pdf.
- [35] *Guía Técnica de Aplicación BT 17.DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA*. 2020. https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/bt/ITC-BT-17_guia_E_Sep_20_R2.pdf.
- [36] *Real Decreto 709/2015, de 24 de julio, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los equipos a presión*. 2015. <https://www.boe.es/boe/dias/2015/09/02/pdfs/BOE-A-2015-9527.pdf>.

11 ANEXOS

GASIFICADOR 125 kWe			
MES	CONSUMIDO (kWh)	GENERADO (kWh)	Eautoconsumida
OCTUBRE	1674	9000	1674
NOVIEMBRE	29643	84000	29643
DICIEMBRE	108019	84000	84000
ENERO	137459	84000	84000
FEBRRERO	29001	60000	29001
MARZO	0	0	0
ABRIL	0	0	0
MAYO	0	0	0
TOTAL	305796	321000	228318

Tabla 39: Gasificador 125 kWe San Isidro 21-22

VIABILIDAD ECONÓMICA					
FLUJOS DE CAJA					
	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN	COK		1 %
PERIODO 0	-2.080.000 €	-1.456.000 €	VAN	TIR	
PERIODO 1	184.768,98 €	184.768,98 €	VAN SIN SUBVENCIÓN	TIR SIN SUBVENCIÓN	
PERIODO 2	186.616,67 €	186.616,67 €			
PERIODO 3	188.482,84 €	188.482,84 €	847.033,37 €	5 %	
PERIODO 4	190.367,67 €	190.367,67 €			
PERIODO 5	192.271,34 €	192.271,34 €	VAN CON SUBVENCIÓN	TIR CON SUBVENCIÓN	
PERIODO 6	194.194,06 €	194.194,06 €			
PERIODO 7	196.136,00 €	196.136,00 €	1.471.033,37 €	11 %	
PERIODO 8	198.097,36 €	198.097,36 €			
PERIODO 9	200.078,33 €	200.078,33 €			
PERIODO 10	202.079,11 €	202.079,11 €			
PERIODO 11	204.099,90 €	204.099,90 €			
PERIODO 12	206.140,90 €	206.140,90 €			
PERIODO 13	208.202,31 €	208.202,31 €			
PERIODO 14	210.284,34 €	210.284,34 €			
PERIODO 15	212.387,18 €	212.387,18 €			
PERIODO 16	214.511,05 €	214.511,05 €			

Tabla 40: Viabilidad económica 500 kWe Virgen del perpetuo Socorro 1

ESCENARIO 1 - 125 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)				
COSTES				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA	PERSONAL	GASTOS TOTALES	
3.600,00 €	1.411 €	17.680,00 €	22.691 €	
3.636,00 €	1.425 €	17.856,80 €	22.918 €	
3.672,36 €	1.440 €	18.035,37 €	23.147 €	
3.709,08 €	1.454 €	18.215,72 €	23.379 €	
3.746,17 €	1.469 €	18.397,88 €	23.613 €	
3.783,64 €	1.483 €	18.581,86 €	23.849 €	
3.821,47 €	1.498 €	18.767,68 €	24.087 €	
3.859,69 €	1.513 €	18.955,35 €	24.328 €	
3.898,28 €	1.528 €	19.144,91 €	24.571 €	
3.937 €	1.543 €	19.336,36 €	24.817 €	
3.977 €	1.559 €	19.529,72 €	25.065 €	
4.016 €	1.574 €	19.725,02 €	25.316 €	
4.057 €	1.590 €	19.922,27 €	25.569 €	
4.097 €	1.606 €	20.121,49 €	25.825 €	
4.138 €	1.622 €	20.322,70 €	26.083 €	
4.179 €	1.638 €	20.525,93 €	26.344 €	

Tabla 41: Cash Outflows Gasificador 125 kWe Perpetuo Socorro escenario 2

ESCENARIO 1 - 250 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)				
COSTES				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA	PERSONAL	GASTOS TOTALES	
13.920,00 €	3.049 €	17.680,00 €	34.649 €	
14.059,20 €	3.079 €	17.856,80 €	34.995 €	
14.199,79 €	3.110 €	18.035,37 €	35.345 €	
14.341,79 €	3.141 €	18.215,72 €	35.699 €	
14.485,21 €	3.173 €	18.397,88 €	36.056 €	
14.630,06 €	3.204 €	18.581,86 €	36.416 €	
14.776,36 €	3.236 €	18.767,68 €	36.780 €	
14.924,12 €	3.269 €	18.955,35 €	37.148 €	
15.073,37 €	3.301 €	19.144,91 €	37.520 €	
15.224,10 €	3.334 €	19.336,36 €	37.895 €	
15.376,34 €	3.368 €	19.529,72 €	38.274 €	
15.530,10 €	3.402 €	19.725,02 €	38.657 €	
15.685,40 €	3.436 €	19.922,27 €	39.043 €	
15.842,26 €	3.470 €	20.121,49 €	39.434 €	
16.000,68 €	3.505 €	20.322,70 €	39.828 €	
16.160,69 €	3.540 €	20.525,93 €	40.226 €	

Tabla 42: Cash Outflows Gasificador 250 kWe Perpetuo Socorro escenario 2

ESCENARIO 1 - 500 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)				
COSTES				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA	PERSONAL	GASTOS TOTALES	
27.840,00 €	6.948 €	17.680,00 €	52.468 €	
28.118,40 €	7.017 €	17.856,80 €	52.992 €	
28.399,58 €	7.087 €	18.035,37 €	53.522 €	
28.683,58 €	7.158 €	18.215,72 €	54.057 €	
28.970,42 €	7.230 €	18.397,88 €	54.598 €	
29.260,12 €	7.302 €	18.581,86 €	55.144 €	
29.552,72 €	7.375 €	18.767,68 €	55.695 €	
29.848,25 €	7.449 €	18.955,35 €	56.252 €	
30.146,73 €	7.523 €	19.144,91 €	56.815 €	
30.448,20 €	7.598 €	19.336,36 €	57.383 €	
30.752,68 €	7.674 €	19.529,72 €	57.957 €	
31.060,21 €	7.751 €	19.725,02 €	58.536 €	
31.370,81 €	7.829 €	19.922,27 €	59.122 €	
31.684,52 €	7.907 €	20.121,49 €	59.713 €	
32.001,36 €	7.986 €	20.322,70 €	60.310 €	
32.321,38 €	8.066 €	20.525,93 €	60.913 €	

Tabla 43: Cash Outflows Gasificador 500 kWe Perpetuo Socorro escenario 2

ESCENARIO 1 - 125 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)								
VARIABLES ENTRADAS DE EFECTIVO (CASH INFLOWS)								
AHORRO TRICIDAD	ELEC-	VENTA CIDAD	ELECTRI-	AHORRO TACIÓN LLO	EXPOR-ORUJI-	AHORRO USO HUE-SO	VENTA BIOCHAR	BENEFICIO
82.833 €			18.748,80 €	21.185 €		4.455,81 €	14.414,40 €	141.636,72 €
83.661 €			18.936,29 €	21.397 €		4.500,36 €	14.558,54 €	143.053,08 €
84.498 €			19.125,65 €	21.611 €		4.545,37 €	14.704,13 €	144.483,61 €
85.343 €			19.316,91 €	21.827 €		4.590,82 €	14.851,17 €	145.928,45 €
86.196 €			19.510,08 €	22.045 €		4.636,73 €	14.999,68 €	147.387,73 €
87.058 €			19.705,18 €	22.265 €		4.683,10 €	15.149,68 €	148.861,61 €
87.929 €			19.902,23 €	22.488 €		4.729,93 €	15.301,18 €	150.350,23 €
88.808 €			20.101,25 €	22.713 €		4.777,23 €	15.454,19 €	151.853,73 €
89.696 €			20.302,26 €	22.940 €		4.825,00 €	15.608,73 €	153.372,27 €
90.593 €			20.505,29 €	23.170 €		4.873,25 €	15.764,82 €	154.905,99 €
91.499 €			20.710,34 €	23.401 €		4.921,98 €	15.922,47 €	156.455,05 €
92.414 €			20.917,44 €	23.635 €		4.971,20 €	16.081,69 €	158.019,60 €
93.338 €			21.126,62 €	23.872 €		5.020,91 €	16.242,51 €	159.599,80 €
94.272 €			21.337,88 €	24.110 €		5.071,12 €	16.404,93 €	161.195,79 €
95.214 €			21.551,26 €	24.351 €		5.121,83 €	16.568,98 €	162.807,75 €
96.166 €			21.766,77 €	24.595 €		5.173,05 €	16.734,67 €	164.435,83 €

Tabla 44: Cash Intflows Gasificador 125 kW Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2

ESCENARIO 1 - 250 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)								
VARIABLES ENTRADAS DE EFECTIVO (CASH INFLOWS)								
AHORRO TRICIDAD	ELEC-	VENTA	ELECTRI-	AHORRO	EXPOR-	AHORRO	USO HUE-	BENEFICIO
		CIDAD		TACIÓN	ORUJI-	SO		
			LLO					
115.658 €			37.497,60 €	42.370 €			9.109,65 €	233.501,53 €
116.815 €			37.872,58 €	42.793 €			9.200,74 €	235.836,55 €
117.983 €			38.251,30 €	43.221 €			9.292,75 €	238.194,91 €
119.163 €			38.633,81 €	43.653 €			9.385,68 €	240.576,86 €
120.355 €			39.020,15 €	44.090 €			9.479,54 €	242.982,63 €
121.558 €			39.410,35 €	44.531 €			9.574,33 €	245.412,46 €
122.774 €			39.804,46 €	44.976 €			9.670,07 €	247.866,58 €
124.002 €			40.202,50 €	45.426 €			9.766,78 €	250.345,25 €
125.242 €			40.604,53 €	45.880 €			9.864,44 €	252.848,70 €
126.494 €			41.010,57 €	46.339 €			9.963,09 €	255.377,19 €
127.759 €			41.420,68 €	46.802 €			10.062,72 €	257.930,96 €
129.036 €			41.834,89 €	47.270 €			10.163,35 €	260.510,27 €
130.327 €			42.253,23 €	47.743 €			10.264,98 €	263.115,37 €
131.630 €			42.675,77 €	48.221 €			10.367,63 €	265.746,53 €
132.946 €			43.102,52 €	48.703 €			10.471,30 €	268.403,99 €
134.276 €			43.533,55 €	49.190 €			10.576,02 €	271.088,03 €

Tabla 45: Cash Intflows Gasificador 250 kW Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2

ESCENARIO 1 - 500 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)								
VARIABLES ENTRADAS DE EFECTIVO (CASH INFLOWS)								
AHORRO TRICIDAD	ELEC-	VENTA	ELECTRI-	AHORRO	EXPOR-	AHORRO	USO HUE-	BENEFICIO
		CIDAD		TACIÓN	ORUJI-	SO		
			LLO					
163.231 €			74.995,20 €	84.739 €			17.823,22 €	398.446,23 €
164.863 €			75.745,15 €	85.587 €			18.001,46 €	402.430,69 €
166.512 €			76.502,60 €	86.442 €			18.181,47 €	406.455,00 €
168.177 €			77.267,63 €	87.307 €			18.363,28 €	410.519,55 €
169.859 €			78.040,31 €	88.180 €			18.546,92 €	414.624,75 €
171.557 €			78.820,71 €	89.062 €			18.732,39 €	418.770,99 €
173.273 €			79.608,92 €	89.952 €			18.919,71 €	422.958,70 €
175.006 €			80.405,01 €	90.852 €			19.108,91 €	427.188,29 €
176.756 €			81.209,06 €	91.760 €			19.300,00 €	431.460,17 €
178.523 €			82.021,15 €	92.678 €			19.493,00 €	435.774,77 €
180.309 €			82.841,36 €	93.605 €			19.687,93 €	440.132,52 €
182.112 €			83.669,77 €	94.541 €			19.884,81 €	444.533,85 €
183.933 €			84.506,47 €	95.486 €			20.083,65 €	448.979,19 €
185.772 €			85.351,53 €	96.441 €			20.284,49 €	453.468,98 €
187.630 €			86.205,05 €	97.406 €			20.487,34 €	458.003,67 €
189.506 €			87.067,10 €	98.380 €			20.692,21 €	462.583,70 €

Tabla 46: Cash Intflows Gasificador 500 kW Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2

VIABILIDAD ECONÓMICA					
FLUJOS DE CAJA					
	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN	COK		1 %
PERIODO 0	-815.000 €	-570.500 €	VAN	TIR	
PERIODO 1	115.585,52 €	115.585,52 €	VAN SIN SUBVENCIÓN	TIR SIN SUBVENCIÓN	
PERIODO 2	116.741,37 €	116.741,37 €			
PERIODO 3	117.908,78 €	117.908,78 €	1.016.057,67 €	13 %	
PERIODO 4	119.087,87 €	119.087,87 €			
PERIODO 5	120.278,75 €	120.278,75 €	VAN CON SUBVENCIÓN	TIR CON SUBVENCIÓN	
PERIODO 6	121.481,54 €	121.481,54 €			
PERIODO 7	122.696,35 €	122.696,35 €	1.260.557,67 €	20 %	
PERIODO 8	123.923,32 €	123.923,32 €			
PERIODO 9	125.162,55 €	125.162,55 €			
PERIODO 10	126.414,18 €	126.414,18 €			
PERIODO 11	127.678,32 €	127.678,32 €			
PERIODO 12	128.955,10 €	128.955,10 €			
PERIODO 13	130.244,65 €	130.244,65 €			
PERIODO 14	131.547,10 €	131.547,10 €			
PERIODO 15	132.862,57 €	132.862,57 €			
PERIODO 16	134.191,20 €	134.191,20 €			

Tabla 47: Viabilidad económica 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2

VIABILIDAD ECONÓMICA					
FLUJOS DE CAJA					
	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN	COK		1 %
PERIODO 0	-1.330.000 €	-931.000 €	VAN	TIR	
PERIODO 1	198.852,67 €	198.852,67 €	VAN SIN SUBVENCIÓN	TIR SIN SUBVENCIÓN	
PERIODO 2	200.841,20 €	200.841,20 €			
PERIODO 3	202.849,61 €	202.849,61 €	1.820.141,35 €	14 %	
PERIODO 4	204.878,11 €	204.878,11 €			
PERIODO 5	206.926,89 €	206.926,89 €	VAN CON SUBVENCIÓN	TIR CON SUBVENCIÓN	
PERIODO 6	208.996,16 €	208.996,16 €			
PERIODO 7	211.086,12 €	211.086,12 €	2.219.141,35 €	21 %	
PERIODO 8	213.196,98 €	213.196,98 €			
PERIODO 9	215.328,95 €	215.328,95 €			
PERIODO 10	217.482,24 €	217.482,24 €			
PERIODO 11	219.657,06 €	219.657,06 €			
PERIODO 12	221.853,63 €	221.853,63 €			
PERIODO 13	224.072,17 €	224.072,17 €			
PERIODO 14	226.312,89 €	226.312,89 €			
PERIODO 15	228.576,02 €	228.576,02 €			
PERIODO 16	230.861,78 €	230.861,78 €			

Tabla 48: Viabilidad económica 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2

VIABILIDAD ECONÓMICA					
FLUJOS DE CAJA					
	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN	COK		1 %
PERIODO 0	-2.080.000 €	-1.456.000 €	VAN	TIR	
PERIODO 1	345.978,62 €	345.978,62 €	VAN SIN SUBVENCIÓN	TIR SIN SUBVENCIÓN	
PERIODO 2	349.438,41 €	349.438,41 €			
PERIODO 3	352.932,79 €	352.932,79 €	3.400.849,49 €	16 %	
PERIODO 4	356.462,12 €	356.462,12 €			
PERIODO 5	360.026,74 €	360.026,74 €	VAN CON SUBVENCIÓN	TIR CON SUBVENCIÓN	
PERIODO 6	363.627,01 €	363.627,01 €			
PERIODO 7	367.263,28 €	367.263,28 €	4.024.849,49 €	24 %	
PERIODO 8	370.935,91 €	370.935,91 €			
PERIODO 9	374.645,27 €	374.645,27 €			
PERIODO 10	378.391,73 €	378.391,73 €			
PERIODO 11	382.175,64 €	382.175,64 €			
PERIODO 12	385.997,40 €	385.997,40 €			
PERIODO 13	389.857,37 €	389.857,37 €			
PERIODO 14	393.755,95 €	393.755,95 €			
PERIODO 15	397.693,51 €	397.693,51 €			
PERIODO 16	401.670,44 €	401.670,44 €			

Tabla 49: Viabilidad económica 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 2

VARIABLES ESTUDIO ECONÓMICO				
Potencia Eléctrica Nominal	500	250	125	
Días de Funcionamiento (Fuera de Cosecha)	28	28	28	
Periodo de Cosecha	107	107	107	
Periodo Fuera de Cosecha	140	140	140	
Horas de Funcionamiento	24	24	24	
PCI Hueso (kj/kg)	17,95	17,95	17,95	
Rendimiento de la Caldera	0,7	0,7	0,7	
Consumo de orujo graso seco peletizado del gasificador, kg/h	616	308,4	154	
Vida útil de la Planta	15	15	15	
Subvención	0,35	0,35	0,35	
Precio Venta Biochar (€/T)	100	100	100	
Exportación Orujillo (€/T)	9,7	9,7	9,7	
Coste Personal Diario (€/Día)	68	68	68	
Coste de Operación y Mantenimiento	0,01	0,01	0,01	
Incremento Anual Personal y Mantenimiento	1,01	1,01	1,01	
Incremento Anual	1,01	1,01	1,01	

Tabla 50: Variables estudio económico

CAMPAÑA 21-22 SAN ISIDRO	
kg Aceituna	10597869
kg Aceite	2119574
kg Alpeorajo Graso	7418508
kg Hueso	847830
Hueso Autoconsumido	89022
Orujillo 20 %	3264144
Biochar	0,15

Tabla 51: Datos cosecha San Isidro 21-22

RESUMEN POTENCIA		
MES	TOTAL POTENCIA Kw	TOTAL FACTURACIÓN
OCTUBRE	5490	171,78 €
NOVIEMBRE	54900	1.717,81 €
DICIEMBRE	56730	1.775,07 €
ENERO	56730	1.775,07 €
FEBRERO	36600	1.145,21 €
MARZO	0	0,00 €
ABRIL	0	0,00 €
MAYO	0	0,00 €

Tabla 52: Consumo potencia San Isidro

RESUMEN CONSUMO		
MES	TOTAL ENERGÍA (KWh)	TOTAL FACTURACIÓN
OCTUBRE	1674	293,69 €
NOVIEMBRE	29643	5.200,67 €
DICIEMBRE	108019	18.951,23 €
ENERO	137459	24.116,29 €
FEBRERO	29001	5.088,04 €
MARZO	0	0,00 €
ABRIL	0	0,00 €
MAYO	0	0,00 €

Tabla 53: Consumo Energía San Isidro

GASIFICADOR 250 kWe								
MES	CONSUMIDO (kWh)	GENERADO (kWh)	Eautoconsumida	Evendida	EIMPORTADA	EDESAPROVECHADA		
OCTUBRE	1674	18000	1674	0	0	16326		
NOVIEMBRE	29643	168000	29643	0	0	138357		
DICIEMBRE	108019	168000	108019	0	0	59981		
ENERO	137459	168000	137459	0	0	30541		
FEBRERO	29001	120000	29001	0	0	90999		
MARZO	0	0	0	0	0	0		
ABRIL	0	0	0	0	0	0		
MAYO	0	0	0	0	0	0		
TOTAL	305796	642000	305796	0	0	336204		

Tabla 54: Gasificador 250 kWe San Isidro 21-22

GASIFICADOR 500 kWe									
MES	CONSUMIDO (kWh)	GENERADO (kWh)	Eautoconsumida	Evendida	EIMPORTADA	EDESAPROVECHADA			
OCTUBRE	1674	36000	1674	0	0	34326			
NOVIEMBRE	29643	336000	29643	0	0	306357			
DICIEMBRE	108019	336000	108019	0	0	227981			
ENERO	137459	336000	137459	0	0	198541			
FEBRERO	29001	240000	29001	0	0	210999			
MARZO	0	0	0	0	0	0			
ABRIL	0	0	0	0	0	0			
MAYO	0	0	0	0	0	0			
TOTAL	305796	1284000	305796	0	0	978204			

Tabla 55: Gasificador 500 kWe San Isidro 21-22

GASIFICADOR 125 kWe						
MES	CONSUMIDO (kWh)	GENERADO (kWh)	Eautoconsumida	EIMPORTADA	EVENDIDA	
OCTUBRE	1674	9000	1674	0	7326	
NOVIEMBRE	29643	84000	29643	0	54357	
DICIEMBRE	108019	84000	84000	24019	0	
ENERO	137459	84000	84000	53459	0	
FEBRERO	29001	60000	29001	0	30999	
MARZO	0	0	0	0	0	
ABRIL	0	0	0	0	0	
MAYO	0	0	0	0	0	
TOTAL	305796	321000	228318	77478	92682	

Tabla 56: Gasificador 125 kWe San Isidro 21-22 Escenario 2

GASIFICADOR 250 kWe					
MES	CONSUMIDO (kWh)	GENERADO (kWh)	Eautoconsumida	EIMPORTADA	EVENDIDA
OCTUBRE	1674	18000	1674	0	16326
NOVIEMBRE	29643	168000	29643	0	138357
DICIEMBRE	108019	168000	108019	0	59981
ENERO	137459	168000	137459	0	30541
FEBRERO	29001	120000	29001	0	90999
MARZO	0	0	0	0	0
ABRIL	0	0	0	0	0
MAYO	0	0	0	0	0
TOTAL	305796	642000	305796	0	336204

Tabla 57: Gasificador 250 kWe San Isidro 21-22 Escenario 2

GASIFICADOR 500 kWe					
MES	CONSUMIDO (kWh)	GENERADO (kWh)	Eautoconsumida	EIMPORTADA	EVENDIDA
OCTUBRE	1674	36000	1674	0	34326
NOVIEMBRE	29643	336000	29643	0	306357
DICIEMBRE	108019	336000	108019	0	227981
ENERO	137459	336000	137459	0	198541
FEBRERO	29001	240000	29001	0	210999
MARZO	0	0	0	0	0
ABRIL	0	0	0	0	0
MAYO	0	0	0	0	0
TOTAL	305796	1284000	305796	0	978204

Tabla 58: Gasificador 500 kWe San Isidro 21-22 Escenario 2

GASIFICADOR 125 kWe	
MES	EVENDIDA
MARZO	84000
ABRIL	84000
MAYO	84000
JUNIO	84000
JULIO	0
AGOSTO	0
SEPTIEMBRE	84000
TOTAL	420000

Tabla 59: Venta de Energía 21-22 San Isidro 125 kWe

GASIFICADOR 250 kWe	
MES	EVENDIDA
MARZO	168000
ABRIL	168000
MAYO	168000
JUNIO	168000
JULIO	0
AGOSTO	0
SEPTIEMBRE	168000
TOTAL	840000

Tabla 60: Venta de Energía 21-22 San Isidro 250 kWe

GASIFICADOR 500 kWe	
MES	EVENDIDA
MARZO	336000
ABRIL	336000
MAYO	336000
JUNIO	336000
JULIO	0
AGOSTO	0
SEPTIEMBRE	336000
TOTAL	1680000

Tabla 61: Venta de Energía 21-22 San Isidro 500 kWe

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN						
POTENCIA PLANTA	POTENCIA NECESARIA (Kwt)	CIRCUITO REFRIGERACIÓN (Kwt)	POTENCIA APORTADA CADOR(Kwt)	BALANCE (Kwt)	HUESO SARIO ABASTECER LA DEMANDA (T)	HUESO CEDENTE (Sobranate; se puede vender)
224						
500	120,99	360	360	239,01	0,000	89,022
250	120,99	184	184	63,01	0,000	89,022
125	120,99	90	90	-30,99	22,804	66,218

Tabla 62: Cálculo energía térmica

ESCENARIO 1	
TIPO DE ESCENARIO	BIOCHAR OBTENIDO (ton/año)
500	237,2832
250	118,79568
125	59,3208

Tabla 63: Biochar Obtenido Escenario 1 San Isidro

ESCENARIO 2	
TIPO DE ESCENARIO	BIOCHAR OBTENIDO (ton/año)
500	547,7472
250	274,22928
125	136,9368

Tabla 64: Biochar Obtenido Escenario 2 San Isidro

ESCENARIO 1		
PLANTA	PELLETS OBTENIDO (ton/año)	PELLETS NECESARIO (ton/año)
500	3264,143652	1581,888
250	3264,143652	791,9712
125	3264,143652	395,472

Tabla 65: Pellet necesario escenario 1 San Isidro

ESCENARIO 2		
PLANTA	PELLETS OBTENIDO (ton/año)	PELLETS NECESARIO (ton/año)
500	3264,143652	3651,648
250	3264,143652	1828,1952
125	3264,143652	912,912

Tabla 66: Pellet necesario escenario 2 San Isidro

VARIABLES ESTUDIO ECONÓMICO				
Potencia Eléctrica Nominal	500	250	125	
Días de Funcionamiento (Fuera de Cosecha)	28	28	28	
Periodo de Cosecha	120	120	120	
Periodo Fuera de Cosecha	140	140	140	
Horas de Funcionamiento	24	24	24	
PCI Hueso (kj/kg)	17,95	17,95	17,95	
Rendimiento de la Caldera	0,7	0,7	0,7	
Consumo de orujo graso seco peletizado del gasificador, kg/h	616	308,4	154	
Vida útil de la Planta	15	15	15	
Subvención	0,35	0,35	0,35	
Precio Venta Biochar (€/T)	100	100	100	
Exportación Orujillo (€/T)	9,7	9,7	9,7	
Coste Personal Diario (€/Día)	68	68	68	
Coste de Operación y Mantenimiento	0,01	0,01	0,01	
Incremento Anual Personal y Mantenimiento	1,01	1,01	1,01	
Incremento Anual	1,01	1,01	1,01	

Tabla 67: Variables estudio económico Perpetuo Socorro 20-21

CAMPAÑA 20-21 PERPETUO SOCORRO	
kg Aceituna	48000000
kg Aceite	9600000
kg Alpeorajo Graso	33600000
kg Hueso	3840000
Hueso Autoconsumido	403200
Orujillo 20 %	14784000
Biochar	0,15

Tabla 68: Datos cosecha Perpetuo Socorro 20-21

RESUMEN CONSUMO		
MES	TOTAL ENERGÍA (KWh)	TOTAL FACTURACIÓN
OCTUBRE	0	0,00 €
NOVIEMBRE	114081	7.867,25 €
DICIEMBRE	324806	22.399,26 €
ENERO	398307	27.468,03 €
FEBRERO	289847	19.988,42 €
MARZO	65074	4.487,63 €
ABRIL	0	0,00 €
MAYO	0	0,00 €

Tabla 69: Consumo energía Perpetuo Socorro

RESUMEN POTECNIA		
MES	TOTAL POTENCIA Kw	TOTAL FACTURACIÓN
OCTUBRE	0	0,00 €
NOVIEMBRE	162400	8.036,00 €
DICIEMBRE	179800	8.897,00 €
ENERO	179800	8.897,00 €
FEBRERO	162400	8.036,00 €
MARZO	46400	2.296,00 €
ABRIL	0	0,00 €
MAYO	0	0,00 €

Tabla 70: Consumo potencia Perpetuo Socorro

GASIFICADOR 125 kWe								
MES	CONSUMIDO (kWh)	GENERADO (kWh)	Eautoconsumida	Evendida	EIMPORTADA	EDESAPROVECHADA		
OCTUBRE	0	0	0	0	0	0		0
NOVIEMBRE	114081	84000	84000	0	30081			0
DICIEMBRE	324806	84000	84000	0	240806			0
ENERO	398307	84000	84000	0	314307			0
FEBRERO	289847	84000	84000	0	205847			0
MARZO	65074	24000	24000	0	41074			0
ABRIL	0	0	0	0	0			0
MAYO	0	0	0	0	0			0
TOTAL	1192115	360000	360000	0	832115			0

Tabla 71: Gasificador 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro 20-21

GASIFICADOR 250 kWe								
MES	CONSUMIDO (kWh)	GENERADO (kWh)	Eautoconsumida	Evendida	EIMPORTADA	EDESAPROVECHADA		
OCTUBRE	0	0	0	0	0	0	0	
NOVIEMBRE	114081	168000	114081	0	0	0	53919	
DICIEMBRE	324806	168000	168000	0	156806	0	0	
ENERO	398307	168000	168000	0	230307	0	0	
FEBRERO	289847	168000	168000	0	121847	0	0	
MARZO	65074	48000	48000	0	17074	0	0	
ABRIL	0	0	0	0	0	0	0	
MAYO	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	1192115	720000	666081	0	526034	53919		

Tabla 72: Gasificador 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro 20-21

GASIFICADOR 500 kWe								
MES	CONSUMIDO (kWh)	GENERADO (kWh)	Eautoconsumida	Evendida	EIMPORTADA	EDESAPROVECHADA		
OCTUBRE	0	0	0	0	0	0		
NOVIEMBRE	114081	336000	114081	0	0		221919	
DICIEMBRE	324806	336000	324806	0	0		11194	
ENERO	398307	336000	336000	0	62307		0	
FEBRERO	289847	336000	289847	0	0		46153	
MARZO	65074	96000	65074	0	0		30926	
ABRIL	0	0	0	0	0		0	
MAYO	0	0	0	0	0		0	
TOTAL	1192115	1440000	1129808	0	62307		310192	

Tabla 73: Gasificador 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro 20-21

GASIFICADOR 125 kWe						
MES	CONSUMIDO (kWh)	GENERADO (kWh)	Eautoconsumida	EIMPORTADA	EVENDIDA	
OCTUBRE	0	0	0	0	0	
NOVIEMBRE	114081	84000	84000	30081	0	
DICIEMBRE	324806	84000	84000	240806	0	
ENERO	398307	84000	84000	314307	0	
FEBRRERO	289847	84000	84000	205847	0	
MARZO	65074	24000	24000	41074	0	
ABRIL	0	0	0	0	0	
MAYO	0	0	0	0	0	
TOTAL	1192115	360000	360000	832115	0	

Tabla 74: Gasificador 125 kWe Virgen del Perpetuo Socorro 20-21 Escenario 2

GASIFICADOR 250 kWe						
MES	CONSUMIDO (kWh)	GENERADO (kWh)	Eautoconsumida	EIMPORTADA	EVENDIDA	
OCTUBRE	0	0	0	0	0	
NOVIEMBRE	114081	168000	114081	0	53919	
DICIEMBRE	324806	168000	168000	156806	0	
ENERO	398307	168000	168000	230307	0	
FEBRERO	289847	168000	168000	121847	0	
MARZO	65074	48000	48000	17074	0	
ABRIL	0	0	0	0	0	
MAYO	0	0	0	0	0	
TOTAL	1192115	720000	666081	526034	53919	

Tabla 75: Gasificador 250 kWe Virgen del Perpetuo Socorro 20-21 Escenario 2

GASIFICADOR 500 kWe						
MES	CONSUMIDO (kWh)	GENERADO (kWh)	Eautoconsumida	EIMPORTADA	EVENDIDA	
OCTUBRE	0	0	0	0	0	
NOVIEMBRE	114081	336000	114081	0	221919	
DICIEMBRE	324806	336000	324806	0	11194	
ENERO	398307	336000	336000	62307	0	
FEBRERO	289847	336000	289847	0	46153	
MARZO	65074	96000	65074	0	30926	
ABRIL	0	0	0	0	0	
MAYO	0	0	0	0	0	
TOTAL	1192115	1440000	1129808	62307	310192	

Tabla 76: Gasificador 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro 20-21 Escenario 2

GASIFICADOR 125 kWe	
MES	EVENDIDA
MARZO	0
ABRIL	84000
MAYO	84000
JUNIO	84000
JULIO	0
AGOSTO	0
SEPTIEMBRE	84000
TOTAL	336000

Tabla 77: Venta de Energía 21-22 Virgen del Perpetuo Socorro 125 kWe

GASIFICADOR 250 kWe	
MES	EVENDIDA
MARZO	0
ABRIL	168000
MAYO	168000
JUNIO	168000
JULIO	0
AGOSTO	0
SEPTIEMBRE	168000
TOTAL	672000

Tabla 78: Venta de Energía 21-22 Virgen del Perpetuo Socorro 250 kWe

GASIFICADOR 500 kWe	
MES	EVENDIDA
MARZO	0
ABRIL	336000
MAYO	336000
JUNIO	336000
JULIO	0
AGOSTO	0
SEPTIEMBRE	336000
TOTAL	1344000

Tabla 79: Venta de Energía 21-22 Virgen del Perpetuo Socorro 500 kWe

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN							
POTENCIA PLANTA	POTENCIA NECESARIA (Kwt)	CIRCUITO REFRIGERACIÓN (Kwt)	POTENCIA APORTADA CADOR(Kwt)	TÉRMICA GASIFI-	BALANCE (Kwt)	HUESO NECESARIO PARA ABASTECER LA DEMANDA (T)	HUESO CEDENTE (Sobranante; se puede vender)
235							
500	488,64	360	360		-128,64	106,146	297,054
250	488,64	184	184		-304,64	251,373	151,827
125	488,64	90	90		-398,64	328,937	74,263

Tabla 80: Cálculo energía térmica Virgen del Perpetuo Socorro 20-21

ESCENARIO 1	
TIPO DE ESCENARIO	BIOCHAR OBTENIDO (ton/año)
500	266,112
250	133,2288
125	66,528

Tabla 81: Biochar obtenido escenario 1 Perpetuo Socorro

ESCENARIO 2	
TIPO DE ESCENARIO	BIOCHAR OBTENIDO (ton/año)
500	576,576
250	288,6624
125	144,144

Tabla 82: Biochar obtenido escenario 2 Virgen del Perpetuo Socorro

Tabla 83: Add caption

ESCENARIO 1		
PLANTA	PELLETS OBTENIDO (ton/año)	PELLETS NECESARIO (ton/año)
500	14784	1774,08
250	14784	888,192
125	14784	443,52

Tabla 84: Pellet necesario escenario 1 Virgen del Perpetuo Socorro

Tabla 85: Add caption

ESCENARIO 2		
PLANTA	PELLETS OBTENIDO (ton/año)	PELLETS NECESARIO (ton/año)
500	14784	3843,84
250	14784	1924,416
125	14784	960,96

Tabla 86: Pellet necesario escenario 2 Virgen del Perpetuo Socorro

SIN GASIFICADOR						
POTENCIA	COSTE GÍA	ENER-	COSTE POTEN- CIA	COSTE HUESO ACEITUNA	IMPUESTO ELÉCTRICO	IVA
500	53.649,92 €		6.584,95 €	5.341,33 €	2.635,71 €	11.379,48 €
250	53.649,92 €		6.584,95 €	5.341,33 €	2.635,71 €	11.379,48 €
125	53.649,92 €		6.584,95 €	5.341,33 €	2.635,71 €	11.379,48 €

Tabla 87: Costes Almazara sin gasificador San Isidro

ESCENARIO 1 - 125 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)				
COSTES				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA	PERSONAL	GASTOS TOTALES	
3.210,00 €	0 €	7.276,00 €	10.486 €	
3.242,10 €	0 €	7.348,76 €	10.591 €	
3.274,52 €	0 €	7.422,25 €	10.697 €	
3.307,27 €	0 €	7.496,47 €	10.804 €	
3.340,34 €	0 €	7.571,43 €	10.912 €	
3.373,74 €	0 €	7.647,15 €	11.021 €	
3.407,48 €	0 €	7.723,62 €	11.131 €	
3.441,55 €	0 €	7.800,86 €	11.242 €	
3.475,97 €	0 €	7.878,87 €	11.355 €	
3.511 €	0 €	7.957,65 €	11.468 €	
3.546 €	0 €	8.037,23 €	11.583 €	
3.581 €	0 €	8.117,60 €	11.699 €	
3.617 €	0 €	8.198,78 €	11.816 €	
3.653 €	0 €	8.280,77 €	11.934 €	
3.690 €	0 €	8.363,57 €	12.053 €	
3.727 €	0 €	8.447,21 €	12.174 €	

Tabla 88: Cash Outflows Gasificador 125 kWe San Isidro escenario 1

ESCENARIO 1 - 500 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)				
COSTES				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA	PERSONAL	GASTOS TOTALES	
12.840,00 €	0 €	7.276,00 €	20.116 €	
12.968,40 €	0 €	7.348,76 €	20.317 €	
13.098,08 €	0 €	7.422,25 €	20.520 €	
13.229,06 €	0 €	7.496,47 €	20.726 €	
13.361,36 €	0 €	7.571,43 €	20.933 €	
13.494,97 €	0 €	7.647,15 €	21.142 €	
13.629,92 €	0 €	7.723,62 €	21.354 €	
13.766,22 €	0 €	7.800,86 €	21.567 €	
13.903,88 €	0 €	7.878,87 €	21.783 €	
14.042,92 €	0 €	7.957,65 €	22.001 €	
14.183,35 €	0 €	8.037,23 €	22.221 €	
14.325,18 €	0 €	8.117,60 €	22.443 €	
14.468,43 €	0 €	8.198,78 €	22.667 €	
14.613,12 €	0 €	8.280,77 €	22.894 €	
14.759,25 €	0 €	8.363,57 €	23.123 €	
14.906,84 €	0 €	8.447,21 €	23.354 €	

Tabla 89: Cash Outflows Gasificador 500 kWe San Isidro escenario 1

ESCENARIO 1 - 250 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)				
COSTES				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA	PERSONAL	GASTOS TOTALES	
6.420,00 €	0 €	7.276,00 €	13.696 €	
6.484,20 €	0 €	7.348,76 €	13.833 €	
6.549,04 €	0 €	7.422,25 €	13.971 €	
6.614,53 €	0 €	7.496,47 €	14.111 €	
6.680,68 €	0 €	7.571,43 €	14.252 €	
6.747,48 €	0 €	7.647,15 €	14.395 €	
6.814,96 €	0 €	7.723,62 €	14.539 €	
6.883,11 €	0 €	7.800,86 €	14.684 €	
6.951,94 €	0 €	7.878,87 €	14.831 €	
7.021,46 €	0 €	7.957,65 €	14.979 €	
7.091,67 €	0 €	8.037,23 €	15.129 €	
7.162,59 €	0 €	8.117,60 €	15.280 €	
7.234,22 €	0 €	8.198,78 €	15.433 €	
7.306,56 €	0 €	8.280,77 €	15.587 €	
7.379,62 €	0 €	8.363,57 €	15.743 €	
7.453,42 €	0 €	8.447,21 €	15.901 €	

Tabla 90: Cash Outflows Gasificador 125 kWe San Isidro escenario 1

ESCENARIO 1 - 125 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)									
VARIABLES ENTRADAS DE EFECTIVO (CASH INFLOWS)									
AHORRO TRICIDAD	ELEC-	VENTA	ELECTRI- CIDAD	AHORRO TACIÓN LLO	EXPOR- ORUJI-	AHORRO USO SO	VENTA BIOCHAR	BENEFICIO	
52.144 €			0	8.718 €		3.973,09 €	5.932,08 €	70.767,74 €	
52.666 €			0	8.806 €		4.012,82 €	5.991,40 €	71.475,42 €	
53.192 €			0	8.894 €		4.052,95 €	6.051,31 €	72.190,17 €	
53.724 €			0	8.983 €		4.093,48 €	6.111,83 €	72.912,07 €	
54.261 €			0	9.072 €		4.134,42 €	6.172,95 €	73.641,19 €	
54.804 €			0	9.163 €		4.175,76 €	6.234,68 €	74.377,61 €	
55.352 €			0	9.255 €		4.217,52 €	6.297,02 €	75.121,38 €	
55.906 €			0	9.347 €		4.259,69 €	6.359,99 €	75.872,60 €	
56.465 €			0	9.441 €		4.302,29 €	6.423,59 €	76.631,32 €	
57.029 €			0	9.535 €		4.345,31 €	6.487,83 €	77.397,64 €	
57.600 €			0	9.630 €		4.388,77 €	6.552,71 €	78.171,61 €	
58.176 €			0	9.727 €		4.432,65 €	6.618,23 €	78.953,33 €	
58.757 €			0	9.824 €		4.476,98 €	6.684,42 €	79.742,86 €	
59.345 €			0	9.922 €		4.521,75 €	6.751,26 €	80.540,29 €	
59.938 €			0	10.022 €		4.566,97 €	6.818,77 €	81.345,69 €	
60.538 €			0	10.122 €		4.612,64 €	6.886,96 €	82.159,15 €	

Tabla 91: Cash Intflows Gasificados de 125 kW en San Isidro escenario 1

ESCENARIO 1 - 250 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)									
VARIABLES ENTRADAS DE EFECTIVO (CASH INFLOWS)									
AHORRO TRICIDAD	ELEC-	VENTA	ELECTRI-	AHORRO TACIÓN LLO		EXPOR-	USO HUE-	VENTA BIOCHAR	BENEFICIO
70.493 €			0		17.437 €		5.341,33 €	11.879,57 €	105.150,65 €
71.198 €			0		17.611 €		5.394,74 €	11.998,36 €	106.202,15 €
71.910 €			0		17.787 €		5.448,69 €	12.118,35 €	107.264,17 €
72.629 €			0		17.965 €		5.503,17 €	12.239,53 €	108.336,81 €
73.355 €			0		18.145 €		5.558,21 €	12.361,93 €	109.420,18 €
74.089 €			0		18.326 €		5.613,79 €	12.485,55 €	110.514,38 €
74.830 €			0		18.509 €		5.669,93 €	12.610,40 €	111.619,53 €
75.578 €			0		18.695 €		5.726,62 €	12.736,50 €	112.735,72 €
76.334 €			0		18.881 €		5.783,89 €	12.863,87 €	113.863,08 €
77.097 €			0		19.070 €		5.841,73 €	12.992,51 €	115.001,71 €
77.868 €			0		19.261 €		5.900,15 €	13.122,43 €	116.151,73 €
78.647 €			0		19.454 €		5.959,15 €	13.253,66 €	117.313,25 €
79.433 €			0		19.648 €		6.018,74 €	13.386,19 €	118.486,38 €
80.228 €			0		19.845 €		6.078,93 €	13.520,06 €	119.671,24 €
81.030 €			0		20.043 €		6.139,72 €	13.655,26 €	120.867,95 €
81.840 €			0		20.243 €		6.201,11 €	13.791,81 €	122.076,63 €

Tabla 92: Cash Intflows Gasificador 250 kW San Isidro escenario 1

ESCENARIO 1 - 500 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)							
VARIABLES ENTRADAS DE EFECTIVO (CASH INFLOWS)							
AHORRO TRICIDAD	ELEC-	VENTA CIDAD	ELECTRI-	AHORRO TACIÓN LLO	EXPOR- ORUJI-	AHORRO USO SO	BENEFICIO
71.717 €			0	34.873 €		5.341,33 €	135.659,62 €
72.434 €			0	35.222 €		5.394,74 €	137.016,21 €
73.158 €			0	35.574 €		5.448,69 €	138.386,38 €
73.890 €			0	35.930 €		5.503,17 €	139.770,24 €
74.629 €			0	36.289 €		5.558,21 €	141.167,94 €
75.375 €			0	36.652 €		5.613,79 €	142.579,62 €
76.129 €			0	37.019 €		5.669,93 €	144.005,42 €
76.890 €			0	37.389 €		5.726,62 €	145.445,47 €
77.659 €			0	37.763 €		5.783,89 €	146.899,93 €
78.435 €			0	38.141 €		5.841,73 €	148.368,93 €
79.220 €			0	38.522 €		5.900,15 €	149.852,62 €
80.012 €			0	38.907 €		5.959,15 €	151.351,14 €
80.812 €			0	39.296 €		6.018,74 €	152.864,65 €
81.620 €			0	39.689 €		6.078,93 €	154.393,30 €
82.436 €			0	40.086 €		6.139,72 €	155.937,23 €
83.261 €			0	40.487 €		6.201,11 €	157.496,61 €

Tabla 93: Cash Intflows Gasificador 500 kW San Isidro escenario 1

VIABILIDAD ECONÓMICA					
FLUJOS DE CAJA					
	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN	COK		1 %
PERIODO 0	-1.680.000 €	-1.176.000 €	VAN	TIR	
PERIODO 1	115.543,62 €	115.543,62 €	VAN SIN SUBVENCIÓN	TIR SIN SUBVENCIÓN	
PERIODO 2	116.699,05 €	116.699,05 €			
PERIODO 3	117.866,05 €	117.866,05 €	150.393,95 €	2 %	
PERIODO 4	119.044,71 €	119.044,71 €			
PERIODO 5	120.235,15 €	120.235,15 €	VAN CON SUBVENCIÓN	TIR CON SUBVENCIÓN	
PERIODO 6	121.437,50 €	121.437,50 €			
PERIODO 7	122.651,88 €	122.651,88 €	654.393,95 €	7 %	
PERIODO 8	123.878,40 €	123.878,40 €			
PERIODO 9	125.117,18 €	125.117,18 €			
PERIODO 10	126.368,35 €	126.368,35 €			
PERIODO 11	127.632,04 €	127.632,04 €			
PERIODO 12	128.908,36 €	128.908,36 €			
PERIODO 13	130.197,44 €	130.197,44 €			
PERIODO 14	131.499,42 €	131.499,42 €			
PERIODO 15	132.814,41 €	132.814,41 €			
PERIODO 16	134.142,55 €	134.142,55 €			

Tabla 94: Viabilidad económica 500 kWe San Isidro escenario 1

VIABILIDAD ECONÓMICA					
FLUJOS DE CAJA					
	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN	COK		1 %
PERIODO 0	-1.080.000 €	-756.000 €	VAN	TIR	
PERIODO 1	91.454,65 €	91.454,65 €	VAN SIN SUBVENCIÓN	TIR SIN SUBVENCIÓN	
PERIODO 2	92.369,19 €	92.369,19 €			
PERIODO 3	93.292,88 €	93.292,88 €	368.786,46 €	5 %	
PERIODO 4	94.225,81 €	94.225,81 €			
PERIODO 5	95.168,07 €	95.168,07 €	VAN CON SUBVENCIÓN	TIR CON SUBVENCIÓN	
PERIODO 6	96.119,75 €	96.119,75 €			
PERIODO 7	97.080,95 €	97.080,95 €	692.786,46 €	10 %	
PERIODO 8	98.051,76 €	98.051,76 €			
PERIODO 9	99.032,28 €	99.032,28 €			
PERIODO 10	100.022,60 €	100.022,60 €			
PERIODO 11	101.022,82 €	101.022,82 €			
PERIODO 12	102.033,05 €	102.033,05 €			
PERIODO 13	103.053,38 €	103.053,38 €			
PERIODO 14	104.083,92 €	104.083,92 €			
PERIODO 15	105.124,76 €	105.124,76 €			
PERIODO 16	106.176,00 €	106.176,00 €			

Tabla 95: Viabilidad económica 250 kWe San Isidro escenario 1

VIABILIDAD ECONÓMICA					
FLUJOS DE CAJA					
	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN	COK		1 %
PERIODO 0	-665.000 €	-465.500 €	VAN	TIR	
PERIODO 1	60.281,74 €	60.281,74 €	VAN SIN SUBVENCIÓN	TIR SIN SUBVENCIÓN	
PERIODO 2	60.884,56 €	60.884,56 €			
PERIODO 3	61.493,40 €	61.493,40 €	289.958,27 €	6 %	
PERIODO 4	62.108,34 €	62.108,34 €			
PERIODO 5	62.729,42 €	62.729,42 €	VAN CON SUBVENCIÓN	TIR CON SUBVENCIÓN	
PERIODO 6	63.356,72 €	63.356,72 €			
PERIODO 7	63.990,28 €	63.990,28 €	489.458,27 €	11 %	
PERIODO 8	64.630,19 €	64.630,19 €			
PERIODO 9	65.276,49 €	65.276,49 €			
PERIODO 10	65.929,25 €	65.929,25 €			
PERIODO 11	66.588,54 €	66.588,54 €			
PERIODO 12	67.254,43 €	67.254,43 €			
PERIODO 13	67.926,97 €	67.926,97 €			
PERIODO 14	68.606,24 €	68.606,24 €			
PERIODO 15	69.292,31 €	69.292,31 €			
PERIODO 16	69.985,23 €	69.985,23 €			

Tabla 96: Viabilidad económica 125 kWe San Isidro escenario 1

Tabla 97: Add caption

ESCENARIO 1 - 125 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)				
COSTES				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA	PERSONAL	GASTOS TOTALES	
7.410,00 €	2.153 €	16.796,00 €	26.359 €	
7.484,10 €	2.175 €	16.963,96 €	26.623 €	
7.558,94 €	2.197 €	17.133,60 €	26.889 €	
7.634,53 €	2.219 €	17.304,94 €	27.158 €	
7.710,88 €	2.241 €	17.477,98 €	27.430 €	
7.787,98 €	2.263 €	17.652,76 €	27.704 €	
7.865,86 €	2.286 €	17.829,29 €	27.981 €	
7.944,52 €	2.309 €	18.007,59 €	28.261 €	
8.023,97 €	2.332 €	18.187,66 €	28.543 €	
8.104 €	2.355 €	18.369,54 €	28.829 €	
8.185 €	2.379 €	18.553,23 €	29.117 €	
8.267 €	2.402 €	18.738,77 €	29.408 €	
8.350 €	2.426 €	18.926,15 €	29.702 €	
8.433 €	2.451 €	19.115,41 €	29.999 €	
8.518 €	2.475 €	19.306,57 €	30.299 €	
8.603 €	2.500 €	19.499,63 €	30.602 €	

Tabla 98: Cash Outflows Gasificador 125 kWe San Isidro escenario 2

ESCENARIO 1 - 250 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)				
COSTES				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA	PERSONAL	GASTOS TOTALES	
14.820,00 €	4.940 €	16.796,00 €	36.556 €	
14.968,20 €	4.989 €	16.963,96 €	36.922 €	
15.117,88 €	5.039 €	17.133,60 €	37.291 €	
15.269,06 €	5.090 €	17.304,94 €	37.664 €	
15.421,75 €	5.141 €	17.477,98 €	38.040 €	
15.575,97 €	5.192 €	17.652,76 €	38.421 €	
15.731,73 €	5.244 €	17.829,29 €	38.805 €	
15.889,05 €	5.296 €	18.007,59 €	39.193 €	
16.047,94 €	5.349 €	18.187,66 €	39.585 €	
16.208,42 €	5.403 €	18.369,54 €	39.981 €	
16.370,50 €	5.457 €	18.553,23 €	40.381 €	
16.534,20 €	5.511 €	18.738,77 €	40.784 €	
16.699,55 €	5.567 €	18.926,15 €	41.192 €	
16.866,54 €	5.622 €	19.115,41 €	41.604 €	
17.035,21 €	5.678 €	19.306,57 €	42.020 €	
17.205,56 €	5.735 €	19.499,63 €	42.440 €	

Tabla 99: Cash Outflows Gasificador 250 kWe San Isidro escenario 2

ESCENARIO 1 - 500 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)				
COSTES				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA	PERSONAL	GASTOS TOTALES	
29.640,00 €	11.164 €	16.796,00 €	84.690 €	
29.936,40 €	11.276 €	16.963,96 €	85.266 €	
30.235,76 €	11.389 €	17.133,60 €	85.848 €	
30.538,12 €	11.503 €	17.304,94 €	86.436 €	
30.843,50 €	11.618 €	17.477,98 €	87.029 €	
31.151,94 €	11.734 €	17.652,76 €	87.629 €	
31.463,46 €	11.851 €	17.829,29 €	88.234 €	
31.778,09 €	11.970 €	18.007,59 €	88.845 €	
32.095,87 €	12.090 €	18.187,66 €	89.463 €	
32.416,83 €	12.210 €	18.369,54 €	90.087 €	
32.741,00 €	12.333 €	18.553,23 €	90.717 €	
33.068,41 €	12.456 €	18.738,77 €	91.353 €	
33.399,09 €	12.580 €	18.926,15 €	91.996 €	
33.733,08 €	12.706 €	19.115,41 €	92.645 €	
34.070,42 €	12.833 €	19.306,57 €	93.300 €	
34.411,12 €	12.962 €	19.499,63 €	93.962 €	

Tabla 100: Cash Outflows Gasificador 500 kWe San Isidro escenario 2

ESCENARIO 1 - 125 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)								
VARIABLES ENTRADAS DE EFECTIVO (CASH INFLOWS)								
AHORRO TRICIDAD	ELEC-	VENTA CIDAD	ELECTRI-	AHORRO TACIÓN LLO	EXPOR-ORUJI-	AHORRO USO HUE-SO	VENTA BIOCHAR	BENEFICIO
52.144 €			23.436,00 €		20.126 €		3.973,09 €	113.372,54 €
52.666 €			23.670,36 €		20.327 €		4.012,82 €	114.506,27 €
53.192 €			23.907,06 €		20.530 €		4.052,95 €	115.651,33 €
53.724 €			24.146,13 €		20.735 €		4.093,48 €	116.807,84 €
54.261 €			24.387,60 €		20.943 €		4.134,42 €	117.975,92 €
54.804 €			24.631,47 €		21.152 €		4.175,76 €	119.155,68 €
55.352 €			24.877,79 €		21.364 €		4.217,52 €	120.347,24 €
55.906 €			25.126,56 €		21.577 €		4.259,69 €	121.550,71 €
56.465 €			25.377,83 €		21.793 €		4.302,29 €	122.766,22 €
57.029 €			25.631,61 €		22.011 €		4.345,31 €	123.993,88 €
57.600 €			25.887,92 €		22.231 €		4.388,77 €	125.233,82 €
58.176 €			26.146,80 €		22.453 €		4.432,65 €	126.486,15 €
58.757 €			26.408,27 €		22.678 €		4.476,98 €	127.751,02 €
59.345 €			26.672,35 €		22.905 €		4.521,75 €	129.028,53 €
59.938 €			26.939,08 €		23.134 €		4.566,97 €	130.318,81 €
60.538 €			27.208,47 €		23.365 €		4.612,64 €	131.622,00 €

Tabla 101: Cash Intflows Gasificación por 125 kW San Isidro escenario 2

ESCENARIO 1 - 250 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)								
VARIABLES ENTRADAS DE EFECTIVO (CASH INFLOWS)								
AHORRO TRICIDAD	ELEC-	VENTA CIDAD	ELECTRI-	AHORRO TACIÓN LLO	EXPOR-ORUJI-	AHORRO USO HUE-SO	VENTA BIOCHAR	BENEFICIO
70.493 €			46.872,00 €	40.251 €		5.341,33 €	27.422,93 €	190.380,41 €
71.198 €			47.340,72 €	40.654 €		5.394,74 €	27.697,16 €	192.284,21 €
71.910 €			47.814,13 €	41.060 €		5.448,69 €	27.974,13 €	194.207,05 €
72.629 €			48.292,27 €	41.471 €		5.503,17 €	28.253,87 €	196.149,12 €
73.355 €			48.775,19 €	41.885 €		5.558,21 €	28.536,41 €	198.110,61 €
74.089 €			49.262,94 €	42.304 €		5.613,79 €	28.821,77 €	200.091,72 €
74.830 €			49.755,57 €	42.727 €		5.669,93 €	29.109,99 €	202.092,64 €
75.578 €			50.253,13 €	43.155 €		5.726,62 €	29.401,09 €	204.113,56 €
76.334 €			50.755,66 €	43.586 €		5.783,89 €	29.695,10 €	206.154,70 €
77.097 €			51.263,22 €	44.022 €		5.841,73 €	29.992,05 €	208.216,25 €
77.868 €			51.775,85 €	44.462 €		5.900,15 €	30.291,97 €	210.298,41 €
78.647 €			52.293,61 €	44.907 €		5.959,15 €	30.594,89 €	212.401,39 €
79.433 €			52.816,54 €	45.356 €		6.018,74 €	30.900,84 €	214.525,41 €
80.228 €			53.344,71 €	45.810 €		6.078,93 €	31.209,85 €	216.670,66 €
81.030 €			53.878,16 €	46.268 €		6.139,72 €	31.521,95 €	218.837,37 €
81.840 €			54.416,94 €	46.730 €		6.201,11 €	31.837,17 €	221.025,74 €

Tabla 102: Cash Intflows Gasificación por 250 kW San Isidro escenario 2

ESCENARIO 1 - 500 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)									
VARIABLES ENTRADAS DE EFECTIVO (CASH INFLOWS)									
AHORRO TRICIDAD	ELEC-	VENTA	ELECTRI- CIDAD	AHORRO TACIÓN LLO	EXPOR- ORUJI-	AHORRO USO HUE- SO	VENTA BIOCHAR	BENEFICIO	
71.717 €			93.744,00 €		71.956 €		5.341,33 €	54.774,72 €	297.532,58 €
72.434 €			94.681,44 €		72.676 €		5.394,74 €	55.322,47 €	300.507,90 €
73.158 €			95.628,25 €		73.402 €		5.448,69 €	55.875,69 €	303.512,98 €
73.890 €			96.584,54 €		74.136 €		5.503,17 €	56.434,45 €	306.548,11 €
74.629 €			97.550,38 €		74.878 €		5.558,21 €	56.998,79 €	309.613,59 €
75.375 €			98.525,89 €		75.626 €		5.613,79 €	57.568,78 €	312.709,73 €
76.129 €			99.511,14 €		76.383 €		5.669,93 €	58.144,47 €	315.836,83 €
76.890 €			100.506,26 €		77.147 €		5.726,62 €	58.725,91 €	318.995,20 €
77.659 €			101.511,32 €		77.918 €		5.783,89 €	59.313,17 €	322.185,15 €
78.435 €			102.526,43 €		78.697 €		5.841,73 €	59.906,30 €	325.407,00 €
79.220 €			103.551,70 €		79.484 €		5.900,15 €	60.505,37 €	328.661,07 €
80.012 €			104.587,21 €		80.279 €		5.959,15 €	61.110,42 €	331.947,68 €
80.812 €			105.633,09 €		81.082 €		6.018,74 €	61.721,53 €	335.267,16 €
81.620 €			106.689,42 €		81.893 €		6.078,93 €	62.338,74 €	338.619,83 €
82.436 €			107.756,31 €		82.712 €		6.139,72 €	62.962,13 €	342.006,03 €
83.261 €			108.833,87 €		83.539 €		6.201,11 €	63.591,75 €	345.426,09 €

Tabla 103: Cash Intflows Gasificación por 500 kW San Isidro escenario 2

VIABILIDAD ECONÓMICA					
FLUJOS DE CAJA					
	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN	COK		1 %
PERIODO 0	-665.000 €	-465.500 €	VAN	TIR	
PERIODO 1	87.013,28 €	87.013,28 €	VAN SIN SUBVENCIÓN	TIR SIN SUBVENCIÓN	
PERIODO 2	87.883,41 €	87.883,41 €			
PERIODO 3	88.762,24 €	88.762,24 €	713.428,14 €	11 %	
PERIODO 4	89.649,87 €	89.649,87 €			
PERIODO 5	90.546,36 €	90.546,36 €	VAN CON SUBVENCIÓN	TIR CON SUBVENCIÓN	
PERIODO 6	91.451,83 €	91.451,83 €			
PERIODO 7	92.366,35 €	92.366,35 €	912.928,14 €	18 %	
PERIODO 8	93.290,01 €	93.290,01 €			
PERIODO 9	94.222,91 €	94.222,91 €			
PERIODO 10	95.165,14 €	95.165,14 €			
PERIODO 11	96.116,79 €	96.116,79 €			
PERIODO 12	97.077,96 €	97.077,96 €			
PERIODO 13	98.048,74 €	98.048,74 €			
PERIODO 14	99.029,22 €	99.029,22 €			
PERIODO 15	100.019,52 €	100.019,52 €			
PERIODO 16	101.019,71 €	101.019,71 €			

Tabla 104: Viabilidad económica 125 kWe San Isidro escenario 2

VIABILIDAD ECONÓMICA					
FLUJOS DE CAJA					
	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN	COK		1 %
PERIODO 0	-1.080.000 €	-756.000 €	VAN	TIR	
PERIODO 1	153.824,35 €	153.824,35 €	VAN SIN SUBVENCIÓN	TIR SIN SUBVENCIÓN	
PERIODO 2	155.362,59 €	155.362,59 €			
PERIODO 3	156.916,22 €	156.916,22 €	1.356.821,36 €	13 %	
PERIODO 4	158.485,38 €	158.485,38 €			
PERIODO 5	160.070,23 €	160.070,23 €	VAN CON SUBVENCIÓN	TIR CON SUBVENCIÓN	
PERIODO 6	161.670,94 €	161.670,94 €			
PERIODO 7	163.287,65 €	163.287,65 €	1.680.821,36 €	20 %	
PERIODO 8	164.920,52 €	164.920,52 €			
PERIODO 9	166.569,73 €	166.569,73 €			
PERIODO 10	168.235,42 €	168.235,42 €			
PERIODO 11	169.917,78 €	169.917,78 €			
PERIODO 12	171.616,96 €	171.616,96 €			
PERIODO 13	173.333,13 €	173.333,13 €			
PERIODO 14	175.066,46 €	175.066,46 €			
PERIODO 15	176.817,12 €	176.817,12 €			
PERIODO 16	178.585,29 €	178.585,29 €			

Tabla 105: Viabilidad económica 250 kWe San Isidro escenario 2

VIABILIDAD ECONÓMICA					
FLUJOS DE CAJA					
	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN	COK		1 %
PERIODO 0	-1.680.000 €	-1.176.000 €	VAN	TIR	
PERIODO 1	212.842,12 €	212.842,12 €	VAN SIN SUBVENCIÓN	TIR SIN SUBVENCIÓN	
PERIODO 2	215.241,44 €	215.241,44 €			
PERIODO 3	217.664,76 €	217.664,76 €	1.722.197,70 €	11 %	
PERIODO 4	220.112,30 €	220.112,30 €			
PERIODO 5	222.584,33 €	222.584,33 €	VAN CON SUBVENCIÓN	TIR CON SUBVENCIÓN	
PERIODO 6	225.081,07 €	225.081,07 €			
PERIODO 7	227.602,78 €	227.602,78 €	2.226.197,70 €	18 %	
PERIODO 8	230.149,71 €	230.149,71 €			
PERIODO 9	232.722,11 €	232.722,11 €			
PERIODO 10	235.320,23 €	235.320,23 €			
PERIODO 11	237.944,33 €	237.944,33 €			
PERIODO 12	240.594,67 €	240.594,67 €			
PERIODO 13	243.271,52 €	243.271,52 €			
PERIODO 14	245.975,14 €	245.975,14 €			
PERIODO 15	248.705,79 €	248.705,79 €			
PERIODO 16	251.463,74 €	251.463,74 €			

Tabla 106: Viabilidad económica 500 kWe San Isidro escenario 2

SIN GASIFICADOR						
POTENCIA	COSTE ENERGÍA	COSTE POTENCIA	COSTE HUESO ACEITUNA	IMPUESTO ELÉCTRICO	IVA	
500	82.210,59 €	36.162,00 €	5.341,33 €	7.890,66 €		34.067,34 €
250	82.210,59 €	36.162,00 €	5.341,33 €	7.890,66 €		34.067,34 €
125	82.210,59 €	36.162,00 €	5.341,33 €	7.890,66 €		34.067,34 €

Tabla 107: Costes Almazara sin gasificador Virgen del Perpetuo Socorro

ESCENARIO 1 - 125 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)				
COSTES				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA	PERSONAL	GASTOS TOTALES	
3.600,00 €	0 €	8.160,00 €	11.760 €	
3.636,00 €	0 €	8.241,60 €	11.878 €	
3.672,36 €	0 €	8.324,02 €	11.996 €	
3.709,08 €	0 €	8.407,26 €	12.116 €	
3.746,17 €	0 €	8.491,33 €	12.238 €	
3.783,64 €	0 €	8.576,24 €	12.360 €	
3.821,47 €	0 €	8.662,00 €	12.483 €	
3.859,69 €	0 €	8.748,62 €	12.608 €	
3.898,28 €	0 €	8.836,11 €	12.734 €	
3.937 €	0 €	8.924,47 €	12.862 €	
3.977 €	0 €	9.013,72 €	12.990 €	
4.016 €	0 €	9.103,85 €	13.120 €	
4.057 €	0 €	9.194,89 €	13.251 €	
4.097 €	0 €	9.286,84 €	13.384 €	
4.138 €	0 €	9.379,71 €	13.518 €	
4.179 €	0 €	9.473,51 €	13.653 €	

Tabla 108: Cash Outflows Gasificador 125 kW Virgin del Perpetuo Socorro escenario 1

ESCENARIO 1 - 250 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)				
COSTES				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA	PERSONAL	GASTOS TOTALES	
7.200,00 €	0 €	8.160,00 €	15.360 €	
7.272,00 €	0 €	8.241,60 €	15.514 €	
7.344,72 €	0 €	8.324,02 €	15.669 €	
7.418,17 €	0 €	8.407,26 €	15.825 €	
7.492,35 €	0 €	8.491,33 €	15.984 €	
7.567,27 €	0 €	8.576,24 €	16.144 €	
7.642,95 €	0 €	8.662,00 €	16.305 €	
7.719,37 €	0 €	8.748,62 €	16.468 €	
7.796,57 €	0 €	8.836,11 €	16.633 €	
7.874,53 €	0 €	8.924,47 €	16.799 €	
7.953,28 €	0 €	9.013,72 €	16.967 €	
8.032,81 €	0 €	9.103,85 €	17.137 €	
8.113,14 €	0 €	9.194,89 €	17.308 €	
8.194,27 €	0 €	9.286,84 €	17.481 €	
8.276,21 €	0 €	9.379,71 €	17.656 €	
8.358,98 €	0 €	9.473,51 €	17.832 €	

Tabla 109: Cash Outflows Gasificador 250 kW Virgin del Perpetuo Socorro escenario 1

ESCENARIO 1 - 500 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)				
COSTES				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	IMPUESTO VENTA DE ENERGÍA	PERSONAL	GASTOS TOTALES	
14.400,00 €	0 €	8.160,00 €	22.560 €	
14.544,00 €	0 €	8.241,60 €	22.786 €	
14.689,44 €	0 €	8.324,02 €	23.013 €	
14.836,33 €	0 €	8.407,26 €	23.244 €	
14.984,70 €	0 €	8.491,33 €	23.476 €	
15.134,54 €	0 €	8.576,24 €	23.711 €	
15.285,89 €	0 €	8.662,00 €	23.948 €	
15.438,75 €	0 €	8.748,62 €	24.187 €	
15.593,14 €	0 €	8.836,11 €	24.429 €	
15.749,07 €	0 €	8.924,47 €	24.674 €	
15.906,56 €	0 €	9.013,72 €	24.920 €	
16.065,62 €	0 €	9.103,85 €	25.169 €	
16.226,28 €	0 €	9.194,89 €	25.421 €	
16.388,54 €	0 €	9.286,84 €	25.675 €	
16.552,43 €	0 €	9.379,71 €	25.932 €	
16.717,95 €	0 €	9.473,51 €	26.191 €	

Tabla 110: Cash Outflows Gasificador 500 kWe Virgen del Perpetuo Socorro escenario 1

ESCENARIO 1 - 125 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)								
VARIABLES ENTRADAS DE EFECTIVO (CASH INFLOWS)								
AHORRO TRICIDAD	ELEC-	VENTA	ELECTRI-	AHORRO TACIÓN LLO	EXPOR-ORUJI-	AHORRO USO HUE-SO	VENTA BIOCHAR	BENEFICIO
82.833 €			0	9.778 €		4.455,81 €	6.652,80 €	103.719,12 €
83.661 €			0	9.875 €		4.500,36 €	6.719,33 €	104.756,31 €
84.498 €			0	9.974 €		4.545,37 €	6.786,52 €	105.803,87 €
85.343 €			0	10.074 €		4.590,82 €	6.854,39 €	106.861,91 €
86.196 €			0	10.175 €		4.636,73 €	6.922,93 €	107.930,53 €
87.058 €			0	10.276 €		4.683,10 €	6.992,16 €	109.009,83 €
87.929 €			0	10.379 €		4.729,93 €	7.062,08 €	110.099,93 €
88.808 €			0	10.483 €		4.777,23 €	7.132,70 €	111.200,93 €
89.696 €			0	10.588 €		4.825,00 €	7.204,03 €	112.312,94 €
90.593 €			0	10.694 €		4.873,25 €	7.276,07 €	113.436,07 €
91.499 €			0	10.801 €		4.921,98 €	7.348,83 €	114.570,43 €
92.414 €			0	10.909 €		4.971,20 €	7.422,32 €	115.716,13 €
93.338 €			0	11.018 €		5.020,91 €	7.496,54 €	116.873,30 €
94.272 €			0	11.128 €		5.071,12 €	7.571,51 €	118.042,03 €
95.214 €			0	11.239 €		5.121,83 €	7.647,22 €	119.222,45 €
96.166 €			0	11.351 €		5.173,05 €	7.723,69 €	120.414,67 €

Tabla 111: Cash Intflows Gasificador 125 kW Virgen del Perpetuo Socorro escenario 1

ESCENARIO 1 - 250 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)									
VARIABLES ENTRADAS DE EFECTIVO (CASH INFLOWS)									
AHORRO TRICIDAD	ELEC-	VENTA CIDAD	ELECTRI-	AHORRO TACIÓN LLO	EXPOR-ORUJI-	AHORRO USO HUE-SO	VENTA BIOCHAR	BENEFICIO	
115.658 €			0	19.555 €		9.109,65 €	13.322,88 €	157.646,17 €	
116.815 €			0	19.751 €		9.200,74 €	13.456,11 €	159.222,63 €	
117.983 €			0	19.948 €		9.292,75 €	13.590,67 €	160.814,86 €	
119.163 €			0	20.148 €		9.385,68 €	13.726,58 €	162.423,01 €	
120.355 €			0	20.349 €		9.479,54 €	13.863,84 €	164.047,24 €	
121.558 €			0	20.553 €		9.574,33 €	14.002,48 €	165.687,71 €	
122.774 €			0	20.758 €		9.670,07 €	14.142,51 €	167.344,59 €	
124.002 €			0	20.966 €		9.766,78 €	14.283,93 €	169.018,04 €	
125.242 €			0	21.175 €		9.864,44 €	14.426,77 €	170.708,22 €	
126.494 €			0	21.387 €		9.963,09 €	14.571,04 €	172.415,30 €	
127.759 €			0	21.601 €		10.062,72 €	14.716,75 €	174.139,45 €	
129.036 €			0	21.817 €		10.163,35 €	14.863,92 €	175.880,84 €	
130.327 €			0	22.035 €		10.264,98 €	15.012,55 €	177.639,65 €	
131.630 €			0	22.256 €		10.367,63 €	15.162,68 €	179.416,05 €	
132.946 €			0	22.478 €		10.471,30 €	15.314,31 €	181.210,21 €	
134.276 €			0	22.703 €		10.576,02 €	15.467,45 €	183.022,31 €	

Tabla 112: Cash Intflows Gasificador 250 kW Virgen del Perpetuo Socorro escenario 1

ESCENARIO 1 - 500 kW - SIN EXCEDENTES (SIN SUBVENCIÓN)								
VARIABLES ENTRADAS DE EFECTIVO (CASH INFLOWS)								
AHORRO TRICIDAD	ELEC-	VENTA	ELECTRI- CIDAD	AHORRO TACIÓN LLO	EXPOR- ORUJI-	AHORRO USO HUE- SO	VENTA BIOCHAR	BENEFICIO
163.231 €			0	39.110 €		17.823,22 €	26.611,20 €	246.775,83 €
164.863 €			0	39.502 €		18.001,46 €	26.877,31 €	249.243,59 €
166.512 €			0	39.897 €		18.181,47 €	27.146,09 €	251.736,02 €
168.177 €			0	40.295 €		18.363,28 €	27.417,55 €	254.253,38 €
169.859 €			0	40.698 €		18.546,92 €	27.691,72 €	256.795,92 €
171.557 €			0	41.105 €		18.732,39 €	27.968,64 €	259.363,88 €
173.273 €			0	41.516 €		18.919,71 €	28.248,33 €	261.957,52 €
175.006 €			0	41.932 €		19.108,91 €	28.530,81 €	264.577,09 €
176.756 €			0	42.351 €		19.300,00 €	28.816,12 €	267.222,86 €
178.523 €			0	42.774 €		19.493,00 €	29.104,28 €	269.895,09 €
180.309 €			0	43.202 €		19.687,93 €	29.395,32 €	272.594,04 €
182.112 €			0	43.634 €		19.884,81 €	29.689,27 €	275.319,98 €
183.933 €			0	44.071 €		20.083,65 €	29.986,17 €	278.073,18 €
185.772 €			0	44.511 €		20.284,49 €	30.286,03 €	280.853,91 €
187.630 €			0	44.956 €		20.487,34 €	30.588,89 €	283.662,45 €
189.506 €			0	45.406 €		20.692,21 €	30.894,78 €	286.499,08 €

Tabla 113: Cash Intflows Gasificador 500 kW Virgen del Perpetuo Socorro escenario 1

VIABILIDAD ECONÓMICA					
FLUJOS DE CAJA					
	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN	COK		1 %
PERIODO 0	-815.000 €	-570.500 €	VAN	TIR	
PERIODO 1	91.959,12 €	91.959,12 €	VAN SIN SUBVENCIÓN	TIR SIN SUBVENCIÓN	
PERIODO 2	92.878,71 €	92.878,71 €			
PERIODO 3	93.807,49 €	93.807,49 €	641.778,07 €	9 %	
PERIODO 4	94.745,57 €	94.745,57 €			
PERIODO 5	95.693,02 €	95.693,02 €	VAN CON SUBVENCIÓN	TIR CON SUBVENCIÓN	
PERIODO 6	96.649,95 €	96.649,95 €			
PERIODO 7	97.616,45 €	97.616,45 €	886.278,07 €	15 %	
PERIODO 8	98.592,62 €	98.592,62 €			
PERIODO 9	99.578,55 €	99.578,55 €			
PERIODO 10	100.574,33 €	100.574,33 €			
PERIODO 11	101.580,07 €	101.580,07 €			
PERIODO 12	102.595,87 €	102.595,87 €			
PERIODO 13	103.621,83 €	103.621,83 €			
PERIODO 14	104.658,05 €	104.658,05 €			
PERIODO 15	105.704,63 €	105.704,63 €			
PERIODO 16	106.761,68 €	106.761,68 €			

Tabla 114: Viabilidad económica 125 kW Virgin del perpetuo Socorro 1

VIABILIDAD ECONÓMICA					
FLUJOS DE CAJA					
	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN	COK		1 %
PERIODO 0	-1.330.000 €	-931.000 €	VAN	TIR	
PERIODO 1	142.286,17 €	142.286,17 €	VAN SIN SUBVENCIÓN	TIR SIN SUBVENCIÓN	
PERIODO 2	143.709,03 €	143.709,03 €			
PERIODO 3	145.146,12 €	145.146,12 €	924.038,38 €	8 %	
PERIODO 4	146.597,59 €	146.597,59 €			
PERIODO 5	148.063,56 €	148.063,56 €	VAN CON SUBVENCIÓN	TIR CON SUBVENCIÓN	
PERIODO 6	149.544,20 €	149.544,20 €			
PERIODO 7	151.039,64 €	151.039,64 €	1.323.038,38 €	14 %	
PERIODO 8	152.550,04 €	152.550,04 €			
PERIODO 9	154.075,54 €	154.075,54 €			
PERIODO 10	155.616,29 €	155.616,29 €			
PERIODO 11	157.172,45 €	157.172,45 €			
PERIODO 12	158.744,18 €	158.744,18 €			
PERIODO 13	160.331,62 €	160.331,62 €			
PERIODO 14	161.934,94 €	161.934,94 €			
PERIODO 15	163.554,29 €	163.554,29 €			
PERIODO 16	165.189,83 €	165.189,83 €			

Tabla 115: Viabilidad económica 250 kW Virgin del perpetuo Socorro 1